NEZNAL, M. – NEZNAL, M. – ŠMARDA, J. (1993) : Využití neparametrických metod při statistickém hodnocení radonového rizika. – RADON, v.o.s., Lysá nad Labem.
PÁLENSKÝ, P. (1997): Geologická mapa 1 : 50 000, list 24-34 Ivančice. – Čes. geol. úst. Praha.
STRÁNÍK, Z. (1985): Geologická mapa 1 : 50 000, list 24-43 Šlapanice. – Čes. geol. úst. Praha.
ŠŤASTNÝ, M. (1999) : Matematické a statistické výpočty v Microsoft Excelu. – Computer Press, Brno.
ZVÁRA, K. (1998) : Biostatistika. – Karolinum, Praha.

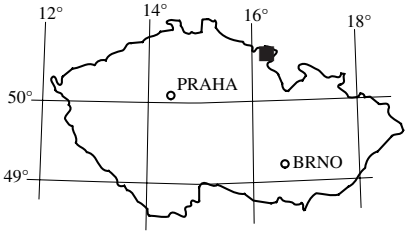
GEOFYZIKÁLNÍ MĚŘENÍ RADIOAKTIVITY HORNIN A JADERNÉHO SPADU NA BROUMOVSKU

Geophysical measurement of radioactivity of rocks and nuclear fallout in the Broumov area

MILAN MATOLÍN[1] – KAREL DĚDÁČEK[2] – STANISLAV ZABADAL[2]

[1] *Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2*
[2] *Geofyzika, a. s., Ječná 29a, 621 00 Brno*

(04-31 Meziměstí, 04-32 Broumov, 04-33 Náchod, 04-34 Martínkovice)



Key words: environmental radiation, terrestrial radiation, nuclear fallout, airborne, ground gamma-ray spectrometry

Abstract: Natural and nuclear fallout radiation has been measured by airborne and ground gamma-ray spectrometry in the area of Broumov, NE Bohemia, Czech Republic, in 2001. The area has been contaminated by the Chernobyl nuclear reactor accident in 1986, as was indicated by spot measurements. 2001 airborne mapping demarcated an ^{137}Cs surface activity anomalous zone of NE-SW direction, amounting to 10–22 kBq . m^{-2} at the background of 2–5 kBq . m^{-2} of the area. (Fig. 1). Ground measurements showed local values in the range of up to 36 kBq . m^{-2}. Ratio of ^{137}Cs dose rate to the dose rate of the natural radionuclides in rocks is in the range of 7–45 % with the maximum in the ^{137}Cs anomalous zone.

RADIOAKTIVITA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Radioaktivita životního prostředí je součtem účinků přírodních a umělých zdrojů jaderného záření. Přírodní zdroje zahrnují kosmické záření, radioaktivitu hornin, vod a ovzduší, jaderný spad tvoří umělý plošný zdroj radiace na zemském povrchu. Vzhledem k rostoucímu použití zdrojů jaderného záření ve vědě a technice a poznání účinků radiace na živé organizmy je žádoucí hodnoty radiace monitorovat a hodnotit.

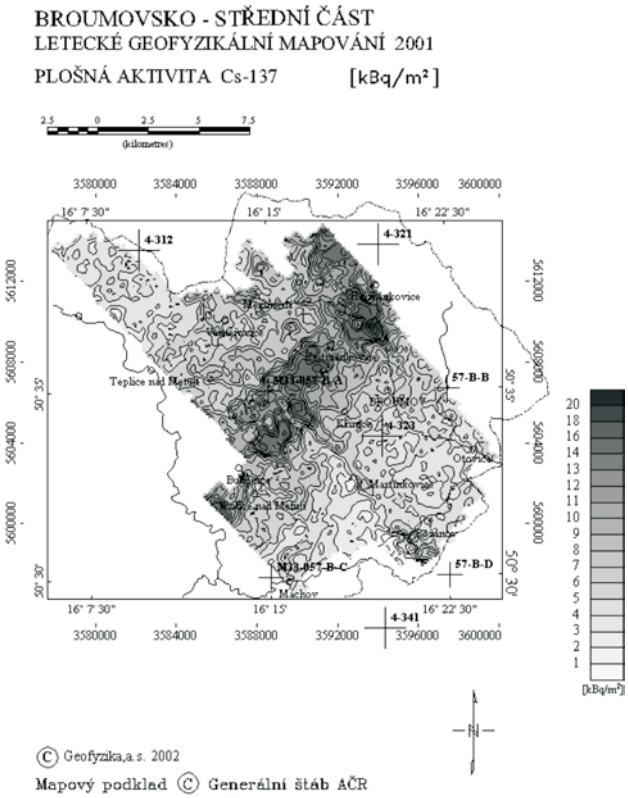
JADERNÝ SPAD

Jaderným spadem je označována kontaminace povrchu zemského umělými radionuklidy, vznikajícími při jaderných reakcích, přenášenými v atmosféře i na velké vzdálenosti a deponované na zemském povrchu převážně dešťovými srážkami. Současný jaderný spad na zemském povrchu byl generován výbuchy jaderných zbraní a únikem radionuklidů z jaderných zařízení. Radionuklidy jaderného spadu lze dělit podle jejich životnosti, dané poločasy přeměny T, a podle typu emitovaného jaderného záření. Významné radionuklidy jaderného spadu emitující záření gama jsou ^{95}Nb, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{131}I, ^{132}I, ^{132}Te, ^{134}Cs, ^{137}Cs a ^{140}Ba/La. Významné radionuklidy jaderného spadu s dlouhým poločasem přeměny, které jsou měřeny pro posouzení kontaminace území, jsou ^{137}Cs (T = 30,12 roku, E 662 keV) a ^{134}Cs (T = 2,06 roku, E 605 keV a 796 keV). Radionuklidy jaderného spadu jsou akumulovány v úzké připovrchové vrstvě půd, převážně do 15 cm a gama-záření jaderného spadu na zemském povrchu významně závisí na jejich vertikální distribuci (ICRU 1994). Hodnoty kontaminace zemského povrchu a půd radionuklidy jaderného spadu ^{137}Cs a ^{134}Cs jsou vyjadřovány v jednotkách plošné aktivity v kBq . m^{-2}, v jednotkách měrné aktivity Bq . kg^{-1} nebo v hodnotách dávkového příkonu záření gama nGy . h^{-1} nad zemským povrchem.

Po havárii jaderného reaktoru v Černobylu 26. dubna 1986 bylo území České republiky kontaminováno nepravidelně v závislosti na následných lokálních meteorologických podmínkách. Podle výsledků místních měření a údajů monitorovací sítě z roku 1986 (IHE 1987) je Broumovsko jednou z více kontaminovaných oblastí. Přehledná mapa lokálních indikací kontaminace ^{137}Cs z roku 1986 ukazuje zónu zvýšené kontaminace směru SV-JZ vycházející z broumovského výběžku, s hodnotami plošné aktivity 10–30 kBq . m^{-2} a 30–100 kBq . m^{-2} (IHE 1987).

LETECKÉ A POZEMNÍ GAMASPEKTROMETRICKÉ MĚŘENÍ TERESTRICKÉHO ZÁŘENÍ A JADERNÉHO SPADU ÚZEMÍ BROUMOVSKA V ROCE 2001

Cílem leteckého gamaspektrometrického měření území Broumovska bylo stanovení přírodní radioaktivity hornin,



Obr. 1 Mapa plošné aktivity ^{137}Cs oblasti Broumov.

vymezení plošného rozsahu a úrovně radioaktivity jaderného spadu 15 let po kontaminaci území a zhodnocení radiace obou složek.

Střední část broumovského výběžku zahrnuje sv. polovinu polické křídové pánve, která je zásobníkem vysoce kvalitní pitné vody a která má status chráněné vodohospodářské oblasti (CHOPAV Polická pánev). Tato křídová pánev je budována (od nejvyšších souvrství k podloží) slínovci, písčitými slínovci a pískovci slínitými, vápnitými a spongilitickými jizerského souvrství. Ty se lokálně střídají s kvádrovými pískovci, vytvářejícími zde morfologicky nápadné Broumovské stěny. V jejich podloží pak vystupují vápnité jílovce a slínovce zčásti písčité spolu se spongility až spongilitickými pískovci bělohorského souvrství. Nejnižší křídový člen – perucko-korycanské souvrství – vystupuje na bázi křídové pánve slepenci, kaolinickými nebo jílovitými pískovci, vzácně i lupky, a to jen v pruhu širokém několik set metrů. Podloží křídové pánve budují sedimenty spodního triasu, reprezentované šedými, místy červenavě skvrnitými kaolinickými pískovci s mocností okolo 1000 m. Tato druhohorní (křídová a triasová) souvrství mají pak dále ve svém podloží prvohorní komplexy permských sedimentů, méně často i vulkanitů. Postupně od vyšších souvrství k nižším to jsou vápnité a dolomitické pískovce, místy až drobnozrnné slepence. Pod nimi jsou uloženy červené vápnité pískovce a jílovce, při bázi se slepenci nebo brekciemi, a dále níže pak červené pískovce a jílovce s tufy a tufity. Ty vystupují na povrch ve většině broumovské kotliny odvodňované Stěnavou a jejími přítoky. Vulkanity reprezentované kyselejšími křemennými porfyry i bazičtějšími paleobazalty budují převážně s. a sv. příhraniční části broumovského výběžku.

Letecké geofyzikální měření provedla Geofyzika, a. s. Brno. K měření radioaktivity byl použit 256-kanálový gama-spektrometr GR 820 D (Exploranium, Kanada) se scintilačním detektorem NaI(Tl) o objemu 33,6 litrů a detektorem NaI(Tl) o objemu 4,2 litry pro měření vzdušného radonu a pozadí. Stabilizace spektra energií gama záření je zajištěna interfejsem GR 700 s využitím píku energie 1461 keV přírodního radionuklidu ^{40}K, to je postupem výhodným pro monitorování širokého spektra energií gama záření přírodních a umělých radionuklidů. Měření bylo provedeno z letadla AN-2 v síti paralelních profilů azimutu 140° vzdálených 250 m od sebe, při rychlosti letu 120–140 km/h, v pracovní výšce letu 80 m a s registrací měřených hodnot v časových intervalech 1 s, odpovídajících úsekům 35 až 40 m měřené trasy. Svazovací profily byly kolmé na základní síť profilů a se vzdáleností 2,5 km. Letecký gama-spektrometr byl kalibrován pro stanovení přírodních radionuklidů a radionuklidu ^{137}Cs jako indikátoru jaderného spadu, naměřené hodnoty byly zpracovány postupem pro letecká měření a výsledky jsou uvedeny v koncentracích přírodních radionuklidů K, U a Th, v hodnotách plošné aktivity ^{137}Cs a v hodnotách dávkového příkonu gama záření (DĚDÁČEK et al. 2001).

Pozemní gama-spektrometrické měření přírodních radionuklidů ^{137}Cs a ^{134}Cs bylo realizováno přenosným scintilačním gama-spektrometrem GS-256 (Geofyzika Brno) na společném profilu č. 37 leteckého měření Vernéřovice–Jetřichov–Martínkovice a v lokálních vybraných plochách zájmového území (MATOLÍN 2001).

RADIOAKTIVITA PŘÍRODNÍCH A UMĚLÝCH RADIONUKLIDŮ NA BROUMOVSKU

Výsledky měření radioaktivity uvádějí zprávy DĚDÁČKA et al. (2001) a MATOLÍNA (2001). Koncentrace přírodních radionuklidů v povrchových horninách profilu Jetřichov–Martínkovice jsou podle pozemních měření v mezích 1,7–3,3 % K, 2,2–3,8 ppm eU, 6,8–9,9 ppm eTh a odpovídají obvyklým hodnotám litologických typů přítomných hornin. Výsledky leteckého měření vymezují podle ^{137}Cs pásmo zvýšené kontaminace povrchu zemského jaderným spadem směru SV-JZ (obr. 1). Plošná aktivita ^{137}Cs v širším areálu Broumovska o hodnotách ojediněle 1 kBq . m^{-2}, častěji 2 až 5 kBq . m^{-2} vzrůstá v anomálním pásmu kontaminace na 10 až 20 kBq . m^{-2} s maximem 22 kBq . m^{-2} severněji směrem k Heřmánkovicím. Celkový interval letecky zjištěných hodnot plošné aktivity ^{137}Cs středního Broumovska je 0,2–21,8 kBq . m^{-2} s průměrnou hodnotou 6,7 kBq . m^{-2}, včetně anomálního pásma uprostřed měřené oblasti. Pozemní gamaspektrometrické měření v oblastech vysokých hodnot ^{137}Cs letecké mapy vykazovalo lokálně západně od obce Křinice 13,5–23,5 kBq/m^2 a 3 km západně od Broumova při silnici směru do Police nad Metují 9,5 kBq . m^{-2} (louka) a 36,2 kBq . m^{-2} (les). Údaje leteckého a pozemního měření ^{137}Cs vykázaly velmi dobrou shodu.

Radionuklid ^{134}Cs o poločasu přeměny T = 2,06 roků má po 15 letech po kontaminaci území zbytkovou aktivitu 0,0064 původní hodnoty, které odpovídaly přibližně průměrné měřené hodnoty 0,17 kBq . m^{-2}, pod mezí stanovitelnosti pozemního měření.

Průměr poměru dávkového příkonu záření gama ^{137}Cs k sumárnímu dávkovému příkonu K, U, Th a ^{137}Cs je podle leteckého měření oblasti 15,5 %, zatímco v pásmu anomální plošné aktivity ^{137}Cs dosahuje lokálně až 43 %. Poměr dávkového příkonu ^{137}Cs k dávkovému příkonu přírodních radionuklidů K, U a Th byl na profilu č. 37 úseku Jetřichov–Martínkovice, o délce 8,6 km, pozemním měřením stanoven v intervalu 7–45 %.

Letecká a pozemní gamaspektrometrická měření na Broumovsku vymezila plošně pásmo zvýšené kontaminace území jaderným spadem a stanovila úroveň plošné aktivity ^{137}Cs v roce 2001. Měření indikovala zvýšené hodnoty dávkového příkonu ^{137}Cs v lesních plochách a ukázala na dosud nezanedbatelný podíl radiace jaderného spadu v užším anomálním pásmu.

Scintilační gamaspektrometrie je podle analýzy výsledků též dobře použitelná pro mapování území o nízké kontaminaci.

Literatura

DĚDÁČEK, K.– GNOJEK, I.– MUTLOVÁ, A.– ZABADAL, S. (2001): Letecké geofyzikální mapování střední části Broumovska. – MS Geofyzika, a.s. Brno.

ICRU (1994): Gamma-Ray Spectrometry in the Environment. – International Commission on Radiation Units and Measurement Report 53. Bethesda, USA.

IHE (1987): Zpráva o radiační situaci na území ČSSR po havárii jaderné elektrárny Černobyl. – Inst. hygieny a epidemiologie, Centrum hyg. záření. Praha.

MATOLÍN, M. (2001): Terénní gamaspektrometrické stanovení přírodních radionuklidů a ^{137}Cs v oblasti Broumov. – MS Praha.