

# KORELACE DAT LETECKÉ, POZEMNÍ A LABORATORNÍ GAMASPEKTROMETRIE NA TĚLESECH DURBACHITŮ

Correlation of air-borne, field and laboratory gamaspectrometries' data on durbachites

Martin Pavlík, Jaromír Leichmann

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; email: 150596@mail.muni.cz

(24-31 Velké Meziříčí)

*Key words:* durbachite, gamaspectrometry, Řikonín, Velké Meziříčí

## Abstract

*The first object of this article was a comparison of the air-borne gamaspectrometry's data extracted from a geophysical map that had been realized in 2005 by the Miligal s. r. o. company within the frame of the Faculty of Science of Masaryk University's project named Inchembiol, with data obtained by the field and laboratory gamaspectrometries. The second aim was to test the influence of various cover's types and measuring geometry on the accuracy of gamaspectrometry's measurements. The comparison's results revealed important differences in concentrations measured by each of previous mentioned gamaspectrometries, particularly by the air-borne geophysics and field and laboratory gamaspectrometries. Furthermore, differences between the measurements in the holes and on the surface were recorded due to a high snow cover.*

## Úvod

Radiometrie je obor zabývající se přirozenou radioaktivitou hornin a zemin na povrchu země a v jeho blízkosti. Používá se ke kvantitativnímu a kvalitativnímu stanovení přirozeně radioaktivních prvků v horninách, vzduchu a vodách. Při vyhledávání a mapování je jedním z parametrů obnaženost hornin. Z toho důvodu se v zakrytých oblastech uplatňuje vrtný průzkum, v odkrytých oblastech jde naopak o průzkum letecký či povrchový. Nejčastěji používanou metodou při zjišťování míry radioaktivity hornin je měření záření gama (Mareš et al. 1979). Jednou z možností pro uskutečnění tohoto měření je letecký průzkum. Ten je využíván při měření radioaktivity velkých ploch či ve špatně přístupných místech.

Cílem této práce je porovnání výsledků letecké gamaspektrometrie, získaných z geofyzikální mapy, která byla vyhotovena v roce 2005 firmou Miligal s. r. o. v rámci projektu Inchembiol přírodovědecké fakulty MU a pozemní a laboratorní gamaspektrometrie. Dále pak testování různých vlivů pokryvu a geometrie měření na přesnost gamaspektrometrického měření.

## Geologická situace

Všechna gamaspektrometrická měření byla provedena na durbachitech u nás běžně označovaných jako typ „Čertovo břemeno“. Konkrétně se jedná o porfyrické amfibol-biotitické melanokráttní žuly až melanokráttní křemenné syenity (Holub 1997). Petrograficky jde o hrubě zrnitý durbachit, který představuje nejrozšířenější typ třebešského masivu. Tyto durbachity jsou šedavé až šedavě černé barvy s porfyrickou strukturou. Porfyrické vyrostlice tvoří bílé až šedé krystaly K-živců o velikosti kolem dvou centimetrů. Čerstvé durbachity se vyznačují velkou tvrdostí, pro zvětralé durbachity je charakteristická drobi-

vost. U zvětralých durbachitů krystaly K-živce vyvětrávají či vypadávají z horniny. Častá je také chloritizace biotitu.

Durbachitické horniny jsou neobvyklé hlavně svým geochemickým charakterem. Mají vysoké obsahy Mg, Cr a Ni, což ukazuje na přítomnost plášťové komponenty. Naopak vysoké koncentrace LIL prvků (K, Rb, Ba) a radioaktivních prvků (U, Th) svědčí o přítomnosti korového materiálu. V současnosti převažuje názor interpretující vznik hornin durbachitické série jako produkt mísení obohaceného plášťového magmatu s korovou taveninou (Holub 1997). Pro horniny durbachitické série je charakteristická anomálně vysoká přirozená radioaktivita (Zachovalová et al. 1998).

První lokalita, na které bylo provedeno měření, se nalézá v údolí řeky Loučky poblíž obce Řikonín cca 10 km sz. od města Tišnov. V inkriminované oblasti proráží řeka Loučka těleso durbachitu. Toto těleso na studovaném území sousedí se svrateckou klenbou moravika, přesněji s její vnější částí nazývanou jako bítešská skupina (bítešské ortoruly). Bítešské ortoruly jsou horniny leukokráttní s převládajícím K-živcem a jsou velmi chudé na prvky U a Th (Matolín 1970). Z hlediska radioaktivních vlastností náleží ke stejné skupině jako granitoidy brněnského masivu, což znamená, že mají velmi nízkou radioaktivitu.

Druhá lokalita je situována asi 1 km s. od města Velké Meziříčí. Zde bylo provedeno měření na tělese třebešského plutonu, který je největším tělesem durbachitu na území České republiky.

K terénnímu měření byl použit gamaspektrometr RS 230, který využívá jako detektoru monokrystal germanátu bismutu (BGO). Gamaspektrometr RS 230 měří přímo koncentrace K, U a Th a to ve dvou modech – survey a modu assay. V modu survey přístroj registruje všechny gama pulzy (20× za sekundu), které pak zobrazuje na displeji jako křivku. Když intenzita příchozího signálu

překročí stanovenou mez, přístroj na tuto skutečnost upozorní zvukovým signálem. Mez i sílu zvukového signálu lze nastavit v menu přístroje. Měření v modu survey je efektivní pro túrování terénu, obzvláště pak v kombinaci s GPS. Pro detailnější a přesnější výsledky je mod assay. Data změřená v modu assay jsou přesnější, neboť přístroj měří koncentrace sledovaných radioaktivních prvků přímo na výchozu. Díky tomu nejsou výsledky tolik ovlivněny okolním prostředím.

V údolí řeky Loučky bylo na větších horninových výchozech durbachitů uskutečněno celkem 6 měření, a to v modu assay, každé po dobu pěti minut. Hodnoty laboratorní byly naměřeny pomocí spektrometru RT-50 LAB s napojením na váhu a počítač. Jedná se o 1 024 kanálový spektrometr s válčovým detektorem NaI(Tl) 76 × 76 mm v oloveném stínění tloušťky 9 cm, který je ovládán pomocí softwaru LAB Center z počítače. Program vypočítává koncentrace přirozeně radioaktivních prvků K, U, Th z porovnání naměřených spekter vzorků se spektry pracovních etalonů o známé koncentraci. Pro uvedené měření se v terénu odebralo 6 vzorků hrubě zrnitého durbachitu. Tyto vzorky prošly před samotným měřením řádnou úpravou a byly uloženy po dobu tří týdnů, které jsou nezbytné k ustálení radioaktivní rovnováhy Ra-226 a Rn-222.

Na lokalitě Velké Meziříčí bylo provedeno gamaspektrometrem RS 230 měření v kopaných 40 cm hlubokých jamkách. Měřilo se vždy na povrchu a v 40 cm hluboké jamce. Dále zde bylo realizováno měření na sněhové pokrývce. Pokus byl proveden na 30centimetrové vrstvě těžkého, zmrzlého, na povrchu částečně tajícího sněhu. Tímto měřením se zjišťovalo, do jaké míry bude 15 a 30 centimetrová vrstva sněhu odstiňovat záření gama. Posledním pokusem provedeným na této lokalitě bylo, nakolik odstíní záření gama 5cm vrstva mechu.

Vzorek	K [%]	K [%]	U [ppm]	U [ppm]	Th [ppm]	Th [ppm]
	terénní	laboratorní	terénní	laboratorní	terénní	laboratorní
1	8,8	5,8	14,9	14,75	42,40	45,90
2	8,0	6,3	14,5	14,90	46,00	46,43
3	9,3	5,9	14,5	14,60	47,50	48,20
4	5,2	5,8	12,8	12,80	43,60	47,00
5	4,8	5,8	12,7	13,40	47,00	47,30
6	7,8	6,0	13,8	14,90	46,00	48,10

Tab. 1 Koncentrace přirozených izotopů K, U, Th ve studované oblasti.

Tab.1 Concentration of natural isotopes K, U, Th in the investigated area.

Čerstvost horniny	Draslík [%]	Uran [ppm]	Thorium [ppm]
Čerstvá hornina	6,00	14,78	47,15
Zvětralá hornina	5,80	13,10	47,10

Tab. 2 Závislost koncentrace zkoumaných prvků na čerstvosti horniny – průměrné hodnoty.

Tab. 2 Concentration dependence of investigated elements on the weathered rock – average values.

vzorek číslo	K [%]	K [%]	U [ppm]	U [ppm]	Th [ppm]	Th [ppm]	U/Th	U/Th
	povrch	jamka	povrch	jamka	povrch	jamka	povrch	jamka
1	3,40	5,70	5,00	7,70	20,30	34,80	0,24	0,22
2	3,50	5,10	5,70	8,50	20,60	33,80	0,27	0,25
3	4,10	5,40	5,40	8,40	20,50	35,40	0,26	0,24

Tab. 3 Porovnání měření v jamkách a na povrchu.

Tab. 3 Comparison of measuring in the holes and on the surface.

### Výsledky

Naměřené hodnoty koncentrací, při terénním měření na lokalitě Řikonín, se u K pohybovaly v rozmezí 4,8–9,3 hmot. %. Množství uranu obsažené v hornině na zkoumaném území bylo v rozmezí 12–15 ppm a obsahy thoria v rozmezí 42–48 ppm.

Všechny laboratorně měřené vzorky měly hodnotu koncentrace K okolo 5,9 hmot. %. Výše koncentrací U se pohybovaly mezi 12–15 ppm a u Th 45–49 ppm (tab. 1). Vzhledem k čerstvosti horniny se koncentrace K a Th nějak zásadně neměnily. Pouze u U byly hodnoty koncentrace ve zvětralých vzorcích (vzorek 4 a 5) o necelých 2 ppm menší než u vzorků čerstvých (tab. 2).

Měření v jamkách bylo provedeno na třech místech, vzdálených od sebe max. 15 metrů. Výsledky měření (tab. 3) poukazují na zvýšené hodnoty koncentrací všech tří studovaných prvků měřených v jamkách oproti výsledkům naměřeným na povrchu.

V tabulce 4 a 5 jsou výsledky zjišťování vlivu pokryvu na detekci gama záření. Tabulka 4 ukazuje, jak se mění naměřené koncentrace U, Th a K s přibývajícím sněhovou pokrývkou. V tabulce 5 je zachycen vliv mechového pokryvu, který pokrýval menší výchoz durbachitu.

### Diskuze a závěr

Jak je patrné z průměrných hodnot všech tří studovaných prvků, uvedených v tabulce 6, výsledky získané leteckým měřením se od těch z terénního a laboratorního

výška sněhu [cm]	K [%]	U [ppm]	Th [ppm]
0	5,00	7,90	35,10
15	1,20	2,80	12,00
30	0,30	0,47	5,30

Tab. 4 Vliv sněhové pokrývky.

Tab. 4 Snow cover's influence.

pokryv	K [%]	U [ppm]	Th [ppm]
mech	5,00	13,30	33,70
bez mechu	5,20	13,70	34,00

Tab. 5 Vliv mechu.

Tab. 5 Moss' influence.

Typ měření	K [hm. %]	U [ppm]	Th [ppm]
Letecká měření	2,63	8,00	26,00
Pozemní měření	7,30	13,76	45,25
Laboratorní měření	5,90	14,25	46,60

Tab. 6 Porovnání výsledků leteckého, pozemního a laboratorního měření – průměrné hodnoty.

Tab. 6 Comparison of the air-borne, field and laboratory gamma-spectrometries' results – average values.

průzkumu výrazně liší. V mapách letecké geofyziky jsou zaznamenány průměrné obsahy u U 1,6×, u Th o necelou polovinu a u K až o tři čtvrtiny menší, než se zjistilo terénní či laboratorní gamaspektrometrií. Největší shody bylo dosaženo u měření U, kde se průměrné hodnoty liší přibližně o 6 ppm. Naopak ve výsledcích největší rozdíly nastávají u K a Th. Vykazuje-li například letecká geofyzika nejvyšší obsahy Th v rozmezí 20–32 ppm, u terénního měření je to až o 15 ppm více. Žádná z maximálních hodnot koncentrací U, Th a K, naměřených leteckou geofyzikou, se ani nevyrovnala nejnižší hodnotě koncentrací naměřených pozemní gamaspektrometrií.

Pravděpodobnou příčinou těchto rozdílů je spojení několikerého: vliv lesů pokrývajících převážnou část zkoumaného území, které mohou dle Mareše et al. (1979) odstínit záření až o 35 %, dále vliv okolních méně radioaktivních hornin, neboť výsledná data letecké gamaspektrometrie jsou průměrem z celkem rozsáhlého území. Na této lokalitě se jedná hlavně o sousední těleso bítešských ortorul, které je velmi chudé na U a Th a bude tedy zkreslovat výsledky měření. V neposlední řadě má na výsledky vliv i ubývání intenzity gama záření hornin s rostoucí výškou. Určitou roli při vlivu na výsledky leteckého měření může mít i koncentrace vzdušného radonu.

Výsledky koncentrací U a Th naměřených laboratorním přístrojem RT-50 se do jisté míry shodují s výsledky naměřenými přístrojem RS 230 v terénu. Rozdíl je ovšem u koncentrací K (tab. 4). Tato neshoda může být způsobena vlivem homogenizace a velikostí vzorku. Mohlo dojít k tomu, že náhodně odebrané vzorky pro laboratorní měření obsahovaly menší množství K-živců a větší množství

tmavých minerálů, hlavně biotitu a amfibolu, než měla celá hornina, což vedlo k naměření menší koncentrace K.

Při měření v jamkách bylo zjištěno, že hodnoty koncentrací všech tří studovaných prvků jsou značně vyšší v jamce, než koncentrace získané při měření na povrchu. Například u U byly koncentrace v jamce naměřeny v průměru o 3 ppm vyšší než na povrchu a koncentrace Th byly v jamce dokonce v průměru o 15 ppm vyšší než na povrchu. Tyto rozdíly lze nejspíše vysvětlit geometrií měření. Při detekci záření na povrchu se měří nekonečný poloprostor, tedy běžná geometrie  $2\pi$ , na kterou je přenosný gamaspektrometr cejchován. Zatímco v 40 cm hluboké kopané jamce se dostaneme mimo tuto geometrii a přístroj měří nekonečný prostor, jenž výsledky měření značně zkreslí, neboť přístroj nesnímá jen záření, které přichází zpod detektoru, ale částečně i záření, které jde z bočních stran jamky. Tyto rozdíly je snad možné vysvětlit i změnou půdního profilu, který by v hloubce 40 cm mohl být více nabohacen o minerály obsahující U a Th. Při tomto pokusu se ovšem jednalo o měření v jednom půdním profilu, a proto se geometrie měření jeví jako hlavní příčina těchto rozdílů.

Vliv sněhové pokrývky na naměřené koncentrace studovaných prvků je značný. Z tabulky 4 vyplývá, že již 15 cm sněhová pokrývka sníží detekované koncentrace U a Th až 3× a koncentrace K až 4×. Sněhová pokrývka o výšce 30 cm odstíní záření gama téměř úplně.

Co se týče vlivu mechu, který může pokrývat měřené výchozy, je z tabulky 5 patrné, že 5 cm silná vrstva mechu odstíní záření gama a sníží naměřené koncentrace všech tří studovaných prvků pouze nepatrně.

## Literatura

- Holub, F. V. (1997): Ultrapotasic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian massif: petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. – Sbor. Geol. Věd., ř. ložisk.geol. mineral., 31, 5–26. Praha.
- Mareš, S. – Gruntorád, J. – Hrách, S. – Karous, M. – Marek, F. – Matolín, M. – Skopec, J. – Válek, R. (1979): Úvod do užití geofyziky. – Nakl. Technické literatury Praha.
- Matolín, M. (1970): Radioaktivita hornin Českého masívu. – Československá akademie věd Praha.
- Zachovalová, K. – Leichmann, J. – Štelcl, J. (1998): Petrologie, geochemie a přirozená radioaktivita durbachitů trebičského masívu podél trebičského zlomu. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 84, 71–88. Brno.