

# PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA PALEOZOICKÝCH A PROTEROZOICKÝCH HORNIN SEVEROVÝCHODNÍ ČÁSTI ČESKÉHO MASIVU V PROFILOVÉ LINII MEZI VIDNAVOU A OSTRAVOU-PORUBOU

Natural radioactivity of Palaeozoic and Proterozoic rocks of the NE part of the Bohemian Massif in the section line Vidnava - Ostrava-Poruba

Jiří Zimák<sup>1</sup>, Tereza Husáková<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra geologie PřF UP, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc; e-mail: zimak@prfnw.upol.cz

<sup>2</sup>Lazecká 24, 772 00 Olomouc; e-mail: thereza@email.cz

(14-22 Jeseník, 14-24 Bělá pod Pradědem, 15-13 Vrbno pod Pradědem, 15-31 Bruntál, 15-33 Moravský Beroun, 15-34 Vítkov, 15-43 Ostrava)

**Key words:** gamma-spectrometry, natural radioactive elements, Silesicum, Moravian-Silesian Culm

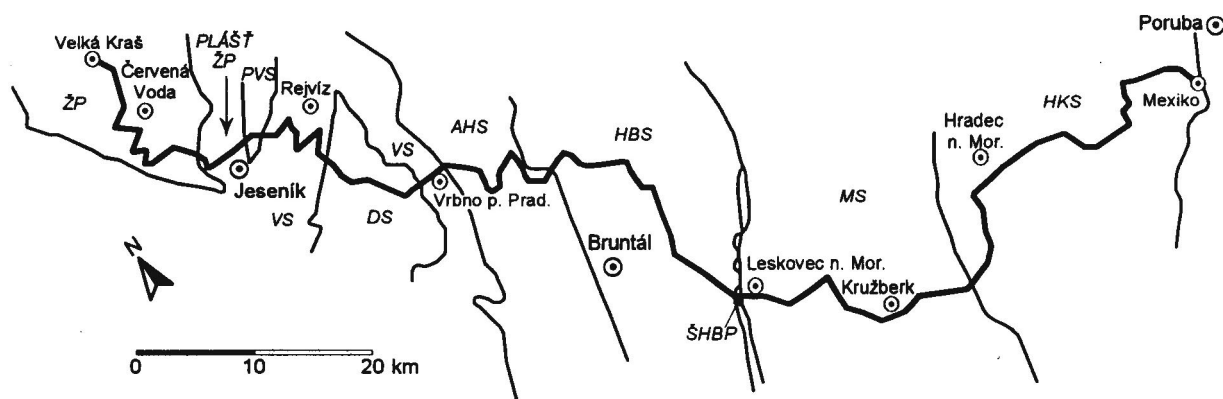
## Abstract

Concentrations of natural radioactive elements (K, U, Th) were measured using a field gamma-ray spectrometer in Palaeozoic and Proterozoic rocks of the Silesicum and in rocks of Upper Devonian - Lower Carboniferous siliciclastic flysch formations called the Moravian-Silesian Culm, in approximately 200 km long section line Velká Kraš (near Vidnava) – Mexiko (SW of Ostrava-Poruba). Relatively high natural radioactivity was found in granitoids (especially biotite granites) of the Žulová Massif, migmatites and biotite gneisses with garnet and sillimanite of the Žulová Massif mantle, and siliciclastic sediments (graywackes, siltstones and clay shales) of the Moravice Fmt. and Hradec-Kyjovice Fmt. in the eastern part of the Moravian-Silesian Culm.

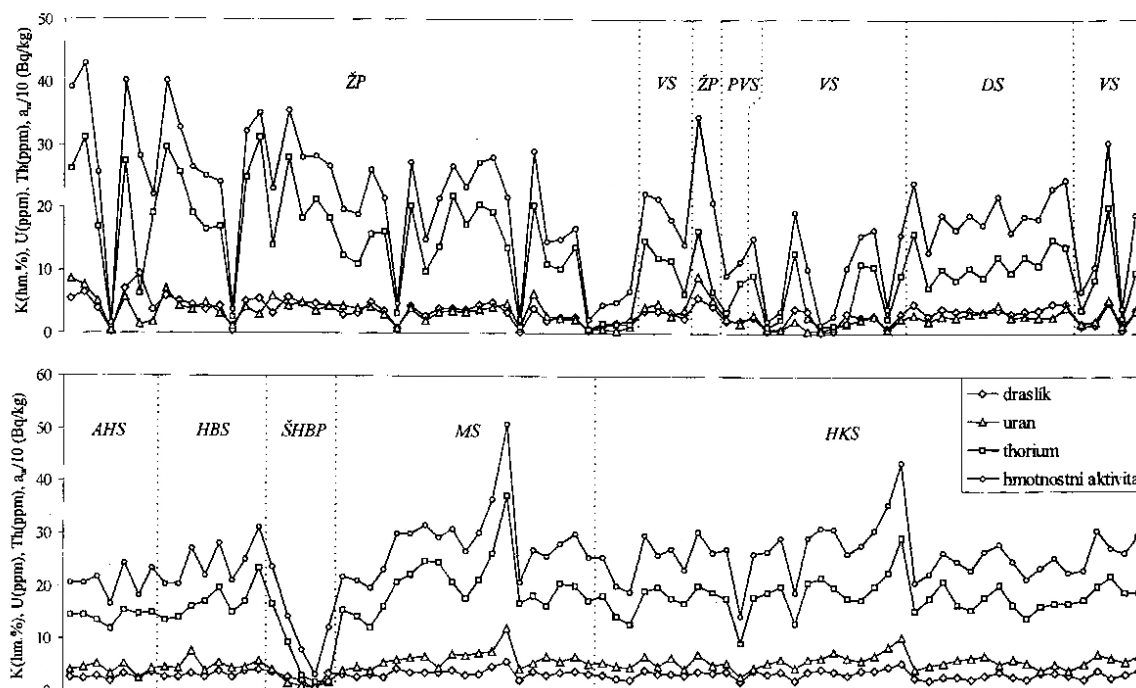
Leteckou, terénní i laboratorní gamaspektrometrií bylo již dříve prokázáno, že sv. část Českého masivu (silezikum a moravskoslezské paleozoikum) je oblastí s relativně nízkou přirozenou radioaktivitou horninového prostředí. Tuto skutečnost jasně vyjadřuje např. „Radiometrická mapa ČR 1 : 500 000“ (Manová – Matolín 1995), z níž je zřejmé, že v rámci výše uvedeného území existují úseky se zvýšenými hodnotami dávkového příkonu gama záření hornin, a to zejména ve východní části jeseníckého kulmu (Da = 60–90 nGy.h<sup>-1</sup>) a také v prostoru žulovského plutonu, jenž je podle citovaných autorů nejradioaktivnější geologickou jednotkou v oblasti silezika (tzv. „Hauptgranit“ vykazuje Da = 75–110 nGy.h<sup>-1</sup>).

V této zprávě jsou sumarizovány výsledky 1117 terénních měření provedených pomocí gamaspektrometru

GS-256, jimiž byly sledovány obsahy K, U a Th v paleozoických a proterozoických horninách SV části Českého masivu, v profilu Velká Kraš (u Vidnavy) – Mexiko (osada mezi Klimkovicemi a Vřesinou, JZ od Poruby). Vzdálenost mezi krajními body profilu je cca 93 km, délka lomené profilové linie je něco přes 200 km. Průběh profilové linie je schematicky vyznačen na obr. 1, v němž jsou zjednodušeně znázorněny i hranice mezi geologickými jednotkami, jimiž profil probíhá – ve směru od SZ k JV jde o: a) žulovský pluton a jeho plášť (v profilu až po údolí Bělé na SV okraji města Jeseník – v obr. 1 a 2 zkratka ŽP), b) vrbenskou skupinu (VS), c) krystalinikum tvořící podloží vrbenské skupiny a vystupující v prostoru Zlatého chlumu (PVS), d) desenskou skupinu, v úseku dříve označovaném jako kra Orlíku (DS), e) andělskohorské souvrství



Obr. 1 – Průběh profilové linie Velká Kraš – Mexiko (zkratky pro geologické jednotky jsou vysvětleny v textu).  
Fig. 1 – Course of the section line Velká Kraš - Mexiko.



Obr. 2 – Distribuce obsahů draslíku, uranu, thoria a vypočtená hmotnostní aktivita hornin v profilu Velká Kraš – Mexiko (zkratky pro geologické jednotky jsou vysvětleny v textu).

Fig. 2 – Distribution of potassium, uranium and thorium contents and calculated mass activity of rocks in the section line Velká Kraš - Mexico.

moravskoslezského kulmu (AHS), f) hornobenešovské souvrství moravskoslezského kulmu (HBS), g) devon šternbersko-hornobenešovského pruhu, západně od Leskovce nad Moravicí (ŠHBP), i) moravické souvrství moravskoslezského kulmu (MS), j) hradecko-kyjovické souvrství moravskoslezského kulmu (HKS).

Na úhrnné gama-aktivitě sledovaných hornin se z přirozených radioaktivních prvků podílí hlavně K, U a Th (a dceřiné produkty). Z gamaspektrometricky stanovených koncentrací všech tří uvedených prvků lze vypočítat hmotnostní aktivitu ekvivalentu  $^{226}\text{Ra}$  ( $a_m$ ) pomocí vztahu

$$a_m = 12,35U + (1,43 \times 4,06\text{Th}) + (0,077 \times 313K),$$

do nějž jsou obsahy U a Th dosazovány v ppm, obsahy K v hmot. % (např. Matolín – Chlupáčová 1997).

Gamaspektrometrickými měřeními v profilu Velká Kraš – Mexiko byly potvrzeny již dříve známé rozdíly v přirozené radioaktivitě geologických jednotek, jimž profil prochází. Obr. 2 dokládá relativně vysokou přirozenou radioaktivitu hornin v prostoru žulovského plutonu a ve východní části moravskoslezského kulmu, tj. v moravickém souvrství a souvrství hradecko-kyjovickém (obr. 2 je založen na průměrných obsahích K, U, Th a vypočtených hodnotách  $a_m$  na 158 reprezentativních lokalitách). Údaje o přirozené radioaktivitě jednotlivých horninových typů v prostoru profilu jsou obsaženy v tab. 1. Významné poznatky jsou uvedeny a komentovány v následujících odstavcích:

1. V žulovském plutonu mají nejvyšší přirozenou radioaktivitu granitoidy. V rámci jedné lokality mohou vykazovat značnou variabilitu v obsahích U

a Th a někdy i K. Zjištěné průměrné obsahy U a Th v granitoidech žulovského plutonu (viz tab. 1) jsou v souladu s daty založenými na laboratorních gamaspektrometrických měřeních, jejichž výsledky uvádí René (1980): průměr 4,5 ppm U a 24,4 ppm Th ( $n = 36$ ). Gamaspektrometrická měření na našem profilu (ale také v jiných úsecích žulovského plutonu) prokázala vztah mezi gama-aktivitou a petrografickým charakterem granitoidů: biotitické granity mají vyšší obsahy všech tří sledovaných prvků (hlavně však Th) než granodiority, příp. tonality. Relativně vysoké obsahy Th v granitoidech jsou patrně vázány na v těchto horninách hojný allanit-(Ce). Gamaspektrometrickými měřeními nebyl prokázán žádný zjevný rozdíl v přirozené radioaktivitě Scharffova „Hauptgranitu“ a „Randgranitu“ (charakteristiku těchto hornin uvádí např. Kopa 1985). Bazičtější diferenciaty žulovského plutonu (dioritoidy a syenitoidy) mají ve srovnání s granitoidy nižší obsahy K, zhruba stejné obsahy U a výrazně nižší obsahy Th (obecně jsou vyšší koncentrace Th v kyselých diferenciattech ve srovnání s bazičtějšími zcela běžné), a proto následně vykazují nižší hodnoty hmotnostní aktivity (viz tab. 1). Granodiority a také tonality, dioritoidy a syenitoidy se vyskytují v podobě enkláv ve všech částech žulovského plutonu, jejich největší rozšíření je při okrajovém sudetském zlomu, tedy v oblasti tzv. „Randgranitu“. Proto se na základě výsledků letecké gamaspektrometrie může „Randgranit“ jevit jako méně radioaktivní než „Hauptgranit“. Granitoidy žulovského plutonu vykazují velmi

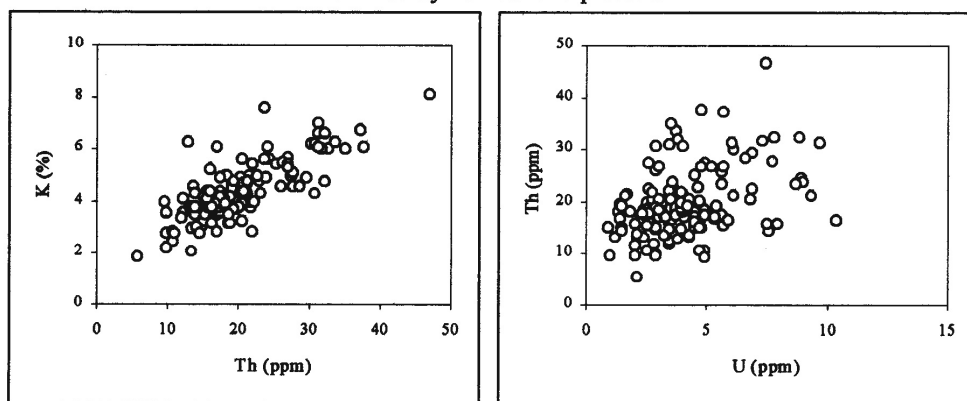
geol. jednotka / hornina	n	K (hm. %)		U (ppm)		Th (ppm)		a <sub>m</sub> (Bq.kg <sup>-1</sup> )	
		rozpětí	Č	rozpětí	Č	rozpětí	Č	rozpětí	Č
<i>žulovský pluton a jeho plášť (ŽP):</i>									
granitoidy	136	1,9-8,1	4,4	0,9-10,4	4,1	5,6-46,8	19,9	104-558	273
syenitoidy	6	2,3-3,9	3,1	3,4-4,5	4	8,3-13,6	10,4	163-205	186
dioritoidy	18	1,9-3,9	3	1,1-7,3	3,9	8,7-17,0	12,7	138-278	193
aplity+pegmatity	19	2,2-10,6	5	0,5-9,8	3,9	3,7-38,8	13,3	118-382	246
křemené žíly	4	0,1-0,2	0,1	0-0,9	0,5	0,4-2,1	1,2	11-19	16
ruly+migmatity	48	1,8-5,7	3,4	1,4-6,2	3,7	6,7-29,7	16,5	116-365	223
kvarcity+kvarc.ruly	6	1,1-2,2	1,6	0,4-1,0	0,6	0,8-2,0	1,4	41-69	54
amfibolity	6	0,4-1,0	0,6	0,5-2,1	1	0-2,8	1,7	17-65	37
mramory+erlany	10	0,1-1,1	0,5	0,6-1,3	0,9	0,1-4,5	2,4	18-64	38
<i>krystalinikum v podloží vrbenské skupiny v prostoru Zlatého chlumu (PVS):</i>									
ruly	8	1,8-2,3	2	1,2-2,9	2	1,4-8,4	5,7	82-128	107
<i>vrbenská skupina (VS):</i>									
fylity	15	2,3-5,9	3,7	1,3-5,9	3,5	6,9-22,8	12,7	120-347	206
svory+ruly	9	2,1-3,9	3	2,5-6,1	4	8,1-17,2	12,8	145-238	196
kvarcity apod.	35	0,2-4,2	1,5	0,1-5,4	1,5	0,8-15,0	5,5	19-241	87
amfibolity apod.	24	0,1-1,9	0,8	0,1-5,0	1,8	0,3-6,3	2,1	11-124	52
biotitické plagioklas.ruly	14	2,5-3,8	3,1	1,0-4,4	2,4	0,3-2,1	1,3	89-137	113
biotit-amfibolické ruly	5	2,1-4,7	3,3	1,5-4,6	2,9	0,8-1,8	1,2	87-175	122
keratofyrové horniny	5	3,0-4,6	3,9	1,4-2,6	2	9,8-14,8	12,7	149-229	192
mramory	6	0,3-0,8	0,6	0,5-1,5	1,1	0,1-4,7	2,3	26-53	40
<i>desenská skupina (DS):</i>									
metagranitoidy	36	2,3-5,1	3,9	1,4-13,3	3,7	4,2-16,9	11,2	112-296	204
blastomylonity	65	1,5-5,2	3,6	0,8-6,3	2,9	6,2-16,1	11,2	120-276	188
mylonity	6	1,8-5,6	3,6	2,1-4,3	3,2	5,0-15,0	10,3	101-240	187
<i>devon šternbersko-hornobenešovského pruhu (ŠHBP):</i>									
spility a jejich tufy	12	0,4-3,8	1,9	0,5-2,4	1,3	1,1-4,1	2,3	30-133	75
vápenné břidlice	8	2,6-4,3	3,2	0,8-5,4	2,5	8,4-18,5	12,1	126-274	178
<i>moravskoslezský kulm (AHS, HBS, MS, HKS):</i>									
AHS: psefity+psamity	29	1,9-3,7	2,6	1,6-6,9	4,4	7,7-16,4	12,9	141-237	190
AHS: aleurity+pelity	38	2,2-4,8	3,7	2,1-5,9	4,3	11,5-18,2	15,5	182-275	231
HBS: psefity+psamity	109	1,5-5,9	3,2	1,9-11,1	5,4	7,7-28,7	16,5	115-410	242
HBS: aleurity+pelity	19	2,8-4,0	3,4	2,5-9,6	5,1	15,4-27,4	19,4	218-307	257
MS: psefity+psamity	65	2,0-5,6	3,3	2,8-10,9	5,7	9,3-34,6	18	144-418	255
MS: aleurity+pelity	117	2,6-6,1	3,9	2,5-18,5	7,3	14,3-40,5	22,2	207-549	313
HKS: psefity+psamity	156	2,0-6,2	3,4	2,3-11,4	5,8	7,7-29,9	18,1	131-450	258
HKS: aleurity+pelity	83	2,2-5,2	3,8	2,5-9,5	6,2	12,9-25,3	18,8	200-356	278

Tab. 1 – Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v horninách a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a<sub>m</sub>).  
 Tab. 1 – Natural radioactive element (K, U, Th) contents in rocks and calculated mass activity (a<sub>m</sub>).

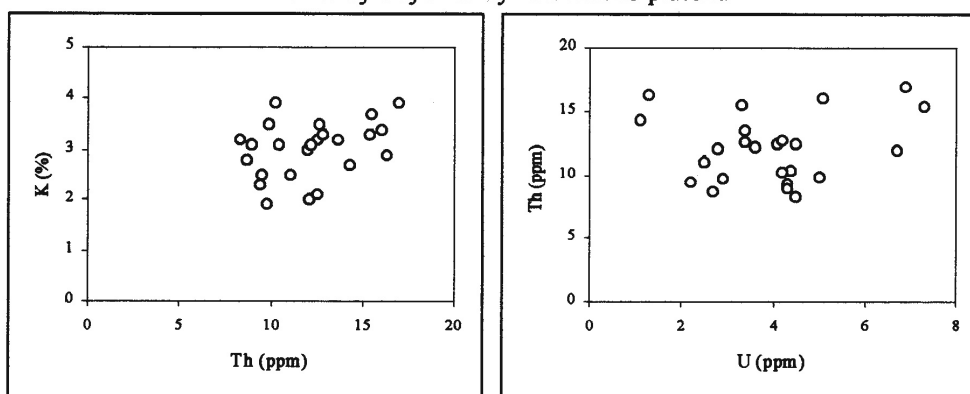
výraznou pozitivní korelaci K vs. Th (korelační koeficient 0,77) a též U vs. Th (korelační koeficient 0,41); pozitivní korelace K vs. Th a U vs. Th existuje i u syenitoidů a dioritoidů, avšak je méně výrazná – viz tab. 2, obr. 3. Pegmatity a aplity žulovského

plutonu mají podle výsledků provedených gamaspektrometrických měření obdobné obsahy U jako granitoidy, v nichž se zpravidla vyskytují. Obsahy Th jsou však v aplitech a pegmatitech žulovského plutonu nižší než v granitoidních

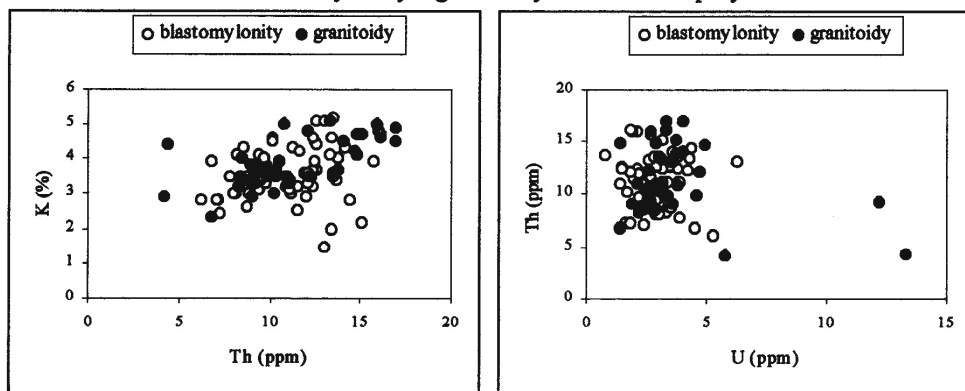
## Granitoidy žulovského plutonu



## Dioritoidy a syenitoidy žulovského plutonu



## Blastomylonity a granitoidy desenské skupiny



Obr. 3 – Diagramy vyjadřující poměry K vs. Th a Th vs. U v granitoidech, dioritoidech a syenitoidech žulovského masivu a v blastomylonitech a granitoidech desenské skupiny (skupina příkrovů Orlíku).

Fig. 3 – Diagrams showing K vs. Th and Th vs. U for granitoids, dioritoids and syenitoids of the Žulová Massif and for blastomylonites and granitoids of the Desná Group (Group of the Mt. Orлік nappes).

horninách – to platí nejen o hodnotách průměrných, ale i o maximech! Ve skupině aplitů a pegmatitů existuje výrazná pozitivní korelace U vs. Th (korelační koeficient 0,68) a negativní korelace K vs. Th – viz tab. 2, obr. 3.

2. Z hlediska přirozené radioaktivity lze za zajímavé považovat migmatity a biotitické ruly (příp. svorové ruly) s často již makroskopicky nápadným granátem a sillimanitem (fibrolit), které společně vystupují v JZ

části pláště žulovského plutonu (jejich petrografickou charakteristiku uvádí Cháb – Žáček 1994). Tyto horniny byly námi sledovány v prostoru mezi Zelenou horou a Medvědí kamenem; gama-spektrometrická měření prokázala značnou variabilitu obsahů K, U a Th (tab. 1). Přítomnost zvýšených obsahů všech tří prvků (zejména však Th) byla zjištěna obvykle v horninách s relativně vysokým stupněm migmatitizace (v stromatitických

		K vs. Th	U vs. Th
žulovský pluton	granitoidy	0,77	0,41
	dioritoidy a syenitoidy	0,35	0,15
	aplity a pegmatity	-0,36	0,68
desenská skupina	granitoidy	0,65	-0,29
	blastomylonity	0,31	-0,06

Tab. 2 – Korelační koeficienty K vs. Th a U vs. Th pro horniny vybraných geologických jednotek.

Tab. 2 – Correlation coefficients K vs. Th and U vs. Th for rocks of selected geological units.

či nebulitických migmatitech), a proto lze předpokládat přínos těchto prvků v průběhu migmatitizačních procesů.

3. V severní části desenské skupiny (v tzv. „skupině příkrovů Orlíku“) byl získán reprezentativní soubor údajů o přirozené radioaktivitě: a) páskovaných až plástevnatých mylonitů a zejména blastomylonitů s makroskopicky nápadnými porfyroklasty živeců, b) muskovitických až dvojslídých (chloritizovaných) metagranitoidů (detailní petrografickou charakteristiku těchto hornin uvádějí Cháb et al. 1984). Údaje v tab. 1 podporují představu vzniku metagranitoidů, blastomylonitů a mylonitů přepracováním jediného, víceméně uniformního granitoidního tělesa. Průměrné obsahy Th v metagranitoidech, blastomylonitech a mylonitech jsou prakticky shodné; obdobná situace je v případě U (vyšší průměrný obsah U v granitoidech souvisí s extrémně vysokými koncentracemi U ve dvou měřených bodech – viz diagram Th vs. U na obr. 3). O něco nižší obsahy K v blastomylonitech a mylonitech patrně souvisí s jeho částečným odnosem v průběhu deformačních a metamorfních procesů. Mobilitou K a U v průběhu těchto procesů lze vysvětlit snížení absolutní hodnoty korelačních koeficientů K vs. Th a U vs. Th (tab. 2).
4. Siliciklastika v souvrstvích moravskoslezského kulmu jsou v tab. 1 dělena podle strukturních kritérií jen do dvou skupin: aleurity+pelity a psefity+psamity (důvody uvádí Zimák – Štelcl 2003). V rámci jednoho

a téhož souvrství mají aleurity+pelity vždy vyšší obsahy K a Th než sedimenty druhé skupiny (to je ve shodě s údaji Zimáka – Štelcla 2004). Gama-spektrometrickými měřeními na celé ploše kulmu jesenického bloku bylo zjištěno (Zimák – Štelcl 2004), že aleurity+pelity mají i mírně vyšší obsahy U; v případě dat získaných pouze na profilu Velká Kraš - Mexiko však toto neplatí pro AHS a HBS. Z tab. 1 je zřejmé, že přirozená radioaktivita kulmských sedimentů jedné a téže zrnitostní kategorie roste ve směru od podloží do nadloží, tj. od AHS přes MS do HBS a HKS (to uvádí již Matolín 1970). Ve strukturně obdobných horninách MS a HKS byly zjištěny jen malé diference v průměrných obsazích K, U a Th, což lze považovat za charakteristické pro severní část moravskoslezského kulmu (viz Zimák – Štelcl 2004). Přirozená radioaktivita sedimentů moravskoslezského kulmu je odrazem petrografických poměrů ve snosové oblasti. Ve zdrojové oblasti klastik AHS převažovaly epizonálně metamorfované horniny a anchimetamorfované sedimenty (viz např. Dvořák 1994), z relativně vysoké přirozené radioaktivity sedimentů HBS a hlavně MS a HKS lze usuzovat na významný podíl kyselých magmatitů. V období sedimentace MS a HKS se výrazněji neměnil petrografický charakter snosové oblasti, z níž byl vodními toky (generelně od západu) přinášén materiál do severní části flyšové pánve (sedimenty této části pánve nyní vystupují severně od klepáčovského zlomu).

#### Literatura:

- Dvořák, J. (1994): Variský flyšový vývoj v Nížkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. ČGÚ Praha.
- Cháb, J. – Fišera, M. – Fediuková, E. – Novotný, P. – Opletal, M. – Skácelová, D. (1984): Problémy tektonického a metamorfního vývoje východní části Hrubého Jeseníku. – Sbor. geol. Věd, Ř. G, 39, 27–72. Praha.
- Cháb, J. – Žáček, V. (1994): Geology of the Žulová pluton mantle (Bohemian Massif, Central Europe). – Věst. Ústř. Úst. geol., 69, 1–12. Praha.
- Kopa, D. (1985): K petrografii žulovského plutonu. – Čas. Slez. Muz., Vědy přír., 34, 277–284. Opava.
- Manová, M. – Matolín, M. (1995): Radiometrická mapa České republiky 1 : 500 000. ČGÚ Praha.
- Matolín, M. (1970): Radioaktivita hornin Českého masívu. Knih. Ústř. úst. geol., 41. Praha.
- Matolín, M. – Chlupáčová, M. (1997): Radioaktivní vlastnosti hornin. In Kobr M. et al.: Petrofyzika, 109–126. Vydavatelství Karolinum Praha.
- René, M. (1980): Formace Al-Fe hornin obalových sérií desenské klenby. Prognózní ocenění uranonosnosti Hrubého Jeseníku. MS. Kandidátská disertační práce. Praha 1980.
- Zimák, J. – Štelcl, J. (2003): Terénní gamaspektrometrické měření přirozené radioaktivity hornin v oblasti moravskoslezského kulmu v Nížkém Jeseníku. – Zpr. geol. Výzk. v R. 2002, 203–204. Praha.
- Zimák, J. – Štelcl, J. (2004): Přirozená radioaktivita hornin moravskoslezského kulmu v oblasti Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů: příspěvek k poznání zdrojové oblasti klastického materiálu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003, 103–106. Brno.