

## G – RADIOAKTIVITA

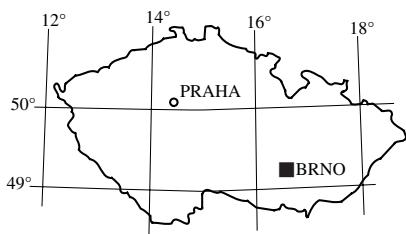
### TESTOVÁNÍ VLIVU BLÍZKOSTI TEKTONICKÝCH PORUCH NEBO KONTAKTU HORNIN NA OBJEMOVOU AKTIVITU RADONU V HORNINÁCH NA ÚZEMÍ MĚSTA BRNA

#### Influence of the tectonic disturbances or rock contacts on radon activity concentration in the rocks of the City Brno area-testing

JIŘÍ JANSKÝ

Vrchlického 1302, 664 34 Kuřim

(24-32 Brno, 24-41 Vyškov, 24-34 Ivančice, 24-43 Šlapanice)



**Key words:** radon activity concentration, tectonics, Mann-Whitney test

**Abstract:** Radon risk mapping data from the city Brno were collected from databases of six private companies. There was an information about radon activity concentration from 685 measured sites. The measured sites were divided into two groups, tectonic-influenced or contact-influenced or without tectonic or contact-influenced, with the use of geological maps at the scale 1 : 50 000. Values of the third quartile of radon activity concentration from statistical sets of each site were tested for influence of tectonics or contacts. Three steps of testing were used for five select rocks (with more than 30 measured sites). Histograms of numbers of measured sites and values of the third quartile of radon activity concentration in areas with and without tectonic or contact-influenced in the same rock were compared. Values of median of the third quartile were compared too. Mann-Whitney statistical test was used for the values of the third quartile of radon activity concentration in both areas, with or without tectonics or contacts, for the same rock. Radon activity concentration was influenced (to higher values) by tectonics or contacts in fluvial sandy loam, calcareous clay and probably in the granodiorite of Královo Pole type. No influence of tectonics or contacts on the values of radon activity concentration was proved in dumps, loess and loess loam.

#### Úvod

Šest společností (včetně autorovy) poskytlo data z komerčního radonového průzkumu od roku 1992 do roku 1999 na území města Brna. Základní informace o hodnotách objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v zájmové oblasti publikoval JANSKÝ (2000) a JANSKÝ (2002). V tomto příspěvku jsou uvedeny výsledky testování vlivu přítomnosti tektonických poruch nebo kontaktu hornin na velikost objemové aktivity radonu (OAR) v horninách na území města.

Radonová databáze, sestavená autorem z údajů šesti firem, neobsahuje soubory přímo měřených hodnot OAR na každé lokalitě, ale pouze výsledky statistického zpracování těchto hodnot. Na každé z celkem 685 měřených ploch tak jsou známy počty odebraných vzorků, velikost minima, maxima, aritmetického průměru, standardní odchylky a třetího kvartilu ze statistického souboru hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Z některých lokalit však část těchto údajů chybí. Velikosti třetího kvartilu objemové aktivity radonu nejsou známy ze 31 lokalit.

Tři firmy, firma 1, 2 a 4, poskytly data z téměř 95 % všech měřených ploch. Hodnoty třetích kvartilů objemové aktivity radonu z lokalit ve stejném horninovém prostředí se pro tyto firmy liší (viz hodnoty mediánu třetích kvartilů v tab. 1). Při zpracování byly proto výpočty provedeny vždy pro každou z těchto firem zvlášť a navíc pro všechny šest firem. Množství měřených ploch od firem 3, 5 a 6 bylo malé a proto nebyly do zpracování jednotlivě zahrnuty.

#### Metody zpracování

Pro ověření vlivu blízkosti tektonických poruch nebo kontaktů hornin na velikost objemové aktivity radonu v jednotlivých horninách byly zvoleny hodnoty třetích kvartilů OAR, které se používají pro začlenění stavebních ploch do odpovídající kategorie radonového rizika. Histogramy třetích kvartilů objemové aktivity radonu, od všech firem, v blízkosti tektonických poruch nebo kontaktů hornin a mimo tektonické poruchy nebo kontakty hornin pro antropogenní sedimenty, fluviální písčité hlíny, spraše a sprašové hlíny, vápnité jíly a granodiorit, typ Královo Pole, jsou uvedeny na obr. 1 až 5. V každé z výše uvedených hornin bylo měřeno na více než třiceti plochách (tab. 1) a bylo zde vždy několik ploch s neznámou hodnotou třetího kvartilu. Ve zbylých horninách nepřekročil počet měřených lokalit číslo 26, a proto zde nebylo provedeno další statistické zpracování. Pozice všech lokalit vůči tektonickým poruchám nebo kontaktům hornin byla stanovena z Geologické mapy okolí Brna a z geologických map, listy 24-34 Ivančice a 24-43 Šlapanice, vše v měřítku 1 : 50 000.

Statistické rozdělení třetích kvartilů objemové aktivity radonu ve výše uvedených horninách není normální ani logaritmicko-normální a odpovídá rozdělení reálných geo-

Tabulka 1. Medián třetích kvartilů (III.Q) objemové aktivity radonu v horninách na území Brna

hornina	firma 1	medián III. Q	firma 2	medián III. Q	firma 4	medián III. Q	firma 1–6	medián III. Q
počet lokalit celkem	počet lok.	[kBq · m <sup>-3</sup> ]	počet lok.	[kBq · m <sup>-3</sup> ]	počet lok.	[kBq · m <sup>-3</sup> ]	počet lok.	[kBq · m <sup>-3</sup> ]
antropogenní sedimenty	bez t.	16	26,2	13	14,6	17	19,4	19,9
61	s tekt.	0		4	12,3	3	25,9	20,6
fluviální písčité hlíny	bez t.	3	32,5	12	12,7	17	18,8	18,8
64	s tekt.	7	32,3	9	17,4	11	30,2	25,2
spraše, sprašové hlíny	bez t.	56	30,8	75	14,7	74	23,6	22,4
344	s tekt.	37	28,0	32	19,0	33	22,1	23,6
vápnité jíly	bez t.	5	27,3	8	8,6	0		12,0
31	s tekt.	4	31,4	5	14,7	4	21,8	21,2
granodiorit, typ Kr. Pole	bez t.	4	17,2	11	9,3	6	10,1	10,6
52	s tekt.	5	30,8	11	7,1	10	18,9	17,0

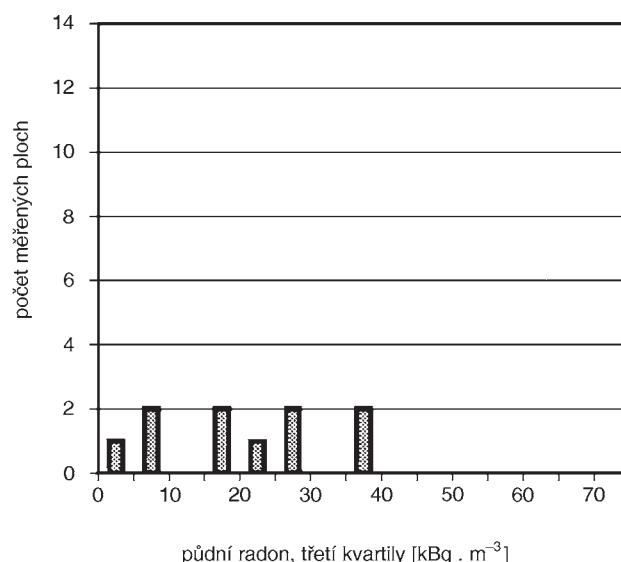
chemických dat (JANSKÝ 2002, NEZNAL – NEZNAL – ŠMARDA 1993). Proto jako vhodná charakteristika polohy pro porovnání hodnot třetího kvartilu v horninách poblíž a dál od tektonických poruch nebo kontaktů hornin byl zvolen robustní parametr medián (tab. 1).

Statistické testování rozdílů třetích kvartilů objemové aktivity radonu v horninách blízko tektonických poruch nebo kontaktů hornin a mimo ně bylo provedeno vzhledem k tvaru rozdělení hodnot třetích kvartilů neparametrickým dvouvýběrovým Wilcoxonovým testem. Pro výpočet byl použit ekvivalentní Mannův-Whitneyův test (ANDĚL 1993, ZVÁRA 1998). Oba testy jsou analogí dvouvýběrového t testu, který se používá za předpokladu normálního rozdělení, když místo původních pozorování jsou použita jejich pořadí ve sdruženém výběru. Předpokládá se, že oba náhodné výběry (tj. hodnoty třetích kvartilů v hornině poblíž tektonických poruch nebo horninových kontaktů a hodnoty třetích kvartilů ve stejně hornině mimo poruchy nebo kontakt) jsou navzájem nezávislé. Nulová hypotéza tvrdí, že jejich rozdělení jsou totožná (distribuční funkce jsou shodné). Za alternativní hypotézy shodnost distribučních funkcí neplatí. Mannův-Whitneyův test je zejména citlivý na posunutí distribučních funkcí a je proto velmi vhodný pro ověření rozdílu v hodnotách třetích kvartilů OAR v jednotlivých horninách poblíž a dál od tektonických poruch nebo kontaktů hornin (tab. 2).

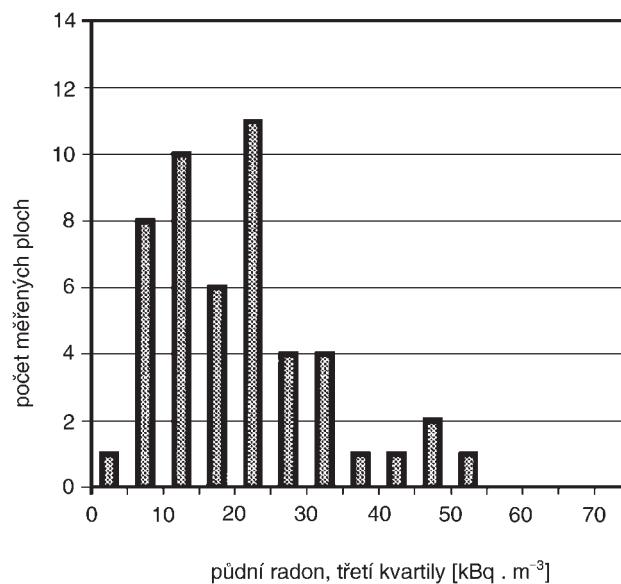
## Výsledky

### Antropogenní sedimenty

Počet měřených ploch s nenulovým třetím kvartilem OAR poblíž a dál od tektonických poruch nebo kontaktů hornin je výrazně odlišný (tab. 1) a proto se srovnání hodnot třetích kvartilů OAR provádí velmi obtížně. Z histogramů není patrný žádny větší rozdíl (obr. 1), podobně i hodnoty mediánů jsou u firem zhruba stejné (až na firmu 4, viz tab. 1). Statistický test také žádný rozdíl neprokázal (tab. 2). Je možné konstatovat, že na základě dostupných



Obr. 1a. Antropogenní sedimenty blízko tektoniky nebo kontaktů.

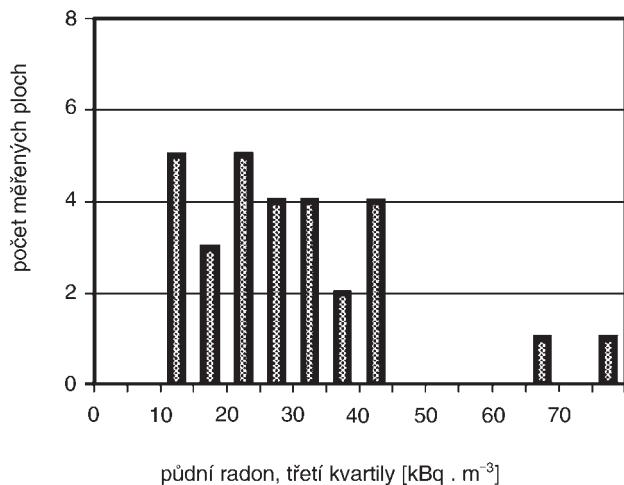


Obr. 1b. Antropogenní sedimenty mimo tektoniku nebo kontakty.

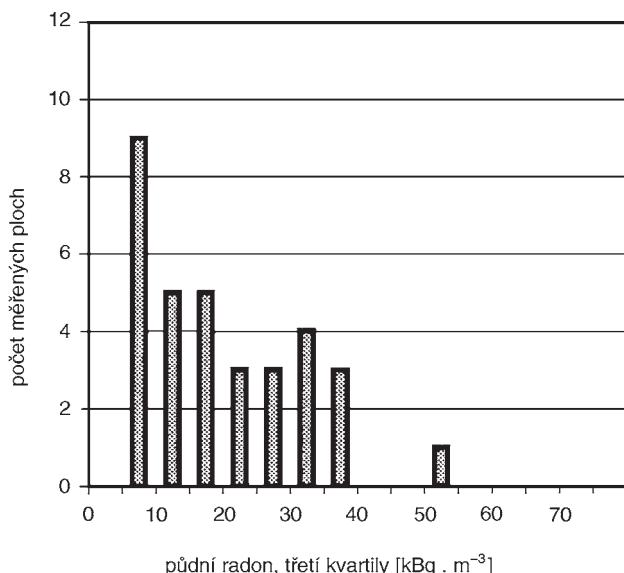
Tabulka 2. Ověřování rozdílu třetích kvartilů (III. Q) objemové aktivity radonu poblíž a dál od tektoniky nebo kontaktu v horninách na území Brna pomocí Mannova - Whitneyova testu na hladinách 5 % a 1 %.

hornina	firma 1	hladina 5 %	firma 2	hladina 5 %	firma 4	hladina 5 %	firmy 1–6	hladina 5 %
počet lokalit celkem	počet lok.	hladina 1%						
antropogenní sedimenty	bez t.	16		13	N	17	N	N
61	s tekt.	0		4	N	3	N	10
fluviální písčité hlíny	bez t.	3	N	12	N	17	P	P
64	s tekt.	7	N	9	N	11	P	N
spraše, sprašové hlíny	bez t.	56	N	75	N	74	N	219
344	s tekt.	37	N	32	N	33	N	108
vápnité jíly	bez t.	5	N	8	N	0		13
31	s tekt.	4	N	5	N	4		14
granodiorit, typ Kr. Pole	bez t.	4	N	11	N	6	N	22
52	s tekt.	5	N	11	N	10	N	28

P – rozdíl prokázaný, N – rozdíl neprokázaný



Obr. 2a. Fluviální písčité hlíny blízko tektoniky nebo kontaktů.



Obr. 2b. Fluviální písčité hlíny mimo tektoniku nebo kontakty.

údajů není patrný žádný rozdíl mezi hodnotami třetích kvartilů objemové aktivity radonu v antropogenních sedimentech poblíž a mimo tektoniku nebo kontakt hornin.

Antropogenní sedimenty jsou velmi různorodé, převážně propustné sedimenty. Obsah uranu je zde proměnlivý a někdy relativně vysoký. Změny objemové aktivity radonu v půdním vzduchu jsou pravděpodobně spojeny především s lokálními změnami obsahu radia Ra-226 a odlišnou lokální propustností (JANSKÝ 2002). Tyto jevy potom zastírají případný vliv blízké tektoniky nebo kontaktu hornin.

### Fluviální písčité hlíny

Počet měřených ploch s nenulovým třetím kvartilem OAR poblíž a dál od tektonických poruch nebo kontaktů hornin je zhruba stejný (tab. 1). V histogramech je patrný rozdíl především v četnosti ploch s nejnižšími a nejvyššími hodnotami třetích kvartilů OAR. Plochy s hodnotou třetího kvartila OAR do 10 kBq · m⁻³ se nachází pouze v území bez tektonických poruch nebo kontaktů, zatímco nejvyšší hodnoty nad 65 kBq · m⁻³ jsou jen v plochách poblíž tektonických poruch nebo kontaktů (obr. 2). Hodnoty mediánů jsou u firem poměrně rozdílné, výrazně vyšší hodnoty jsou v lokalitách poblíž tektonických poruch (až na firmu 1, viz tab. 1). Statistické testování prokázalo rozdíl v hodnotách třetích kvartilů OAR u firmy 4 (na hladinách 5 % a 1 %) a u všech firem (na hladině 5 %). Je možné konstatovat, že na základě dostupných údajů je patrný poměrně výrazný rozdíl mezi hodnotami třetích kvartilů objemové aktivity radonu ve fluviálních písčitých hlínách poblíž a mimo tektonické poruchy nebo kontakt hornin.

Fluviální písčité hlíny jsou poměrně nehomogenní, převážně propustné sedimenty. Obsah uranu v nich nebyl měřen (JANSKÝ 2002). Na velikost objemové aktivity radonu má však přímý vliv blízkost tektonických poruch nebo kontaktů hornin.

## Spraše, sprašové hlíny

Počet měřených ploch s nenulovým třetím kvartilem OAR poblíž tektonických struktur nebo kontaktů hornin je zhruba poloviční v porovnání s počtem ploch mimo tektonické struktury nebo kontakty (tab. 1). V histogramech je patrný rozdíl především v četnosti ploch s hodnotou od 10 do 15 kBq . m<sup>-3</sup> (obr. 3), tvar a poloha obou rozdělení jsou jinak zhruba stejné. Hodnoty mediánů pro obě prostředí jsou u firem přibližně stejné (až na firmu 2, viz tab. 1). Statistické testování neprokázalo rozdíl v hodnotách třetích kvartili OAR u žádné firmy. Je možné konstatovat, že na základě dostupných údajů není patrný žádný rozdíl mezi hodnotami třetích kvartilů objemové aktivity radonu ve spraších, sprašových hlínách mimo a poblíž tektonických struktur nebo kontaktů hornin.

Spraše, sprašové hlíny představují většinou homogenní a nepropustné sedimenty. Starší tektonické poruchy bývají jimi překryté a případný přísun radonu tak není možný. Obsah uranu je zde poměrně vysoký (JANSKÝ 2002). Hodnoty objemové aktivity radonu jsou homogenní a relativně vysoké, bez prokázaného ovlivnění blízkostí tektoniky nebo kontaktu hornin.

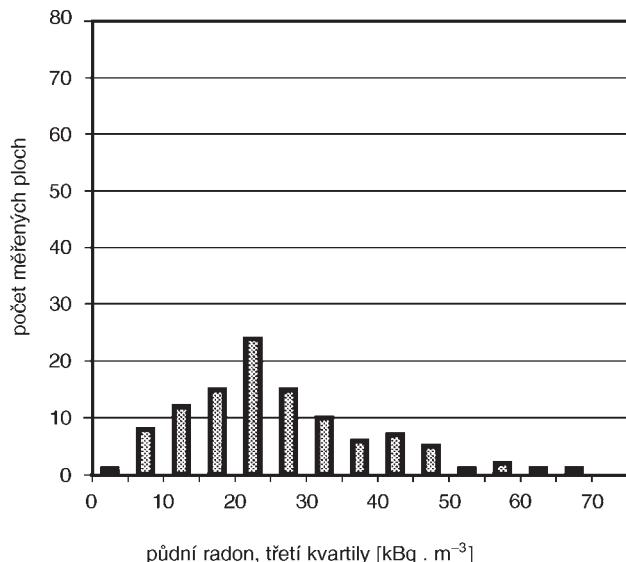
## Vápnité jíly

Počet měřených ploch s nenulovým třetím kvartilem OAR mimo a poblíž tektonických struktur nebo kontaktů hornin je téměř stejný (tab. 1). V histogramech je patrný rozdíl především v poloze nejčetnějších ploch. Na nejčetnějších plochách poblíž tektonických poruch nebo kontaktů jsou třetí kvartily OAR v rozpětí od 15 do 25 kBq . m<sup>-3</sup>, na nejčetnějších plochách mimo tektoniku nebo kontakt v intervalu od 5 do 15 kBq . m<sup>-3</sup> (obr. 4). Hodnoty mediánů třetích kvartilů OAR pro plochy poblíž poruch nebo kontaktů jsou u firem vyšší (tab. 1). Statistické testování prokázalo rozdíl v hodnotách třetích kvartilů OAR u všech firem na hladině 5 % (tab. 2). Je možné konstatovat, že na základě dostupných údajů je patrný rozdíl mezi hodnotami třetích kvartilů objemové aktivity radonu ve vápnitých jílech v plochách poblíž poruch nebo kontaktů hornin a mimo ně.

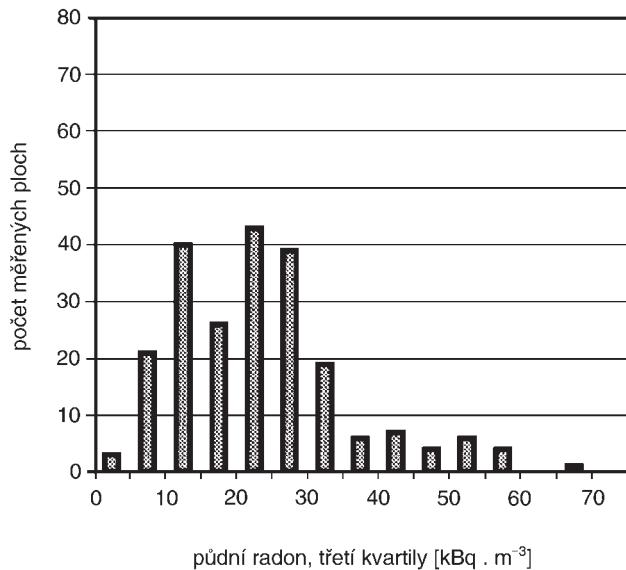
Vápnité jíly jsou většinou homogenní a nepropustné sedimenty. Obsah uranu je průměrný (JANSKÝ 2002). Hodnoty objemové aktivity radonu jsou homogenní a průměrné, s prokázaným ovlivněním blízkostí tektonických poruch nebo kontaktů hornin.

## Granodiorit, typ Královo Pole

Počet měřených ploch s nenulovým třetím kvartilem OAR poblíž tektonických poruch nebo kontaktů hornin je zhruba o třetinu vyšší než mimo ně (tab. 1). V histogramech je patrný rozdíl především v četnosti ploch s nejvyššími hodnotami třetích kvartilů OAR. Plochy s hodnotami třetích kvartilů OAR nad 40 kBq . m<sup>-3</sup> se nacházejí pouze v území poblíž tektonických poruch nebo horninových kontaktů (obr. 5). Hodnoty mediánů jsou pro obě prostředí u firem poměrně rozdílné, výrazně vyšší hodnoty jsou v lokalitách poblíž poruch (až na firmu 2, viz tab. 1). Statistické testo-



Obr. 3a. Spraše, sprašové hlíny blízko tektoniky nebo kontaktů.



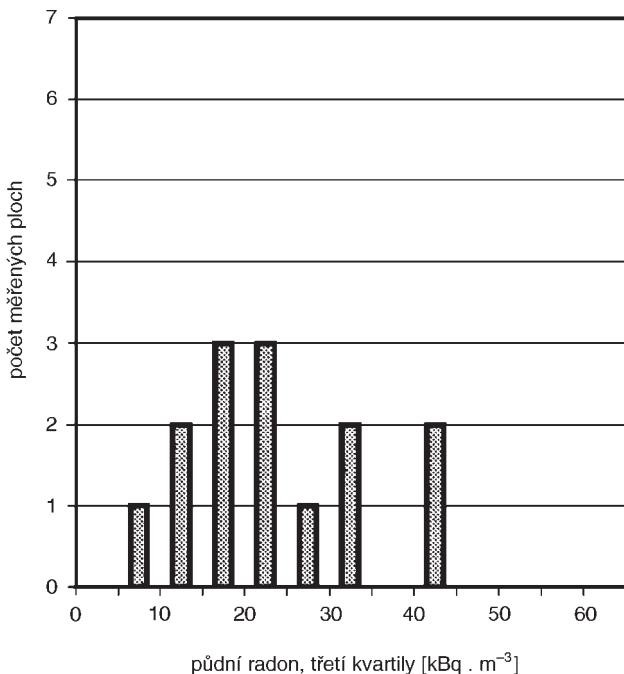
Obr. 3b. Spraše, sprašové hlíny mimo tektoniku nebo kontaktky.

vání neprokázalo rozdíl v hodnotách třetích kvartilů OAR (tab. 2). Je možné konstatovat, že na základě dostupných údajů je poměrně patrný rozdíl mezi hodnotami třetích kvartilů objemové aktivity radonu v granodioritu poblíž tektonických poruch nebo kontaktů hornin a mimo ně.

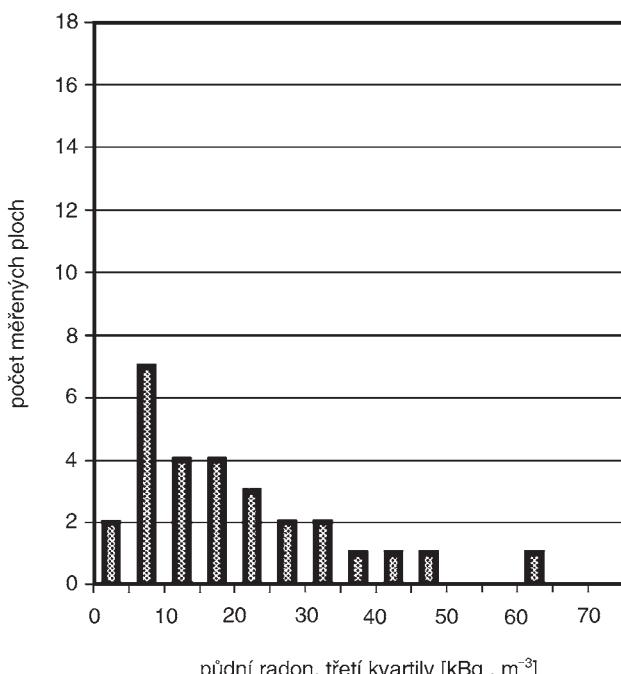
Granodiorit, typ Královo Pole, je kompaktní vyvřelá hornina s možným výskytem tektoniky. Obsah uranu je nízký (JANSKÝ 2002). Při povrchu se často nachází velmi propustné eluvium. Zde jsou naměřené hodnoty OAR relativně nízké. Vyšší hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzdachu jsou velmi pravděpodobně ovlivněny blízkostí tektonických poruch nebo horninového kontaktu.

## Závěrečné shrnutí

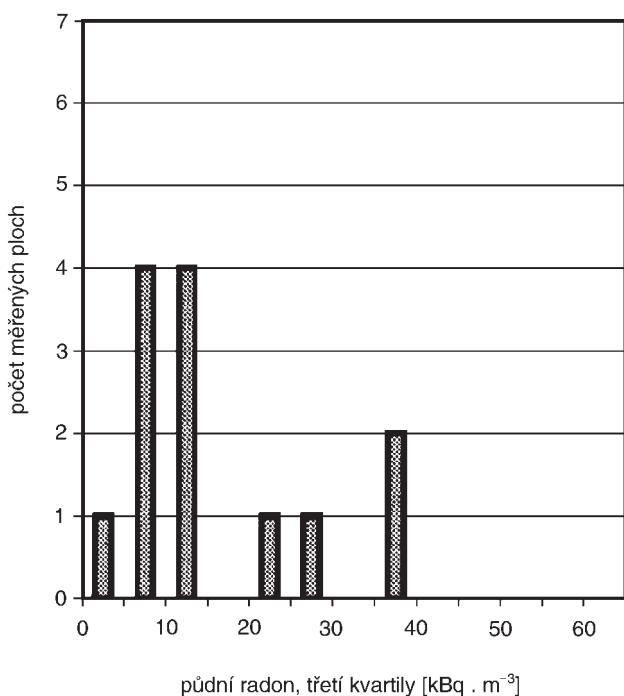
Blízkost tektonických poruch nebo kontaktů hornin ve vybraných horninách na území města Brna ovlivňuje velikost objemové aktivity radonu ve fluviálních písčitých hlínách,



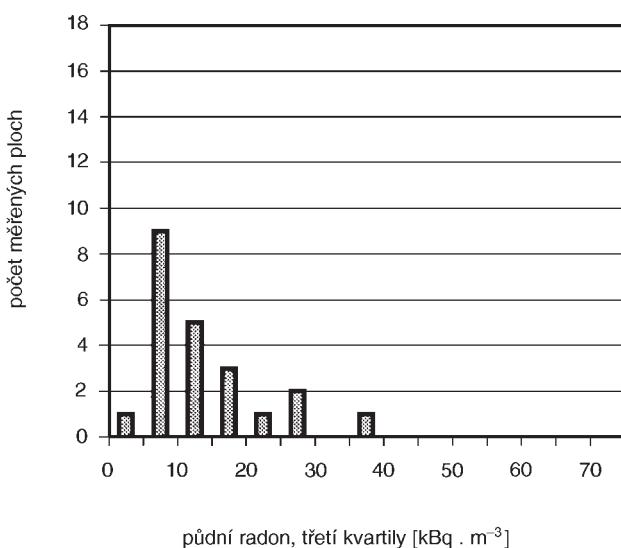
Obr. 4a. Vápnité jíly blízko tektoniky nebo kontaktů.



Obr. 5a. Granodiorit, typ Královopole, blízko tektoniky nebo kontaktů.



Obr. 4b. Vápnité jíly mimo tektoniku nebo kontakty.



Obr. 5b. Granodiorit, typ Královopole, mimo tektoniku nebo kontakty.

vápnitých jílech a pravděpodobně i v granodioritu, typ Královopole. Naměřené hodnoty objemové aktivity radoňu v blízkosti tektonických poruch nebo kontaktů hornin jsou v těchto horninách vyšší než v lokalitách mimo ně. Naopak vliv blízkosti tektoniky nebo kontaktu hornin nebyl prokázán v antropogenních sedimentech a ve spraších a sprašových hlínách.

Data z radonového průzkumu na území Brna poskytli: RNDr. Antonín Komínek (Akce Rn), pan Jiří Smola (Ekosoma), RNDr. Karel Dědáček, CSc., RNDr. Jaromír Hanák a paní Alena Mutlová (Geofyzika Brno), RNDr. Pavel Hranáč (Geomin) a pan Jiří Pa-

velka (Geotest), Mgr. Jiří Hrubý spolupracoval s autorem na radonovém měření ve firmě GeoGas (1994–1996), Ing. Lenka Hrčková a paní Eva Novotná (Geodézie Brno) zpracovaly, sestavily a vytiskly potřebné mapy z radonové databáze. Panu profesorovi RNDr. Milanovi Matolínovi, DrSc., děkuji za cenné konzultace.

## Literatura

- ANDĚL, J. (1993) : Statistické metody. – MFF UK, Praha.  
 HANŽL, P. – KREJČÍ, Z. (ed.) – VÍT, J. – OTAVA, J. – NOVÁK, Z. – STRÁNÍK, Z. (1999) : Geologická mapa okolí Brna. 1 : 50 000. – Čes. geol. úst. Praha.  
 JANSKÝ, J. (2000): Radon risk map of the city Brno. In: Radon investigations in the Czech Republic VIII, 106–110. – Čes. geol. úst. Praha.  
 JANSKÝ, J. (2002) : Objemová aktivita radonu v horninách na území města Brna. – EGRSE, Brno, v tisku.