

Meritve vsebnosti radionuklidov v rekah,  
jezerih in pitni vodi

Ljubljana, maj 1996

# Meritve vsebnosti radionuklidov v rekah, jezerih in pitni vodi

## 1. Uvod

Na podlagi Pravilnika o mestih, Z1 (1), je določen program meritev in nadzora radioaktivnosti življenjskega okolja R Slovenije. Program stalnega nadzora vsebuje spremljanje umetnih radionuklidov v nekaterih rekah in pitnih vodah, pričujoča študija pa predstavlja trenutno kontaminacijo (december 95) nekaterih drugih pitnih in tekočih voda z naravnimi in umetnimi radioaktivnimi izotopi. Namen meritev je ugotoviti nujnost razširjanja obsega programa stalnega nadzora.

Po priporočilih Mednarodne zdravstvene organizacije (WHO), ki se jih drži večina evropskih držav, letna prejeta doza zaradi vnašanja radionuklidov s pitno vodo ne sme presegati 50  $\mu\text{Sv}/\text{leto}$  za posamezni radionuklid (2). V Nemčiji so postavili mejo na 500  $\mu\text{Sv}/\text{leto}$  za vsoto vseh radionuklidov (3), v ZDA je EPA postavila mejno vrednost na 560  $\text{mBq}/\text{l}$  (4) in v Švici celo 1  $\text{Bq}/\text{l}$  za vsoto vseh naravnih sevalcev alfa v pitni vodi.

Pri nas letni vnos za posameznika iz prebivalstva ne sme presegati 1/10 meje letnega vnosa za osebe, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj oziroma 1/50 meje letnega vnosa za osebe, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, če vnašajo nuklide več let (5). Po drugi strani pa Pravilnik Z2 (6) predpisuje, da je potrebno pri določanju posamičnih specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih, ki vsebujejo več pomembnih radionuklidov, doseči take meje merjenja, da se lahko oceni 1/30 avtorizirane meje za posamične radionuklide, kar pomeni za posameznike iz prebivalstva cca 30  $\mu\text{Sv}/\text{leto}$  za posamezni radionuklid (če upoštevamo 10 radionuklidov). Izvedene koncentracije za pitno vodo za skupine posameznikov iz prebivalstva se izrazijo z mejo letnega vnosa na  $\text{m}^3$  (1  $\text{m}^3$  je povprečni letni vnos vode v organizem na prebivalca). V Pravilniku Z9 (5) so navedene izvedene koncentracije za pitno vodo (tabela 1).

## 2. Cilji

Meritve vsebnosti radionuklidov v vzorcih rek, jezer, pitnih vod in rečnih sedimentov ne predstavljajo štidiše temveč enkratni presek stanja, z namenom ugotoviti upravičenost razširitve republiškega programa nadzora radioaktivnosti življenjskega okolja. V sklopu navedenih meritev se prvič pojavljajo meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih rečnih in jezerskih sedimentov.

Eden od ciljev je tudi izvedba primerjalnih meritev dolgoživih alfa sevalcev v vzorcih vod z različnimi metodami kot so gamaspektrometrična analiza njihovih potomcev v vzorcih sušin, aktivacijska analiza  $^{238}\text{U}$  in alfaspektrometrična analiz avzorcev vod s predhodno depozicijo alfa sevalcev na folije.

## 3. Metodologija

Če izvzamemo umetne radionuklide, kot  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  in  $^3\text{H}$ , ki so posledica atmosferskih nuklearnih testov, jedrskih nesreč in izpustov iz jedrskih elektrarn ter predvsem  $^{131}\text{I}$ , ki se uporablja v nuklearni medicini in pride v vodo iz zbiralnikov ali mimo njih, so v pitnih in tekočih vodah prisotni tudi naravni radionuklidi.  $^{238}\text{U}$  in  $^{232}\text{Th}$  sta začetna izotopa naravnih radioaktivnih verig. Radioaktivni izotopi v verigi, ki jo začneja  $^{235}\text{U}$ , so zanemarljivi zaradi razmerja med  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , ki znaša 0.046.

Razpadno verigo  $^{238}\text{U}$  s 15 nuklidi delimo na 5 podskupin, (i)  $^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{U}$ , (ii)  $^{230}\text{Th}$ , (iii)  $^{226}\text{Ra}$ , (iv)  $^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{214}\text{Po}$  in (v)  $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Po}$ . Predpostavljamo, da je v prvi podskupini  $^{238}\text{U}$  v ravnovesju s svojimi potomci. Rezultati meritev v ZDA so pokazali (7,8,9), da je koncentracija urana v podtalnici približno 4 krat višja kot v površinskih vodah ter da je razmerje med  $^{234}\text{U}$  in  $^{238}\text{U}$  med 1 in 3. Koncentracija  $^{238}\text{U}$  v pitnih vodah je med  $0.1 \text{ Bq/m}^3$  do  $50 \text{ Bq/m}^3$ , povprečna vrednost pa  $25 \text{ Bq/m}^3$ . Podobne vrednosti so dobili tudi v Evropi (Francija  $12 \text{ Bq/m}^3$ , Nemčija  $24 \text{ Bq/m}^3$ ). Letni vnos  $^{238}\text{U}$  s pitno vodo je  $5 \text{ Bq}$  pri uporabi  $0.5 \text{ l}$  vode na dan.

Vsebnosti  $^{226}\text{Ra}$  v pitni vodi so nizke, če se za pitje uporabljajo površinske vode, v primeru mineralnih voda ali voda iz globljih izvirov pa lahko segajo specifične aktivnosti tudi do  $200 \text{ Bq/m}^3$  in več. Povprečne vrednosti v mineralnih vodah v Franciji, Avstriji in Nemčiji so  $44 \text{ Bq/m}^3$ ,  $25 \text{ Bq/m}^3$  in  $25 \text{ Bq/m}^3$ , zapovrstjo. Pri teh vrednostih vnesemo s pitno vodo  $4 \text{ Bq}$  radija na leto v naš organizem (8).

Specifične aktivnosti  $^{210}\text{Pb}$  v pitni vodi so običajno nizke, nekaj  $\text{Bq/m}^3$  (10). Glavni vir je razpad radona, v površinskih vodah pa se pojavlja v večjih količinah kot produkt tehnoloških procesov v industriji in energetiki.

$^{232}\text{Th}$  je začetnik niza z več kot 12 nuklidi. Niz lahko razdelimo na tri podskupine, (i)  $^{232}\text{Th}$ , (ii)  $^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{224}\text{Ra}$  in (iii)  $^{220}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ . Aktivnosti  $^{228}\text{Ra}$  v pitni vodi so podobne kot za  $^{226}\text{Ra}$ . So nižje v površinskih vodah in močno varirajo v podtalnicah. Povprečna vrednost v ZDA je  $85 \text{ Bq/m}^3$ , kar pomeni letno  $15 \text{ Bq}$  vnosa v organizem s pitno vodo.

Zgoraj omenjeni radionuklidi pridejo v vode z raztapljanjem kamnin in rudnin ter odnašanjem materiala v rečna korita, kjer se trdni delci usedajo (sedimenti), raztopljeni pa se prenašajo na daljše razdalje ali pa se zaradi svoje kemijske aktivnosti kako drugače porazdelijo. Zaradi visoke radiotoksičnosti sta v pitnih vodah (predvsem mineralnih) še posebno pomembna  $^{210}\text{Po}$  in  $^{228}\text{Th}$ , ki sta oba sevalca alfa. Tabela 1 prikazuje vrednosti specifičnih aktivnosti za nekatere radionuklide (v  $\text{mBq/l}$ ), ki prispevajo  $50 \mu\text{Sv}$  na leto pri  $500 \text{ l}$  popite vode (11). V stolpcu b) so prikazane izvedene koncentracije (v  $\text{Bq/m}^3$ ) za nekatere radionuklide, ki jih podaja Pravilnik Z9, v stolpcu c) pa so prikazane vrednosti specifičnih aktivnosti, ki prinesejo  $50 \mu\text{Sv/leto}$ , če popijemo  $1000 \text{ litrov}$  vode, izračunane iz doznih pretvorbenih faktorjev, ki jih navaja BSS (12).

Tabela 1.

Nuklid	a)	b)	c)
	mBq/l	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/m <sup>3</sup>
<sup>238</sup> U	2500	10000	1.1
<sup>234</sup> U	2500	8000	1.0
<sup>226</sup> Ra	500	1000	0.2
<sup>210</sup> Pb	100	400	0.1
<sup>210</sup> Po	200	2000	0.05
<sup>228</sup> Ra	700	1800	0.1
<sup>228</sup> Th	50	4000	0.7
<sup>224</sup> Ra	1300	6000	0.8

Sušine vzorcev vod se analizirajo na vsebnost gama sevalcev na polprevodniškem detektorju REGE Canberra z relativnim izkoristkom 30 %. Dolgožive sevalce alfa določamo preko njihovih potomcev, ki so sevalci gama. Na isti način se analizirajo sevalci gama v vzorcih sedimentov.

Zaradi primerljivosti zaradi odločitve o primernosti različnih metod analiz sevalcev alfa v vzorcih vod smo izvedli primerjalne meritve z metodo aktivacijske analize (<sup>238</sup>U) in alfaspektrometrično metodo s predhodno depozicijo sevalcev alfa na folijah.

Detektor REGE je umerjen s pompčjo standardov Inštituta za varstvo pred sevanji v Pragi, ki imajo ustrezno sledljivost do sekundarnega etalona in s pomočjo referenčnih materialov IAEA. Kakovost rezultatov zagotavlja tudi redna udeležba na interkomparacijskih meritvah, ki jih organizira AQCS Seibersdorf/IAEA.

#### 4. Vzorčenje in priprava vzorcev

Vzorčevali smo po 25 l vode iz Bohinjskega in Blejskega jezera, Ljubljance v Zalogu pred izlivom v Savo, Save v Zagorju, Trbovljah in Hrastniku, Sore v Škofji Loki, Savinje v Celju ter Mure pri Petanjcih. Vzorčili smo na enem mestu in sicer do globine 0.5 m. V vseh rekah, razen v Ljubljanci smo vzorčili tudi sedimente. Vzorčili smo na mestih, kjer je bil tok vode manjši in zato tudi količina sedimentov večja. Poleg vzorcev tekočih in stoječih voda smo vzorčili tudi nekatere pitne vode in sicer Radensko, Tempel, vodo Zala ter vodo, ki se uporablja za pridobivanje piva v pivovarni Union in pivovarni Laško. To so vsi enkratni vzorci.

Vode smo izparili v digestoriju pod infrardečo žarnico pri temperaturi 60 °C. Sušino smo prenesli v aluminijaste planšete s premerom 2 cm, posušili pri sobni temperaturi, pokrili in zalepili, da ne bi uhajal radon, ki nastaja pri razpadu radija. Planšete smo starali tri tedne, da je prišlo do ravnovesja med radonom in radijem.

Vzorci sedimentov smo najprej posušili pri 110 °C, da smo izločili vso vodo, nato pa presejali s siti. Tako pripravljene smo stehali in spravili v plastične posodice.

#### 5. Meritve in izračun specifičnih aktivnosti

Vse meritve smo opravljali z detektorji iz čistega germanija (HPGe) za visokoločljivo spektrometrijo gama. Detektorji so umerjeni za različne geometrije in matrike. Umerjanja opravljamo vsako leto po programu QA/QC s standardi, ki jih nabavimo v mednarodno priznanih primarnih laboratorijih (Praga), z referenčnimi in interkalibracijskimi vzorci, ki jih dobimo od Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA, laboratorij v Seibersdorfu) ter interno z inštitucijami, ki sodelujejo pri izvajanju programa nadzora NEK.

Predpostavili smo, da so izotopi v uranovi razpadni verigi od  $^{238}\text{U}$  do  $^{234}\text{U}$  v ravnovesju. Naravni uran,  $^{238}\text{U}$ , smo določili preko dveh torijevih črt,  $^{234}\text{Th}$ , z energijama 63.3 keV in 92.6 keV. Ker smo vzorce starali tri tedne, smo predpostavili, da je radij v ravnovesju z radonovimi potomci. Tako smo  $^{226}\text{Ra}$  določali preko karakterističnih črt  $^{214}\text{Pb}$  in  $^{214}\text{Bi}$ , 295.4 keV, 352 keV in 609.4 keV, istočasno pa tudi s črtama 185.7 keV in 186 keV (multiplet) za  $^{235}\text{U}$  in  $^{226}\text{Ra}$ , zapovrstjo.

Rezultati meritev so podani v tabelah 2, 3 in 4 za sedimente, tekoče in pitne vode, zapovrstjo. Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v vzorcih sedimentov se gibljejo v okvirih od 16 Bq/kg do 35 Bq/kg, razen za  $^{40}\text{K}$ , kjer se gibljejo od 200 Bq/kg do 410 Bq/kg. V vseh sedimentih so opazne sledi  $^{137}\text{Cs}$  kot posledica nesreče v Černobilu (od 1.2 Bq/kg do 8.2 Bq/kg), v vzorcih sedimentov iz Sore v Škofji Loki in Mure v Petanjcih pa smo opazili tudi  $^{134}\text{Cs}$  (okoli 0.1 Bq/kg). Specifično aktivnost  $^{238}\text{U}$  v vzorcih sedimentov lahko primerjamo le z vrednostmi izmerjenimi v Savi od Krškega do Jesenic na Dolenjskem. Tam se vrednosti za leto 1995 gibljejo od 28 Bq/kg (Krško) do 57 Bq/kg  $^{238}\text{U}$ . Manjša odstopanja izmerjenih vrednosti specifičnih aktivnosti  $^{238}\text{U}$  v rečnih sedimentih v primerjavi z vrednostmi v okolici Krškega si razlagamo kot posledico različnega vzorčenja. Vzorci sedimentov iz okolice Krškega se jemljejo na sredini reke, ti pa so bili vzeti na rečnem bregu.

Specifična aktivnost kozmogenega  $^7\text{Be}$  se v vseh vzorcih vod giblje od 5.6 Bq/m<sup>3</sup> (Sava Trbovlje) do 42 Bq/m<sup>3</sup> (Sava Zagorje). Izmerjena vrednost  $^7\text{Be}$  je v vzorcu Save iz Trbovelj primerljiva z vrednostmi izmerjenimi v republiškem programu. Vrednosti  $^7\text{Be}$  so v vzorcih Save iz Hrastnika in Zagorja približno desetkrat večje. V splošnem se specifične aktivnosti  $^7\text{Be}$  v pitni vodi gibljejo od 1 do 10 Bq/m<sup>3</sup>, v padavinah pa od 100 do 200 Bq/m<sup>3</sup>. Posamezne razlike v izmerjenih vrednostih lahko pripišemo različnim količinam tekočih in suhih padavin v tem obdobju. Mnogo višje koncentracije  $^7\text{Be}$  smo izmerili v vzorcih mineralnih vod, ki se gibljejo od 69 do 290 Bq/m<sup>3</sup>. Tudi vzorec vstekleničene pitne vode Zala je imel višjo vrednost kot bi pričakovali (120 Bq/m<sup>3</sup>). Višjih koncentracij  $^7\text{Be}$  v vzorcih mineralnih vod si zaenkrat ne moremo razložiti drugače kot da se mineralne vode napajajo s padavinami.

V vzorcih tekočih in stoječih voda smo izmerili vrednosti  $^{238}\text{U}$  in  $^{226}\text{Ra}$  med 5 Bq/m<sup>3</sup> in 10 Bq/m<sup>3</sup> (okoli meje detekcije), razen v Sori in Savi pri Zagorju, kjer smo izmerili višje vrednosti za  $^{238}\text{U}$  in sicer 20 Bq/m<sup>3</sup> in 16 Bq/m<sup>3</sup>, zapovrstjo. Vzrok za take vrednosti je najbrž deževno vreme v času vzorčevanja, zaradi česar je bilo v vodi na površini več sedimentov kot običajno. V vseh tekočih vodah kot tudi v jezerih so sledi  $^{137}\text{Cs}$  od nekaj desetink do 2.4 Bq/m<sup>3</sup> (Mura Petanjci). Najvišja vrednost  $^{210}\text{Pb}$  je v Ljubljani v Zalogu, v Sori v Škofji Loki ter v Blejskem jezeru, 43 Bq/m<sup>3</sup>, 26 Bq/m<sup>3</sup> in 20 Bq/m<sup>3</sup>, zapovrstjo.

V vzorcih pitnih voda so bile dokaj visoke specifične aktivnosti  $^{210}\text{Pb}$ , v Radenski 57 Bq/m<sup>3</sup>. V vzorcu tehnološke vode iz pivovarne Union smo namerili 207 Bq/m<sup>3</sup>  $^{238}\text{U}$ , vendar se ta voda ne uporablja za pitje.

V vzorcu Ljubljanice pri čistilni napravi v Zalogu smo izmerili  $^{131}\text{I}$  v vrednosti  $580 \text{ Bq/m}^3$ . IK za  $^{131}\text{I}$  v pitni vodi sicer znaša  $2 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$  tako da izmerjena vrednost na prvi pogled ne predstavlja radiološkega problema. Vsekakor bi bilo potrebno dobiti več podatkov o onesnaženju z  $^{131}\text{I}$  tudi za druge reke, kjer se nahajajo lokalni centri za nuklearno medicino.

## 6. Zaključek

Rezultati enkratnih meritev vzorcev rek, jezerske vode, mineralnih vod ter rečnih sedimentov so pokazali potrebnost uvrstitve tovrstnih meritev v republiški program meritev radioaktivnosti življenjskega okolja. Vsekakor je najbolj pereč problem onesnaženost nekaterih rek z  $^{131}\text{I}$ .

Predlagamo razširitev republiškega programa nadzora radioaktivnosti s pogostejšimi analizami, da bi lahko ocenili radiološko pomembnost onesnaženja z  $^{131}\text{I}$ .

## 7. Literatura

- (1) Pravilnik o mestih, metodah in rokih za preiskave kontaminacije z radioaktivnimi snovmi, Z1, (Ur. list SFRJ 40/86).
- (2) World Health Organization (WHO): Radiological examination of drinking water. Report on working group, Brussels, 7-10 Nov 1987, EURO Reports and Studies No 17, WHO Regional Office, Copenhagen, (1979).
- (3) Strahlenschutzkriterien für die Nutzung von möglicherweise durch den Uranbergbau beeinflussten Wässern als Trinkwasser. Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 10-11.12.1992, Bundesanzeiger 94 vom 23.5.1993.
- (4) Burnett, C.W.: Radon Radium and other Radioactivity in Ground Water, April 7-9, Somerset, New Jersey, Lewis Publisher (1987), ISBN 0-87371-117-3.
- (5) Pravilnik o največjih mejah radioaktivne kontaminacije človekovega okolja in o dekontaminaciji, Z9, Ur. list SFRJ 8/87.
- (6) Pravilnik o načinu, obsegu in rokih sistematičnih preiskav kontaminacije z radioaktivnimi snovmi v okolici jedrskih objektov, Z2, Ur. list SFRJ 51/86.
- (7) UNSCEAR 86, Exposures from natural sources of radiation
- (8) NCRP 94. Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation, National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, 1987.
- (9) NCRP 77. Exposures from the Uranium Series with Emphasis on Radon and its Daughter, National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, 1987.

- (10) Hess, C. T. et al. The occurrence of radioactivity in public water supplies in the United States. *Health Phys.* 48: 553 - 586 (1985).
- (11) H. Surbeck: Determination of natural radionuclides in drinking water; a tentative protocol, *Int. Symp. on Environmental Radiochemical Analysis*, Sep 21-23, 1994, Bournemouth, U.K.
- (12) IAEA 96, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna 1996.

Tabela 2. Specifne aktivnosti radionuklidov v sedimentih

Vzorec	Sava Zagorje	Sava Trbovlje	Sava Hrastnik
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST ( Bq/kg )		
U	3,5E+1 ± 6,4E+0	1,9E+1 ± 8,5E+0	2,1E+1 ± 6,3E+0
Ra-226	2,8E+1 ± 1,4E+0	2,1E+1 ± 1,5E+0	1,9E+1 ± 1,4E+0
Pb-210	2,6E+1 ± 7,0E+0	1,5E+1 ± 6,2E+0	2,1E+1 ± 7,0E+0
Th(Ra-228)	1,7E+1 ± 2,3E+0	1,9E+1 ± 3,3E+0	2,0E+1 ± 2,8E+0
Th-228	1,4E+1 ± 1,4E+0	1,8E+1 ± 1,7E+0	1,7E+1 ± 1,8E+0
K-40	2,0E+2 ± 7,0E+0	2,4E+2 ± 9,2E+0	2,5E+2 ± 1,2E+1
Be-7			
I-131			
Cs-134			
Cs-137	2,0E+0 ± 2,0E-1	2,6E+0 ± 5,0E-1	2,9E+0 ± 4,0E-1

Tabela 2. Specifne aktivnosti radionuklidov v sedimentih (nadaljevanje)

Vzorec	Sora Škofja Loka	Mura Petanjci	Savinja Celje
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST ( Bq/kg )		
U	2,8E+1 ± 6,1E+0	1,8E+1 ± 6,7E+0	2,1E+1 ± 7,5E+0
Ra-226	2,4E+1 ± 1,4E+0	2,1E+1 ± 1,4E+0	2,0E+1 ± 1,6E+0
Pb-210	2,0E+1 ± 6,7E+0	3,0E+1 ± 6,2E+0	1,6E+1 ± 6,8E+0
Th(Ra-228)	2,8E+1 ± 3,4E+0	2,2E+1 ± 2,4E+0	2,3E+1 ± 3,2E+0
Th-228	2,5E+1 ± 2,0E+0	2,0E+1 ± 1,6E+0	2,0E+1 ± 1,9E+0
K-40	4,1E+2 ± 1,3E+1	2,5E+2 ± 8,0E+0	3,4E+2 ± 1,4E+1
Be-7	1,1E+1 ± 4,4E+0		
I-131			
Cs-134	9,0E-2 ± 8,0E-2	1,1E-1 ± 8,0E-2	
Cs-137	4,0E+0 ± 5,0E-1	8,2E+0 ± 5,0E-1	1,2E+0 ± 7,0E-1

Tabela 3. Tekoče in stoječe vode

Vzorec	Sora Škofja loka	Ljubljana Zalog	Sava Zagorje
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )		
U	2,0E+1 ± 1,2E+0	7,5E+0 ± 6,0E+0	1,6E+1 ± 1,5E+0
Ra-226	6,1E+0 ± 2,4E+0 < 5,0E+0		1,4E+1 ± 4,5E+0
Pb-210	2,6E+1 ± 9,5E+0	4,3E+1 ± 1,0E+1	1,0E+1 ± 8,1E+0
Th(Ra-228)	1,4E+1 ± 8,0E+0		7,4E+0 ± 6,0E+0
Th-228		< 5,0E+0	4,2E+0 ± 3,1E+0
K-40		2,9E+1 ± 1,8E+1	6,5E+1 ± 2,5E+1
Be-7	1,0E+1 ± 6,5E+0	1,3E+1 ± 8,8E+0	8,4E+0 ± 5,1E+0
I-131		5,8E+2 ± 4,5E+1	
Cs-134			
Cs-137	9,0E-1 ± 8,0E-1 < 1,0E+0		1,6E+0 ± 8,0E-1



Tabela 3. Tekoce in stoječe vode (nadaljevanje)

Vzorec	Sava Trbovlje	Sava Hrastnik	Savinja Celje
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )		
U	8,5E+0 ± 7,0E+0	5,6E+0 ± 6,0E-1	
Ra-226	< 5,0E+0	6,1E+0 ± 4,3E+0	9,0E+0 ± 7,0E+0
Pb-210	7,5E+0 ± 6,0E+0	2,4E+1 ± 1,3E+1	6,2E+0 ± 4,5E+0
Th(Ra-228)	< 5,0E+0	6,1E+0 ± 5,0E+0	
Th-228			
K-40	2,3E+1 ± 1,5E+1	2,6E+1 ± 1,5E+1	3,4E+1 ± 1,8E+1
Be-7	5,6E+0 ± 3,0E+0	3,4E+1 ± 1,1E+1	
I-131			
Cs-134			
Cs-137	< 9,0E-1	7,0E-1 ± 6,0E-1	< 9,0E-1

Tabela 3. Tekoce in stoječe vode (nadaljevanje)

Vzorec	Mura Petanjci	Bohinjsko jezero	Blejsko jezero
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )		
U	8,8E+0 ± 7,0E+0		
Ra-226	1,0E+1 ± 6,0E+0	8,1E+0 ± 5,5E+0	< 5,0E+0
Pb-210	1,4E+1 ± 1,0E+1	1,2E+1 ± 1,0E+1	2,0E+1 ± 6,3E+0
Th(Ra-228)	5,9E+0 ± 5,0E+0	< 5,0E+0	
Th-228			
K-40	7,5E+1 ± 2,3E+1	3,8E+1 ± 2,0E+1	1,3E+1 ± 1,0E+1
Be-7			4,5E+0 ± 3,0E+0
I-131			
Cs-134			
Cs-137	2,4E+0 ± 9,0E-1	7,0E-1 ± 6,0E-1	1,7E+0 ± 6,0E-1

Tabela 4. Pitne vode

Vzorec	Tempel Rogaška	Radenska Radenci	Voda Zala
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )		
U		1,0E+1 ± 8,0E+0	1,0E+1 ± 7,0E+0
Ra-226	1,6E+1 ± 4,0E+0	8,7E+1 ± 1,0E+1	2,2E+1 ± 3,5E+0
Pb-210	3,3E+1 ± 1,2E+1	5,7E+1 ± 2,3E+1	9,5E+0 ± 6,4E+0
Th(Ra-228)	5,6E+0 ± 4,0E+0	7,7E+1 ± 1,4E+1	6,5E+0 ± 5,0E+0
Th-228		1,2E+1 ± 8,0E+0	< 5,0E+0
K-40	2,8E+1 ± 2,0E+1	5,9E+2 ± 5,8E+1	
Be-7	7,3E+1 ± 8,4E+0	5,5E+1 ± 1,8E+1	9,5E+0 ± 6,0E+0
I-131			
Cs-134			
Cs-137			9,0E-1 ± 7,0E-1

Tabela 4. Pitne vode (nadaljevanje)

Vzorec	Voda za pivo Laško	Tehnol.voda Union
IZOTOP:	SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )	
U		2,1E+2 ± 7,5E+0
Ra-226	7,0E+0 ± 4,0E+0	2,1E+1 ± 3,5E+0
Pb-210	2,2E+1 ± 1,5E+1	2,5E+1 ± 1,0E+1
Th(Ra-228)	1,1E+1 ± 8,0E+0	
Th-228		
K-40	3,9E+1 ± 2,2E+1	1,1E+1 ± 7,0E+0
Be-7	1,3E+1 ± 7,5E+0	4,2E+1 ± 8,6E+0
I-131		
Cs-134		
Cs-137		