

ZVD

LMSAR 329/04-PJ

Ljubljana, november 2004

**Radioaktivna kontaminacija alpskega predela
Slovenije kot posledica černobilske nesreče in
jedrskih poskusov**



ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.D., LJUBLJANA

Center za fizikalne meritve

Št. poročila: **LMSAR-329/2004-PJ**

Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Datum: 12.11.2004

Radioaktivna kontaminacija alpskega predela Slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za okolje in prostor

Uprava RS za jedrsko varnost

Železna cesta 16

1001 Ljubljana

Lokacija meritev

Pokljuka, planina Javornik, planina Zajamniki

Planina Kranjska dolina

Vršič

Mangart

Številka in datum pogodbe:

Datum meritve:

Junij – oktober 2004

Poročilo sestavil:

Peter Jovanovič, inž. fiz.

Poročilo odobril:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo pregledal:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo vsebuje skupaj 23 strani, prilogi A in B in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti

Ključne besede: pašniki, površinska kontaminacija tal, ^{137}Cs , ^{90}Sr

Povzetek:

V obdobju od 1945 do 1980 je bilo opravljenih 423 zračnih jedrskih poskusov, ki so kontaminirali zlasti severno zemeljsko poloblo. Skupna depozicija ^{137}Cs v letih od 1960 do 1980 zaradi testiranja atomskih bomb v atmosferi je bila v alpskem področju 5-8 kBq/m².

Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V alpskem področju Italije je v času černobilske nezgode padlo preko 70 mm/m² padavin, kar je povzročilo kontaminacijo tal s ^{137}Cs preko 70 kBq/m². V alpskem področju Avstrije je v času nezgode v Černobilu padlo 40-90 mm padavin na m², kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal 70-120 kBq/m². V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli 100 mm/m² padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko 100 kBq/m².

Specifične aktivnosti v izmerjenih vzorcih iz alpskega predela Slovenije tudi do desetkrat presegajo vrednosti, izmerjene v vzorcih v rednem programu nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije.

Radioactive contamination of alpine grassland in Slovenia

Abstract

As a result of the Chernobyl accident on April 26, 1986 a significant amount of radionuclides was released into the atmosphere. A part of it reached also Slovenia by wind and rainfall. The quantity of rainfall in alpine region in time of Chernobyl accident was in range from 80 - 100 mm/m². Soil surface contamination in this region was between 80 - 120 kBq/m²; it is several times more than in lower part of the country with less rainfall.

Vsebina

Povzetek	2
Abstract	2
Vsebina	3
1. Uvod	4
2. Namen in cilji naloge	5
3. Program meritev	5
4. Metodologija vzorčenja in priprave vzorcev	
4.1. QA/QC	6
4.2. Vzorčenje	6
4.3. Priprava vzorcev	8
5. Metodologija merjenja	
5.1. Določanje specifičnih aktivnosti sevalcev gama v vzorcih	8
5.2. Radiokemična določitev specifične aktivnosti Sr-90	8
6. Rezultati meritev	9
7. Zaključki	11
8. Reference	12
Priloga A. Izbrane lokacije vzorčenja (slike 4, 5, 6)	13
Priloga B. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih (tabele 3-5,7-12)	17

1. Uvod

V obdobju od 1945 do 1980 je bilo opravljenih 423 zračnih jedrskih poskusov, ki so kontaminirali zlasti severno Zemljino poloblo. Dolgoživa radionuklida ^{137}Cs in ^{90}Sr sta v okolju prisotna kot posledica tega še danes. Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena skupna radioaktivnost 10^{18} Bq (IAEA 1986), od česar se je približno 37 % radioaktivnega materiala se je razpršilo po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze (1).

V alpskem področju Italije je v času černobilske nezgode padlo preko 70 mm/m² padavin, kar je povzročilo kontaminacijo tal s ^{137}Cs preko 70 kBq/m² (2).

V alpskem področju Avstrije je v času nezgode v Černobilu padlo 40-90 mm padavin na m², kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal 70-120 kBq/m² (3, 4).

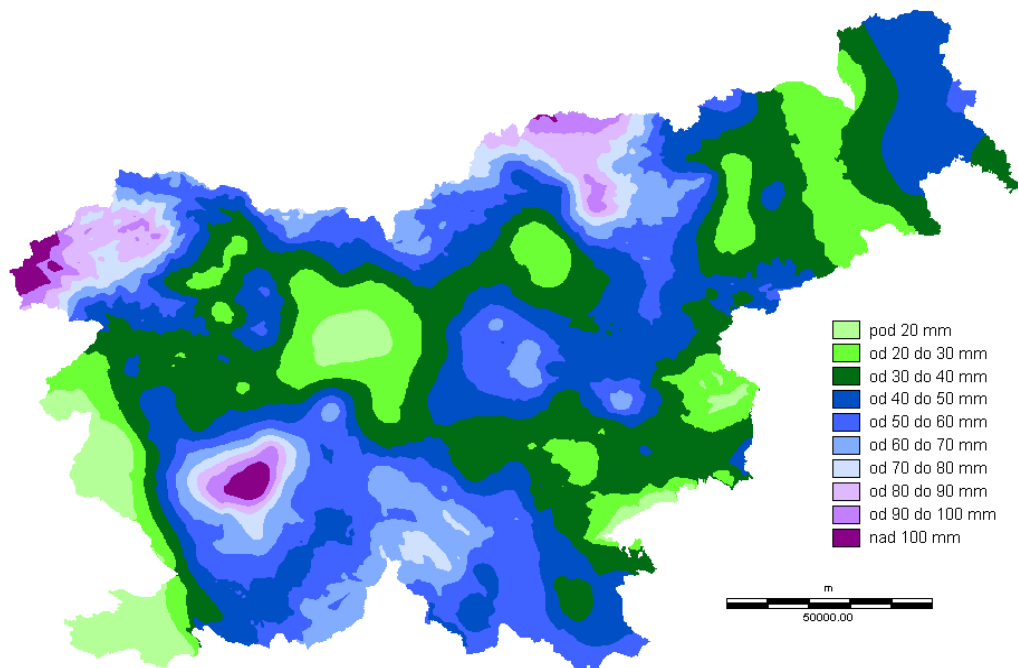
Tako v Italiji kot Avstriji je bila izmerjena površinska kontaminacija tal pred černobilsko nezgodo v območju 1-2 kBq/m² (2, 4).

Skupna depozicija ^{137}Cs v letih od 1960 do 1980 zaradi testiranj atomskih bomb v atmosferi je bila v alpskem področju 5-8 kBq/m² (5, 6). Več kot polovica tega cezija je že razpadla, ostali je migriral v večje globine (pod 20 cm), zato njegov prispevek k skupni depoziciji ni pomemben.

Po nezgodi v Černobilu so bila še posebej prizadeta območja z veliko količino padavin. To so v Sloveniji predvsem alpska višinska področja (slika 1). V vzhodnem delu Karavank je padlo preko 80 mm padavin na m², v Alpah okoli 100 mm/m² (7, 8) v predelu Bovca pa celo preko 300 mm/m² (5).

Kot je razvidno že iz dosedanjega nadzora radioaktivnosti, so zemlja, padavine in mleko iz bovškega in kobariškega predela najbolj onesnaženi z radioaktivnima izotopoma ^{137}Cs in ^{90}Sr (3). V letu 1986 je bila v tem področju izmerjena najvišja površinska kontaminacija tal s ^{137}Cs preko 40 kBq/m².

Slika 1. Padavinska karta v času černobilske nezdge v Sloveniji



Porazdelitev padavin, ki so padle med 8. uro 29. aprila 1986 in 8. uro 16. maja 1986

2. Namen in cilji naloge

Namen projektne raziskave je zapolniti vrzel manjkajočih podatkov o radioaktivni kontaminaciji alpskega predela Slovenije po nezdgi v Černobilu. V raziskavo smo zajeli višinske pašnike in druge travnate površine v alpskem okolju (slike 6, 7, 8, 9). Vzorčili smo travo in površinsko plast zemlje do globine 5 cm, v kateri se še vedno zadržuje največji delež ^{137}Cs (2,3). Vzorčili smo tudi kapnico, v katero se steka voda iz streh ali drugih površin, kontaminiranih s ^{137}Cs ob černobilski nesreči.

Da bi dobili splošni pregled kontaminacije alpskega predela Slovenije, smo vzorčili smo tudi lišaje, smrekove, borove in macesnove iglice ter bukovo listje in določili vsebnost ^{134}Cs in ^{137}Cs v izbranih vzorcih. Obenem smo vzorčili tudi mleko, sir in gobe, ki so direktno iz tal (gobe) ali posredno (mleko, sir) preko prehranjevanja goveda ali drobnice kontaminirani s ^{137}Cs in ^{90}Sr .

Za geografsko območje raziskave smo izbrali tri višinsko različne lokacije od 1000 m do 2000 m v alpskem in predalpskem pogorju, ki so bile v času nezdge še posebej kontaminirane. Najnižje smo vzorčili na pašnih površinah na Pokljuki in sicer na planini Javornik, planini Kranjski dolini in planini Zajamniki. Višje, na višini 1600 m, smo vzorčili na Vršiču. Najvišje ležeča lokacija vzorčenja pa so bili pašniki pod Mangartom. V času nezdge je na tem območju padlo preko 300 mm padavin na kvadratni meter (5), kar je povzročilo površinsko specifično aktivnost s ^{137}Cs preko 30 kBq/m².

3. Program meritev

Tabela 1. Program meritev

Vrsta vzorca	Število vzorcev in analiz ^{137}Cs	Število vzorcev in analiz ^{90}Sr
Zemlja		
0 – 2 cm	4	
2 – 5 cm	4	3
Trava	4	3
Kapnica	4	
Gobe (jurčki, turki, marele)	4	
Mleko	2	
Sir	1	
Lišaji	3	
Iglice (macesen, smreka, bor)	3	
Listje bukve	1	
Skupaj	30	6

4. Metodologija vzorčenja in priprave vzorcev

4.1. QA/QC

Metodologija vzorčenja, priprave in izvajanje meritev poteka v skladu z 8. revizijo Poslovnika ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. o zagotavljanju kakovosti (9) in odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti beta in gama sevalcev v vzorcih iz življenjskega okolja, OP-LMSAR-01, DP-LMSAR-01 do DP-LMSAR-9. Poslovník kakovosti je narejen na podlagi priporočil standardov SIST ISO 9001:2000 in SIST EN ISO/IEC 17025. Na podlagi navedenih standardov zagotavljamo izvajanje kvalitetnega vzorčenja, pripravo vzorcev in izvajanje kvalitetnih meritev specifičnih aktivnosti beta in gama sevalcev v vzorcih iz okolja.

Stalno izvajanje kontrolnih meritev v laboratoriju po definiranih programih, udeležba na interkomparacijskih meritvah doma in v tujini, uporaba standardnih virov radioaktivnosti s certifikati, zagotavljajo kvaliteto meritev, zanesljivost rezultatov in sledljivost do mednarodnih etalonov za merila.

4.2. Vzorčenje

Vzorce trave smo vzorčili na travnatih površinah nekaj 100 m² tako da smo na več lokacijah pokosili travo na površini od enega kvadratnega metra do nekaj kvadratnih metrov in sestavili kompozitni vzorec. Lokacije vzorčenja so bile travnate pašne površine na planini Javornik, planini Zajamniki, pašne površine na Vršiču in na Mangartu.

Lišaje (slika 4) smo vzorčili na vejah ali lubju dreves na planini Javornik, Vršiču in Mangartu. Suhe smrekove, macesnove in borove iglice ter suho bukovo listje smo vzorčili na tleh pod drevesi in sestavili kompozitni vzorec. Lokacije vzorčenja so bile planina Javornik, Vršič in Mangart.

Zemljo smo vzorčili (slika 2, 3) do globine 5 cm na travnatih tleh, kjer smo prej pokosili travo. Vzorčili smo z lopato na površini 25 cm x 25 cm in vzeli dva vzorca, prvega na globini 0-2 cm ter drugega na globini 2-5 cm. Tak način vzorčenja je bil izbran zaradi tanke plasti zemlje v gorskem svetu, ki le redko dosega globino 10 cm. Lokacije vzorčenja so bile travnate pašne površine na planini Javornik, planini Zajamniki, na Vršiču in na Mangartu. Na lokacijah vzorčenja zemlje in trave smo izmerili tudi hitrost doze sevanja gama.

Enkratne vzorce po 25 litrov kapnice smo vzorčili v vodnih zbiralnikih na planini Kranjska dolina, planini Zajamniki, na Vršiču in na Mangartu. Enkratne vzorce po 5 litrov mleka smo vzorčili na planini Javornik in na planini Zajamniki, ovčji sir pa na Mangartski planini. Gobe smo vzorčili samo na Pokljuki, drugih vzorcev gozdnih sadežev (borovnice, jagode) nismo uspeli dobiti.

Slika 2. Vzorčenje zemlje (širina)



Slika 3. Vzorčenje zemlje (globina)



Slika 4. Vzorčenje lišajev



4.3. *Priprava vzorcev*

Vzorci zemlje pripravimo tako, da iz zemlje najprej odstranimo travo, nato ročno zdrobimo grude zemlje, razprostremo na primerne pladnje in sušimo v sušilniku do 250°C. Nato vzorec zdrobimo v krogličnem mlinu in presejemo skozi sito (2mm). Tehtamo presejani vzorec.

Travo pripravimo tako, da pred obdelavo vzorcju trave odstranimo zemljo, tehtamo, sušimo pri temperaturi do 250°C, ostanek sežgemo v žarilni peči pri 450°C.

Priprava in sežig za posamezne vrste vzorcev živil sta različni. Za analizo pripravimo samo tiste dele živil, ki so namenjena za prehrano, ostalo odstranimo. Vzorce živil sušimo v sušilniku do temperature 250°C. Nato vzorce sežigamo tako, da temperaturo žarilne peči postopoma zvišujemo do maksimalne temperature 450°C, dokler se ne upepeli. Pepel v ahatni tarilnici zdrobimo, homogeniziramo in stehtamo. V plastični posodici ga shranimo do analize.

5. Metodologija merjenja

5.1. *Določanje specifičnih aktivnosti sevalcev gama v vzorcih*

Specifične aktivnosti ^{134}Cs v vzorcih smo določali iz energijskih črt 604.7 keV in 795.8 keV, specifične aktivnosti ^{137}Cs pa iz energijske črte 661.6 keV.

Izotop urana, ^{238}U , smo določali iz energijskih črt ^{234}Th , 63.3 keV in 92.4 keV, izotop radija, ^{226}Ra , iz energijskih črt ^{214}Pb in ^{214}Bi , 295.4 keV, 352 keV in 609.4 keV, ki so v sekularnem ravnovesju s svojimi predhodniki. Izotop svinca ^{210}Pb smo določali iz energijske črte 46.5 keV. Izotop radija, ^{228}Ra (torijeva razpadna vrsta), smo določali iz energijske črte aktinija, ^{228}Ac , z energijo 911.4 keV, ki sta v sekularnem ravnovesju. Izotop torija, ^{228}Th , smo določali iz energijske črte talija, ^{208}Tl , z energijo 583 keV, ki sta v sekularnem ravnovesju.

5.2. *Radiokemična določitev specifične aktivnosti Sr-90*

Stroncij smo ločili od Ca, ostalih fisijskih produktov in naravnih radioaktivnih elementov. Ločba s kadečo HNO_3 je odstranila Ca in večino ostalih motečih ionov. Radij, barij in svinec smo odstranili z barijevim kromatom, ostanke fisijskih produktov pa z železovim hidroksidom. Po vzpostavitvi ravnotežja med Sr-90 in Y-90 se je Y-90 oboril kot hidroksid, le-tega smo pretvorili v oksalat in izmerili aktivnost. Meritve so potekale na instrumentu Berthold LB770 alfa, beta counter z učinkovitostjo štetja za Y-90 33 %. Instrument je bil kalibriran s standardno raztopino Sr-90/Y-90 (SIZ04, S2/6/162).

6. Rezultati meritev

V tabelah 2, 3, 4 in 5 (Priloga B) so prikazani rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov v vzorcih zemlje, vzorčeni v dveh plasteh (0-2 cm, 2-5 cm) na lokacijah planina Javornik, planina Zajamniki, Vršič in Mangart.

V vzorcih zemlje, odvzetih na pašnih površinah Mangarta, Vršiča in planine Zajamniki smo določili specifične aktivnosti obeh izotopov cezija, ^{134}Cs in ^{137}Cs , na planini Javornik pa samo specifično aktivnost ^{137}Cs . Najvišjo vrednost smo izmerili na travnatih površinah Mangarta. Skupna specifična aktivnost ^{137}Cs v globini 0-5 cm je prikazana v tabeli 6. V tabeli 6 so prikazane tudi izmerjene hitrosti doz sevanja gama na lokacijah odvzema trave in zemlje.

Tabela 6. Skupna specifična aktivnost ^{137}Cs v na izbranih lokacijah v globini 0-5 cm

Lokacija	^{137}Cs Bq/kg	^{134}Cs Bq/kg	nGy/h 1 m	nGy/h kontaktno
Mangart	5216 ± 142	7.9 ± 0.5	110	140
Vršič	2378 ± 71	2.8 ± 0.3	120	140
Zajamniki	1800 ± 46	1.2 ± 0.3	75	85
Javorniki	439 ± 11		65	75

Če preračunamo vrednosti obeh izotopov cezija na leto 1986, dobimo razmerje okoli 2, kar je tudi bilo določeno z meritvami v času černobilske nezgode (10, 11).

Na pašniku pod Mangartom na višini 1900 m smo našli vročo točko, izmerili smo namreč hitrost doze sevanja gama v vrednosti 432 nGy/h (slika 5).

V vzorcih zemlje v plasti 2-5 cm smo določili vsebnost ^{90}Sr . Najvišja specifična aktivnost je bila izmerjena na Mangartu, 22.6 Bq/kg.

Tabela 7 prikazuje rezultate meritev specifičnih aktivnosti aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov v vzorcih trave, vzorčene na istih lokacijah kot zemlja. Najvišja specifična aktivnost ^{137}Cs v vzorcih trave je bila izmerjena na pašnikih pod Mangartom, 121.5 Bq/kg, na ostalih lokacijah so se vrednosti gibale med 3-8 Bq/kg. Prav tako je bila najvišja vsebnost ^{90}Sr v vzorcu trave izpod Mangarta, 6.4 Bq/kg, na ostalih merjenih lokacijah so se gibale izmerjene vrednosti do 0.7 Bq/kg.

V tabeli 8 so prikazani rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih gob s področja Pokljuke. Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih se gibajo med 0.5 in 80 Bq/kg.

V tabelah 9 in 10 (Priloga B) so predstavljeni rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih lišajev, iglic iglavcev ter bukovega listja. Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih lišajev se gibajo med 688 Bq/kg in 908 Bq/kg. Vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih suhih smrekovih in borovih iglic so bile najvišje na Vršiču, 550 Bq/kg in 450 Bq/kg, zapovrstjo. Na planini Javornik je bila v

smrekovih iglicah izmerjena vrednost 170 Bq/kg. V macesnovih iglicah iz Mangarta je bila izmerjena specifična aktivnost ^{137}Cs 89 Bq/kg, v listju bukve iz Mangarta pa 122 Bq/kg.

V tabeli 11 so prikazane specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih mleka iz planine Javornik in planine Zajamniki ter ovčjega sira iz Mangartske planine. Izmerjene vrednosti se gibajo med 1 Bq/kg in 2 Bq/kg.

V tabeli 12 so prikazane specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih kapnice iz Mangarta, Vršiča, planine Zajamniki in planine Kranjska dolina. Najvišja vsebnost ^{137}Cs je bila izmerjena v vzorcu kapnice iz Kranjske doline, 6.4 Bq/m³.

Slika 5. Meritev hitrosti doze sevanja gama na Mangartu (vroča točka)



7. Zaključki

V tabeli 13 so prikazane vsebnosti ^{137}Cs v Bq/m^2 v plasteh 0-2 cm in 2-5 cm na izbranih lokacijah in preračunane vrednosti za leto 1986. V tabeli 14 so prikazane specifične aktivnosti ^{90}Sr v plasti zemlje 2-5 cm.

Tabela 13. Površinska kontaminacija tal s ^{137}Cs v Bq/m^2 na izbranih lokacijah in globinah vzorčenja

Nad.višina (m)	Lokacija	Globina (cm)		Vsota ^{137}Cs	Leto 1986
		0-2	2-5		
1900	Mangart	49544	21841	71385	108199
1600	Vršič	36278	6870	43148	65400
1200	Zajamniki	14493	5160	19653	29788
1200	Javornik	4320	5003	9323	14131

Tabela 14. Površinska kontaminacija tal s ^{90}Sr v Bq/m^2 na izbranih lokacijah

Nad.višina (m)	Lokacija	^{90}Sr	Leto 1986
1900	Mangart	452	695
1600	Vršič	4,5	6,9
1200	Zajamniki	1,5	2,3

Največja skupna depozicija s ^{137}Cs po nezgodi v Černobilu v globini od 0-5 cm je bila na lokaciji Mangart, 71 kBq/m^2 , sledi Vršič s 43 kBq/m^2 , nato planina Zajamniki z 20 kBq/m^2 in planina Javornik z 9 kBq/m^2 . Iz tabel 13 in 14 je razvidno, da so bili višje ležeči predeli bolj kontaminirani od nižje ležečih.

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih zemlje v plasti od 0-5 cm (tabele 2, 3, 4, 5) na vzorčenih lokacijah, preračunane na kvadratni meter, so nekajkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije na neobdelani travnati površini (12).

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih trave iz alpskih predelov (tabela 8) so do desetkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije (12). Specifične aktivnosti ^{90}Sr v merjenih vzorcih trave iz alpskih pašnikov so podobne kot na lokacijah v rednem programu nadzora radioaktivnosti v Sloveniji.

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih mleka in sira iz alpskih predelov (tabela 11) so do desetkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije (12).

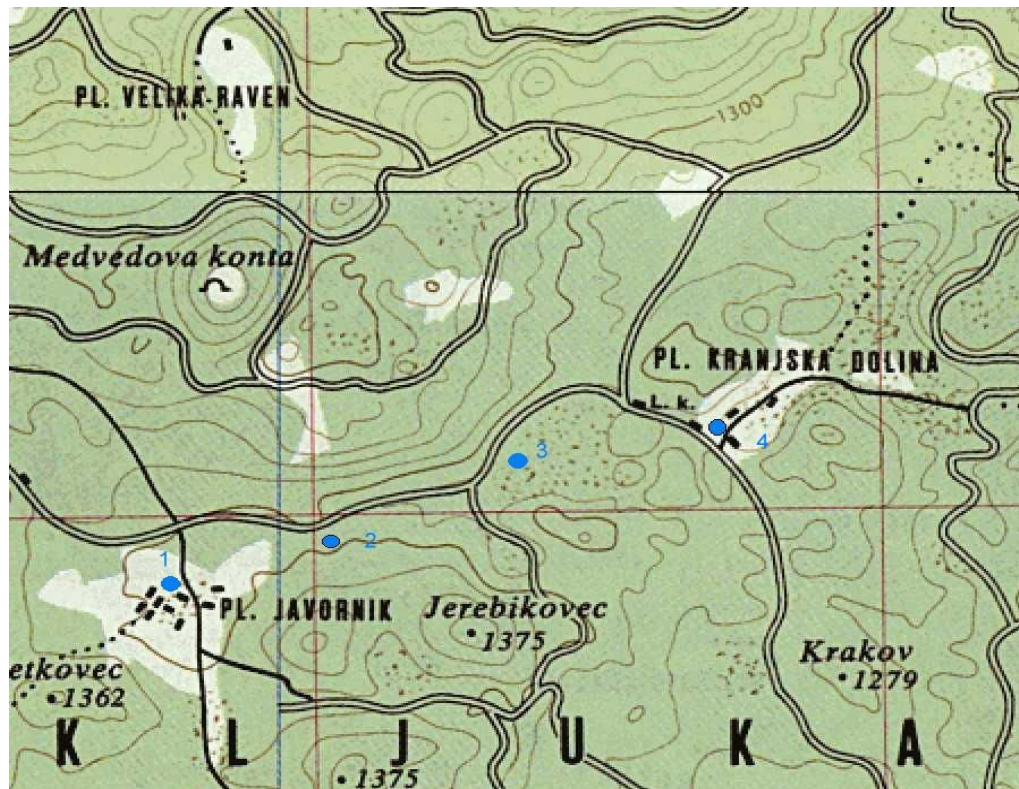
Na podlagi opravljenih meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih iz alpskega predela Slovenije lahko zaključimo, da je alpsko okolje dosti bolj kontaminirano z radioaktivnima izotopoma ^{137}Cs in ^{90}Sr kot nižinska področja v Sloveniji.

8. Reference

1. L. G. Biazrov: Gamma activity of lichen thalli and their substrata collected in 1987 in various regions of former USSR, Proc. International symposium on ionising radiation, Stockholm, may 20-24, 1996;
2. A. Facchinelli: ^{137}Cs contamination from Chernobyl of soils in Piemonte (North-West Italy): Spatial distribution and deposition model, Water, Air and Soil Pollution 134, 341-352, 2002;
3. BKA 88: Die Auswirkung des Reaktorunfalls von Tschernobyl auf Osterreich; 2., verbesserte Ausgabe, Bietrage Lebensmittelangelegenheiten, Veterinarverwaltung, Strahlenschutz (Bundeskanzleramt, Sektion VII), 2/88, Wien (1990);
4. Bundesministerium fur Land: Radioaktivitatsmessungen in Osterreich 2000, daten und Bewertung;
5. Radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije za leto 1986, ZVD, 1987;
6. M. Križman, A. Jeršič: Merjenje plasti tal na vsebnost radioizotopov ^{90}Sr in ^{137}Cs , ZVD, 1975;
7. P. Jovanovič: Radioaktivna kontaminacija gozdnega ekosistema. ZVD, 2003;
8. S. Ambrož, P. Jovanovič: Radioaktivna kontaminacija tal s ^{90}Sr , ZVD, 2002;
9. ZVD: Poslovnik ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. o zagotavljanju kakovosti, ZVD, 2002;
10. ZVD: Poročilo o meritvah radioaktivnosti življenjskega okolja po jedrski nesreči v Černobilu, ZVD, 1987
11. Martinčič: Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu, SSSR, IJS Delovno poročilo DP-4343;
12. Radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije za leto 2003, ZVD, 2004;

Priloga A. Izbrane lokacije vzorčenja (slike 6, 7, 8)

Slika 6. Lokacije vzorčenja planina Javornik in planina Kranjska dolina



- 1 mleko
- 2 zemlja, trava
- 3 gobe, lišaj, smrekove iglice
- 4 kapnica

Slika 7. Lokacije vzorčenja planina Zajamniki



- 5 zemlja, trava
- 6 kapnica, mleko

Slika 8. Lokacije vzorčenja na Vršiču



- 7 lišaj, smrekove iglice
- 8 kapnica
- 9 borove iglice, zemlja, trava

Slika 9. Lokacije vzorčenja na Mangartu



- 10 ovčji sir
- 11 bukovo listje
- 12 lišaj, macesnove iglice
- 13 kapnica
- 14 zemlja, trava

Priloga B. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih (tabele 2-5, 7-12)

Tabela 2. Zemlja, planina Zajamniki

Tabela 3. Zemlja, planina Javornik

Tabela 4. Zemlja, Mangart

Tabela 5. Zemlja, Vršič

Tabela 7. Trava

Tabela 8. Gobe

Tabela 9. Lišaj

Tabela 10. Igljice in listje

Tabela 11. Mleko, sir

Tabela 12. Kapnica

Tabela 2. Zemlja

Lokacija: Pokljuka planina Zajamniki

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto: Planina Zajamniki			Vzorčno mesto: Planina Zajamniki		
Zemlj. širina:	46° 18' 44,7"		Zemlj. širina:	46° 18' 44,7"	
Zemlj. dolžina:	13° 56' 12,3"		Zemlj. dolžina:	13° 56' 12,3"	
Oznaka vzorca	RV3370704	RV3380704	RV3370704	RV3380704	
Datum vz.	22.7.2004	22.7.2004	22.7.2004	22.7.2004	
Datum mer.	9.8.2004	10.8.2004	9.8.2004	10.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
	SPEC. AKT. (Bq / kg)		SPEC. AKT. (Bq / m ²)		
U (²³⁴ Th)	1,8E+1 ± 6E+0	1,5E+1 ± 4E+0	2,0E+2 ± 7E+1	1,5E+2 ± 4E+1	
²²⁶ Ra	1,9E+1 ± 9E-1	1,9E+1 ± 8E-1	2,1E+2 ± 1E+1	2,0E+2 ± 8E+0	
²¹⁰ Pb	1,1E+3 ± 2E+2	2,5E+2 ± 5E+1	1,2E+4 ± 2E+3	2,5E+3 ± 5E+2	
Th (²²⁸ Ra)	1,8E+1 ± 1E+0	1,5E+1 ± 8E-1	2,0E+2 ± 1E+1	1,5E+2 ± 8E+0	
²²⁸ Th	2,0E+1 ± 2E+0	1,5E+1 ± 9E-1	2,2E+2 ± 2E+1	1,5E+2 ± 9E+0	
⁷ Be	1,1E+2 ± 7E+0	1,1E+1 ± 2E+0	1,3E+3 ± 8E+1	1,1E+2 ± 2E+1	
⁴⁰ K	2,6E+2 ± 1E+1	2,1E+2 ± 1E+1	2,9E+3 ± 2E+2	2,1E+3 ± 1E+2	
¹³⁴ Cs	9,6E-1 ± 4E-1	2,2E-1 ± 8E-2	1,1E+1 ± 4E+0	2,2E+0 ± 8E-1	
¹³⁷ Cs	1,3E+3 ± 6E+1	5,1E+2 ± 2E+1	1,4E+4 ± 7E+2	5,2E+3 ± 2E+2	
^{89/90} Sr		1,5E-1 ± 1E-2		1,5E+0 ± 1E-1	

Tabela 3. Zemlja

Lokacija: Pokljuka planina Javorniki

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto: Planina Javornik			Vzorčno mesto: Planina Javornik		
Zemlj. širina:	46° 21' 39"		Zemlj. širina:	46° 21' 39"	
Zemlj. dolžina:	13° 57' 16,1"		Zemlj. dolžina:	13° 57' 16,1"	
Oznaka vzorca	RV3330704	RV3340704			
Datum vz.	19.7.2004	19.7.2004	19.7.2004	19.7.2004	
Datum mer.	8.8.2004	9.8.2004	8.8.2004	8.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
	SPEC. AKT. (Bq / kg)		SPEC. AKT. (Bq / m ²)		
U (²³⁴ Th)	5,3E+1 ± 7E+0	6,0E+1 ± 9E+0	1,1E+3 ± 2E+2	1,2E+3 ± 2E+2	
²²⁶ Ra	5,0E+1 ± 2E+0	5,6E+1 ± 3E+0	1,1E+3 ± 4E+1	1,2E+3 ± 6E+1	
²¹⁰ Pb	2,4E+2 ± 6E+1	2,1E+2 ± 4E+1	5,1E+3 ± 1E+3	4,3E+3 ± 9E+2	
Th (²²⁸ Ra)	4,4E+1 ± 2E+0	4,7E+1 ± 4E+0	9,5E+2 ± 5E+1	9,8E+2 ± 8E+1	
²²⁸ Th	3,9E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 4E+0	8,5E+2 ± 5E+1	9,7E+2 ± 9E+1	
⁷ Be	7,5E+1 ± 6E+0		1,6E+3 ± 1E+2		
⁴⁰ K	3,1E+2 ± 2E+1	3,0E+2 ± 2E+1	6,7E+3 ± 4E+2	6,3E+3 ± 5E+2	
¹³⁴ Cs					
¹³⁷ Cs	2,0E+2 ± 9E+0	2,4E+2 ± 1E+1	4,3E+3 ± 2E+2	5,0E+3 ± 3E+2	
^{89/90} Sr					

Tabela 4. Zemlja

Lokacija: Mangart

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr^{89/90}

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto:		Mangart	
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"		
Oznaka vzorca	RV3150704	RV3160704	
Datum vz.	19.7.2004	19.7.2004	
Datum mer.	8.8.2004	7.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)	2,9E+1 ± 7E+0	3,4E+1 ± 4E+0	
²²⁶ Ra	2,0E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 2E+0	
²¹⁰ Pb	1,7E+3 ± 3E+2	3,3E+2 ± 7E+1	
Th (²²⁸ Ra)	2,0E+1 ± 2E+0	2,5E+1 ± 1E+0	
²²⁸ Th	1,5E+1 ± 2E+0	2,0E+1 ± 1E+0	
⁴⁰ K	2,4E+2 ± 2E+1	2,6E+2 ± 1E+1	
¹³⁴ Cs	4,9E+0 ± 7E-1	3,0E+0 ± 3E-1	
¹³⁷ Cs	4,1E+3 ± 2E+2	1,1E+3 ± 5E+1	
^{89/90} Sr		2,3E+1 ± 2E-1	

Vzorčno mesto:		Mangart	
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"		
Oznaka vzorca	RV3150704	RV3160704	
Datum vz.	19.7.2004	19.7.2004	
Datum mer.	8.8.2004	7.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / m ²)	
	3,5E+2 ± 8E+1	6,7E+2 ± 8E+1	
	2,5E+2 ± 2E+1	8,1E+2 ± 3E+1	
	2,0E+4 ± 4E+3	6,7E+3 ± 1E+3	
	2,4E+2 ± 3E+1	5,0E+2 ± 3E+1	
	1,9E+2 ± 3E+1	4,1E+2 ± 3E+1	
	2,9E+3 ± 2E+2	5,3E+3 ± 3E+2	
	5,9E+1 ± 8E+0	6,0E+1 ± 6E+0	
	5,0E+4 ± 2E+3	2,2E+4 ± 1E+3	
		4,5E+2 ± 5E+0	

Tabela 5. Zemlja

Lokacija: Vršič

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr^{89/90}

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto:		Vršič	
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"		
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"		
Oznaka vzorca	RV3060704	RV3070704	
Datum vz.	19.7.2004	19.7.2004	
Datum mer.	7.8.2004	7.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)	4,2E+1 ± 6E+0	2,6E+1 ± 4E+0	
²²⁶ Ra	1,0E+2 ± 4E+0	8,4E+1 ± 3E+0	
²¹⁰ Pb	1,3E+3 ± 2E+2	2,0E+2 ± 4E+1	
Th (²²⁸ Ra)	2,7E+1 ± 2E+0	2,1E+1 ± 1E+0	
²²⁸ Th	2,5E+1 ± 2E+0	1,8E+1 ± 1E+0	
⁴⁰ K	3,0E+2 ± 2E+1	2,1E+2 ± 1E+1	
¹³⁴ Cs	2,6E+0 ± 4E-1	1,8E-1 ± 2E-1	
¹³⁷ Cs	2,2E+3 ± 1E+2	2,1E+2 ± 1E+1	
^{89/90} Sr		1,4E-1 ± 6E-2	

Vzorčno mesto:		Vršič	
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"		
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"		
Oznaka vzorca	RV3060704	RV3070704	
Datum vz.	19.7.2004	19.7.2004	
Datum mer.	7.8.2004	7.8.2004	
Globina vz.	0 - 2 cm	2 - 5 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / m ²)	
	7,0E+2 ± 1E+2	8,3E+2 ± 1E+2	
	1,8E+3 ± 7E+1	2,7E+3 ± 1E+2	
	2,1E+4 ± 4E+3	6,4E+3 ± 1E+3	
	4,6E+2 ± 3E+1	6,6E+2 ± 3E+1	
	4,2E+2 ± 3E+1	5,6E+2 ± 4E+1	
	5,1E+3 ± 3E+2	6,9E+3 ± 4E+2	
	4,4E+1 ± 6E+0	5,8E+0 ± 5E+0	
	3,6E+4 ± 2E+3	6,9E+3 ± 3E+2	
		4,5E+0 ± 2E+0	

Tabela 7. Trava

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	trava		trava		trava		trava	
Oznaka vzorca	RV3050704		RV3140704		RV3200704		RV3390704	
Kraj vz.:	Vršic		Mangart		Pl. Javornik		Pl. Zajamniki	
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"		46° 37' 25,3"		46° 21' 39"		46° 18' 44,7"	
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"		15° 02' 37,9"		13° 57' 16,1"		13° 56' 12,3"	
Datum vz.:	22.7.2004		19.7.2004		22.7.2004		22.7.2004	
Datum mer.:	5.8.2004		9.8.2004		5.8.2004		5.8.2004	
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST				(Bq / kg)		(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)								
²²⁶ Ra	5,1E-1 ±	5E-2	3,9E-2 ±	4E-2	2,8E-1 ±	4E-2	1,9E-1 ±	4E-2
²¹⁰ Pb	1,7E+1 ±	4E+0	4,5E+1 ±	9E+0	1,3E+1 ±	2E+0	1,7E+1 ±	3E+0
Th (²²⁸ Ra)								
²²⁸ Th	1,0E-1 ±	7E-2			1,3E-1 ±	8E-2	2,1E-1 ±	9E-2
⁴⁰ K	1,5E+2 ±	7E+0	1,4E+2 ±	7E+0	1,3E+2 ±	6E+0	1,5E+2 ±	8E+0
⁷ Be	1,0E+2 ±	5E+0	1,6E+2 ±	8E+0	8,0E+1 ±	4E+0	1,2E+2 ±	6E+0
¹³⁴ Cs			2,6E-1 ±	6E-2				
¹³⁷ Cs	7,0E+0 ±	4E-1	1,2E+2 ±	6E+0	3,7E+0 ±	2E-1	7,6E+0 ±	4E-1
^{89/90} Sr	7,0E-1 ±	2E-2	6,4E+0 ±	6E-2	6,5E-1 ±	5E-2	3,4E+0 ±	4E-2

Tabela 8. Gobe

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	turki		marele		jurcki		jurcki	
Oznaka vzorca	RV4011004		RV4611004		RV4721004		RV4761004	
Kraj vz.:	Pl. Zajamniki		Pl. Javornik		Pl. Javornik		Pl. Zajamniki	
Zemlj. širina:	46° 18' 44,7"		46° 21' 39"		46° 21' 39"		46° 18' 44,7"	
Zemlj. dolžina:	13° 56' 12,3"		13° 57' 16,1"		13° 57' 16,1"		13° 56' 12,3"	
Datum vz.:	6.9.2004		4.10.2004		4.10.2004		23.10.2004	
Datum mer.:	27.9.2004		19.10.2004		19.10.2004		27.10.2004	
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST				(Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)								
²²⁶ Ra	2,0E-1 ±	1E-1	2,4E-1 ±	9E-2			2,8E+0 ±	9E-1
²¹⁰ Pb	3,1E+0 ±	1E+0			3,9E+0 ±	1E+0	5,7E-1 ±	8E-1
Th (²²⁸ Ra)								
²²⁸ Th								
⁴⁰ K	1,3E+2 ±	8E+0	6,1E+1 ±	4E+0	8,7E+1 ±	6E+0	6,9E+1 ±	6E+0
⁷ Be								
¹³⁴ Cs								
¹³⁷ Cs	1,3E+0 ±	1E-1 <	4,8E-1		8,0E+1 ±	5E+0	5,1E+1 ±	4E+0
^{89/90} Sr								

Tabela 9. Lišaji

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	lišaj	lišaj	lišaj
Oznaka vzorca	RV3110704	RV3130704	RV3360704
Kraj vz.:	Vršič	Mangart	Pl. Javornik
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"	46° 37' 25,3"	46° 21' 39"
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"	15° 02' 37,9"	13° 57' 16,1"
Datum vz.:	19.7.2004	22.7.2004	22.7.2004
Datum mer.:	25.7.2004	6.8.2004	6.8.2004
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST		(Bq / kg)
U (²³⁴ Th)			
²²⁶ Ra			
²¹⁰ Pb	1,1E+3 ± 2E+2	5,4E+2 ± 1E+2	6,6E+2 ± 2E+2
Th (²²⁸ Ra)		1,1E+0 ± 3E-1	
²²⁸ Th	2,3E+0 ± 2E+0	1,4E+0 ± 3E-1	
⁴⁰ K	6,2E+1 ± 2E+1	5,7E+1 ± 5E-1	6,7E+1 ± 3E+1
⁷ Be	3,7E+2 ± 3E+1	3,1E+2 ± 2E+1	4,6E+2 ± 1E+2
¹³⁴ Cs		1,0E+0 ± 1E-1	
¹³⁷ Cs	7,7E+2 ± 4E+1	9,1E+2 ± 7E+1	6,9E+2 ± 1E+2
^{89/90} Sr			

Tabela 10. Igljice in listje

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	smrek. iglice	maces. iglice	listje bukev	smrek. iglice	borove iglice
Oznaka vzorca	RV3090704	RV3120704	RV3180704	RV3350704	RV3080704
Kraj vz.:	Vršič	Mangart	Mangart	Pl. Javornik	Vršič
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"	46° 37' 25,3"	46° 37' 25,3"	46° 21' 39"	46° 26' 0,8"
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"	15° 02' 37,9"	15° 02' 37,9"	13° 57' 16,1"	13° 44' 55,1"
Datum vz.:	19.7.2004	19.7.2004	19.7.2004	23.7.2004	19.7.2004
Datum mer.:	26.7.2004	25.7.2005	4.8.2004	4.8.2004	26.7.2004
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST		(Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	3,1E+0 ± 2E+0		9,5E-1 ± 7E-1		2,3E+0 ± 2E+0
²²⁶ Ra	1,4E+0 ± 3E-1	2,1E+0 ± 3E-1	1,4E+0 ± 1E-1	1,5E+0 ± 1E-1	8,8E+0 ± 6E-1
²¹⁰ Pb	3,9E+2 ± 7E+1	6,0E+2 ± 1E+2	4,2E+2 ± 8E+1	1,3E+2 ± 2E+1	5,6E+2 ± 1E+2
Th (²²⁸ Ra)	6,3E-1 ± 5E-1	1,0E+0 ± 5E-1	7,6E-1 ± 2E-1	6,6E-1 ± 2E-1	2,2E+0 ± 7E-1
²²⁸ Th	1,2E+0 ± 3E-1	1,4E+0 ± 4E-1	5,4E-1 ± 2E-1	8,3E-1 ± 2E-1	4,0E+0 ± 8E-1
⁴⁰ K	2,2E+1 ± 3E+0	1,7E+1 ± 3E+0	1,6E+1 ± 2E+0	1,5E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 4E+0
⁷ Be	9,6E+1 ± 7E+0	5,2E+2 ± 3E+1	6,0E+2 ± 3E+1	4,9E+1 ± 3E+0	6,1E+1 ± 5E+0
¹³⁴ Cs	1,1E+0 ± 2E-1		< 2,6E-2	1,6E-1 ± 4E-2	2,6E-1 ± 2E-1
¹³⁷ Cs	5,5E+2 ± 3E+1	8,9E+1 ± 5E+0	1,2E+2 ± 7E+0	1,7E+2 ± 8E+0	4,5E+2 ± 2E-1
^{89/90} Sr					

Tabela 11. Mleko, sir

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	mleko		mleko		ovcji sir	
Oznaka vzorca	RV3300704		RV3310704		RV3780804	
Kraj vz.:	Pl. Javornik		Pl. Zajamniki		Mangartska pl.	
Zemlj. širina:	46° 21' 39"		46° 18' 44,7"		46° 25' 49,2"	
Zemlj. dolžina:	13° 57' 16,1"		13° 56' 12,3"		13° 36' 48"	
Datum vz.:	22.7.2004		22.7.2004		20.8.2004	
Datum mer.:	3.8.2004		3.8.2004		2.9.2004	
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST				(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)			6,2E-2 ± 4E-2		1,1E+0 ± 3E-1	
²²⁶ Ra	3,4E-2 ± 1E-2		1,3E-2 ± 6E-3		1,7E-1 ± 5E-2	
²¹⁰ Pb	3,1E-1 ± 1E-1		4,9E-2 ± 4E-2		4,9E-1 ± 4E-1	
Th (²²⁸ Ra)					3,2E-1 ± 1E-1	
²²⁸ Th	6,4E-2 ± 2E-2				2,5E-1 ± 2E-1	
⁴⁰ K	4,1E+1 ± 2E+0		4,3E+1 ± 2E+0		2,8E+1 ± 2E+0	
⁷ Be						
¹³⁴ Cs						
¹³⁷ Cs	2,0E+0 ± 9E-2		1,0E+0 ± 5E-2		1,8E+0 ± 1E-1	
^{89/90} Sr						

Tabela 12. Kapnica

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr89/90

Vzorec	kapnica		kapnica		kapnica		kapnica	
Oznaka vzorca	RV3100704		RV3280704		RV3290704		RV3171004	
Kraj vz.:	Vršic		Pl. Zajamniki		Kranjska dolina		Mangart	
Zemlj. širina:	46° 26' 0,8"		46° 18' 44,7"		46° 21' 59,5"		46° 37' 25,3"	
Zemlj. dolžina:	13° 44' 55,1"		13° 56' 12,3"		13° 58' 44,2"		15° 02' 37,9"	
Datum vz.:	20.7.2004		22.7.2004		22.7.2004		20.7.2004	
Datum mer.:	31.7.2004		6.8.2004		6.8.2004		30.7.2004	
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST				(Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)	1,2E+2 ± 1E+1		4,7E+0 ± 3E+0		2,6E+0 ± 2E+0			
²²⁶ Ra			1,6E+0 ± 4E-1		1,0E+0 ± 7E-1		1,5E+0 ± 7E-1	
²¹⁰ Pb	8,0E+1 ± 7E+0		4,3E+0 ± 3E+0		2,6E+1 ± 5E+0		2,0E+0 ± 3E+0	
Th (²²⁸ Ra)			3,0E+0 ± 1E+0		1,6E+0 ± 1E+0			
²²⁸ Th					1,4E+0 ± 1E+0			
⁴⁰ K	8,3E+0 ± 6E+0		4,0E+0 ± 3E+0					
⁷ Be			1,8E+1 ± 2E+0					
¹³⁴ Cs								
¹³⁷ Cs	7,0E-1 ± 2E-1		2,7E+0 ± 3E-1		6,4E+0 ± 4E-1		1,5E+0 ± 3E-1	
^{89/90} Sr								