

## **PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFITŮ, MAGMATITŮ A PŘEDKENOZOICKÝCH SEDIMENTŮ NA MAPOVÉM LISTU 15-13 VRBNO POD PRADĚDEM**

NATURAL RADIOACTIVITY OF METAMORPHIC AND IGNEOUS ROCKS AND PRE-CENOZOIC  
SEDIMENTARY ROCKS ON THE MAP SHEET 15-13 VRBNO POD PRADĚDEM

JIRÍ ZIMÁK

### *Abstract*

Zimák, J. (2015): Přirozená radioaktivita metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 15-13 Vrbno pod Pradědem. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 100, 1, 69-73 (with English summary).

*Natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 15-13 Vrbno pod Pradědem*

The aim of the paper is to inform about natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 15-13 Vrbno pod Pradědem. Crystalline rocks outcropping on the western edge of the map sheet belong to the Silesicum, namely to the Desná Group (metagranitoids and blastomylonites prevail) and to the Vrbno Group (phyllites, quartzites, metadolerites, green schists, marbles and metamorphosed acid to intermediate volcanites and pyroclastics). Unmetamorphosed or anchimetamorphosed siliciclastics (greywackes, quartzolithic and quartzofeldspathic sandstones, siltstones, silty shales, clay shales and sporadic polymict conglomerates) belonging to three Variscan flyschoid formations (Andělská Hora Fm., Horní Benešov Fm., Moravice Fm.) are exposed in most areas of the map sheet in the so-called Nizký Jeseník Culm Basin. Potassium, uranium and thorium contents were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 1015 rock samples. Data are tabled and discussed. From calculated values of mass activity of  $^{226}\text{Ra}$  equivalent it is evident that natural radioactivity of the studied rocks is low. Increased mass activity values ( $249 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  in average) were found in metamorphosed acid to intermediate volcanites (metakeratophyres) outcropping in the northernmost part of the Vrbno Group.

*Key words:* Desná Group, Vrbno Group, Andělská Hora Fm., Horní Benešov Fm., Moravice Fm., gamma-spectrometry.

Jiří Zimák: Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: jiri.zimak@upol.cz

### 1. ÚVOD

Přirozená radioaktivita hornin je jednou ze základních fyzikálních vlastností životního prostředí. Dominantní část (zhruba nad 80 %) z celkové dávky ionizujícího záření, je muž je populace vystavena, má terestrický původ a primárně souvisí s přítomností přirozených primordiálních radionuklidů v horninovém prostředí (viz např. BEAMISH 2014). V předloženém článku jsou sumarizovány údaje o obsazích hlavních přirozených radioaktivních prvků (K, U a Th) v metamorfitech, magmatitech a předkenozoických sedimentech na mapovém listu 15-13 Vrbno pod Pradědem, získané na základě laboratorních gamaspektrometrických analýz více než jednoho tisíce vzorků.

## 2. VZORKY A METODY

Krystalinikum vystupuje jen při západním okraji listu mapového listu 15-13 Vrbno pod Pradědem, kde je zastoupeno desenskou skupinou (metagranitoidy a blastomylonity, případně mylonity) a vrbenskou skupinou (fylity, kvarcitty, metadolerity, zelené břidlice, metamorfované kyselé a intermediární vulkanity a jejich tufy, mramory). Převážná většina plochy listu je budována flyšoidními sedimenty, náležejícími k andělskohorskému a hornobenešovskému souvrství, na relativně malé ploše k moravickému souvrství. Flyšoidní sedimenty těchto tří souvrství mají charakter drob, pískovců, siltovců, siltových až jílových břidelic, méně jsou zastoupeny slepence. Horniny andělskohorského souvrství jsou anchimetamorfovány (aleurity a pelity byly přeměněny na fylitické břidlice). Zcela lokální záležitostí jsou silicity a křemité břidlice ponikevského souvrství, vystupující na k. ú Brančice.

Na listu 15-13 Vrbno pod Pradědem bylo na 524 lokalitách odebráno 1015 vzorků reprezentujících horninové typy ve všech výše zmíněných geologických jednotkách a jejich částech. Determinace hornin byla prováděna jen makroskopicky.

V horninových vzorcích byly na PŘF UP v Olomouci za použití spektrometru SG - 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu 0,35 dm<sup>3</sup> (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy draslíku (přímo na základě koncentrace <sup>40</sup>K), uranu a thoria (na základě dceřiných produktů, a proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako eU a eTh). Meze detekce: K = 0,5 hmot. %, U = 1,5 ppm, Th = 1,5 ppm. Při výpočtu hodnot  $a_m$  (viz níže) a při statistickém zpracování dat byly obsahy draslíku pod mezí detekce nahrazeny hodnotou 0,33 hmot. %, obdobně v případě uranu a thoria hodnotou 1 ppm. Před měřením byly horninové vzorky rozdrceny a uzavřeny do krabiček o objemu 250 ml, v nichž byly následně měřeny. Hmotnost takto připravených vzorků se pohybovala kolem 400 gramů.

Přirozená radioaktivita hornin je hodnocena na základě hmotnostní aktivity ekvivalentu <sup>226</sup>Ra ( $a_m$ ), která byla z výsledků gamaspektrometrických analýz vypočtena pomocí vztahu  $a_m = 12,35U + (1,43 \times 4,06Th) + (0,077 \times 313K)$ , do něhož jsou obsahy uranu a thoria dosazovány v ppm, obsahy draslíku v hmot. % (UNSCEAR 1988, MATOLÍN a CHLUPÁČOVÁ 1997).

## 3. VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky všech provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tab. 1 a 2. Významné či zajímavé poznatky jsou komentovány v následujících odstavcích:

1. Hmotnostní aktivita ekvivalentu <sup>226</sup>Ra ( $a_m$ ) většiny horninových typů vystupujících na mapovém listu 15-13 Vrbno pod Pradědem je nižší než hmotnostní aktivita vypočtená z klarků K, U a Th, tj. cca 180 Bq.kg<sup>-1</sup>. Uvedené hodnotě se blíží průměrná hmotnostní aktivita aleuritů a pelitů hornobenešovského a moravického souvrství (173 a 165 Bq.kg<sup>-1</sup>) a dosahuje jí průměrná hmotnostní aktivita fylitů a světlých metatufů vystupujících ve vrbenské skupině (184 a 183 Bq.kg<sup>-1</sup>). Jediným horninovým typem s relativně vysokou hmotnostní aktivitou jsou metakeratofyry vrbenské skupiny (rozpětí 230 až 546 Bq.kg<sup>-1</sup>, průměr 249 Bq.kg<sup>-1</sup>), a to díky zvýšeným obsahům všech tří sledovaných prvků.
2. V rámci vrbenské skupiny jsou rozlišovány dvoje kvarcitty. Na její bázi vystupují tzv. drakovské kvarcitty, které původně měly povahu křemenných písků nebo šterků (v tab. 1 jsou v souladu s číslem barevné kolonky v mapě označeny jako „kvarcitty-28“). Stratigraficky výše ležící kvarcitty (v souladu s mapou „kvarcitty-24“) vystupují hlavně ve vulkanosedimentárním komplexu v prostoru zlatohorského revíru a pod označením „kvar-

Tabulka 1. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách desenské a vrbenské skupiny; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 1. Contents of the natural radioactive element (K, eU, eTh) in rocks of the Desná and Vrbno Groups; n = number of samples, x = average.

geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>desenská skupina</i>										
blastomylonity	33	1,1	4,5	2,6	<1,5	6,2	1,7	3,0	17,9	7,3
metagranitoidy	23	1,1	3,4	2,2	<1,5	5,5	1,9	1,7	7,9	4,7
pegmatity	3	0,7	0,8	0,8	<1,5	1,9	<1,5	<1,5	2,9	1,6
<i>vrbenská skupina</i>										
fylity	85	1,2	6,1	3,3	<1,5	5,0	2,2	3,8	26,0	13,3
kvarcity-28	20	<0,5	1,5	0,6	<1,5	4,4	1,5	<1,5	17,5	4,3
kvarcity-24	53	<0,5	4,6	1,2	<1,5	11,5	2,0	<1,5	24,0	5,7
světlé metatufy	9	2,0	3,6	2,7	1,6	6,7	3,2	7,1	20,0	13,5
metakeratofyry	29	2,5	8,8	4,5	2,0	13,9	4,2	4,1	28,0	15,2
zelené břidlice	38	<0,5	2,2	0,7	<1,5	3,7	<1,5	<1,5	7,3	2,6
metadolerity	14	<0,5	1,4	<0,5	<1,5	1,9	<1,5	<1,5	7,0	1,8
mramory	13	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5

Tabulka 2. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách ponikevského, andělskohorského, hornobenešovského a moravického souvrství; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 2. Contents of the natural radioactive element (K, eU, eTh) in rocks of the Ponikev, Andělská Hora, Horní Benešov and Moravice Formations; n = number of samples, x = average.

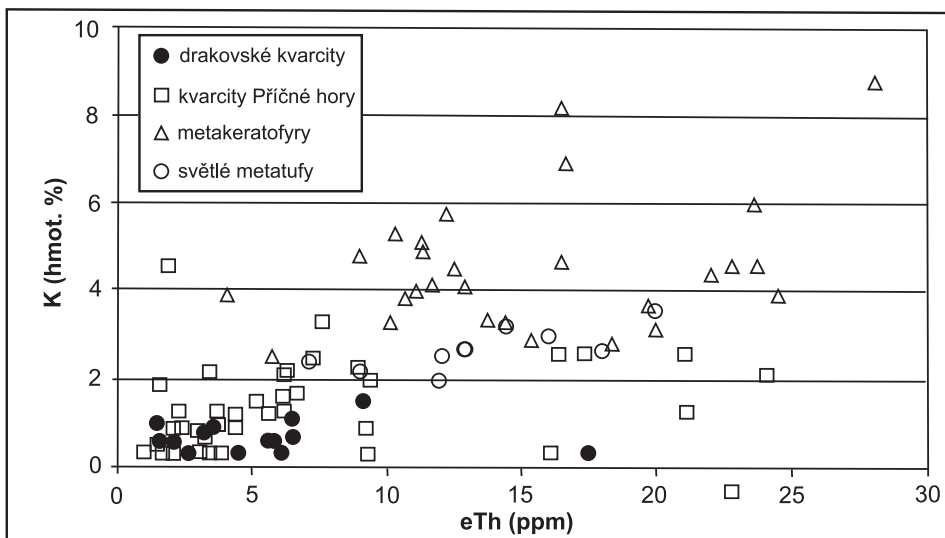
geol. jednotka / hornina	n	K (hmot. %)			eU (ppm)			eTh (ppm)		
		min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
<i>ponikevské souvrství</i>										
křemité břidlice	4	1,2	1,6	1,3	<1,5	<1,5	<1,5	4,5	5,5	4,9
silicity	2	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
<i>andělskohorské souvrství</i>										
psefity	4	1,1	1,7	1,4	1,9	2,7	2,2	7,3	11,1	9,0
psamity	179	0,7	4,1	1,4	<1,5	5,4	2,3	4,6	21,1	8,9
aleurity a pelity	102	0,5	4,7	2,3	<1,5	7,6	2,5	1,9	31,5	10,2
<i>hornobenešovské souvrství</i>										
psefity	10	1,2	2,2	1,6	<1,5	3,6	2,1	4,9	12,2	8,7
psamity	279	0,9	3,0	1,8	<1,5	7,0	2,6	5,8	33,8	10,7
aleurity a pelity	40	1,0	3,9	2,5	<1,5	7,2	3,2	7,2	41,7	12,3
<i>moravické souvrství</i>										
psefity	15	0,8	2,3	1,6	1,8	3,4	2,3	6,2	13,5	9,6
psamity	43	0,6	2,6	1,6	1,6	4,4	2,5	6,5	13,3	10,0
aleurity a pelity	17	1,7	3,2	2,4	2,4	5,0	3,3	8,1	16,4	11,4

city Příčné hory“ jsou základem pro jeho litostratigrafické členění (viz např. HETTLER *et al.* 1977, FOJT *et al.* 2001). V horizontu kvarcitů Příčné hory (a také v položce „kvarcity-24 v tab. 1) jsou kromě masivních kvarcitů přítomny muskovitické a chloritické kvarcity (s přechody do kvarcických břidlic) a také horniny, které mají charakter metamorfovaných kyselých vulkanitů nebo tufů (tufitů?). Rozlišení kvarcitů, jejichž protolitem byly klastické sedimenty, od jim podobných hornin vzniklých přeměnou produktů kyselého vulkanismu je v terénu značně problematické bez použití vhodné analytické metody, např. XRF analýzy nebo terénní gamaspektrometrie, kdy hlavním kritériem může být zvýšený obsah K v horninách vzniklých z kyselých vulkanitů a pyroklastik, stanovené obsahy U a Th jsou však k tomuto účelu nepoužitelné. Na obr. 1 jsou znázorněny obsahy K a Th v drakovských kvarcitech ve všech úsecích vrbenské skupiny na hodnoceném listu a v kvarcitech Příčné hory, metakeratofyrech a světlých metatufech ze zlatohorského revíru a jeho bezprostředního okolí.

3. Horniny desenské skupiny vykazují v průměru jen nízkou hmotnostní aktivitu. Ta je v případě blastomylonitů (včetně ojedinělých mylonitů) nepatrně vyšší ve srovnání s metagranitoidy, což je způsobeno v průměru vyššími obsahy K a Th v blastomylonitech. To platí zřejmě pro celou střední a severní část desenské skupiny, tj. pro úseky ležící severně od klepáčovského zlomu (viz též ZIMÁK 2011).
4. Ve flyšoidních souvrstvích (andělskohorském, hornobenešovském a moravickém) se přirozená radioaktivita hornin zvyšuje s klesající velikostí klastů (tedy od slepenců přes skupinu drob a pískovců k siltovcům, siltovým a jílovým břidlicím). Tento trend platí pro siliciklastika flyšoidních souvrství obecně. Horniny andělskohorského souvrství mají nižší přirozenou radioaktivitu než horniny hornobenešovského a moravického souvrství.

#### 4. ZÁVĚR

Přirozená radioaktivita hornin na mapovém listu 15-13 Vrbno pod Pradědem je relativně nízká. Průměrná hmotnostní aktivita ekvivalentu  $^{226}\text{Ra}$  jednotlivých horninových ty-



Obr. 1. Obsahy thoria a draslíku ve vybraných horninách vrbenské skupiny.

Fig. 1. Thorium and potassium contents in selected rocks of the Vrbno Group.

pů zde vystupujících až na jedinou výjimku výrazněji nepřekračuje hodnotu vypočtenou pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq.kg<sup>-1</sup>). Touto výjimkou jsou metamorfované kyselé a intermediární vulkanity (metakeratofyry) v severní části vrbenenské skupiny (na k. ú. Heřmanovice), jejichž průměrná hmotnostní aktivita ekvivalentu <sup>226</sup>Ra je 249 Bq.kg<sup>-1</sup>; vzorek s nejvyšší přirozenou radioaktivitou vykazuje 546 Bq.kg<sup>-1</sup>.

#### LITERATURA

- BEAMISH, D. (2014): Environmental radioactivity in the UK: the airborne geophysical view of dose rate estimates. – *Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 249–263.
- FOJT, B., HLADÍKOVÁ, J., KALENDA, F. (2001): Zlaté Hory ve Slezsku – největší rudní revír v Jeseníkách. Část 2.: C. Geologie D. Mineralogie E. Geochemie stabilních izotopů. – *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae*, 86, 3–58.
- HETTLER, J., SKÁCEL, J., TOMŠÍK, J. (1977): Rudní revír Zlaté Hory. – *Sborník Geologického průzkumu Ostrava*, 13, 1–149.
- MATOLÍN, M., CHLUPÁČOVÁ, M. (1997): Radioaktivní vlastnosti hornin. In: Kobr, M. *et al.*: Petrofyzika, 109–126. Vydavatelství Karolinum, Praha.
- UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1988): Exposures from natural sources of radiation. Report to the General Assembly. U.N., New York, USA.
- ZIMÁK, J. (2011): Přirozená radioaktivita granitoidů a metagranitoidů brunovistulického teránu na území České republiky. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2010*, 201–204.