

**MONITORING OBJEMOVEJ AKTIVITY  
RADÓNU V GEOLOGICKOM PROSTREDÍ  
NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

***S P R Á V A za obdobie: rok 2007***

Hlavný riešiteľ: RNDr. Alena Klukanová, CSc.

Správu vypracoval: RNDr. Helena Smolárová  
RNDr. Augustín Gluch

február 2008

## **ZOZNAM OBRÁZKOV:**

- Obr. č. 1** - Situačná schéma objektov monitorovaných v roku 2007
- Obr. č. 2** - Pôdny radón - monitoring objemovej aktivity radónu v rokoch 2001 – 2007 v lokalite Novoveská Huta
- Obr. č. 3** - Pôdny radón - tretí kvartil objemovej aktivity radónu v priebehu roka, v období 2001 – 2007 v lokalite Novoveská Huta
- Obr. č. 4** - Pôdny radón – tretí kvartil objemovej aktivity radónu v rokoch 2002 – 2007 v lokalite Teplička
- Obr. č. 5** - Monitoring objemovej aktivity radónu nad zlomom, obdobie 2001–2007 v lokalite Grajnár
- Obr. č. 6** - Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v období 2001 – 2007, prameň sv. Ondreja
- Obr. č. 7** - Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v rokoch 2001 – 2007, prameň Boženy Němcovej

## **ZOZNAM TABULIEK:**

- Tab. č. 1** - Stanovenie kategórie radónového rizika referenčnej plochy
- Tab. č. 2** - Stanovenie plynopriepustnosti pôd
- Tab. č. 3** - Štatistické spracovanie meraní radónu v pôde na referenčných plochách
- Tab. č. 4** - Radón vo vodách - monitoring 2007
- Tab. č. 5** - Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998 – 2007

## O B S A H

	Zoznam tabuliek a obrázkov	1
	Obsah	2
1.	Úvod	3
2.	Metodika prác	4
3.	Prehľad a výsledky urobených prác	7
3.1	Pôdny radón na referenčných plochách (RP) – zvýšené radónové riziko vybraných miest	8
3.2	Pôdny radón na tektonike	12
3.3	Radón vo vodách	12
4.	Záver	14
5.	Literatúra	17

**Úloha:** Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky.

**Číslo:** IG-2

Čiastková úloha – podsystém 05 :

**Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky.**

**Vypracoval:** RNDr. Helena Smolárová, RNDr. Augustín Gluch, Spišská Nová Ves

február 2008

---

## 1. Ú V O D

Radiačné zaťaženie populácie je významným faktorom v spektre oblastí s negatívnym dopadom na ľudský organizmus. Nové poznatky v hodnotení vplyvov ionizujúceho žiarenia potvrdzujú, že k radiačnej záťaži obyvateľstva značne prispieva rádioaktivita geologického prostredia. Dokazujú to aj výsledky výskumov renomovaných svetových vedeckých inštitúcií (ICRP – medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu; Vedecký výbor OSN), ktoré uvádzajú, že viac ako 80 % radiačnej záťaže u obyvateľov Zeme pochádza práve z prírodných zdrojov žiarenia, pričom najväčší príspevok z prírodnej radiačnej expozície (cca 52 %) je z inhalácie radónu a produktov jeho rozpadu.

Je potrebné získavať podrobnejšie informácie o rádioaktivite z prírodných zdrojov aj na našom území, pretože v súčasnej dobe, pri neustále sa zhoršujúcich podmienkach existencie človeka, je dôležitá ochrana pred účinkami rádioaktivity a to hlavne pred vnútorným ožarovaním prírodnými rádionuklidmi. Nakoľko radón je najväčší podielnik v radiačnej expozícii a tiež je pomerne nestály a migrujúci, pre objektívne prognózovanie jeho výskytu i množstva je monitoring radónu na vybraných lokalitách je opodstatnený.

Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí v roku 2007 pokračoval podľa schválenej koncepcie pre obdobie 2005 - 2010. Rozsah monitorovacích prác bol zrovnateľný s rokom 2006. Geologické práce realizované v tejto časti projektu predstavujú opakované vzorkovania a geofyzikálne merania v terénnych a

laboratórnych podmienkach na 14-tich lokalitách rozložených po celom území Slovenska a tiež ich komplexné vyhodnotenie a porovnanie s výsledkami predchádzajúcich období.

## **2. METODIKA PRÁC**

Radón je bezfarebný plyn bez chuti, vône, zápachu a preto zmyslami človeka je prakticky neidentifikovateľný. Tento prírodný rádioaktívny plyn je rozpustný a schopný difundovať do iných materiálov (voda, vzduch). Hlavným zdrojom radónu v prírode je geologické prostredie t.j. niektoré horniny, ale aj podzemné vody, prechádzajúce horninami so zvýšeným obsahom rádia.

Radón má výrazné migračné vlastnosti a jeho obsahy v pôde i vo vodách nie sú stabilné; závisia nielen od koncentrácií rádia v hornine, ale aj ďalších faktorov ovplyvňujúcich jeho šírenie (meteorologické podmienky ako vlhkosť, teplota, tlak, rýchlosť vetra; priepustnosť a tektonické porušenie hornín). Cieľom monitorovacích prác v danej časti projektu je práve zachytenie prípadných zmien koncentrácií radónu, celkové vyhodnotenie a posúdenie možných vplyvov.

Monitorovanie objemovej aktivity radónu v pôde a v zdrojoch podzemných vôd bolo zamerané na oblasti s potvrdeným výskytom vyššieho radónového rizika. Pri výbere lokalít sa vychádzalo z výsledkov hodnotenia starších prieskumných prác, zaoberajúcich sa problematikou prírodnej rádioaktivity, so zámerom zadokumentovať zmeny resp. variácie radónu v rôznych geologických jednotkách.

Radón v pôde na každej lokalite je monitorovaný v rámci referenčnej plochy (RP), ktorú predstavujú body (sondy pre odber vzoriek pôdneho vzduchu) usporiadané v profiloch, či v nepravidelnej sieti na ploche do cca 400 m<sup>2</sup>. Základný počet bodov v rámci RP je 16 sond, t.j. minimálny štatistický súbor pre zhodnotenie radónového rizika RP pri každom monitorovacom dni. Pozícia jednotlivých bodov v rámci RP pri opakovaných monitorovacích prácach je zrovnateľná. RP sú monitorované minimálne dva krát za rok. Jedna až dve RP sú monitorované s väčšou frekvenciou 4 – 8 meraní za účelom lepšieho posúdenia meteorologických procesov v období marec až november.

Pôdny vzduch pre stanovenie koncentrácie radónu sa odoberá cez ručne zatĺkané sondy, z ktorých po zahĺbení do hĺbky cca 0,8 m a utesnení sa najskôr odsaje vzduch atmosférický, následne je realizovaný samotný odber vzorky pôdneho vzdu-

chu do dekontaminovanej a evakuovanej scintilačnej Lucasovej komory (LK) o objeme 125 ml. LK je kalibrovaný scintilačný detektor, ktorý sa po napustení pôdnym vzduchom transportuje na meranie objemovej aktivity radónu (OAR). Pri monitorovaní pôdneho radónu sú v teréne zaznamenávané údaje o počasí, zrážkach, teplote pôdy v hĺbke cca 10 cm, pri zemi a vo vzduchu vo výške 1 m a atmosférický tlak.

Objemová aktivita radónu podzemných zdrojov vôd je sledovaná väčšinou na pomerne známych prameňoch. Vzorky vody pre stanovenie  $^{222}\text{Rn}$  vo vode sú odobierané do sklenených vzorkovníc so zabrušeným hrdlom doplna (cca 300 ml), bez vzduchovej bubliny. Pri odbere vody je súčasne meraná vonkajšia teplota, teplota vody a výdatnosť vodného zdroja.

V laboratórnych podmienkach je radón zo vzorkovnice prebublávaný cez premývačku do dekontaminovaných a evakuovaných LK o objeme 600 ml, ktoré sa následne merajú kalibrovaným meracím zariadením metodikou zhodnou s meraním objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu. Za účelom vylúčenia náhodnej chyby pri monitorovaní radónu vo vodách boli odberané vždy naraz tri vzorky. Výsledným obsahom radónu pre daný odber je stredná hodnota z meraní dvoch vzoriek. Tretia vzorka býva analyzovaná v prípade, ak rozdiel údajov z dvoch meraných vzoriek prekročí 10 %.

Postup rádiometrických meraní a hodnotenia radónu v geologickom prostredí je určený metodikou a Príručkou kvality QA – PRK/01-02, ktorá je vypracovaná podľa normy Európskej únie EN ISO/IEC 17 025 „Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií“ a ktorá bola pre našu organizáciu schválená Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR. Spôsob stanovenia objemovej aktivity radónu ( $c_A$ ) v pôdnom vzduchu a priepustnosti základových pôd je tiež v súlade s ustanoveniami zákona č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a podľa Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia.

Pri meraní objemovej aktivity radónu sa používajú okalibrované a metrologicky overené meracie zariadenia typu LK-1, LK-2 a LK-4, ktoré využívajú princíp scintilačnej detekcie žiarenia alfa v Lucasových komorách.

Merania vzoriek pôdneho vzduchu v LK sú realizované na základni najskôr 210 minút a najneskôr 24 hodín po napustení komory, t.j. po dosiahnutí stavu rádio-

aktívnej rovnováhy medzi radónom a jeho dcérskymi produktmi.

Objemová aktivita radónu v pôde  $c_A$ , predtým tiež označovaná symbolom  $a_v$ , sa určuje podľa vzťahu:

$$c_A = a_v = (N_v - N_p) / k \cdot V \cdot R(t_v, t_r) \quad ; \quad [ \text{ kBq} \cdot \text{ m}^{-3} ]$$

- kde :
- $N_v$  - nameraný počet impulzov vzorky pôdneho vzduchu za čas  $t_v$
  - $N_p$  - nameraný počet impulzov pozadia za čas  $t_v$
  - $k$  - koeficient účinnosti merania stanovený na základe kalibrácie meracieho systému
  - $V$  - objem vzorky vzduchu ( $V = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ )
  - $R(t_v, t_r)$  - korekčný faktor zohľadňujúci rádioaktívnu premenu od odberu vzorky po koniec merania a zároveň aj stav posuvnej rádioaktívnej rovnováhy medzi  $^{222}\text{Rn}$  a jeho dcérskymi produktmi rozpadu v LK. Pri meraní (3,5 hod po napustení LK) je dosiahnutý stav rádioaktívnej rovnováhy medzi radónom a jeho dcérskymi produktmi. Zanedbaním poklesu aktivity radónu v priebehu merania ( $t_v$ ), môžeme dostatočne presne pre  $t_r \geq 210 \text{ min}$  a ľubovoľné  $t_v$  určiť  $R(t_v, t_r)$  zo vzťahu:  $R(t_v, t_r) = 3 \cdot t_v \cdot e^{-\lambda t_r}$  (sec)
  - $t_v$  - časový interval merania LK v sekundách, obvykle 400 sec
  - $t_r$  - doba od napustenia vzorky pôdneho vzduchu do LK do začiatku merania v minútach
  - $\lambda$  - rozpadová konštanta  $^{222}\text{Rn}$  ( $0,000125884 \text{ min}^{-1}$ )

Radónové riziko referenčnej plochy je hodnotené v súlade so Smernicou MŽP SR č. 1/2000-3 na zostavovanie a vydávanie máp prírodnej a umelej rádioaktivity a podľa prílohy č. 7 k nariadeniu vlády SR č. 350/2006, kde sú doporučené hranice pre stanovenie troch kategórií radónového rizika na základe vzájomného zhodnotenia meranej objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti zemín (riziko I – nízke, riziko II – stredné, riziko III – vysoké), podľa nasledovnej tab. č. 1:

Tab. č.: 1 Stanovenie kategórie radónového rizika referenčnej plochy

KATEGÓRIA RADÓNOVÉHO RIZIKA	3. kvartil - OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU [kBq.m <sup>-3</sup> ]		
	Priepustnosť zeminy		
	malá	stredná	dobrá
nízke – 1	< 30	< 20	< 10
stredné – 2	30 - 100	20 - 70	10 – 30
vysoké – 3	> 100	> 70	> 30

Plynopriepustnosť zemín sa určuje pre každú referenčnú plochu granulomet-

rickým rozborom odobratej vzorky zeminy podľa percentuálneho podielu jemných častíc  $f$  (priemer častíc  $< 0,06$  mm), čo dokladujeme v nasledovnej tabuľke č. 2.

Tab. č.: 2 Stanovenie plynopriepustnosti pôd

Priepustnosť	Podiel jemných častíc	Trieda podľa STN 73 1001
malá	$f > 65 \%$	F5, F6, F7, F8
stredná	$15 \% < f < 65 \%$	F1, F2, F3, F4, S4, S5, G4, G5
dobrá	$f < 15 \%$	S1, S2, S3, G1, G2, G3

Objemová aktivita radónu vo vode  $c_A$ , resp.  $a_v$ , sa počíta podľa vzťahu :

$$c_A = a_v = (N_v - N_p) / k \cdot V_v \cdot R(t_v, t_r) \cdot e^{-\lambda t_F} ; [ \text{Bq} \cdot \text{l}^{-1} ]$$

kde :  $V_v$  - objem vzorky vody v premývačke v litroch

$e^{-\lambda t_F} = F(t_F)$  - koeficient, vyjadrujúci pokles aktivity  $^{222}\text{Rn}$  za dobu  $t_F$  (doba od času odberu vzorky v teréne po čas prebublania – naplnenia LK)

$k$  - koeficient účinnosti merania stanovený na základe kalibrácie meracieho systému

ostatné symboly sú vysvetlené pri vzťahu pre výpočet objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu.

Z dôvodu vylúčenia vplyvu náhodnej chyby pri odbere vzorky vody, resp. aj pri jej meraní, je monitorovaný objekt hodnotený na základe výsledkov z dvojice vzoriek vôd odobraných naraz v jeden monitorovací deň. Takto je zaručená väčšia objektivita a vyššia reprezentatívnosť výsledku.

### 3. PREHĽAD A VÝSLEDKY UROBENÝCH PRÁC

Monitoring radónu v geologickom prostredí na území Slovenska bol v roku 2007 realizovaný podobne ako v predchádzajúcich rokoch v oblastiach :

- pôdny radón na referenčných plochách (RP) – zvýšené radónové riziko vybraných miest,
- pôdny radón na tektonike,
- radón vo vodách.

Situácia monitorovacích miest, v databáze daná príslušným listom mapy mier-



ky 1 : 50 000 a súradnicami JTSK, je schematicky znázornená na obr. č. 1.

### 3. 1. PÔDNY RADÓN NA REFERENČNÝCH PLOCHÁCH – zvýšené radónové riziko vybraných miest

Monitorovacie merania pôdneho radónu v roku 2007 sa uskutočnili s rôznou frekvenciou meraní 2-8 krát na šiestich lokalitách s výskytom stredného až vysokého radónového rizika (Bratislava – Vajnory, Banská Bystrica – Podlavice, Košice – KVP, Novoveská Huta, Teplička a Hnilec). Prvé terénne merania začali skoro (relatívne kratšia a teplejšia zima) už v polovici marca, čo je takmer mesačný predstih v porovnaní s predošlými rokmi.

Najväčší rozsah monitorovacích prác v rámci meraní objemovej aktivity radónu v pôde bol na RP Novoveská Huta a to v priebehu roka v období marec – október (až 154 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu). Zrovnateľný monitoring, čo do obdobia a vonkajších meteorologických podmienok pri realizácii týchto prác, prebiehal na RP Teplička (136 sond). Na lokalite Hnilec v extrémne vysokom radónovom riziku bolo monitorovanie RP v období apríl – október 4x (spolu 68 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu). Monitoring radónu v pôde na referenčných plochách v lokalite Bratislava – Vajnory a Banská Bystrica – Podlavice bol realizovaný po 2x (máj, september), čo predstavuje po 34 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu na jednotlivé lokalite. Monitorovanie objemovej aktivity radónu v pôde 2x ročne (jún, október; spolu 34 sond) sa uskutočnilo tiež na referenčnej ploche v lokalite Košice – KVP.

Celkový objem prác na všetkých referenčných plochách s možným výskytom zvýšeného radónového rizika, v roku 2007 predstavuje spolu a 459 hĺbených sond s rovnakým počtom odobraných a meraných vzoriek pôdneho vzduchu.

Štatistické spracovanie výsledkov meraní radónu v pôde na jednotlivých lokalitách sú v tab. č. 3.

Vysvetlivky k tabuľke č. 3 :

$c_A$	objemová aktivita radónu v pôde [ $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
N	počet meraných sond na referenčnej ploche (RP)
min $c_A$	minimálna hodnota objemovej aktivity radónu OAR z N
max $c_A$	maximálna hodnota objemovej aktivity radónu OAR z N
$\phi_{c_A}$	stredná hodnota z N meraných hodnôt $c_A$
$\sigma_{a_v}$	smerodatná odchýlka z N meraných hodnôt $c_A$
3. $q_{c_A}$	tretí kvartil z N hodnôt $c_A$

Rn riziko: I – nízke, II – stredné, III – vysoké  
teplota: vzduchu, pri zemi, v pôde [°C]  
atm. tlak: [hPa]

### **Lokalita Hnilec**

Referenčná plocha je situovaná v južnej časti obce Hnilec, na jej okraji, vedľa štátnej cesty do Rožňavy. Nachádza sa v extrémne vysokom radónovom riziku, viazanom na zvetraný gemeridný granit.

Merané obsahy radónu v pôde na tejto lokalite boli vysoké, dokonca v rámci hodnotenia stredných hodnôt a 3. kvartilov a ich porovnania z predchádzajúcimi rokmi, sú ich hodnoty pre rok 2007 absolútne najvyššie. Je to tak trochu paradox, pretože na ostatných monitorovaných lokalitách sa javí, že v hodnotenom roku dochádza skôr k celkovému zníženiu hodnôt OAR v pôde.

Hodnoty OAR sú tu stále najvyššie na Slovensku. Pri všetkých monitorovacích dňoch boli v jednotlivých sondách registrované hodnoty nad 1000 kBq.m<sup>-3</sup> s maximom 1742 kBq.m<sup>-3</sup> nameranom v októbri. Je zaujímavý výsledok z júnového monitoringu, kedy za horúceho počasia boli merané tiež vysoké hodnoty s maximom 1686 kBq.m<sup>-3</sup> a bola vyhodnotená vôbec najvyššia stredná hodnota OAR (662 kBq.m<sup>-3</sup>) na referenčnej ploche s 3.kvartilom až 1004 kBq.m<sup>-3</sup>. Stredná hodnota OAR na referenčnej ploche za obdobie celého roka bola 568 kBq.m<sup>-3</sup>, (v r. 2006 - 433 kBq.m<sup>-3</sup>), stredná kvadratická odchýlka 331 kBq.m<sup>-3</sup> a stredná hodnota pre tretí kvartil je 642 kBq.m<sup>-3</sup> (457 - 1004 kBq.m<sup>-3</sup>). Podrobnejšie štatistické údaje sú v tabuľke č. 3.

### **Lokalita Novoveská Huta**

Monitorovaná referenčná plocha je založená v oblasti, kde podložie tvoria permské sedimenty strednej plynopriepustnosti.

Vývoj výsledkov meraní objemovej aktivity radónu (OAR) v sondách na danej ploche je nezrovnateľný s predchádzajúcim rokom. OAR v roku 2007 zaznamenáva pokles hodnôt. Je zaujímavé, že najvyššie radónové riziko v Novoveskej Hute bolo registrované v letnom období (máj – august) a v ostatných jarných a jesenných mesiacoch monitoringu sa 3. kvartil pohyboval len v intervale 42 – 53 kBq.m<sup>-3</sup>, čo je už pod hranicou vysokého radónového rizika na úrovni stredného rizika. Najväčšie hodnoty OAR v rámci tejto lokality boli namerané v júni 550 kBq.m<sup>-3</sup> a v júli 577 kBq.m<sup>-3</sup>, kedy aj stredné hodnoty z meraní všetkých sond na ploche dosahovali 100 kBq.m<sup>-3</sup>.

Grafické znázornenie koncentrácií radónu v pôde na tejto lokalite, jeho vývoj

počas roka a porovnanie s predchádzajúcim obdobím je na obr. č. 2. Pri porovnávaní stredných hodnôt na grafe je dobre vidieť odlišný vývoj v predchádzajúcich dvoch rokoch a určitú podobnosť s rokom extrémneho sucha 2003. Je to možné aj preto, že aj v roku 2007 boli v monitorovanom období menšie zrážky, bola suchšia zima a hlavne jar, čo ovplyvňovalo vlhkosť pôdy a tým i obsahy radónu. Priebeh variácií OAR na danej lokalite, v závislosti na ročnom období v rokoch 2001 – 2007, dokumentuje a vystihuje tiež obr. č. 3. Komplexné výsledky štatistického vyhodnotenia meraní sú v tabuľke č. 3.

Jav prudkého veľmi významného poklesu hodnôt OAR, niekedy až k hranici nízkeho radónového rizika, zaznamenaný našimi monitorovacími prácami na danej lokalite v predošlých rokoch (ktorý nastáva pravdepodobne iba v homogénnejšom a priepustnom prostredí), pri výskyte prvých mrazov v jeseni resp. aj prízemných mrazov na jar pri nepremrznutej pôde, v roku 2007 nebol zachytený dostatočne, nakoľko si to vyžaduje ciele meranie a vystihnúť tohto krátkeho obdobia, čo niekedy iné prevádzkové dôvody neumožňujú.

### **Lokalita Teplička**

Bezprostredné podložie referenčnej plochy predstavujú sedimenty paleogénu strednej priepustnosti, avšak s väčším podielom prachových častíc ako na ploche v N. Hute. Málopriepustné ílovité vrstvičky sú určitou bariérou pri pohybe radónu, takže tento plyn je viac zadržiavaný v pôde a to hlavne pri zvýšenej vlhkosti.

Monitoring radónu na tejto ploche bol realizovaný mesačne v rovnakom období (identický monitorovací deň) ako RP v Novoveskej Hute, teda aj v zrovnateľných klimatických podmienkach, od marca do októbra. Napriek tomu výsledky meraní OAR majú celkom odlišný priebeh počas roka. V letných mesiacoch (jún, júl, august) tu boli obsahy radónu v pôde najnižšie a na jar a v jeseni naopak vysoké. Minimum bolo zaregistrované v auguste, kedy v žiadnej sonde nedosiahla hodnota OAR úroveň vysokého rizika (stredná hodnota iba  $36 \text{ kBq.m}^{-3}$ , 3. kvartil  $43 \text{ kBq.m}^{-3}$ ). Je to viac ako dvojnásobný pokles OAR v porovnaní so začiatkom a koncom roka, čo má samozrejme odraz aj v znížení kategórie radónového rizika.

Grafické znázornenie variácií radónu v pôde je na obr. č. 4, kde sú formou histogramu prezentované výsledky monitorovania od roku 2002.

Pri porovnávaní parametra hodnotiaceho radónové riziko (3. kvartil) na grafe je vidieť odlišný sezónny priebeh v jednotlivých rokoch a snáď určitú podobnosť da-

ného roku 2007 s rokom extrémneho sucha 2003.

Výsledky komplexného štatistického spracovania meraní sú v tabuľke č. 3.

### **Lokalita Bratislava - Vajnory**

Referenčná plocha je viazaná na pomerne dobre priepustné štrky plicénu (priepustnosť stredná až dobrá) a obecne vykazuje stredné až vysoké radónové riziko. Monitoring Rn na tejto ploche v roku 2007 bol realizovaný dvakrát, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, v mesiaci máj a september. Maximum OAR v jednotlivých sondách bolo namerané v septembri a dosiahlo len  $64 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Stredné hodnoty OAR boli pomerne nízke  $34 \text{ kBq.m}^{-3}$  na jar a  $48 \text{ kBq.m}^{-3}$  na jeseň, taktiež tretí kvartil OAR nepresiahol hodnotu  $60 \text{ kBq.m}^{-3}$ , čo znamená, že radónové riziko pre oba termíny malo iba strednú úroveň.

### **Lokalita Banská Bystrica – Podlavice**

Referenčná plocha na tejto lokalite sa nachádza v oblasti rádioaktívnych dolomitov mladšieho triasu – tzv. uránové dolomity. Monitorovanie obsahov radónu v pôde sa uskutočnilo 2 razy a to v mesiaci máj a september. Monitoring v roku 2007 bol v rovnakom období ako v predošlom roku, avšak výsledky meraní dosahujú evidentne nižšie hodnoty OAR. Namerané maximum OAR v jednotlivých sondách dosiahlo  $219 \text{ kBq.m}^{-3}$  pri jarnom monitoringu, stredné hodnoty OAR boli  $73 \text{ kBq.m}^{-3}$  a  $54 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Kým v roku 2006 sa tretí kvartil OAR pohyboval v intervale  $99 - 123 \text{ kBq.m}^{-3}$ , v roku 2007 iba v rozmedzí  $74 - 85 \text{ kBq.m}^{-3}$ . Vysoká úroveň radónového rizika na referenčnej ploche bola zachovaná.

### **Lokalita Košice – KVP**

Na okraji sídliska KVP v Košiciach pokračoval monitoring objemovej aktivity radónu v roku 2007 aj na tejto lokalite v jarnom a jesennom období a to v mesiaci jún a október. Maximum OAR v jednotlivých sondách ( $48 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) bolo zaznamenané v októbrom monitoringu s hodnotou tretieho kvartilu  $34 \text{ kBq.m}^{-3}$ , čo odpovedá strednej kategórii radónového rizika. Pri júnovom monitorovaní boli merané hodnoty obsahov radónu v pôde veľmi nízke (stredná hodnota iba  $13 \text{ kBq.m}^{-3}$ , 3. kvartil  $16 \text{ kBq.m}^{-3}$ ) a radónové riziko tejto plochy sa dostáva do nízkej úrovne resp. na rozhranie nízke – stredné radónové riziko.

### 3.2. PÔDNY RADÓN NA TEKTONIKE

Rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, tiež v roku 2007 v mesiaci august boli realizované merania objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu, v oblasti tektonicky porušenej zóny na lokalite Grajnár. Vzorky pôdneho vzduchu boli odobraté v sondách s krokom 10 m na dvoch súbežných profiloch P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, dlhých 500 m, od seba vzdialených cca 10 m. Pri monitorovaní objemovej aktivity nad zlomovými štruktúrami bolo v danom roku zmeraných 94 sond.

Graficky znázornený priebeh objemovej aktivity radónu v sondách pozdĺž týchto profilov je na obr. č. 5. Oblasť zlomu sa opakovane jednoznačne potvrdzuje výraznými anomálnymi koncentráciami radónu v kontaktnej zóne na obidvoch profiloch. Sondy a odber vzoriek pôdneho vzduchu sa realizovali po búrke za stavu výraznejšej vlhkosti pôdy, takže aktivity radónu v roku 2007 boli relatívne vysoké. Maximum OAR priamo nad porušenou zónou dosiahlo hodnotu 113 kBq.m<sup>-3</sup>.

### 3.3. RADÓN VO VODÁCH

Rozsah prác pri monitoringu objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v roku 2007 bol zrovnateľný s rokom predošlým. Vzorkovanie a meranie vybraných podzemných zdrojov vôd prebiehalo na rovnakých lokalitách s rôznou frekvenciou:

- 2x za rok (jar a jeseň) v troch prameňoch Malých Karpát v prímestskej oblasti Bratislavy – prameň Mária, prameň Zbojnička a prameň Himligárka,
- 6x za rok prameň Boženy Němcovej – Bacúch, cca každý druhý mesiac v období január – december,
- 12x v priebehu celého roka – každý mesiac prameň sv. Ondreja – Sivá Brada pri Spišskom Podhradí,
- 2x za rok (jar a jeseň) prameň Oravice pri vrte OZ-1,
- 2x za rok (jar a jeseň) vrt Ladmovce – preliv, Zemplín.

Výsledky meraní objemovej aktivity radónu vo vode boli vyhodnocované a štatisticky spracovávané vo forme tabuľkových prehľadov. V tab. č. 4 sú základné hodnoty z monitoringu radónu vo vodách roku 2007 a doplňujúce veličiny, ktoré sa pri monitorovacích prácach zaznamenávajú (teplota vzduchu a vody, výdatnosť zdroja). Výsledky štatistického spracovania nameraných koncentrácií radónu a výdatností sledovaných vodných zdrojov za obdobie 1998 – 2007 sú v tab. č. 5.

Vysvetlivky k tabuľke č.4 a 5 :

Rn	objemová aktivita radónu vo vode $c_A$ [ Bq.l <sup>-1</sup> ]
Rn <sub>min</sub>	minimálna hodnota Rn za hodnotené obdobie [ Bq.l <sup>-1</sup> ]
Rn <sub>max</sub>	maximálna hodnota Rn za hodnotené obdobie [ Bq.l <sup>-1</sup> ]
φ Rn	stredná hodnota Rn za hodnotené obdobie [ Bq.l <sup>-1</sup> ]
σ Rn	smerodatná odchýlka Rn za hodnotené obdobie [ Bq.l <sup>-1</sup> ]
vRn	variačný koeficient Rn za hodnotené obdobie [%]
t	teplota vody, vzduchu [°C]
Q	výdatnosť vodného zdroja [l.s <sup>-1</sup> ]
φ Q	stredná hodnota Q za hodnotené obdobie [l.s <sup>-1</sup> ]
σ Q	smerodatná odchýlka Q za hodnotené obdobie [l.s <sup>-1</sup> ]
vQ	variačný koeficient Q za hodnotené obdobie [%]

Výsledky štatistického hodnotenia meraní a ich analýza v tab. č. 4 a 5 ukazujú, že **stredné hodnoty koncentrácií radónu pre všetky monitorované pramene za rok 2007 sú vcelku vyššie ako v rokoch predošlých**. Vyššie obsahy OAR v podzemných zdrojoch boli registrované predovšetkým počas jesenného monitoringu.

**Pramene v Malých Karpatoch** (pramene Mária, Zbojníčka a Himligárka), ktoré boli toho roku monitorované dvakrát (máj, september) dosiahli úplne najvyššie obsahy radónu vo vodách od roku 2001 a sú zrovnateľné s úrovňou monitoringov z obdobia 1998 – 2000. Tieto pramene vykazovali v priebehu roka rozdiel v koncentráciách radónu na jar a v jeseni do 19 %.

Taktiež vo výdatnostiach týchto zdrojov vody nastal zvrät, pretože kým v predchádzajúcich rokoch na jar presahovali 1 l.s<sup>-1</sup>, v roku 2007 v rovnakom období to bolo rádovo menej. Najvyššia výdatnosť bola zaznamenaná na prameni Zbojníčka – 0,313 l.s<sup>-1</sup> (2,857 l.s<sup>-1</sup> v roku 2006).

Podobne aj rozdiely vo výdatnosti týchto zdrojov vôd na jar a jeseň, v období 2003 – 2006 sa pohybovali cca v intervale 70 - 140 % a v roku 2007 iba 10 – 33 %.

V **prameni sv. Ondreja – Spišské Podhradie** na Sivej Brade monitorované hodnoty OAR vo vodách v roku 2007 prekonal ročný priemer koncentrácií radónu, ktorý je najvyšší od roku 2001. Výsledky sú zaujímavé aj tým, že na sezónnej variačnej krivke objemovej aktivity radónu (obr. č. 6) majú veľmi zúžené letné minimum (97 Bq.l<sup>-1</sup>), ktoré je obmedzené len na mesiac jún, kým v minulosti takéto zníženie OAR v lete trvalo dlhšie. V druhej polovici roka bol registrovaný významnejší nárast aktivít radónu s maximom 246 Bq.l<sup>-1</sup> v decembri. Koeficient pomeru maximálnej a minimálnej hodnoty obsahov radónu v hodnotenom roku pre tento prameň je 2,54 (2,44

v roku 2006). Výdatnosti prameňa boli v intervale  $0,026 - 0,050 \text{ l.s}^{-1}$  bez korelácie na obsah radónu v podzemnej vode. Stredná výdatnosť tohto zdroja je  $0,040 \text{ l.s}^{-1}$ , čo je takmer zhodné s rokom 2006 ( $0,041 \text{ l.s}^{-1}$ ).

**Prameň Boženy Němcovej – Bacúch** bol monitorovaný s frekvenciou cca raz za 2 mesiace v období január – december. Maximum objemovej aktivity radónu  $330 \text{ Bq.l}^{-1}$  bolo zaznamenané koncom marca. Minimum OAR s hodnotou  $210 \text{ Bq.l}^{-1}$  bolo v januári a letné minimum  $227 \text{ Bq.l}^{-1}$  bolo v auguste (obr. č. 7). Koeficient pomeru maximálnej a minimálnej hodnoty ( $1,57$ ) obsahov radónu pre tento prameň v danom roku je o niečo nižší ako v roku minulom ( $1,77$  pre rok 2006). Výdatnosť prameňa počas roka je tradične najstabilnejšia, pohybovala sa v intervale  $0,021 - 0,029 \text{ l.s}^{-1}$  bez korelácie na obsah radónu.

**Prameň Jašterčie OZ\_1 – Oravice.** Tento prameň je známy tým, že obsahuje najvyššie dosiaľ známe koncentrácie radónu v prírodných vodách na Slovensku. Dokazujú to aj tohoročné merania OAR na jar  $951 \text{ Bq.l}^{-1}$  a v jeseni až  $1273 \text{ Bq.l}^{-1}$ . Tieto hodnoty sú 2x vyššie než v roku predošlom s tým rozdielom, že v roku 2006 bola vyššia OAR na jar ( $690 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) ako v jeseni ( $382 \text{ Bq.l}^{-1}$ ). Výdatnosť zdroja na tomto pramenisku je nemerateľná.

**Vrt Ladmovce – Zemplín.** Monitorovaný preliv z vrtu máva pomerne nízke obsahy radónu, ktoré aj v roku 2007 neprekročili hodnotu  $20 \text{ Bq.l}^{-1}$ . Výsledky meraní objemovej aktivity radónu daného roku (apríl, október) boli znovu vyrovnané ( $16 - 17 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) a mierne vyššie ako v roku predchádzajúcom.

#### 4. Z Á V E R

Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí v roku 2007 pokračoval podľa schválenej koncepcie pre obdobie 2005 - 2010. Rozsah monitorovacích prác bol zrovnateľný s rokom 2006.

Geologické práce realizované v tejto časti projektu predstavujú opakované geofyzikálne merania v terénnych a laboratórnych podmienkach na 14-tich lokalitách rozložených po celom území Slovenska a tiež ich komplexné vyhodnotenie a porovnanie s výsledkami predchádzajúcich období.

Monitorovanie radónu bolo zamerané na oblasti: pôdny radón miest so zvýšeným radónovým rizikom, pôdny radón na zlomoch a radón v podzemných vodách.

Monitoring radónu v pôde v roku 2007 sa uskutočnil s rôznou frekvenciou meraní v období marec – október na šiestich lokalitách s výskytom stredného až vysokého radónového rizika: Bratislava - Vajnory, Banská Bystrica - Podlavice, Novoveská Huta, Teplička, Hnilec a Košice - KVP. Najväčší rozsah monitorovaní objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu, v širšom intervale klimatických zmien, bol realizovaný na lokalite N. Huta a Teplička a tiež v lokalite s extrémnym radónovým rizikom (najvyššie merané hodnoty objemovej aktivity radónu) v obci Hnilec. Ostatné lokality boli monitorované 2x ročne a to v jarnom a v jesennom období. Celkový počet odobratých vzoriek na referenčných plochách (RP) a počet meraní objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu na všetkých lokalitách spolu predstavuje v tomto roku 459 sond na RP.

Merania radónu nad zlomami na lokalite Grajnár boli realizované v objeme 104 sond v letnom období na dvoch súbežných profiloch v celkovej dĺžke 1000 m.

Objemová aktivita radónu podzemných zdrojov vôd bola sledovaná v prameňoch: v oblasti Malých Karpát v blízkom okolí Bratislavy - pramene Mária, Zbojníčka a Himligárka; prameň sv. Ondreja - Sivá Brada pri Spišskom Podhradí; prameň Boženy Němcovej - Bacúch; prameň Jašterčie pri vrte OZ-1 v Oraviciach a výron vody z vrtu pri obci Ladmovce. Prameň sv. Ondreja - Spišské Podhradie (Sivá Brada) je monitorovaný 1x za mesiac v priebehu celého roka a prameň Boženy Němcovej - Bacúch s frekvenciou meraní cca dva mesiace (6x za rok). Ostatné vodné zdroje boli monitorované 2x za rok (jar a jeseň).

Všetky merania objemovej aktivity radónu sú vyhodnocované a štatisticky spracovávané vo forme tabuľkových prehľadov a grafov. Je zostavovaná a napĺňaná databáza údajov v predpísanej, schválenej štruktúre.

Klimatické pomery ovplyvňujúce množstvo radónu v pôdach i v podzemných vodách, boli v roku 2007 málo porovnateľné s predchádzajúcim obdobím. Kým v období 2004 – 2006 boli pomerne dlhé zimy a častejšie zrážky na jar pozitívne ovplyvňovali vlhkosť pôdy, teda aj šírenie radónu v horninách (merania objemovej aktivity radónu v tomto období dosahovali pomerne vysoké hodnoty), iná situácia nastáva v roku 2007, keď bola dosť suchá zima i jar a pomerne málo zrážok aj v lete (väčšinou lokálne búrky). Preto v dôsledku dlhšie trvajúceho suchšieho počasia prakticky všetky lokality (okrem lokality Hnilec) vykazujú pokles hodnôt OAR, niekedy aj so znížením kategórie radónového rizika (tab. č. 3). Najväčšie priemerné ročné zníženie úrovne aktivít radónu bolo registrované na lokalite Novoveská Huta – takmer o jednu



tretinu v hlavných parametroch hodnotiacich radónové riziko (stredná hodnota i tretí kvartil).

Jedine na lokalite Hnilec v extrémne vysokom radónovom riziku dochádza v roku 2007 ku zvýšeniu hodnôt OAR v pôde, ktoré sú dokonca absolútne najvyššie od roku 2001. Pravdepodobne je to v dôsledku väčšieho výskytu lokálnych zrážok a väčšej vlhkosti na tomto území. Merania OAR v danej lokalite predstavujú stále najvyššie hodnoty na Slovensku.

Priebeh sezónnych variácií radónu je silne závislý nielen od meteorologických faktorov, ale i na priepustnosti a vlhkosti pôd, teda aj na samotnom geologickom zložení danej lokality. To znamená, že aj v rovnakých meteorologických podmienkach, v rôznom geologickom prostredí, nemusí byť charakter variácií celkom zhodný. Príkladom toho sú výsledky z monitoringu z lokalít Novoveská Huta (homogénne perm-ské sedimenty strednej priepustnosti) a Teplička (paleogénne sedimenty stredne až málo priepustné s väčším podielom ílovitej frakcie), ktoré sú relatívne blízko seba (cca 5 km) v rovnakej klimatickej oblasti, ale majú odlišný geologický profil v ktorom je šírenie radónu sledované. Tieto dve lokality boli monitorované v rovnakom období (identický monitorovací deň), teda aj v zrovnateľných klimatických podmienkach, napriek tomu výsledky meraní OAR majú v roku 2007 celkom odlišný obrátený sinusoidálny priebeh počas roka (obr. č. 2 a 4). V letných mesiacoch N. Huta – maximum, Teplička – minimum obsahov radónu v pôde a na jar a v jeseni naopak N. Huta – minimum a Teplička – maximum OAR. Je tiež zaujímavé, že charakter variačnej krivky roku 2007 z oboch lokalít je veľmi podobný s extrémne suchým rokom 2003 (obr. č. 2 a 4).

Výsledky monitoringu OAR dokazujú existenciu variácií radónu v pripovrchových častiach horninového prostredia počas roka. Tieto variácie súvisia so zmenami v atmosfére. Potvrďuje sa závislosť aktivity radónu v pôde na meteorologických podmienkach s nejednoznačným efektom v jednotlivých lokalitách, pravdepodobne aj v dôsledku odlišnosti geologického zloženia prostredia.

Monitoring pôdneho radónu v tektonicky porušenej oblasti na lokalite Grajnár opakovane jednoznačne potvrďuje výskyt zlomov. Tektonická zóna pozitívne ovplyvňuje transport radónu do pripovrchových častí aj z väčších hĺbok, takže OAR nad zlomami dosahuje anomálne hodnoty, ktoré až 10 násobne prevyšujú pozadie (obr. č. 5).

Výsledky monitorovania OAR v podzemných vodách v tab. č. 4 a 5 dokumen-

tujú, že stredné hodnoty koncentrácií radónu pre všetky monitorované pramene za rok 2007 sú vyššie ako v rokoch predošlých. Vyššie obsahy OAR v podzemných zdrojoch boli registrované predovšetkým počas jesenného monitoringu.

Variácie objemovej aktivity radónu v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú skôr sezónny charakter. Zmeny OAR vo vodách majú v priebehu roka určitú sinusoidálnu pravidelnosť. Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú tak ovplyvňované náhodnými javmi resp. zmenami v atmosfére, nie sú natoľko citlivé na rôzne krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak). Spravidla je maximum koncentrácií OAR vo vodách v zime, resp. na jar a minimum v lete až jeseni. Koeficient pomeru maximálnej a minimálnej hodnoty obsahov radónu (2,54) v hodnotenom roku pre prameň sv. Ondreja je na zrovnateľnej úrovni s rokom 2006 a pre prameň B. Němcovej s hodnotou 1,57 je tento koeficient o niečo nižší ako v roku predošlom (1,77).

Pramene monitorované len dva razy v roku (jar, jeseň), majú podstatne vyššie obsahy radónu na jeseň ako v jari, čo je opačný jav pri porovnaní s rokom predošlým.

Komplexné výsledky monitorovania radónu z roku 2007 a tiež z predchádzajúcich rokov dokumentujú skutočnosť, že zmeny jeho obsahov v geologickom prostredí sú jednak pravidelné – sezónne, ale aj zmeny náhodné (miestne a časové). Tieto poznatky o variabilite radónu v horninách a vodách sú jednoznačne prínosom pre objektívnejšie hodnotenie radónového rizika.

Zvýšenie hodnovernosti získavaných výsledkov je možné dosahovať štatistickým spracovaním dlhodobejšie realizovaných monitorovacích systémov, ktoré môžu dávať relevantné podklady pre prijímanie obcejších záverov v tejto oblasti. Tento cieľ sleduje aj realizácia daného projektu.

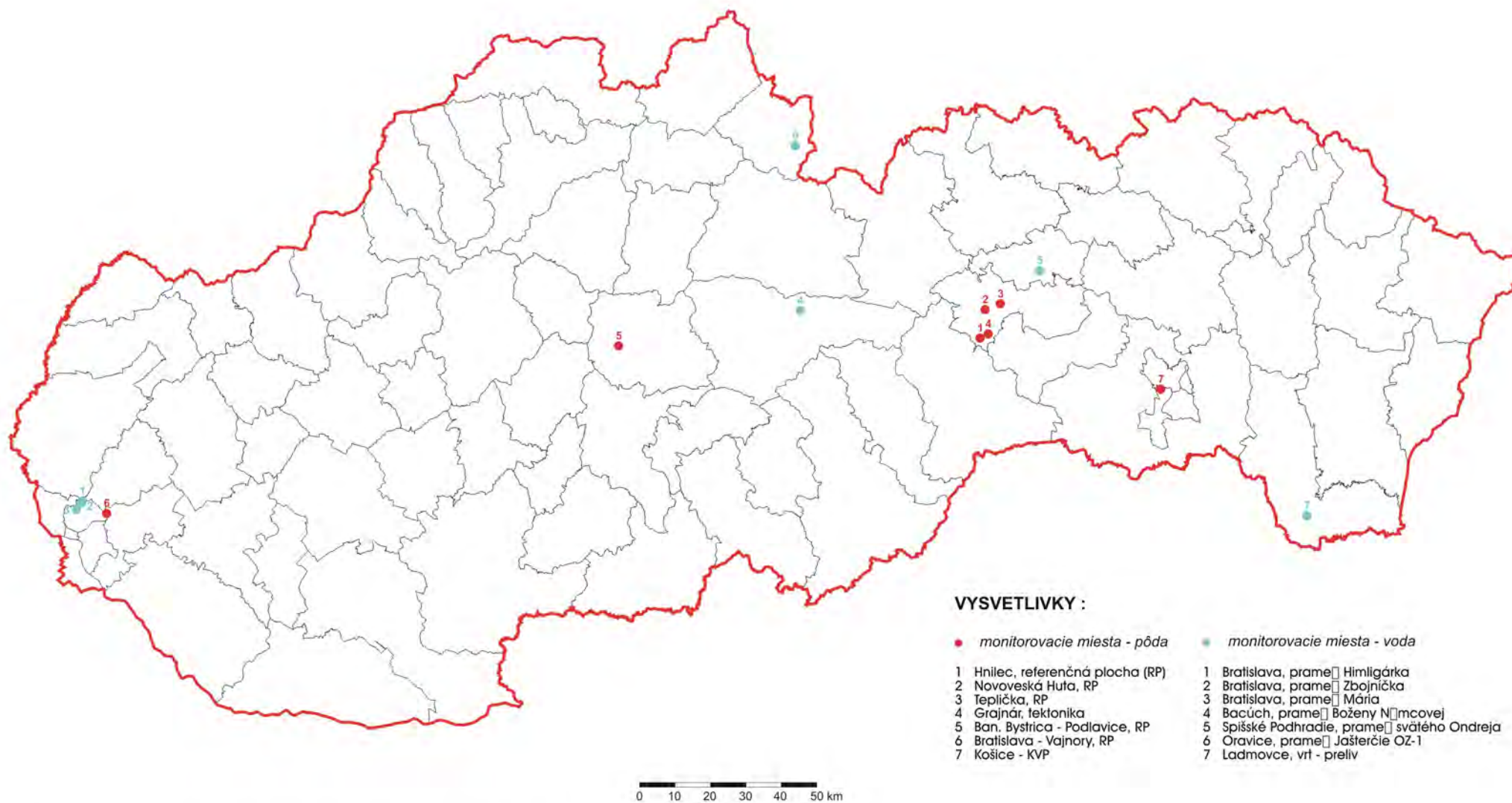
Finančný objem prác na riešenie podsystému 05 „Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky“ v roku 2007 predstavoval čiastku 530 000 Sk.

## 5. LITERATÚRA

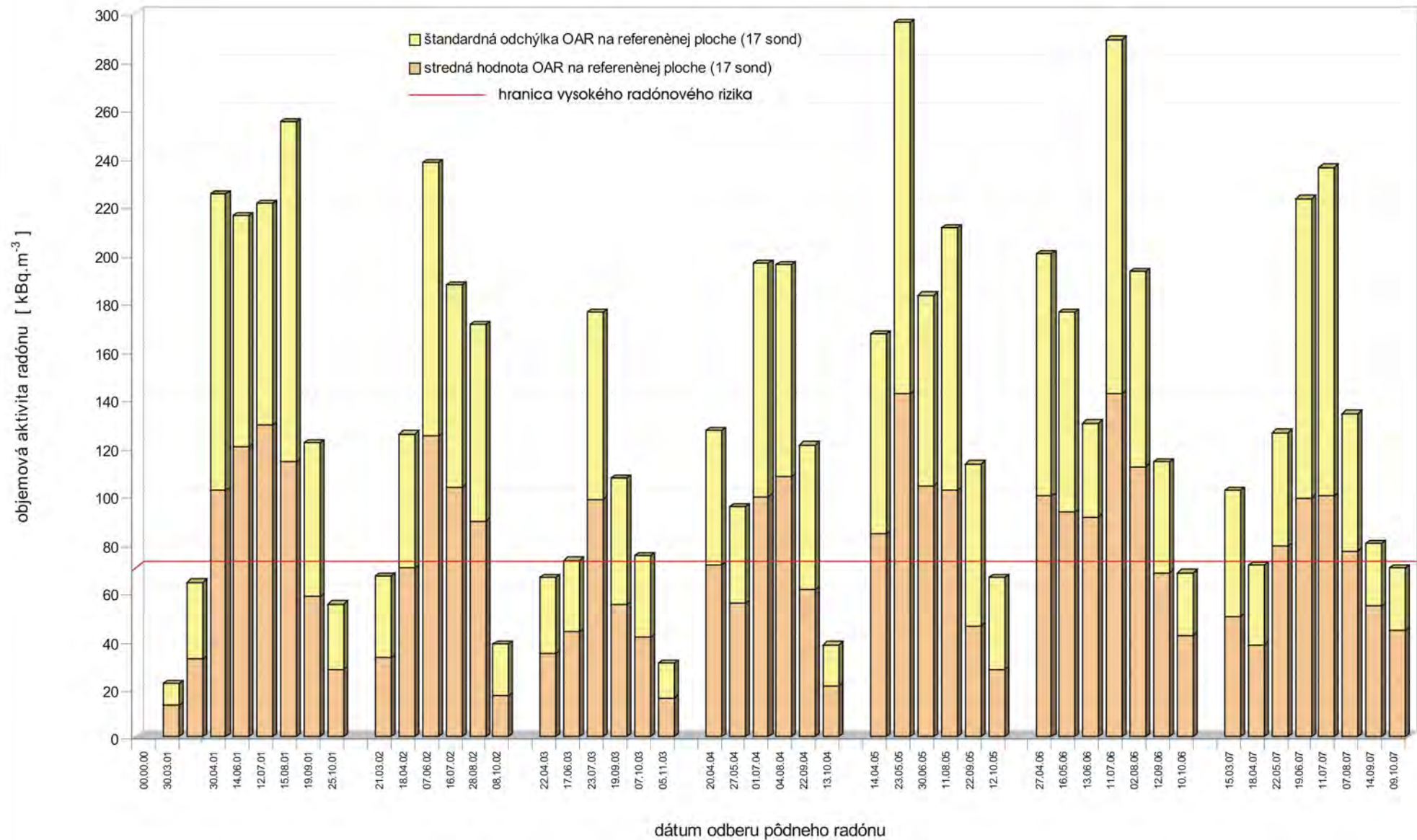
Barnet I., Kulajta V., Neznal M., Matolín M., Prokop P., 1992: Hodnocení základových púd z hlediska vnikání radonu do bytů, Geologický průzkum 4, str.114-115

Čížek P., Gluch A., Smolárová H., 2001: Atlas geofyzikálních map a profilov; textová

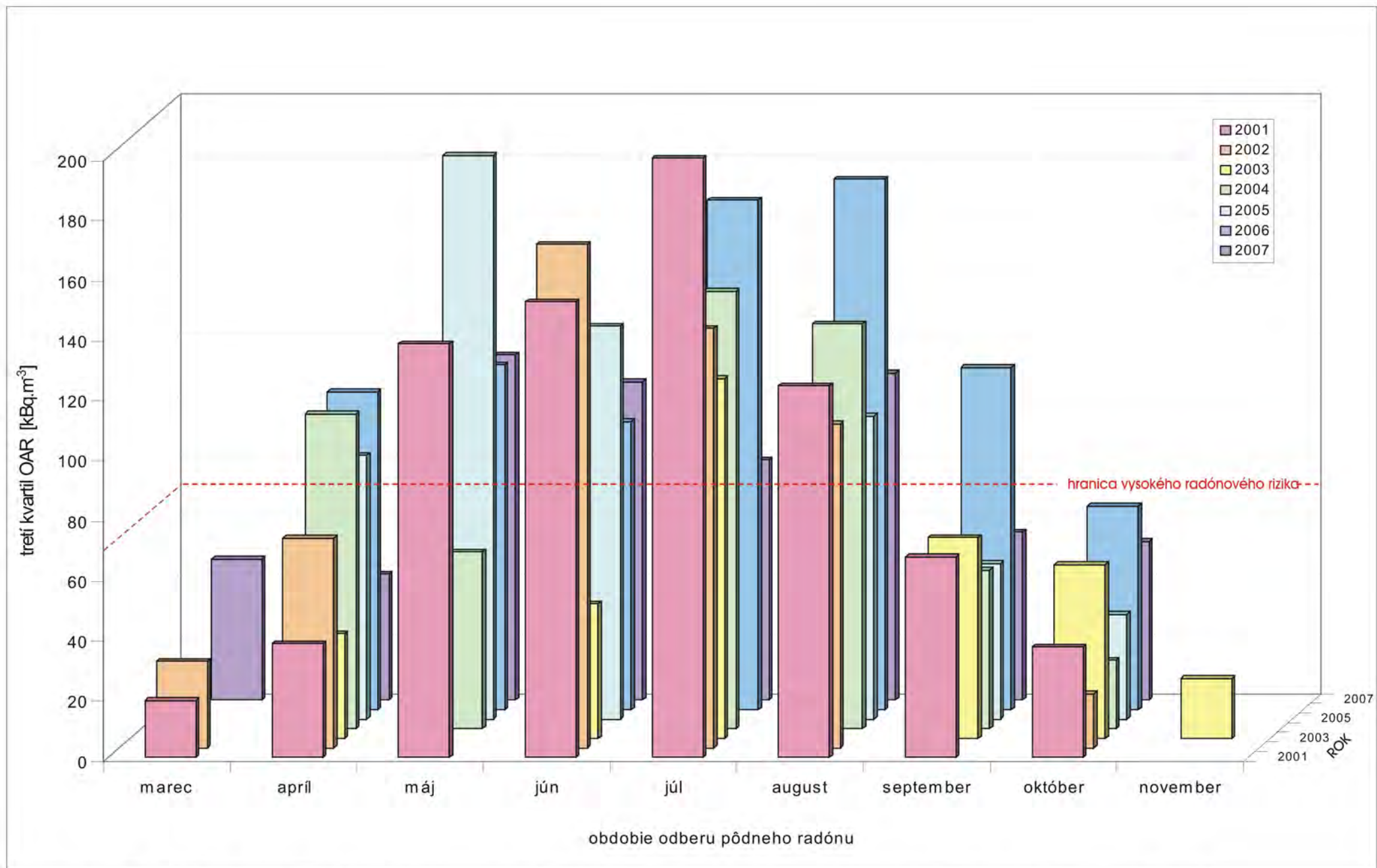
príloha D 3 – prírodná rádioaktivita, odbor Geofondu Bratislava  
Príručka kvality QA – PRK/01 – 02, ŠGÚDŠ Bratislava  
Smolárová H., 2002: Monitorovanie radónu v geologickom prostredí. In: Geologické práce, správy 106, ŠGÚDŠ Bratislava, s. 139 – 145  
Smernica Ministerstva životného prostredia SR č. 1/2000-3 na zostavovanie a vydávanie máp prírodnej a umelej rádioaktivity, MŽP SR Bratislava  
Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 528/2007 o podrobnostiach a požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia  
Zákon NR SR č. 355/ 2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov



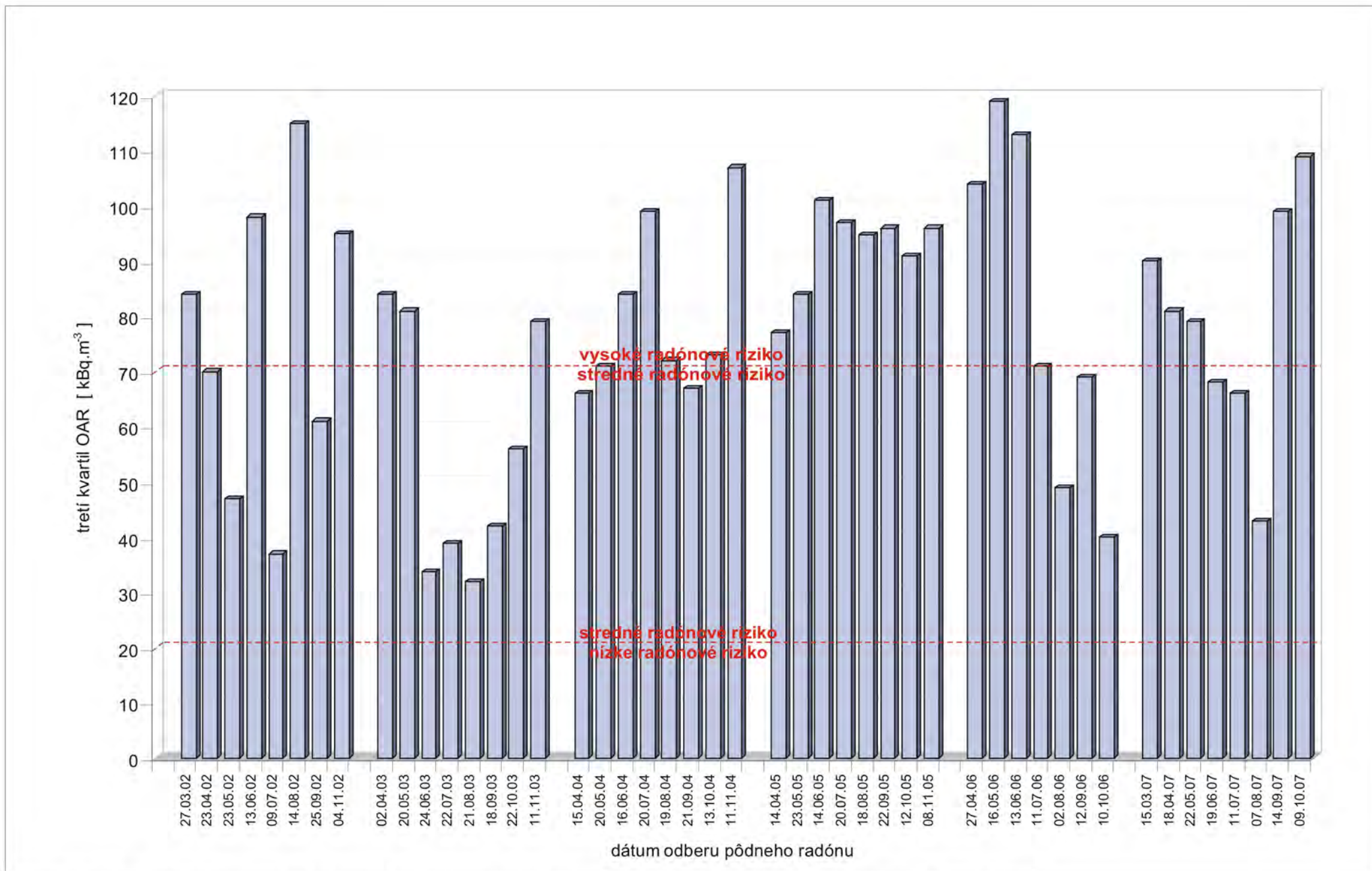
Obr. č.: 1 Situačná schéma objektov monitorovaných v roku 2007



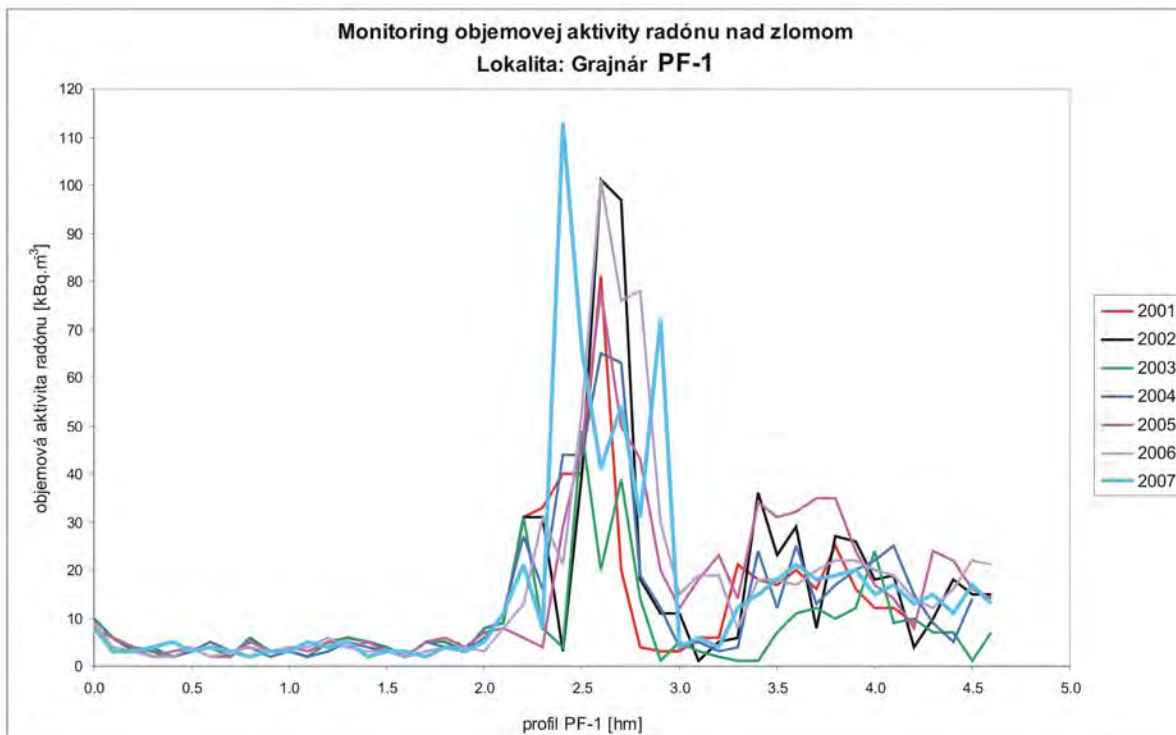
Obr. č.: 2 Pôdny radón - monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v rokoch 2001 - 2007  
 Lokalita: Novoveská Huta



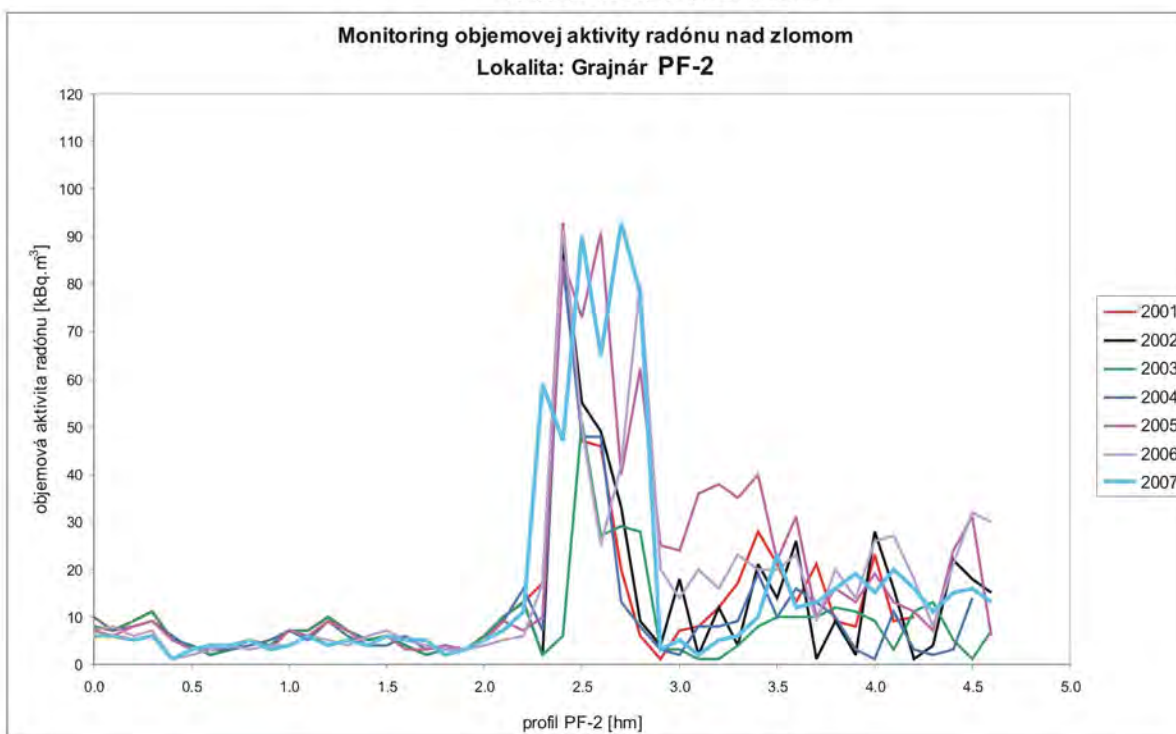
Obr. č.: 3 Pôdny radón - tretí kvartil objemovej aktivity radónu (OAR) pôdneho vzduchu v priebehu roka, v období 2001 - 2007  
 Lokalita: Novoveská Huta



Obr. č.: 4 Pôdny radón - tretí kvartil objemovej aktivity radónu (OAR) pôdneho vzduchu v rokoch 2002 - 2007  
Lokalita: Teplička



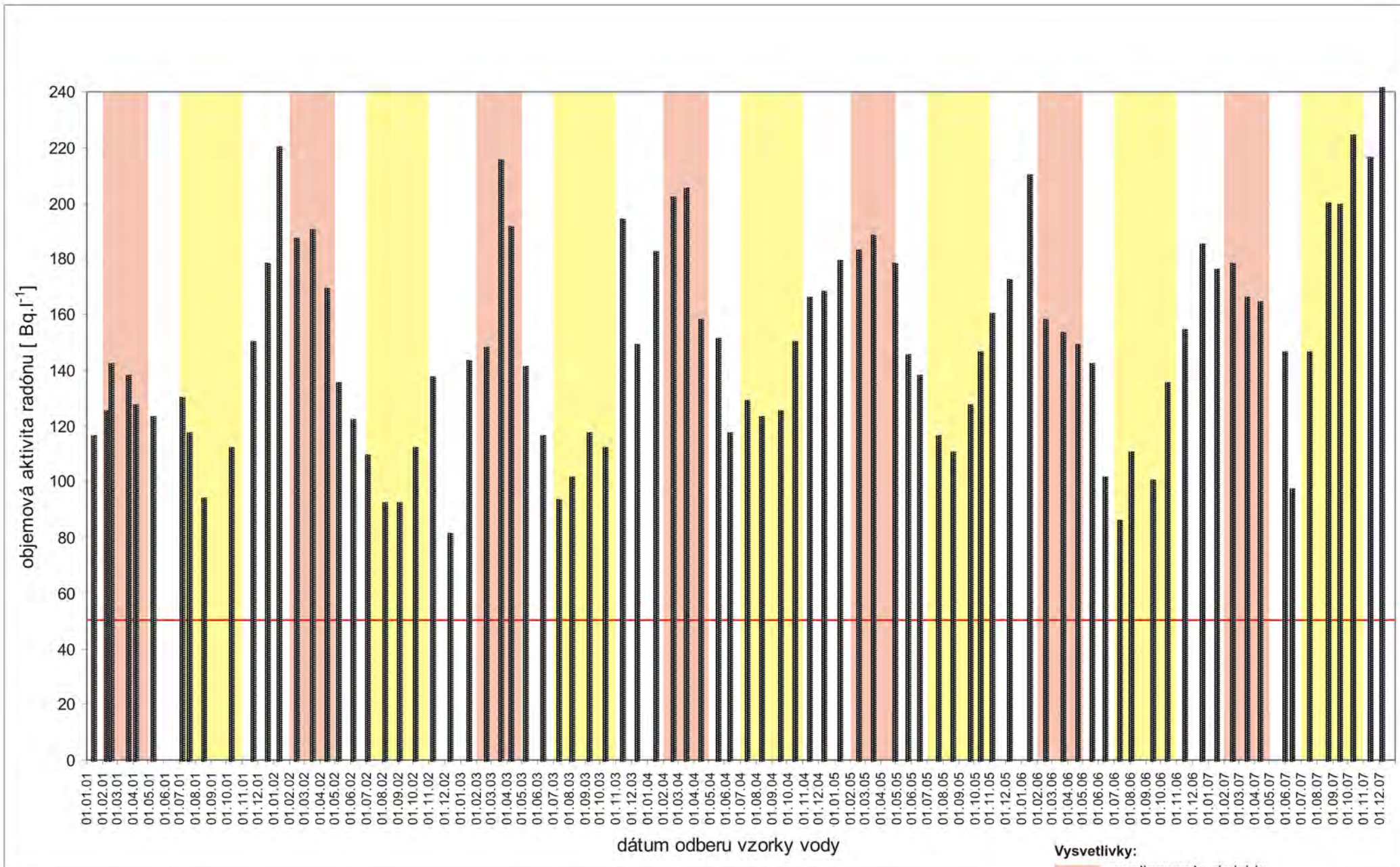
poruchová zóna



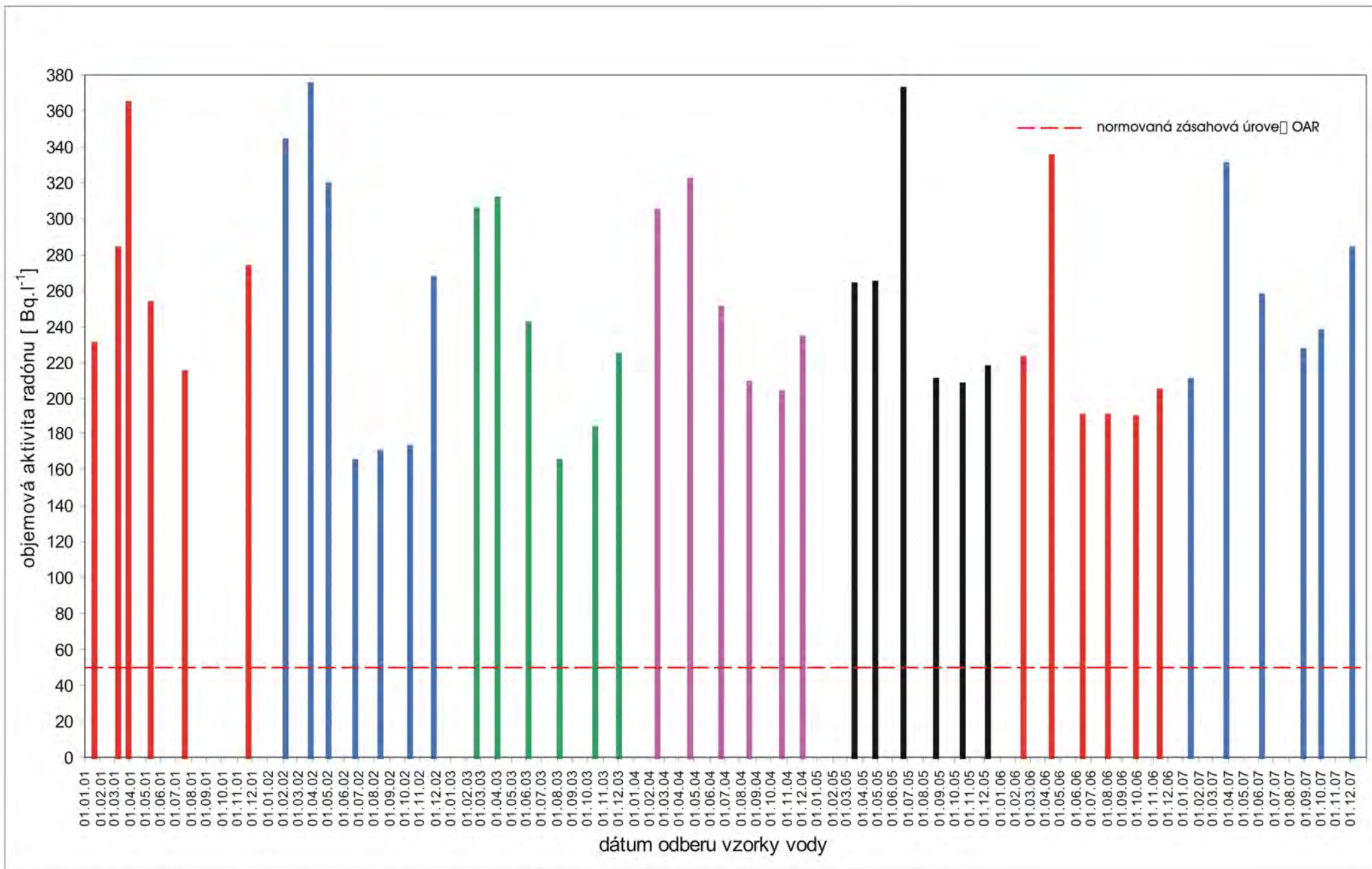
poruchová zóna

Obr. č.: 5 Monitoring objemovej aktivity radónu nad zlomom v rokoch 2001 - 2007  
Lokalita: Grajnár, profily PF-1 a PF-2





Obr. č.: 6 Monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v podzemných vodách v období 2001 - 2007; Lokaliťa: Spišské Podhradie, prameň sv. Ondreja



Obr. č.: 7 Monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v podzemných vodách v rokoch 2001 - 2007  
Lokalita: Bacúch, prameň Boženy Námcovej

Tab. č. 3: Štatistické spracovanie meraní radónu v pôde na referenčných plochách

Pôdny radón - monitoring 2007, porovnanie 2001- 2007															
p.č.	Lokalita	Dátum	c <sub>A</sub> - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m <sup>-3</sup> ]								Teplota [°C]			Atm. tlak hPa	Poznámka
			N	min c <sub>A</sub>	max c <sub>A</sub>	φ c <sub>A</sub>	σ c <sub>A</sub>	φ + σ	3. kvartil c <sub>A</sub>	Rn riziko	vzduch	pri zemi	pôda		
1	Hnilec	18.4.2007	17	123	1360	456	297	753	457	III	9	8	7	1012	sucho, odber dobrý
2	Hnilec	12.6.2007	17	260	1686	662	391	1053	1004	III	22	16	15	1019	horúco, odber dobrý
3	Hnilec	15.8.2007	17	195	1150	552	269	821	572	III	17	15	16	1015	po daždi, odb. dobrý
4	Hnilec	4.10.2007	17	267	1742	601	366	967	533	III	11	12	12	1021	mokro, ťažší odber
	Hnilec	rok 2007	68	123	1742	568	331	899	642	III					
	Hnilec	rok 2006	68	150	1262	433	249	682	485	III					
	Hnilec	rok 2005	68	115	1861	509	286	795	587	III					
	Hnilec	rok 2004	68	227	1300	454	211	665	491	III					
	Hnilec	rok 2003	68	87	968	333	156	489	420	III					
	Hnilec	rok 2002	67	84	1157	415	210	625	491	III					
	Hnilec	rok 2001	67	236	1399	504	268	772	584	III					
1	Novoveská Huta	15.3.2007	17	15	216	50	50	100	47	II-III	-2	-1	3	1028	!!! mráz, sucho
2	Novoveská Huta	18.4.2007	17	13	119	38	32	70	42	II-III	9	9	9	1012	sucho, odber dobrý
3	Novoveská Huta	23.4.2007	17	11	194	49	49	98	50	II-III	18	19	9	1030	sucho, odber dobrý
4	Novoveská Huta	22.5.2007	17	17	158	78	46	124	115	III	23	24	14	1015	po daždi, odb. dobrý
5	Novoveská Huta	19.6.2007	17	14	550	99	120	219	106	III	25	22	15	1016	horúco, odber dobrý
6	Novoveská Huta	11.7.2007	17	11	577	100	132	232	80	III	15	16	17	1011	po daždi, odb. dobrý
7	Novoveská Huta	7.8.2007	17	10	210	77	55	132	109	III	20	17	15	1012	sucho, odber dobrý
8	Novoveská Huta	14.9.2007	17	19	110	54	25	79	53	II-III	13	11	12	1022	po daždi, odb. dobrý
9	Novoveská Huta	9.10.2007	17	7	99	44	25	69	53	II-III	10	11	10	1025	vlhko, odber dobrý
	Novoveská Huta	rok 2007	153	7	577	66	59	125	73	III					
	Novoveská Huta	rok 2006	119	4	670	93	75	168	113	III					
	Novoveská Huta	rok 2005	102	2	668	85	88	173	99	III					
	Novoveská Huta	rok 2004	102	1	439	69	60	129	87	III					
	Novoveská Huta	rok 2003	102	2	379	48	40	88	58	II-III					
	Novoveská Huta	rok 2002	102	1	515	73	65	138	89	III					
	Novoveská Huta	rok 2001	136	1	657	71	73	144	100	III					

Pokračovanie tab. č. 3: Štatistické spracovanie meraní radónu v pôde na referenčných plochách

**Pôdny radón - monitoring 2007, porovnanie 2001- 2007**

p.č.	Lokalita	Dátum	c <sub>A</sub> - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m <sup>-3</sup> ]								Teplota [°C]			Atm. tlak hPa	Poznámka
			N	min c <sub>A</sub>	max c <sub>A</sub>	φ c <sub>A</sub>	σ c <sub>A</sub>	φ + σ	3 .kvartil c <sub>A</sub>	Rn riziko	vzduch	pri zemi	pôda		
1	<b>Teplička</b>	<b>15.3.2007</b>	17	3	113	59	39	98	90	III	10	6	3	1028	sucho, odber dobrý
2	<b>Teplička</b>	<b>18.4.2007</b>	17	24	95	63	22	85	81	III	11	10	8	1012	sucho, odber dobrý
3	<b>Teplička</b>	<b>22.5.2007</b>	17	16	87	53	25	78	79	III	20	20	14	1015	po daždi, odb. dobrý
4	<b>Teplička</b>	<b>19.6.2007</b>	17	19	111	54	27	81	68	II-III	22	19	14	1016	horúco, odber dobrý
5	<b>Teplička</b>	<b>11.7.2007</b>	17	16	87	51	21	72	66	II-III	18	20	19	1011	po daždi, odb. dobrý
6	<b>Teplička</b>	<b>7.8.2007</b>	17	11	59	36	12	48	43	II	19	17	17	1014	sucho, odber dobrý
7	<b>Teplička</b>	<b>14.9.2007</b>	17	4	116	66	37	103	99	III	10	9	13	1022	zrážky, odber dobrý
8	<b>Teplička</b>	<b>9.10.2007</b>	17	15	137	79	39	118	103	III	8	10	10	1024	vlhko, odber ťažší
	Teplička	rok 2007	136	3	137	57	28	85	79	III					
	Teplička	rok 2006	119	3	157	61	26	87	81	III					
	Teplička	rok 2005	136	2	196	70	33	103	92	III					
	Teplička	rok 2004	136	6	120	62	23	85	80	III					
	Teplička	rok 2003	135	5	144	50	19	69	56	II					
	Teplička	rok 2002	136	3	143	60	23	83	76	III					
	Teplička	rok 2001	136	20	151	56	29	85	57	II-III					
1	<b>Bratislava - Vajnory</b>	<b>9.5.2007</b>	17	4	55	34	13	47	43	II	16	17	17	1010	sucho, odber dobrý
2	<b>Bratislava - Vajnory</b>	<b>25.9.2007</b>	17	19	64	48	13	61	60	II	22	20	16	1017	sucho, odber dobrý
	Bratislava - Vajnory	rok 2007	34	4	64	41	13	54	52	II					
	Bratislava - Vajnory	rok 2006	34	10	98	41	20	61	59	II-III					
	Bratislava - Vajnory	rok 2005	34	20	122	50	22	72	67	II-III					
	Bratislava - Vajnory	rok 2001	16	11	155	67	45	112	101	III					
1	<b>B. Bystrica - Podlavice</b>	<b>9.5.2007</b>	17	22	219	73	46	119	85	III	14	15	15	1010	sucho, odber dobrý
2	<b>B. Bystrica - Podlavice</b>	<b>25.9.2007</b>	17	13	132	54	31	85	74	III	11	11	12	1017	poorané, sucho
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2007	34	13	219	64	38	102	80	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2006	34	18	272	90	53	143	111	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2005	18	30	193	98	44	142	118	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2001	17	6	189	55	51	106	67	II-III					
1	<b>Košice - KVP</b>	<b>12.6.2007</b>	17	5	43	13	9	22	16	I-II	29	26	21	1020	sucho, odber ťažký
2	<b>Košice - KVP</b>	<b>11.10.2007</b>	17	4	48	19	15	34	34	II	1	11	12	1024	sucho odber dobrý
	Košice - KVP	rok 2007	34	4	48	16	12	28	25	II					
	Košice - KVP	rok 2006	34	4	47	16	8	24	21	II					

Tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2007

p.č.	Lokalita	Dátum	<sup>222</sup> Rn	Výdatnosť	t-voda	t-vzduch	Rn <sub>min</sub>	Rn <sub>max</sub>	φ Rn	v Rn
			[Bq.l <sup>-1</sup> ]	l.s <sup>-1</sup>	°C	°C	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[ % ]
1	Bratislava - prameň Mária	10.5.2007	36	0,196	9	13				
2	Bratislava - prameň Mária	26.9.2007	43	0,169	11	10				
	<b>rok 2007, prameň Mária</b>						<b>36</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>12</b>
	rok 2006, prameň Mária						26	31	29	9
	rok 2005, prameň Mária						26	30	28	7
	rok 2004, prameň Mária						25	28	27	6
	1998-2003, prameň Mária						26	63	36	22
1	Bratislava - prameň Zbojníčka	10.5.2007	254	0,313	9	13				
2	Bratislava - prameň Zbojníčka	26.9.2007	327	0,217	10	10				
	<b>rok 2007, prameň Zbojníčka</b>						<b>254</b>	<b>327</b>	<b>291</b>	<b>18</b>
	rok 2006, prameň Zbojníčka						138	217	178	22
	rok 2005, prameň Zbojníčka						195	215	205	5
	rok 2004, prameň Zbojníčka						138	244	191	28
	1998-2003, prameň Zbojníčka						168	361	260	20
1	Bratislava - prameň Himligárka	10.5.2007	180	0,114	9	13				
2	Bratislava - prameň Himligárka	26.9.2007	236	0,071	10	10				
	<b>rok 2007, prameň Himligárka</b>						<b>180</b>	<b>236</b>	<b>208</b>	<b>19</b>
	rok 2006, prameň Himligárka						114	135	125	8
	rok 2005, prameň Himligárka						155	167	161	4
	rok 2004, prameň Himligárka						133	133	133	-
	1998-2003, prameň Himligárka						126	284	186	26
1	Bacúch - prameň B. Němcovej	16.1.2007	210	0,024	6	-1				
2	Bacúch - prameň B. Němcovej	27.3.2007	330	0,029	6	6				
3	Bacúch - prameň B. Němcovej	5.6.2007	257	0,025	10	19				
4	Bacúch - prameň B. Němcovej	27.8.2007	227	0,022	11	14				
5	Bacúch - prameň B. Němcovej	3.10.2007	237	0,022	10	12				
6	Bacúch - prameň B. Němcovej	3.12.2007	283	0,021	6	3				

Pokračovanie tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2007

p.č.	Lokalita	Dátum	<sup>222</sup> Rn	Výdatnosť	t-voda	t-vzduch	Rn <sub>min</sub>	Rn <sub>max</sub>	φ Rn	v Rn
			[Bq.l <sup>-1</sup> ]	l.s <sup>-1</sup>	°C	°C	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[ % ]
	<b>rok 2007, prameň B. Němcovej</b>						<b>210</b>	<b>330</b>	<b>257</b>	<b>17</b>
	rok 2006, prameň B. Němcovej						189	335	222	23
	rok 2005, prameň B. Němcovej						207	372	256	22
	rok 2004, prameň B. Němcovej						203	322	254	18
	1998-2003, prameň B. Němcovej						165	613	286	35
1	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	17.1.2007	176	0,047	7	-6				
2	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	15.2.2007	178	0,050	7	4				
3	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	15.3.2007	166	0,046	8	-2				
4	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	11.4.2007	164	0,045	9	15				
5	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	29.5.2007	147	nemer.	12	19				
6	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	26.6.2007	97	0,032	14	23				
7	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	17.7.2007	146	0,028	13	18				
8	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	23.8.2007	200	0,039	15	18				
9	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	13.9.2007	199	0,043	13	7				
10	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	10.10.2007	224	0,042	12	4				
11	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	12.11.2007	216	0,039	10	-1				
12	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	6.12.2007	246	0,026	8	-5				
	<b>rok 2007, prameň sv. Ondreja</b>						<b>97</b>	<b>246</b>	<b>180</b>	<b>22</b>
	rok 2006, prameň sv. Ondreja						86	210	140	25
	rok 2005, prameň sv. Ondreja						110	188	154	17
	rok 2004, prameň sv. Ondreja						117	205	156	18
	1998-2003, prameň sv. Ondreja						80	312	166	35
1	Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1	25.4.2007	951	nemer.	19	12				
2	Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1	18.9.2007	1273	nemer.	19	19				
	<b>rok 2007, pr. Jašterčie OZ- 1</b>						<b>951</b>	<b>1273</b>	<b>1112</b>	<b>20</b>
	rok 2006, pr. Jašterčie OZ- 1						382	690	536	29
	rok 2001, pr. Jašterčie OZ- 1						588	744	666	12

Pokračovanie tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2007

p.č.	Lokalita	Dátum	<sup>222</sup> Rn	Výdatnosť	t-voda	t-vzduch	Rn <sub>min</sub>	Rn <sub>max</sub>	φ Rn	v Rn
			[Bq.l <sup>-1</sup> ]	l.s <sup>-1</sup>	°C	°C	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[Bq.l <sup>-1</sup> ]	[ % ]
1	Zemplín - vrt Ladmovce	11.4.2007	17	0,059	16	15				
2	Zemplín - vrt Ladmovce	11.10.2007	16	0,058	16	14				
	<b>rok 2007, vrt Ladmovce</b>						<b>16</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>4</b>
	rok 2006, vrt Ladmovce						11	12	12	4
	rok 2001, vrt Ladmovce						8	12	10	20

Tab. č. 5: Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998-2007

p.č.	Lokalita	Obdobie	<sup>222</sup> Rn [ Bq.l <sup>-1</sup> ]			Výdatnosť Q [ l.s <sup>-1</sup> ]		
			φ Rn	σ Rn	v Rn [%]	φ Q	σ Q	v Q [%]
<b>1</b>	<b>Bratislava - prameň Mária</b>	<b>2007</b>	<b>40</b>	<b>4,9</b>	<b>12</b>	<b>0,183</b>	<b>0,019</b>	<b>10</b>
	Bratislava - prameň Mária	2006	29	2,5	9	0,613	0,498	81
	Bratislava - prameň Mária	2005	28	2,0	7	0,396	0,271	68
	Bratislava - prameň Mária	2004	27	1,5	6	0,536	0,465	87
	Bratislava - prameň Mária	2003	28	1,4	5	0,128	0,139	109
	Bratislava - prameň Mária	2002	34	1,4	4	0,299	0,158	53
	Bratislava - prameň Mária	2001	30	4,9	17	0,531	0,663	125
	Bratislava - prameň Mária	1998-2000	46	10,1	22	0,192	0,187	97
	Bratislava - prameň Mária	1998-2003	36	8,1	22	0,236	0,311	132
<b>2</b>	<b>Bratislava - prameň Zbojníčka</b>	<b>2007</b>	<b>291</b>	<b>51,6</b>	<b>18</b>	<b>0,265</b>	<b>0,068</b>	<b>26</b>
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2006	178	39,5	22,0	1,431	1,425	100
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2005	205	10,0	5,0	0,463	0,338	73
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2004	191	53,0	28,0	0,577	0,535	93
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2003	230	0,7	0,3	0,096	0,121	127
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2002	242	5,7	2	0,276	0,050	18
	Bratislava - prameň Zbojníčka	2001	189	29,0	15	0,198	0,163	83
	Bratislava - prameň Zbojníčka	1998-2000	300	36,0	12	0,085	0,097	115
	Bratislava - prameň Zbojníčka	1998-2003	260	51,7	20	0,155	0,121	78
<b>3</b>	<b>Bratislava - prameň Himligárka</b>	<b>2007</b>	<b>208</b>	<b>39,6</b>	<b>19</b>	<b>0,093</b>	<b>0,031</b>	<b>33</b>
	Bratislava - prameň Himligárka	2006	125	10,5	8	0,719	0,709	100
	Bratislava - prameň Himligárka	2005	161	6,0	4	0,259	0,229	88
	Bratislava - prameň Himligárka	2004	133	-	-	0,263	0,263	100
	Bratislava - prameň Himligárka	2003	163	-	-	0,091	0,128	141
	Bratislava - prameň Himligárka	2002	158	26,2	17	0,311	0,001	0,2
	Bratislava - prameň Himligárka	2001	154	15,6	10	0,434	0,565	130
	Bratislava - prameň Himligárka	1998-2000	209	52,3	25	0,069	0,092	133
	Bratislava - prameň Himligárka	1998-2003	186	47,4	26	0,209	0,265	127



Pokračovanie tab. č. 5: Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998-2007

p.č.	Lokalita	Obdobie	$^{222}\text{Rn}$ [ Bq.l <sup>-1</sup> ]			Výdatnosť Q [ l.s <sup>-1</sup> ]		
			$\phi$ Rn	$\sigma$ Rn	v Rn [%]	$\phi$ Q	$\sigma$ Q	v Q [%]
<b>4</b>	<b>Bacúch - prameň B. Němcovej</b>	<b>2007</b>	<b>257</b>	<b>43,6</b>	<b>17</b>	<b>0,024</b>	<b>0,003</b>	<b>13</b>
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2006	223	52,0	23	0,027	0,003	9
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2005	256	57,0	22	0,026	0,004	17
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2004	254	45,2	18	0,020	0,002	10
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2003	238	60,6	25	0,021	0,002	9
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2002	259	89,7	35	0,026	0,004	16
	Bacúch - prameň B. Němcovej	2001	270	53,0	20	0,030	0,005	16
	Bacúch - prameň B. Němcovej	1998-2000	345	124,2	36	0,028	0,002	8
	Bacúch - prameň B. Němcovej	1998-2003	286	99,0	35	0,026	0,005	18
<b>5</b>	<b>Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja</b>	<b>2007</b>	<b>180</b>	<b>40,4</b>	<b>22</b>	<b>0,040</b>	<b>0,008</b>	<b>20</b>
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2006	140	35,0	25	0,041	0,006	14
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2005	154	26,0	17	0,044	0,006	13
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2004	156	28,6	18	0,039	0,006	14
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2003	143	39,1	27	0,033	0,006	19
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2002	137	44,8	33	0,034	0,010	30
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	2001	129	21,3	16	0,034	0,009	26
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	1998-2000	192	63,4	33	0,036	0,009	26
	Sp. Podhradie - pr. sv. Ondreja	1998-2003	166	52,3	35	0,035	0,009	25
<b>6</b>	<b>Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1</b>	<b>2007</b>	<b>1112</b>	<b>227,7</b>	<b>20</b>	<b>nemerateľné</b>		
	Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1	2006	536	155,4	29	nemerateľné		
	Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1	2001	666	79,9	12	nemerateľné		
	Oravice - pr. Jašterčie OZ- 1	1998-2000	1212	181,8	15	nemerateľné		
<b>7</b>	<b>Zemplín - vrt Ladmovce</b>	<b>2007</b>	<b>17</b>	<b>0,7</b>	<b>4</b>	<b>0,059</b>	<b>0,001</b>	<b>17</b>
	Zemplín - vrt Ladmovce	2006	12	0,5	4	nemerateľné		
	Zemplín - vrt Ladmovce	2001	10	2,0	20	nemerateľné		
	Zemplín - vrt Ladmovce	1998-2000	13	3,4	26	nemerateľné		