

E – GEOFYZIKA, RADIOAKTIVITA

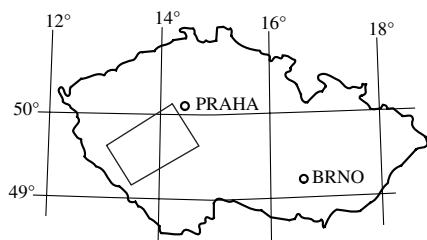
VZTAH RADONU V OBJEKTECH A RADONU V PODLOŽÍ NA ÚZEMÍ STŘEDOČESKÉHO PLUTONU – ÚVODNÍ STUDIE

Preliminary results of indoor-soil gas radon relationship in the area of Central Bohemian Pluto

IVAN BARNET¹ – IVANA FOJTÍKOVÁ² – EVA ZÍTOVÁ¹

¹ Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

² Státní ústav radiační ochrany, Senovážné nám. 9, 110 00 Praha 1



Key words: radon, indoor, bedrock, risk, Central Bohemian Pluton

Abstract: Four databases of indoor radon measurements, soil gas radon measurements, vectorised geological and radon maps and geographical coordinates of particular dwellings were linked to study the relationship of indoor-soil gas radon. The resulting database comprises 16145 data enabling to find positive correlation between radon in dwellings and radon in rock types occurring within the area of Central Bohemian Pluton. This study is considered as a preliminary phase of more detailed statistical treatment.

Úvod

Cílem radonového programu České republiky, řízeného usnesením vlády ČR 538/1997 a novelou usnesení č. 970/2002, je vyhledání objektů, které překračují směrnou hodnotu objemové aktivity radonu (OAR) ^{222}Rn – dále radon ($400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$; vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost – SÚJB – 307/2002). Tato hodnota odpovídá ekvivalentní objemové aktivity Rn ($200 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$). V úvodu je nutno upozornit, že primární data o měření radonu v objektech, uváděná v této publikaci, pocházejí z období do r. 2002 a jsou proto vyjádřena v ekvivalentní objemové aktivitě radonu (EOAR = $0,5 \cdot \text{OAR}$). Pro vyhledávací program slouží i odvozené mapy radonového indexu v měřítku 1 : 50 000 (Míšová – Barnet 2002), jejichž zpracovatelem je od r. 1999 Česká geologická služba (ČGS). Podle těchto map byly a jsou rozmišlovány stopové detektory do obcí, v nichž lze na základě geologické prognózy očekávat vysokou, případně střední kategorii radonového indexu (sine 2000). V průběhu radonového programu došlo ke kvantitativnímu i kvalitativnímu rozvoji vstupních databází, což umožňuje provádět analýzy vztahu radonu v objektech a v podloží ve velkých regionálních celcích na základě

přesně geograficky lokalizovaných údajů. Tyto analýzy byly v minulých letech prováděny na základě geometrických průměrů ekvivalentní objemové aktivity radonu v jednotlivých katastroch (Míšová 2002, Barnet – Míšová – Fojtíková 2002) pro celé území České republiky na podkladu geologické mapy České republiky v měřítku 1 : 500 000. Pozitivní výsledky těchto prací ukázaly na potřebu přesnejší lokalizace primárních dat měření radonu v objektech ve vztahu k detailnějším geologickým poznatkům o podložních horninách, což bylo základním cílem této úvodní studie.

Hlavní oblastí, na kterou byla od poloviny r. 2002 zaměřena pozornost, je středočeský pluton o rozloze cca 3000 km^2 (souborně Míšař a kol. 1983, Chlupáč a kol. 2002), pokrytý 16 listy základních geologických map a map radonového indexu geologického podloží v měřítku 1 : 50 000. Z hlediska měření radonu v objektech byla v uplynulých letech této oblasti Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO) věnována zvýšená pozornost, zejména díky plošně rozsáhlému výskytu vysoce radioaktivních granitoidů typu Čertovo břemeno (Manová – Matolín 1995, Barnet – Procházka 1992, Tomášek 2000, Holub et al. 1997). Proto i počet měření radonu v objektech situovaných v jednotlivých katastroch je na území středočeského plutonu vyšší než na ostatních geologických jednotkách v České republice.

Vstupní databáze

Pro detailní srovnání radonu v objektech a v podloží na území středočeského plutonu byla využita data ze čtyř nezávislých databází:

1. Měřením radonu v objektech se zabývá SÚRO. Od r. 1990 jsou měření systematicky prováděna jeho regionálními centry (podle bývalého krajského a okresního dělení) a jsou sdružována v centrální databázi. V současnosti databáze obsahuje údaje o cca 130 000 měřených objektech z celého území České republiky.
2. Správcem databáze měření radonu v podloží je ČGS. Současný stav naplnění databáze je cca 8900 ploch (1 plocha reprezentuje v průměru 15 měření). Data pocházejí jednak z výzkumných a mapovacích projektů ČGS úkolů 4120 a 6332, jednak byla pro výzkumné úče-

- ly poskytnuta z komerčních měření prováděných firmami sdruženými v Asociaci Radonové Riziko (BARNET et al. 1998).
3. Databáze jednotné geologické legendy ČR pro všechny mapové listy 1 : 50 000 (ČGS) obsahuje údaje o chronostratigrafickém členění, litologickém popisu hornin, litostratigrafickém a regionálním členění. Databáze zahrnuje 270 000 zmapovaných geologických těles rozdělených do 2026 geologických jednotek.
 4. Zdrojem lokalizačních dat jednotlivých objektů (souřadnice x a y v Krovákovém systému, kódy obcí, kódy katastrálních území, adresy a čísla popisná) je Český statistický úřad (ČSÚ). Pro úvodní studii byly vybrány pouze objekty s pobytovými místnostmi (pro část z těchto objektů provedl SÚRO měření radonu).

Postup zpracování

Vzhledem k tomu, že databáze všech tří institucí (SÚRO, ČGS, ČSÚ) byly založeny nezávisle, hlavním předpokladem bylo nalezení společných identifikačních položek. Pro jednotlivé objekty jsou společnými identifikátory kód obce a číslo popisné.

V první fázi zpracování byla na základě společných identifikátorů provádzána lokalizační databáze ČSÚ s databází měření radonu v objektech (SÚRO) na základě kódu obce a čísel popisných. Z oblasti sedmi bývalých okresů pokrývajících plochu středočeského plutonu tím vznikla databáze o 16 145 větách, obsahující identifikátor objektu, identifikátor obce, průměrnou a maximální koncentraci radonu v měřeném objektu a souřadnice x - y (Krovákův systém).

Druhá fáze zpracování obsahovala provádzání této data-

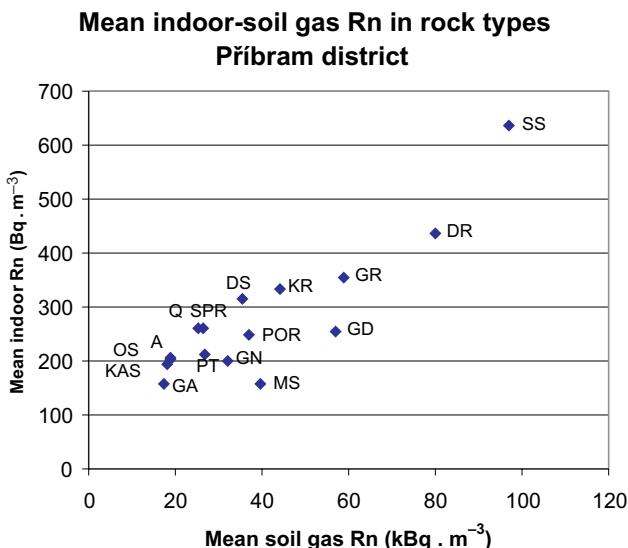
báze s jednotnou legendou vektorových geologických map v měřítku 1 : 50 000, na jejichž základě jsou tvořeny odvozené mapy radonového indexu. Pro každý jednotlivý objekt je možno tímto způsobem stanovit odpovídající litotyp a tím i odpovídající koncentraci radonu v podloží a kategorie radonového indexu podle radonové databáze. Celý geografický informační systém byl vybudován a je provázán v prostředí MGE v.7.1 nad relačním databázovým systémem Oracle v.8.05. Při zpracování výsledné databáze byl použit následující postup:

- převod databáze (obsahující identifikátor objektu, identifikátor obce, průměrnou a maximální koncentraci radonu v objektu a souřadnice x - y) do geografického informačního systému (GIS)
- GIS byl vytvořen na SW platformě MGE 7.1/Oracle/Microstation 95,
- převod do softwarového prostředí ArcView,
- výběr příslušných geologických map 1 : 50 000 pro danou oblast, kde bylo prováděno měření,
- vytvoření polygonu ohraničující oblast,
- výběr jen těch atributních informací a ploch, které zasahují do dané oblasti, prostorová GIS analýza (MGE ANALYST),
- opravy styků databázových záznamů, přidání indexů společné legendy ČR,
- vyextrahování ploch, hornin a tektoniky, GIS extrakce (MGE MAPFINISHER),
- převod do softwarového prostředí ArcView,
- úprava tabulek,
- propojení tabulek a následný export do tabulky ve formátu *.xls.

Z výsledné spojené databáze pak bylo možno zjistit statistické parametry výběrových souborů měření radonu v objektech lokalizovaných na určitém horninovém typu, odpovídajícímu klasifikačnímu systému v radonové databázi. I když je stavební stav objektu jedním z důležitých faktorů pro migraci radonu z podloží do objektu (JIRÁNEK 2000), pro datové soubory měření radonu v objektech nejsou a nebudou tyto údaje vzhledem k obrovskému rozsahu měření prováděných od r. 1990 SÚRO zpětně k dispozici. V lokálních studiích s podstatně nižším počtem posuzovaných objektů by tento faktor mohl ovlivnit kvalitu výsledků, ale v regionálních studiích při počtu různorodých objektů v jednotlivých horninových typech v řádu stovek a tisíců je možno jej zanedbat.

Výsledky

Výsledkem statistického zpracování databází měření radonu v objektech a podloží a lokalizace objektů na území sedmi bývalých okresů je zjištění, že v pěti okresech (Benešov – 2985 objektů, Příbram – 6341 objektů, Klatovy – 836 objektů, Písek – 2164 objektů, Plzeň-jih – 1596 objektů) byla prokázána jednoznačná závislost radonu v objektech na radonu v jednotlivých typech horninového podloží. V bývalém okrese Praha-východ (444 objektů) byly měřené objekty situovány pouze na dvou horninových typech – granitoidech a kvartérních sedimentech, takže statisticky



Obr. 1. Průměrná koncentrace radonu v objektech a v horninových typech na území bývalého okresu Příbram. KAS – kambrické sedimenty, OS – ordovické sedimenty, A – amfibolity, GA – gabra, Q – kvartérní sedimenty mimo spráši, SPR – spráše a sprášové hliny, PT – proterozoické metasedimenty, MS – pestré metasedimenty moldanubika a ostrovní zóny, GN – ortoruly, POR – paleozoické vulkanity, DS – devonské sedimenty, KR – pararuly, GD – granodiority, GR – granity, DR – durbachity, SS – silurské černé břidlice.

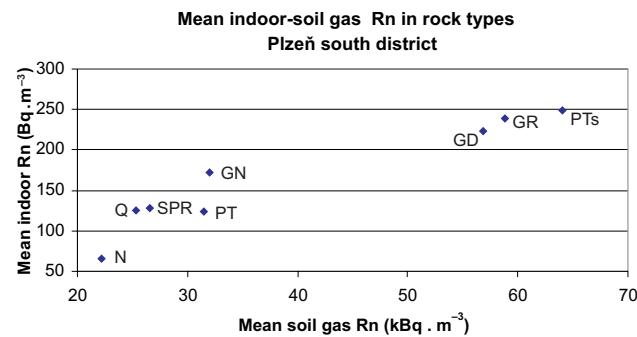
prokazatelná regresní závislost obou měřených parametrů nemohla být zpracována. V okrese Strakonice (1779 objektů) nebyla zjištěna prokazatelná závislost radonu v objektech a v podloží. Důvody tohoto jevu jsou předmětem dalšího studia. Pro ilustraci tohoto konstatování publikujeme dva grafy závislosti radonu v objektech a v podloží v bývalém okrese Příbram (6341 objektů lokalizovaných na 16 horninových typech – obr. 1) a v bývalém okrese Plzeň-jih (1596 objektů lokalizovaných na osmi horninových typech – obr. 2). Obdobné závislosti jako pro střední hodnoty radonu v objektech platí i pro mediány a maximální hodnoty výběrových souborů radonu v objektech na jednotlivých horninových typech na území zpracovávaných okresů.

V bývalém okresu Příbram byla nejvyšší objemová aktivity radonu v objektech prokázána na podloží silurských černých břidlic (BARNET 1994) a v granitech typu Čertovo břemeno (durbachitech; BARNET – PROCHÁZKA 1992). Vysoké objemové aktivity radonu v objektech odpovídají i ostatním typům granitů a granodioritů. Střední objemové aktivity radonu v objektech byly potvrzeny v paleozoických sedimentech a v metamorfitech moldanubika a ostrovní zóny, zatímco nejnižší objemové aktivity byly prokázány v gabrech a kambrických sedimentech. I když kategorie radonového indexu uváděná v mapách radonového indexu je kombinací propustnosti a objemové aktivity radonu v podloží, i střední hodnoty objemové aktivity radonu v podloží prezentované v grafech ukazují na zřetelný nárůst objemové aktivity radonu v objektech situovaných na horninovém podloží s vysokou objemovou aktivitou radonu v půdním vzduchu.

Obdobně jako z výsledků v bývalém okresu Příbram je patrné, že se vznáší objemovou aktivitu radonu v podloží se zvyšuje i objemová aktivity radonu v objektech, zejména v objektech situovaných na granodioritech a granitech. Zajímavý je kontrast mezi objekty situovanými na radiometricky sterilních proterozoických metasedimentech (PT) a objekty na proterozoických silicitech (PTs) se zvýšenou koncepcí uranu (MRÁZEK – POUBA 1975, 1976). Obecně známá geneze radonu radioaktivní přeměnou uranu se tak i nepřímo potvrzuje i při měření radonu v objektech.

Závěry

- Prezentované výsledky jsou pouze úvodní fází studia vztahu radonu v objektech a v podloží na území středočeského plutonu, který z hlediska výzkumu obsahu radonu představuje jeden z hlavních problémů v České republice. Detailní statistické zpracování výběrových souborů v současnosti pokračuje.
- V pěti ze sedmi bývalých okresů byl prokázán vztah objemové aktivity radonu v objektech a objemové aktivity radonu v podloží, a to ve všech granitoidních typech hornin středočeského plutonu i v sedimentárních a metamorfovaných horninách pláště a širšího okolí plutonu. Se zvyšující se objemovou aktivitou radonu v podloží vzrůstá i objemová aktivity radonu v objektech a to i



Obr. 2. Průměrná objemová aktivita radonu v objektech a v horninových typech na území bývalého okresu Plzeň-jih. N – neogenní sedimenty, Q – kvartérní sedimenty kromě spraší, SPR – spraše a sprašové hlíny, PT – proterozoické metasedimenty, GN – ortoruly, GD – granodiority, GR – granity, PTs – proterozoické silice.

s uvážením faktu, že není znám technický stav objektu, který může migraci radonu z podloží do objektů významně ovlivnit. Nízká variabilita horninových typů v podloží měřených objektů v bývalém okresu Praha-východ nezaručuje statistickou průkaznost, zjištěné rozpory v bývalém okrese Strakonice jsou předmětem detailního ověřování.

- Každý typ hornin se specifickou objemovou aktivitou radonu je v odvozených mapách radonového indexu 1 : 50 000 označován jednou ze čtyř kategorií radonového indexu. Potvrzením vztahu radonu v objektech a v podloží byla prokázána správnost metodiky klasifikace radonového indexu a využitelnost map radonového indexu pro distribuci stopových detektorů do jednotlivých objektů na základě geologické prognózy.
- Zjištěné výsledky byly získány na základě pracovního postupu spočívajícího v provázání čtyř navzájem nezávislých databází (SÚRO, ČGS, ČSÚ). Úvodní studie byla zaměřena na ověření pracovního postupu a na základní potvrzení vztahu radonu v objektech a v podloží, zároveň však otvírá pole pro detailnější výzkum, např. v jednotlivých typech granitoidů středočeského plutonu, vztahu radonu v objektech k radiometrickým charakteristikám hornin apod. Ověřený pracovní postup samozřejmě umožňuje provádět obdobný výzkum v detailním měřítku i v ostatních oblastech a horninových typech na území České republiky.

Literatura

- BARNET, I. – PROCHÁZKA, J. (1992): The tectonic control of high Rn-222 in durbachites near Milevsko. In: BARNET, I. (ed.): Radon investigations in Czechoslovakia III, 13–20. – Czech Geol. Survey. Prague.
- BARNET, I. (1994): Radon in Lower Silurian black shales of Prague basin. In: Radon investigations in the Czech Republic V and second international workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping, 67–74. – Czech Geol. Survey. Prague.
- BARNET, I. – MIKŠOVÁ, J. – PROCHÁZKA, J. (1998): Radon database and radon risk map 1 : 500 000 of the Czech Republic. In: BARNET, I. – NEZNAL, M. (eds.): Radon investigations in the Czech Republic VII and the Fourth International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping. 1–5. – Czech Geol. Survey. Prague.
- BARNET, I. – MIKŠOVÁ, J. – FOJtíKOVÁ, I. (2002): The GIS analysis of indoor radon and soil gas radon in major rock types of the Czech Repub-