

## PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFITŮ, MAGMATITŮ A PŘEDKENOZOICKÝCH SEDIMENTŮ NA MAPOVÉM LISTU 14-43 MOHELNICE

NATURAL RADIOACTIVITY OF METAMORPHIC AND IGNEOUS ROCKS AND PRE-CENOZOIC  
SEDIMENTARY ROCKS ON THE MAP SHEET 14-43 MOHELNICE

JIRÍ ZIMÁK

### Abstract

Zimák, J. (2015): Přirozená radioaktivita metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 14-43 Mohelnice. Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 100, 1, 75–80 (with English summary).

*Natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks and pre-Cenozoic sedimentary rocks on the map sheet 14-43 Mohelnice*

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 14-43 Mohelnice. Metamorphic and igneous rocks belong to three geological units: Svinov-Vranová Crystalline Complex (mainly mica schists), Zábřeh Group (gneisses, phyllites, mica schists, amphibolites, acid to intermediate metavolcanites, marbles, granitoids, and metagranitoids) and Desná Group (blastomylonites and metagranitoids are dominant). Unmetamorphosed pre-Cenozoic sedimentary rocks are represented by Givetian flysch sediments (Mohelnice Fm.) and Viséan flysch formations (Protivanov Fm., Andělská Hora Fm.), Permian siliciclastics of the Orlice Basin, and siliciclastic sediments of the Bohemian Cretaceous Basin (Peruc-Korycany, Bílá Hora, Jizera, Teplice, and Březno Fms.). Contents of potassium, uranium and thorium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 998 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. Slightly increased mass activity values ( $199 \text{ Bq.kg}^{-1}$  in average) were found in metagranitoids (so-called "Libina granite") outcropping in the Rohle Dome.

*Key words:* Zábřeh Group, Desná Group, Mohelnice Formation, Protivanov Formation, Bohemian Cretaceous Basin, gamma-spectrometry.

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

### 1. ÚVOD

Součástí vysvětlivek k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list 14-43 Mohelnice je stručná stať věnovaná přirozené radioaktivitě hornin (ŠALANSKÝ a MANOVÁ 2001), založená na výsledcích aeroradiometrie. Na základě aeroradiometrických dat lze posoudit přirozenou radioaktivitu jednotlivých geologických jednotek i odhadnout kategorii radonového rizika, avšak z více důvodů není možno zhodnotit přirozenou radioaktivitu jednotlivých horninových typů.

V tomto článku jsou sumarizovány údaje o obsazích hlavních přirozených radioaktivních prvků (K, U a Th) v metamorfitech, magmatitech a předkenozoických sedimentech na mapovém listu 14-43 Mohelnice, a to na základě laboratorní gamaspektrometrie.

Území mapového listu 14-43 Mohelnice je geologicky značně komplikované (viz REJCHRT *et al.* 2001). Krystalinické komplexy jsou na něm reprezentovány svinovsko-vranovským krystalinikem, zábřežskou skupinou a západní částí tzv. rohelské klenby (jaderná část této klenby je zde považována za součást desenské skupiny – srovnej KOVERDYNSKÝ 1993). Na většině plochy listu vystupují paleozoické flyšoidní sedimenty mohelnického, protivanovského a také andělskohorského souvrství, permské sedimenty orlické pánve a sedimenty české křídové pánve (perucko-korycanské, bělohorské, jizerské, teplické a březenské souvrství). Plošně málo významné je moravskoberounské souvrství a macošské souvrství.

## 2. VZORKY A METODY

Na listu 14-43 Mohelnice bylo na 639 lokalitách odebráno 998 vzorků reprezentujících jak dominantní horninové typy ve všech výše zmíněných geologických jednotkách a jejich částech, tak i horniny, které jsou na ploše listu zastoupeny jen zcela lokálně. Determinace hornin byla prováděna jen makroskopicky, což v případě zábřežské skupiny působilo zásadní problé-

Tabulka 1. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách zábřežské skupiny a svinovsko-vranovského krystalinika; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 1. Contents of the natural radioactive element (K, eU, eTh) in rocks of the Zábřeh Group and the Svinov-Vranová Crystalline Complex; 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>zábřežská skupina</i>										
pararuly	90	<0,5	2,9	1,2	<1,5	4,4	2,0	<1,5	14,6	6,0
svory	32	0,9	3,2	2,0	1,8	6,4	2,8	5,4	11,6	7,9
fylity	38	0,7	3,7	1,8	<1,5	5,0	2,4	<1,5	13,6	7,0
kvarcity	2	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	2,5	2,3	5,0	5,3	5,2
granitoidy	9	<0,5	1,8	0,6	<1,5	7,9	2,6	<1,5	14,0	5,2
metagranitoidy	10	<0,5	1,7	0,6	<1,5	1,9	<1,5	<1,5	5,8	3,4
světlé metavulkanity	51	<0,5	4,3	1,3	<1,5	5,3	1,9	<1,5	14,5	6,9
amfibolity	60	<0,5	2,2	<0,5	<1,5	1,7	<1,5	<1,5	7,4	<1,5
serpentinity	5	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
metaprachovce	74	<0,5	3,5	2,0	<1,5	3,9	1,9	3,7	12,9	8,0
mramory	13	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	2,3	<1,5	<1,5	2,4	<1,5
<i>svinovsko-vranovské krystalinikum</i>										
amfibolity	3	<0,5	0,8	0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
kvarcity	6	0,6	1,6	1,0	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	8,1	5,0
svory	18	1,4	3,6	2,4	<1,5	2,2	1,5	4,5	14,2	9,1
mramory	4	<0,5	1,1	0,6	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	4,8	2,4
ruly	2	2,8	2,9	2,8	<1,5	<1,5	<1,5	2,7	3,0	2,8

my při rozlišování geneticky rozdílných hornin víceméně rulového vzhledu. Stručnou petrografickou charakteristiku hornin studované oblasti uvádí např. REJCHRT *et al.* (2001).

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 a Th = 1,5 ppm. Při výpočtu hodnot a<sub>m</sub> (viz níže) a při statistickém zpracování dat byly obsahy draslíku pod mezi detekce nahrazeny hodnotou 0,33 hmot. %, obdobně v případě uranu a thoria hodnotou 1 ppm. Před měřeními 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<sub>m</sub>), která byla z výsledků gamaspektrometrických analýz vypočtena podle vztahu  $a_m = 12,35U + (1,43 \times 4,06Th) + (0,077 \times 313K)$ , do kterého jsou obsahy U a Th dosazovány v ppm, obsahy K v hmot. % (UNSCEAR 1988, MATOLÍN a CHLUPÁČOVÁ 1997).

Tabulka 2. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách desenské skupiny, úsovského, moravskoberounského, macošského a andělskohorského souvrství; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 2. Contents of the natural radioactive element (K, eU, eTh) in rocks of the Desná Group and the Úsov, Moravský Beroun, Macocha and Andělská Hora 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>desenská skupina a úsovské souvrství (v rohelské klenbě)</i>										
blastomylonity	24	0,8	2,7	1,8	<1,5	3,9	<1,5	<1,5	11,4	4,5
metagranitoidy	30	0,8	4,7	3,1	<1,5	4,5	2,1	<1,5	33,1	1,7
metapegmatity	4	<0,5	0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,4	1,9
metabazika	4	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,1	<1,5
metaprachovce	15	0,7	3,6	2,2	<1,5	2,8	1,9	5,3	10,4	7,7
<i>moravskoberounské souvrství</i>										
fylity	9	1,2	6,4	3,1	<1,5	1,9	<1,5	3,2	9,4	5,9
kvarcity	11	<0,5	1,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	19,9	3,4
slepence	4	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,2	<1,5
pískovce	7	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	4,0	1,7
arkózové pískovce	7	3,2	6,0	4,2	<1,5	<1,5	<1,5	2,1	4,3	3,1
vápence	28	<0,5	0,9	<0,5	<1,5	2,5	<1,5	<1,5	3,7	<1,5
<i>macošské souvrství</i>										
vápence	6	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
<i>andělskohorské souvrství</i>										
psamity	7	<0,5	1,8	1,5	<1,5	2,3	1,7	7,3	13,3	9,5
aleurity a pelity	3	2,3	2,5	2,4	<1,5	1,8	1,5	8,9	13,4	11,4

### 3. VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky všech provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tab. 1 až 3. Významné či zajímavé poznatky jsou komentovány v následujících odstavcích:

1. Průměrná hmotnostní aktivita studovaných typů hornin s výjimkou metagranitoidů rohelské klenby nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem  $180 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ).
2. V klastikách mohelnického a protivanovského souvrství dochází ke zvyšování průměrných obsahů K, U a Th s klesající velikostí klastů, tedy v pořadí slepence – pískovce a droby – prachovce a břidlice. Sedimenty protivanovského souvrství vykazují výrazně vyšší přirozenou radioaktivitu než sedimenty mohelnického souvrství (viz data v tab. 3 – na tuto skutečnost již upozorňuje ZIMÁK 2014).

Tabulka 3. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách mohelnického a protivanovského souvrství, poorlického permu a české křídové pánve; n = počet vzorků, x = průměr.

Table 3. Contents of the natural radioactive element (K, eU, eTh) in rocks of the Mohelnice and Protivanov Formations, the Orlice Basin and the Bohemian Cretaceous Basin; 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>mohelnické souvrství</i>										
psefity	41	<0,5	1,6	0,6	<1,5	1,8	<1,5	1,7	6,0	3,5
psamity	116	<0,5	3,1	1,0	<1,5	4,7	<1,5	<1,5	14,4	5,2
aleurity a pelity	32	1,3	3,1	2,1	<1,5	5,4	2,0	5,1	16,1	8,0
vápence	8	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,0	<1,5
<i>protivanovské souvrství</i>										
psefity	3	2,0	2,1	2,0	1,8	5,3	3,3	9,6	12,4	10,8
psamity	60	1,0	3,6	2,0	<1,5	5,6	2,4	6,0	19,0	10,8
aleurity a pelity	20	1,9	3,4	2,6	<1,5	5,5	2,6	7,3	14,4	11,4
<i>poorlický perm</i>										
psefity	13	<0,5	3,4	1,3	<1,5	2,9	<1,5	2,3	5,5	3,6
psamity	16	<0,5	1,3	0,9	<1,5	1,9	<1,5	<1,5	5,9	3,9
aleurity a pelity	3	1,6	1,8	1,7	<1,5	<1,5	<1,5	10,1	22,6	15,5
kalkrusta	3	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	10,5	5,4	<1,5	3,0	2,0
<i>perucko-korycanské souvrství</i>										
psamity	18	<0,5	1,9	0,8	<1,5	1,5	<1,5	<1,5	4,8	2,1
<i>bělohorské souvrství</i>										
psefity	2	<0,5	<0,5	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
psamity	13	<0,5	0,8	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	4,4	2,4
aleurity a pelity	8	<0,5	1,2	<0,5	<1,5	1,6	<1,5	<1,5	5,2	2,7
<i>jizerské souvrství</i>										
psamity	36	<0,5	1,2	0,6	<1,5	1,6	<1,5	<1,5	4,7	2,5
aleurity a pelity	13	<0,5	0,8	0,6	<1,5	<1,5	<1,5	2,6	4,8	3,5
<i>teplické a březenské souvrství</i>										
psamity	13	<0,5	1,1	0,7	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	4,2	2,6
aleurity a pelity	4	<0,5	0,7	<0,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,3	3,5	2,7

3. Zvýšené obsahy uranu (až 10,5 ppm) byly zjištěny v karbonátové poloze charakteru kalkrusty v permských siliciklastikách na k. ú. Stará Trnávka (výchoz kalkrusty je v Malíkovské roklí nad vodopádem).
4. Ke stati „Aeroradiometrie“ v publikaci ŠALANSKÝ a MANOVÁ (2001) lze na základě výsledků laboratorní gamaspektrometrie učinit dvě poznámky:  
 ŠALANSKÝ a MANOVÁ (2001) uvádí, že „v západní části území zřetelně vystupuje rozhraní mezi relativně vyšší radioaktivitou křídových sedimentů na Z (místa pravděpodobně zvýšenou výskytem spraší) a nižší radioaktivitou zábřežského krystalinika“. Křídové sedimenty na listu 14-43 Mohelnice však mají přirozenou radioaktivitu výrazně nižší než dominantní horninové typy zábřežského krystalinika (pouze s výjimkou amfibolitů) – viz data v tab. 1. Výsledky aeroradiometrických měření v území tvořeném křídovými sedimenty jsou pokryvem spraší či sprašových hlín ovlivněny zcela zásadním způsobem (relativně zvýšené obsahy K, U a Th ve spraších hodnocené oblasti dokládají dosud nepublikovaná data autora této zprávy).  
 ŠALANSKÝ a MANOVÁ (2001) uvádí, že „slabé zvýšení radioaktivity je zaznamenáno sv. od Dubicka (maximum u Bezděkova), což pravděpodobně souvisí s výskytem devonských grafitických fylitů“. Zvýšená přirozená radioaktivita v tomto prostoru může souviset s přítomností metaprachovců úsovského souvrství (průměr 122 Bq.kg<sup>-1</sup>), fylitů (metapelitů) moravskoberounského souvrství (průměr 124 Bq.kg<sup>-1</sup>), a také arkózových pískovců (132 Bq.kg<sup>-1</sup>), jimž je věnována závěrečná poznámka. Severně od tohoto prostoru na k. ú. Janoslavice a Rohle vystupují metagranitoidy („libinský granit“), které jsou horninami s nejvyšší přirozenou radioaktivitou na hodnoceném mapovém listu (průměr 199 Bq.kg<sup>-1</sup>).
5. Položkou č. 41 v legendě mapového listu 14-43 Mohelnice jsou horniny moravskoberounského souvrství, označené zde jako vápnité pískovce a slepence. Vystupují na dvou plošně malých územích: v okolí kóty Bradlec na k. ú. Králová a Stavenice, četné výchozy jsou na kótě 393 m na k. ú. Bezděkov u Úsova. Zatímco v okolí Bradlece jde o křemenné pískovce a také slepence (v souladu s legendou mapy), horniny na kótě 393 m lze na základě vysokého obsahu živce označit jako arkózové pískovce (s až 6,0 hmot. % K).

#### 4. ZÁVĚR

Průměrná hmotnostní aktivita ekvivalentu <sup>226</sup>Ra jednotlivých typů metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 14-43 Mohelnice až na jedinou výjimku nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq.kg<sup>-1</sup>). Touto výjimkou jsou metagranitoidy („libinský granit“) s hmotnostní aktivitou ekvivalentu <sup>226</sup>Ra v průměru 199 Bq.kg<sup>-1</sup> (max. 318 Bq.kg<sup>-1</sup>), vystupující na mapovém listu 14-43 Mohelnice na relativně malé ploše na katastrálních územích Janoslavice a Rohle (v tzv. rohelské klenbě).

#### LITERATURA

- KOVERDYNŠKÝ, B. (1993): Geologické problémy silezika. In: Přichystal, A., Obstová, V., Suk, M. (ed.): Geologie Moravy a Slezska, 31–40. Moravské zemské muzeum a Sekce geol. věd PřF MU, Brno.
- MATOLÍN, M., CHLUPÁČOVÁ, M. (1997): Radioaktivní vlastnosti hornin. In: Kobr, M. et al.: Petrofyzika, 109–126. Vydavatelství Karolinum, Praha.
- REJCHRT, M., HANŽL, P., HAVLÍČEK, P., KOVERDYNŠKÝ, B., OTAVA, J. (2001): Geologie území. In: Müller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 14-43 Mohelnice, 7–18. Český geologický ústav, Praha.

- ŠALANSKÝ, K., MANOVÁ, M. (2001): Geofyzikální poměry. In: Müller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 14-43 Mohelnice, 18-21. Český geologický ústav, 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. (2014): Přirozená radioaktivita metamorfitů, magmatitů a předkenozoických sedimentů na mapovém listu 24-21 Jevíčko. - *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae*, 99, 2, 95-101.