

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehrabne verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za kmetijstvo in okolje, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izvzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozicijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2015 za dojenčke $< 13,8 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 12,8 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 8,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.



ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.
Center za fizikalne meritve
Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov
<http://www.zvd.si>

ZVD
Zavod za varstvo pri delu

Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2015



Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev
Slovenije v letu 2015

Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2015

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

© 2016 ZVD d.o.o.

Poročilo vsebuje skupaj 126 strani ter ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Izdal: ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.O.O., LJUBLJANA, marec 2016

Slika na naslovnici: Vaja za posredovanje v primeru terorističnega napada z umazano bombo, Poček, © Marko Giacomelli

Slika na zadnji strani: Terenske meritve kontaminacije betona, Krško, © Marko Giacomelli

marko.giacomelli@zvd.si

ZVD zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija

T: +386 (0)1 585 51 00; F: +386 (0)1 585 51 01; E: info@zvd.si; W: www.zvd.si

ID št. za DDV: SI21282692; Matična št.: 5055580

Vpis družbe: Okrožno sodišče v Ljubljani, vložna št.: 10024700



Naslov poročila:	Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2015
Izdovalec:	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o., Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov, Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje
Številka poročila:	LMSAR-20160009-MG
Datum poročila:	10.03.2015
Naročnik:	Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ajdovščina 4, 1000 Ljubljana
Številka pogodbe:	C2717-15-232011
Skrbnika pogodbe:	dr. Tomaž Šutej (URSVS), dr. Gregor Omahen (ZVD)
Program:	Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2015 Radioactivity in the living environment of Slovenia for the year 2015
Izvajalca programa:	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o. in Institut "Jožef Stefan"
Koordinatorja:	dr. Gregor OMAHEN, univ.dipl.fiz. (ZVD) dr. Benjamin Zorko (IJS)
Izvajalci:	ZVD: Peter Jovanovič, Majda Levstek, Lili Peršin, dr. Marko Giacomelli, dr. Gregor Omahen IJS: D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko (vsi Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij), B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol. (vsi Odsek za znanosti o okolju)
Poslano:	naročnik (6 izvodov) in arhiv ZVD (2 izvoda)
Poročilo pripravil:	dr. MARKO GIACOMELLI, univ.dipl.fiz.
Pregledal in odobril:	dr. GREGOR OMAHEN, univ.dipl.fiz.



Povzetek / Abstract

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehranske verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za kmetijstvo in okolje, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozicijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2015 za dojenčke $< 13,8 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 12,8 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 8,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

In the present report the collected results of radioactivity measurements for manmade and natural radionuclides in the biosphere and in the particular elements of the food chain are analyzed and commented. Radioactivity of the environment is a consequence of the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl and Fukushima accidents. The contribution of the Fukushima accident in Slovenia is negligible. Based on the results of radioactivity measurement performed within the frameworks of various monitoring performed under the auspices of Ministry of Health and Ministry of Agriculture and the Environment we have assessed the doses to members of the public due to exposure to long-lived anthropogenic radionuclides (natural excluded). We have estimated doses for important exposure pathways. Dose estimates for infants, children for 7 up to 12 years and adults for manmade radionuclides in the year 2015 are $< 13,8 \mu\text{Sv}$, $< 12,8 \mu\text{Sv}$ and $< 8,9 \mu\text{Sv}$, respectively. These values represent approximately 1 % of the annual dose limit for the long term exposure of the individuals from the population, exposed to the man made sources of ionizing radiation.

Ključne besede / Keywords

radioaktivno onesnaženje okolja, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, reke, vodovodi, suhi in mokri used, zrak, aerosoli, zemlja, hrana, ingestija, doze zunanje sevanja, ocena učinkovitih doz

radioactive contamination of the environment, artificial and natural radionuclides, specific activity, rivers, tap water, dry and wet deposition, air, aerosols, soil, food, ingestion, external dose, effective dose assessments



Kazalo

Povzetek / Abstract	5
Ključne besede / Keywords	6
1 Uvod	17
1.1 Zakonodajne podlage	17
1.2 Okvirni program meritev	17
1.3 Obseg poročila	18
2 Program in metodologija meritev	19
2.1 Vrste meritev	19
2.2 Lokacije vzorčenja	22
2.3 Metodologija meritev	22
2.4 Akreditirane meritve	22
2.4.1 Originalna poročila z meritvami	23
2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti	23
3 Okoljski monitoring	25
3.1 Zrak	25
3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev	25
3.1.2 Sezonske variacije Cs-137	26
3.1.3 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137	31
3.1.4 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210	31
3.1.5 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210	36
3.2 Padavine	40
3.2.1 Vzorčenje in rezultati meritev	40

3.2.2	Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90	41
3.2.3	Specifična aktivnost H-3	45
3.2.4	Specifična aktivnost kozmogenega Be-7	46
3.3	Tekoče vode	48
3.3.1	Vzorčenje in rezultati meritev	48
3.3.2	Dolgoročni trendi	48
3.4	Zemlja	51
3.4.1	Vzorčenje in rezultati meritev	51
3.4.2	Dolgoročni trendi	53
4	Zunanje sevanje	57
4.1	Lokacije meritev	57
4.2	Rezultati meritev	59
4.3	Dolgoročni trend doz	59
5	Monitoring pitne vode, hrane in krme	61
5.1	Pitna voda	61
5.2	Hrana	64
5.2.1	Mleko	64
5.2.2	Živila živalskega izvora	69
5.2.3	Žitarice, moka, kruh	69
5.2.4	Sadje	70
5.2.5	Zelenjava	71
5.2.6	Otroška hrana	72
5.3	Krmila	72
6	Ocena prejetih doz sevanja	75
6.1	Osnovne enačbe	75
6.2	Uporabljeni podatki in predpostavke	76
6.2.1	Umetni radionuklidi	76
6.2.2	Naravni radionuklidi	76
6.2.3	Starostne skupine	77
6.2.4	Prehranjevalne predpostavke	77
6.2.5	Privzete specifične aktivnosti	78
6.3	Doza zaradi ingestije in inhalacije	78
6.4	Doza zaradi zunanjega sevanja	79
6.5	Skupna ocena doze	84
7	Zaključki	87
7.1	Ugotovitve	87
7.2	Priporočila	87

Literatura	89
A Rezultati meritev	93
A.1 Pojasnila k tabelam	93
A.1.1 Zapisi meritev ZVD	93
A.1.2 Zapisi meritev IJS	93
A.2 Zrak	95
A.3 Padavine	98
A.4 Tekoče vode	103
A.5 Zemlja	108
A.6 Morje - voda in sedimenti	112
A.7 Zunanje sevanje	113
A.8 Pitna voda	114
A.9 Hrana	116
A.10 Krmila	123



Slike

3.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.	25
3.2	Različni viri prašnih delcev PM ₁₀ (za leto 2011).	26
3.3	Temperaturna korelacija prašnih delcev PM ₁₀ med kurilno sezono na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.	27
3.4	Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	28
3.5	Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	29
3.6	Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT).	30
3.7	Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje	31
3.8	S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz).	32
3.9	Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.	33
3.10	Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2015).	34
3.11	Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2015 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.	35
3.12	Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja).	36
3.13	V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.	37
3.14	Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter.	38
3.15	Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.	38

3.16	Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.	39
3.17	Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin.	39
3.18	Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.	40
3.19	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)	42
3.20	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2010 dalje na posamičnih lokacijah: Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Bovec.	43
3.21	Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.	44
3.22	Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.	45
3.23	Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.	47
3.24	Lokacije vzorčenja tekočih vod.	48
3.25	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje.	50
3.26	Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.	51
3.27	Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji	52
3.28	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	54
3.29	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	55
3.30	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	56
4.1	Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanjega sevanja.	57
4.2	Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalentna doze, $H * (10)$, in ftonskega doznega ekvivalenta, Hx	59
4.3	Doza zaradi zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.	60
5.1	Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.	62
5.2	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzorcev).	63
5.3	Lokacije vzorčenja vzorcev živil.	64
5.4	Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2015.	65
5.5	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.	66
5.6	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote.	67
5.7	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.	68
5.8	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorcev razen divjačine).	69
5.9	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorcev).	70

5.10	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev razen gozdnih sadežev).	71
5.11	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev brez gob).	72
5.12	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	73
5.13	Lokacije vzorčenja vzorcev krme.	73
6.1	Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.	78
6.2	Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).82	
6.3	Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)	83
6.4	Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje	85

Table 1. Dose response relations in human cells 24 h after irradiation with ^{60}Co gamma

Dose (Gy)	Number of cells examined	Distribution of dicentrics per cell				
		0	1	2	3	4

Tabele

2.1	Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2015	19
2.2	Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide . . .	24
3.1	Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij)	41
3.2	Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, \bar{A} , radionuklidov v vzorcih tekočih vod	49
4.1	Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami	58
6.1	Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine	77
6.2	Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2015	78
6.3	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2015.	80
6.4	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2015.	81
6.5	Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanega sevanja	83
6.6	Ocenjene doze zaradi zunanega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih	84
6.7	Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2015 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi	86
A.1	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Jareninski vrh . . .	95
A.2	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja	96
A.3	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana	97
A.4	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana	98
A.5	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana	99
A.6	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto . . .	100
A.7	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota .	101
A.8	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec	102
A.9	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze	103

A.10	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja	104
A.11	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča	104
A.12	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka	105
A.13	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice	105
A.14	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa	106
A.15	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava	106
A.16	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura	107
A.17	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	108
A.18	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	109
A.19	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid	110
A.20	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota	111
A.21	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov	112
A.22	Izmerjene vrednosti zunanjega sevanja s TL dozimetri	113
A.23	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	114
A.24	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	115
A.25	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana	116
A.26	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid	116
A.27	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica	117
A.28	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota	117
A.29	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora	118
A.30	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric	119
A.31	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja	120
A.32	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave	121
A.33	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane	122
A.34	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme	123

1 — Uvod

1.1 Zakonodajne podlage

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV) [1] ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji z namenom zmanjšanja škode za zdravje ljudi in radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja zaradi uporabe virov ionizirajočih sevanj do najmanjše možne mere tako, da se hkrati mogoči uporaba virov sevanj in izvajanje sevalnih dejavnosti. V 123. členu ZVISJV so podane zahteve za spremljanje stanja radioaktivnosti okolja, na podlagi katerih se izvajajo meritve v okolju, ki jih podrobneje ureja Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) [2]. V 19. čl. ZVISJV so podane zahteve za mejne doze za prebivalstvo, ki jih podrobneje razčlenjujeta Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5) [3] in Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2) [4]. V 54. členu ZVISJV so podane zahteve za izdelavo poročila o ocenah prejetih doz za prebivalstvo, ki temelji na prej omenjenih pravilnikih in uredbi.

V pravilniku JV10 so navedene metode vzorčenja in merilne metode ter program meritev, ki upošteva vse pomembne načine izpostavljenosti prebivalstva ionizirajočim sevanjem, prenosne poti razširjanja radioaktivnosti in radionuklide, ki pomembno prispevajo k efektivni dozi.

1.2 Okvirni program meritev

Program zajema merjenje zunanjega sevanja, merjenje radioaktivne kontaminacije zraka, vode in tal, merjenje radioaktivne kontaminacije živil, kmetijskih proizvodov, hrane in krme.

V celotnem programu so zajeti vzorci vzorčeni na različne načine, in sicer:

- enkratni vzorci (npr. vzorci mesa),
- vzorci, ki se sprotno posamično odvezemajo, kumulativno zbirajo, ovrednoti pa se radioaktivnost celotnega zbranega vzorca v daljšem časovnem obdobju (npr. mleko kot dvomesečni kompozitni vzorec) ter
- vzorci, ki se zbirajo kontinuirano skozi celotni mesec, meri pa se mesečni kompozitni vzorec (npr. vzorci zraka).

Izvajalca nadzornih meritev v življenjskem okolju Republike Slovenije sta Zavod za

varstvo pri delu d.o.o. (ZVD) in Institut "Jožef Stefan" (IJS). Oba izvajalca se redno udeležujeta tudi mednarodnih interkomparacijskih meritev z namenom, da se zagotovi in preverja kakovost meritev. Dodatne primerjalne meritve vzorcev sta izvajalca opravljala v sklopu nadzornih meritev v programu nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško.

1.3 Obseg poročila

V poročilu o obsevanosti prebivalcev Slovenije analiziramo meritve radioaktivnosti v okviru rednega monitoringa radioaktivnosti v Sloveniji, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo in okolje ter Ministrstvo za zdravje. Namen meritev je izračun doze, ki jo zaradi življenja v Sloveniji prejme povprečen prebivalec Slovenije. Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije nima namena prikazati sevalnih obremenitev, katerim je izpostavljeno prebivalstvo zaradi tehnološko modificiranih naravnih virov sevanja (radon v bivalnem okolju, rudnik urana Žirovski vrh), delovanja jedrske elektrarne Krško ali vpliva medicinskih virov.

V poročilu so zajeti predvsem podatki o stanju radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja kot posledice izvajanja preteklih jedrskih eksplozij in černobilske ter fukušimske jedrske nesreče.

Vrste meritev
 Lokacije vzorčenja
 Metodologija meritev
 Akreditirane meritve
 Originalna poročila z meritvami
 Izračuni specifičnih aktivnosti



2 — Program in metodologija meritev

2.1 Vrste meritev

Program meritev radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja v Republiki Sloveniji je bil v letu 2015 enak kot v prejšnjih letih. Način zbiranja in odvzema vzorcev, priprava in obdelava ter meritve radioaktivnosti so v skladu z enotno metodologijo, predpisano s Pravilnikom JV10 [2].

Program meritev v Sloveniji v letu 2015 je prikazan v spodnji tabeli 2.1. V posebnem stolpcu so označene meritve, ki ji je opravil bodisi ZVD bodisi IJS.

Tabela 2.1 | Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2015

Vrsta in opis meritev	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec meritev
REKE, MORJE				
VL spektrometrija gama	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	SOČA (Solkan)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVINJA (Celje)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
	KRKA (Otočec)	voda	polletno, 2	IJS
	KOLPA (Vinica)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	sediment	polletno, 2	IJS
Specifična analiza H-3	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
Specifična analiza Sr-90	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Maribor)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 | – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št.	Izvajalec meritev
Specifična analiza I-131	DRAVA (Dravograd)	voda	kvartalno, 4	IJS
	MURA	voda	kvartalno, 4	IJS
ZRAK - partikulati				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	kontinuirano črpanje skozi filter	mesečno, 12	IJS
	Jareninski vrh		mesečno, 12	ZVD
	Predmeja		mesečno, 12	ZVD
ZEMLJIŠČE - neobdelano zemljišče v različnih globinah				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	0 - 5 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	5 - 10 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	10 - 15 cm	polletno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	0 - 5 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	5 - 10 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	10 - 15 cm	polletno, 6	ZVD
TLD	50 lokacij po Sloveniji	TL - H*(10)	polletno, 100	IJS
TRDE IN TEKOČE PADAVINE				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda v enem mesecu na višini 1m od tal	mesečno, 12	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza H-3	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
			tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza H-3	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	mesečno, 12	IJS
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
PITNA VODA				
VL spektrometrija gama	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza H-3	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza Sr-90	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
HRANA				
Hrana rastlinskega porekla				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonska zelenjava</i> npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonska zelenjava</i> npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonsko sadje</i> npr. jabolka, breskve, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 | – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonsko sadje</i> npr. jabolka, breskve, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Žito, kruh</i> npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Žito, kruh</i> npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
Hrana živalskega porekla				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
VL spektrometrija gama	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
Celovit obrok hrane				
VL spektrometrija gama	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
KRMILA, GNOJILA, FOSFATI				
VL spektrometrija gama	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	IJS
Specifična analiza Sr-90	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	IJS

Stalen nadzor nad kontaminacijo okolja s sevalci gama, Sr-90, I-131 in H-3 je tudi v letu 2015 zajel najpomembnejše člene prehranske verige in tako kot v prejšnjih letih, upošteval padavinsko različna področja. Na podlagi černobilskih izkušenj so v programu tudi termoluminiscentni (TL) dozimetri in sicer na več krajih v Sloveniji, ki služijo za indikacijo nihanj zunanega sevanja gama oziroma za določevanje prejetih doz prebivalstva zaradi zunanega sevanja gama (vključno z naravnimi radionuklidi in kozmičnim sevanjem).

2.2 Lokacije vzorčenja

Lokacije vzorčenja zraka, padavin, zemlje, tekočih in pitnih vod ter merilna mesta doz zunanjega sevanja so ostala v splošnem enaka kot v prejšnjih letih. ZVD je v letu 2015 izvajal meritve radioaktivnosti zraka, zemlje, padavin, hrane, IJS pa meritve radioaktivnosti tekočih vod, krmil, zemlje, zraka in zunanjega sevanja ter tudi meritve radioaktivnosti pitnih vod.

Lokacije vzorčenja vzorcev in meritev zunanjega sevanja s TLD so prikazane v na zemljevidih v posameznih pripadajočih poglavjih, in sicer:

- zrak – slika 3.1 na strani 25
- padavine – slika 3.18 na strani 40
- tekoče vode – slika 3.24 na strani 48
- zemlja – slika 3.26 na strani 51
- zunanje sevanje – slika 4.1 na strani 57
- pitna voda – slika 5.1 na strani 62
- hrana – slika 5.3 na strani 64
- krma – slika 5.13 na strani 73

2.3 Metodologija meritev

Meritve v okviru rednega monitoringa življenjskega okolja v Republiki Sloveniji v letu 2015 sta izvajala ZVD in IJS. Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja smo uporabljali visoko ločljivostno spektrometrijo gama (ZVD in IJS), radiokemično analizo Sr-90 (ZVD in IJS), radiokemično analizo H-3 (IJS) in radiokemično analizo I-131 (ZVD). Za meritve doze zunanjega sevanja smo uporabljali TL dozimetre (IJS).

Vzorci zraka, padavin, neobdelane zemlje ter hrane rastlinskega in živalskega porekla smo v letu 2015 na ZVD vzorčili, pripravili in merili v skladu z odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti gama in beta sevalcev v vzorcih iz življenjskega okolja, DP-LMSAR-01, DP-LMSAR-02, DP-LMSAR-03, DP-LMSAR-07, DP-LMSAR-16, DP-LMSAR-18, DP-LMSAR-4.01, DP-LMSAR-4.02, DP-LMSAR-4.03.

IJS je v letu 2015 izvajal meritve radioaktivnosti tekočih vod, pitnih vod, sedimenta, zemlje in zraka v Ljubljani in krmil ter zunanjega sevanja. Vzorce so na IJS vzorčili, pripravili in merili v skladu s sprejetimi postopki IJS. Sevalce gama določajo v skladu s postopkom Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10), vsebnost Sr-89/90 v skladu s postopki Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01)) in Navodilo za uporabo proporcionalnega števca (DP-O2-STC(01)), vsebnost tritija pa v skladu s postopkom Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07) ali Določanje tritija s tekočinskimi scintilacijskim štetjem (SDN-O2-SZC(02)).

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

2.4 Akreditirane meritve

ZVD in IJS sta za izvajanje meritev z metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama, radiokemične analize Sr-89, Sr-90 in H-3 (samo IJS) ter meritve doze zunanjega sevanja akreditirana v skladu s standardi SIST EN ISO/IEC 17025 – akreditacijske listine številka LP-022, LP-032 in LP-090. Radiokemične analize I-131 se ne izvajajo po akreditirani

metodi, vendar izvajalci meritev vzdržujejo sistem kakovosti in nenehna izboljševanja. V prilogi A pričujočega poročila (od strani 93 naprej) so zbrane in predstavljene tabele z rezultati meritev monitoringa radioaktivnosti v okolju. Meritve označene z znakom # se nanašajo na neakreditirano dejavnost.

Ker sta meritve izvajala ZVD Zavod za varstvo pri delu in Institut »Jožef Stefan«, je vsaka tabela priloge A ob strani posebej označena z logotipom organizacije, in sicer z **ZVD** za meritve ZVD in **IJS** za meritve IJS.

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom \pm je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom $<$ je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v poročilu v prilogi A se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material. Podrobnejša pojasnila k zapisom rezultatov meritev so navedena v prilogi A.1.

2.4.1 Originalna poročila z meritvami

Rezultati navedeni v tabelah v prilogi A so pridobljeni iz naslednjih akreditiranih poročil ZVD in IJS v okviru izvajanja rednih monitoringov Uprave RS za jedrsko varnost (Ministrstvo za kmetijstvo in okolje), Uprave RS za varstvo pred sevanji (Ministrstvo za zdravje) ter Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (Ministrstvo za kmetijstvo in okolje), in sicer:

- Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji [5–9]
- Monitoring radioaktivnosti živil [10–12]
- Monitoring radioaktivnosti pitne vode [13]
- Monitoring radioaktivnosti živalske krme [14]

2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zraka podajamo v Bq/m^3 , v vzorcih tekočih in pitnih vod v Bq/m^3 , v vzorcih padavin na količino padavin v Bq/mm , v Bq/m^3 in preračunane na enoto prestrezne površine, v Bq/m^2 . V vzorcih zemlje podajamo specifične aktivnosti radionuklidov v Bq/kg in preračunane na enoto površine v Bq/m^2 . Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih hrane (mleko, meso, sadje, zelenjava in močnati izdelki) podajamo v Bq/kg . Doze zaradi zunanega sevanja in efektivne doze za prebivalstvo podajamo v mSv oziroma μSv .

Za vsako vrsto vzorca smo v tem poročilu izračunali povprečno letno vrednost specifične aktivnosti in njeno negotovost, ki ju kasneje upoštevamo v izračunu doz prebivalcev. Povprečno vrednost v tem poročilu izračunamo kot povprečje vseh poročanih izmerjenih vrednosti ali, če so aktivnosti prenizke, vrednosti meje detekcije za vsako specifično meritev. Negotovosti posameznih meritev so podane v tabelah v prilogi. K negotovosti izračunanega povprečja specifičnih aktivnosti vzorca prispevajo tako negotovosti posameznih meritev σ_{x_i} in raztros vrednosti oziroma standardna deviacija posameznih meritev od povprečne vrednosti σ_{stdev} , kot je prikazano v spodnjih enačbah.

$$\sigma_{stdev} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}}{n}} \quad (2.2)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_{stdev}^2 + \bar{\sigma}^2} \quad (2.3)$$

kjer je $\sigma_{\bar{x}}$ negotovost povprečne vrednosti. To pomeni, da bo, na primer, pri izmerjenih vzorcih, ki imajo velik razpon vrednosti prevladovala negotovost zaradi velike standardne deviacije od povprečja, pri vzorcih s konstantnimi vrednostmi pa negotovost zaradi negotovosti posamičnih meritev. Zato se je v primeru velikih negotovosti za povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti vzorcev v tem poročilu potrebno zavedati, da te v večini primerov niso posledica merske negotovosti, ampak predvsem širokega razpona aktivnosti v posameznih vzorcih iste vrste.

V spodnji tabeli 2.2 so prikazane orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide za metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama.

Tabela 2.2 | Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide

Vrsta vzorca	zemlja	voda	sediment	zrak
Količina vzorca	1 kg	0,02 m ³	1 kg	10000 m ³
Trajanje meritve	1 dan	1 dan	2 dni	1 dan
Spodnja meja detekcije				
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	μBq/m ³
K-40	0,9	18	0,7	35
Co-60	0,1	4,1	0,8	54
I-131	0,089	3,2	0,7	43
Cs-134	0,096	3,6	0,8	51
Cs-137	0,1	3,8	0,8	54
Pb-210	1,1	13	0,7	26
Ra-228	0,5	7,0	0,4	14
Th-228	0,2	4,0	0,2	8,0
Ra-226	0,3	2,3	0,2	4,5
U-238	0,8	12	0,6	23
Am-241	0,15	3,5	1,0	51

Zrak

Vzorčenje in rezultati meritev
Sezonske variacije Cs-137
Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137
Sezonske variacije Be-7 in Pb-210
Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210

Padavine

Vzorčenje in rezultati meritev
Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90
Specifična aktivnost H-3
Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

Tekoče vode

Vzorčenje in rezultati meritev
Dolgoročni trendi

Zemlja

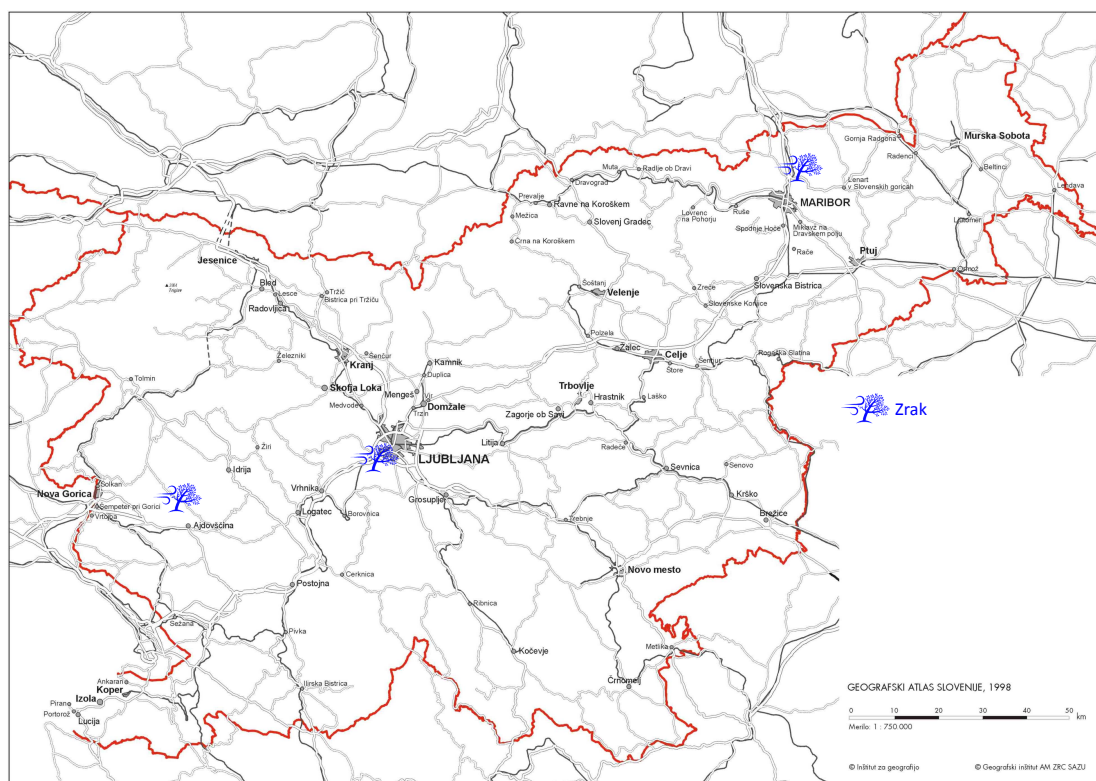
Vzorčenje in rezultati meritev
Dolgoročni trendi

3 — Okoljski monitoring

3.1 Zrak

3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve so se kot v preteklih letih izvajale na lokacijah Ljubljana in Predmeja, namesto lokacije Jezersko pa od leta 2005 dalje poteka vzorčenje zraka na Jareninskem vrhu pri Mariboru. Od avgusta 2009 se vzorčenje v Ljubljani namesto na lokaciji Reaktorskega centra Podgorica izvaja na lokaciji IJS na Jamovi cesti. Lokacije so označene na zemljevidu na sliki 3.1.



Slika 3.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.

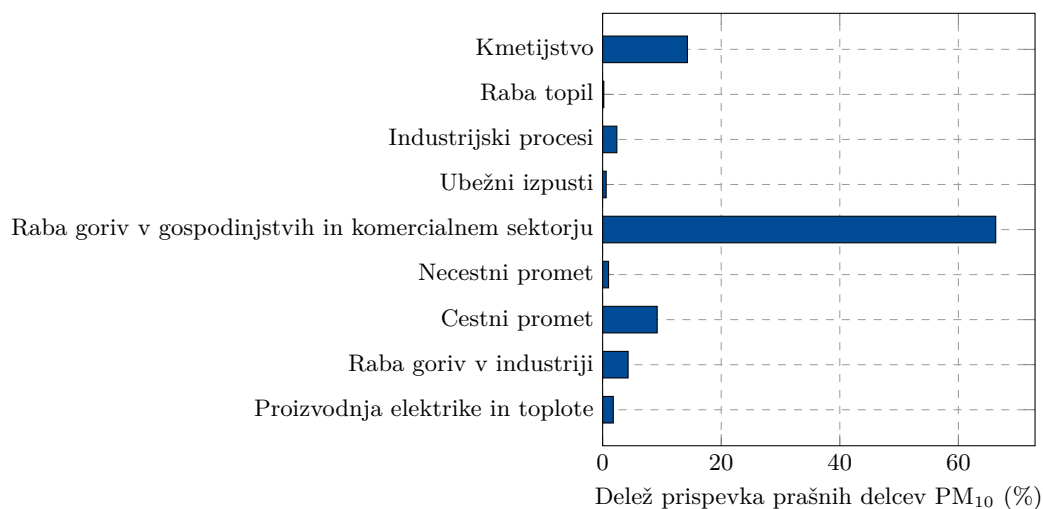
Zrak se kontinuirano vzorči, analize sevalcev gama sestavljenih vzorcev pa se opravljajo mesečno. Rezultati so podani v prilogi A v tabelah A.1, A.2 in A.3.

Celoletna letna povprečna vrednost specifične aktivnosti Cs-137 na lokaciji vzorčenja v Ljubljani je bila $2,4 \pm 0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na lokaciji vzorčenja na Jareninskem vrhu $1,4 \pm 0,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in na lokaciji vzorčenja na Predmeji $2,0 \pm 0,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Povprečna vrednost koncentracije Cs-137 za področje cele Slovenije v letu 2015 je $1,9 \pm 0,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Poleg naravnih radionuklidov je opaziti tudi kozmogeni Be-7. Povprečna letna vrednost specifične aktivnosti je bila na Jareninskem vrhu za Be-7 $3,4 \pm 0,2 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,57 \pm 0,05 \text{mBq}/\text{m}^3$, v Ljubljani za Be-7 $4,4 \pm 0,7 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,86 \pm 0,01 \text{mBq}/\text{m}^3$ in na Predmeji za Be-7 $4,4 \pm 0,2 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,54 \pm 0,05 \text{mBq}/\text{m}^3$. Povprečna vrednost koncentracije Be-7 za področje cele Slovenije v letu 2015 je $4,1 \pm 0,4 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,66 \pm 0,05 \text{mBq}/\text{m}^3$.

3.1.2 Sezonske variacije Cs-137

Nekatera tuja literatura navaja v preteklih letih izmerjene rahlo povišane koncentracije Cs-137, ki so bile do tedaj pod mejami detekcije, kar pripisujejo povišani uporabi drv in lesne biomase (peleti, briketi), ki vsebujejo višje aktivnosti Cs-137 zaradi kontaminacije po černobilski nesreči [15]. Ugotovljena je bila korelacija aktivnosti z nizkimi temperaturami in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod 10 μm). V literaturi je moč najti ugotovitve, da zaradi prenosnih mehanizmov prihaja do akumulacije Cs-137 v drevesih, posebej so povišane vrednosti v lubju [16–19].



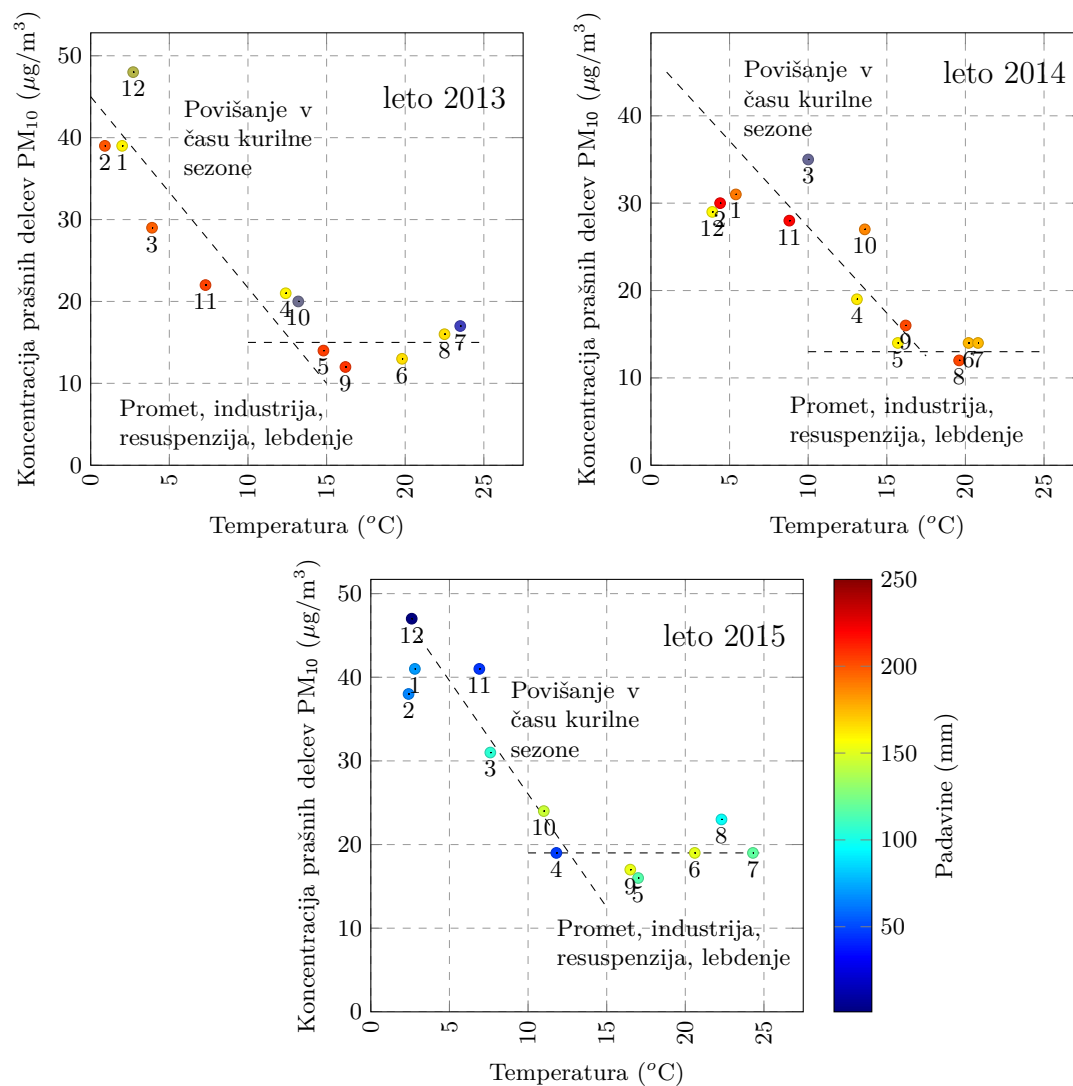
Slika 3.2 | Različni viri prašnih delcev PM₁₀ (za leto 2011).

Na podlagi predpostavk in ugotovitev v člankih [15–19] od leta 2013 dalje preverjamo, ali je takšen pojav viden tudi v Sloveniji, kjer bi lahko znaten vir Cs-137 v zraku prispevala ravno uporaba biomase. Novo hipotezo o izvoru Cs-137 od leta 2013 dalje preverjamo na izmerjenih podatkih, in sicer na povprečnih vrednostih na lokaciji v Ljubljani, kjer je kapaciteta zračne črpalke in s tem zanesljivost merskih podatkov največja. V dosedanjih poročilih o monitoringih prejšnjih let (republiški program ali okolica Nuklearne elektrarne Krško) [20, 21] smo privzeli hipotezo, da so izmerjene vrednosti Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje.

Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM₁₀ [22]. Deleži posameznih

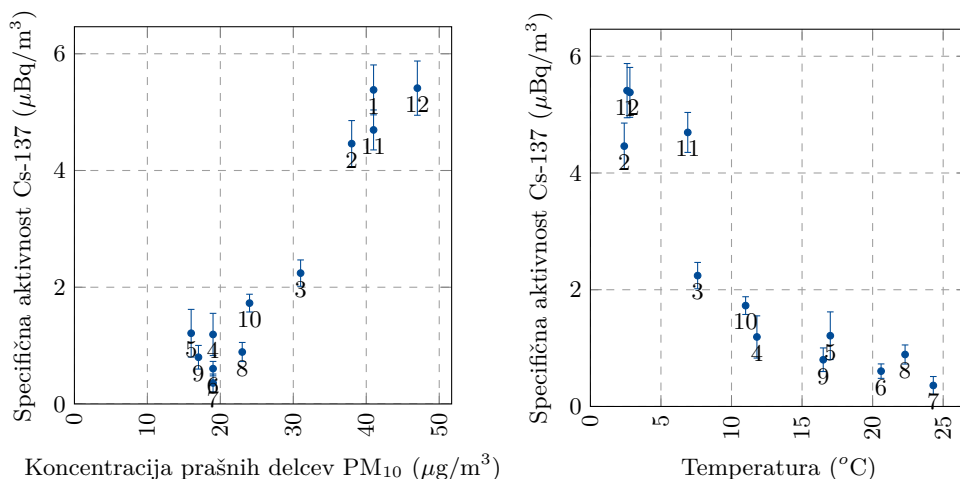
prispevkov so prikazani na sliki 3.2, kjer je razvidno, da k onesnaženju z delci daleč največ prispevajo individualna kurišča (drva, briketi, peleti), deloma in v precej manjši meri pa tudi promet, industrija in ponovni dvig ter lebdenje delcev v ozračju.

Iz meritev prašnih delcev PM_{10} tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [23–25]. To je tudi razvidno na sliki 3.3, kjer primerjamo koncentracije prašnih delcev PM_{10} in povprečne mesečne temperature za več zaporednih let. Tako je med kurilno sezono lepo viden dvig koncentracij PM_{10} , v toplih mesecih izven kurilne sezone so koncentracije dokaj stalne zaradi ostalih omenjenih virov PM_{10} . Velik vpliv na koncentracijo delcev imajo vremenske razmere (izpiranje zaradi dežja) in, ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin, tako v grafu na sliki 3.3 dodatna barvna oznaka odraža količino padavin v posameznem mesecu.



Slika 3.3 | Temperaturna korelacija prašnih delcev PM_{10} med kurilno sezono na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.

Na slikah 3.4 in 3.5 smo primerjali odvisnost izmerjenih aktivnosti nekaterih radionuklidov v zraku ($Cs-137$, $Th-228$, $Pb-210$) od povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev.



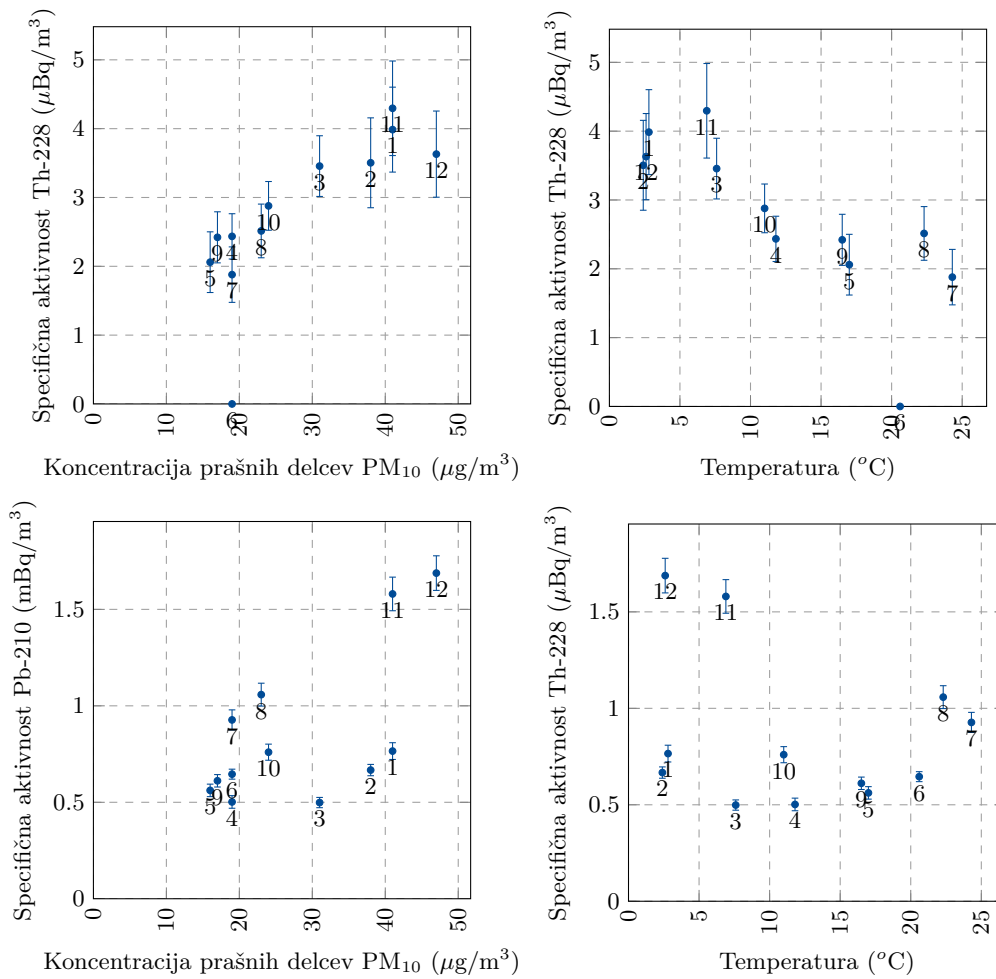
Slika 3.4 | Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.

Predvsem za Cs-137 lahko ugotovimo močno korelacijo s koncentracijami prašnih delcev oziroma močno antikorelacijo s temperaturo (kot indikator za kurilno sezono). Korelacija je precej manj izrazita za naravni radionuklid Pb-210 ali pa le-ta sploh ni prisotna za izotop Th-228. Iz zgornjih ugotovitev izhaja, da je v hladnih mesecih povišana uporaba lesnih kuriv, ki zaradi vsebnosti Cs-137 povišajo vrednosti v ozračju. To potrjujejo tudi meritve, kjer so aktivnosti Cs-137 izmerjene v hladnejših mesecih lahko tudi za velikostni red višje od vrednosti v toplejših mesecih, na nekaterih merilnih postajah pa so te velikokrat celo pod mejo detekcije.

Iz tega lahko zaključimo, da je prispevek k specifični aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplih mesecih pa je prispevek manj izrazit in je najverjetneje posledica več faktorjev, v prvi meri zaradi resuspenzije iz tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije.

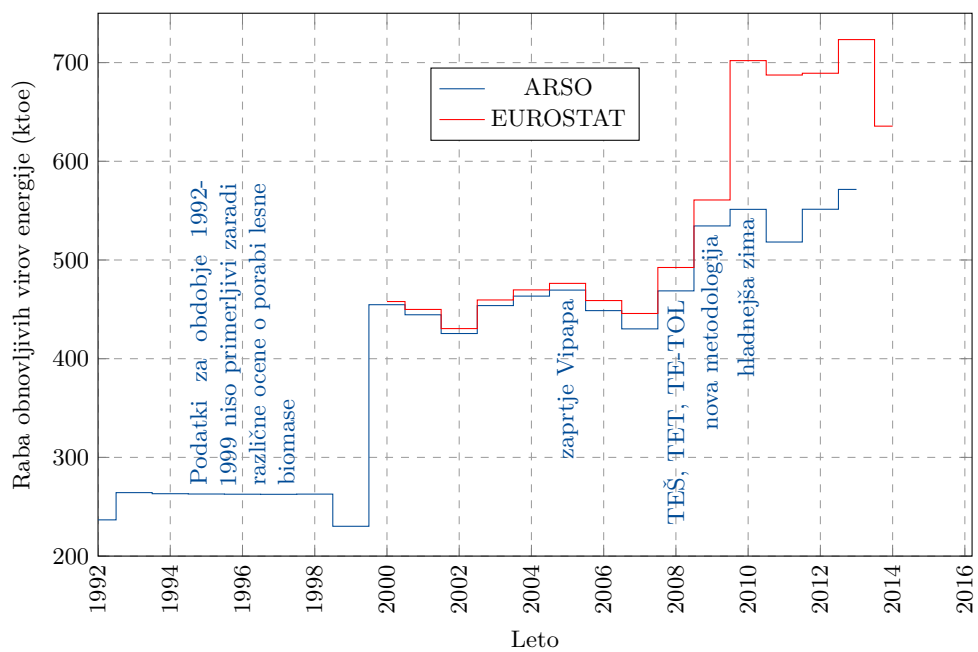
Uporaba lesne biomase v Sloveniji

Visoka rabe lesne biomase je glede na veliko pokritost z gozdovi pričakovana in smotrna. Poleg lesa trdna biomasa zajema tudi kostno moko in maščobe, papirni mulj ter lužnico, ki se uporabljajo v industriji. Les je leta 2011 predstavljal 98 % rabe trdne biomase. Največ trdne biomase se porabi v gospodinjstvih (leta 2011 415 ktOE - *kilotonne of oil equivalent*), sledita industrija s 50 ktOE in pridobivanje energije s 46 ktOE. Leta 2009 se je raba v gospodinjstvih močno povečala glede na predhodna leta. Povečanje je zlasti posledica izboljšanja metodologije spremljanja rabe lesne biomase v gospodinjstvih. V obdobju 2002-2008 je bila raba konstanta, leta 2009 pa se je, na podlagi rezultatov ankete o porabi energije v gospodinjstvih, izdelal model s katerim se vsako leto oceni raba lesne biomase [26, 27]. Povečanje rabe leta 2010 je predvsem posledica hladnejše zime, leta 2011 pa se je znižala zaradi toplejše zime ter tudi zaradi zamenjave starih kotlov na lesno biomaso z novejšimi učinkovitejšimi in zaradi energetske obnove stavb. V industriji se je raba biomase po letih rasti od leta 2005 zmanjševala. Glavni vzrok je zaprtje proizvodnje celuloze v podjetju Vipap. Leta 2011 je bila za 23 % nižja kot leta 2000. Raba v transformacijah je bila leta 2011 za 94 % višja kot leta 2000. Znatno se je povečala leta 2008, ko so začele les uporabljati tudi velike termoelektrarne TEŠ, TET in



Slika 3.5 | Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.

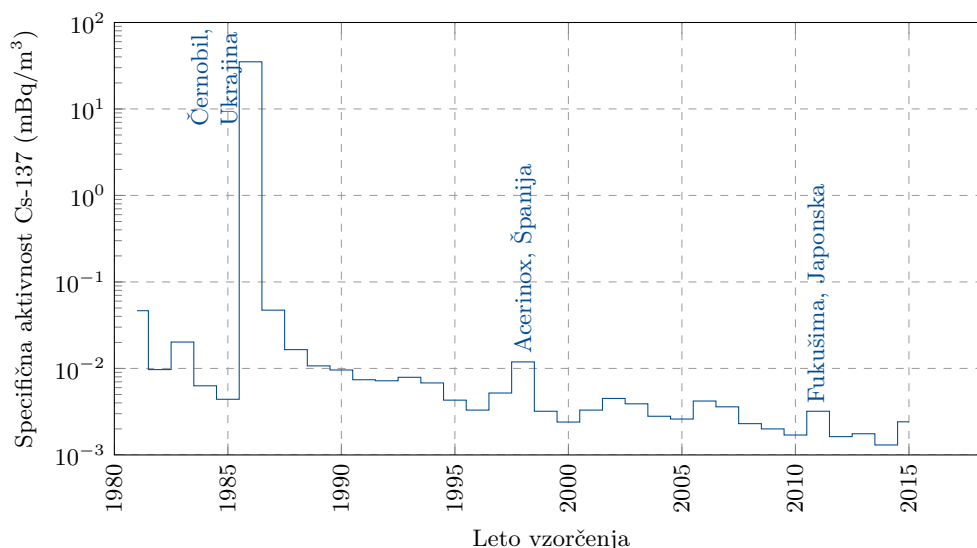
TE-TOL. V letih 2009-2013 je les od velikih TE uporabljala le TE-TOL. Narašča tudi poraba lesa v daljinskem ogrevanju, saj se povečuje število manjših sistemov na lesno biomaso [28].



Slika 3.6 | Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT).

3.1.3 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137

Na spodnji sliki 3.7 so prikazane povprečne mesečne specifične aktivnosti za Cs-137 za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.



Slika 3.7 | Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje

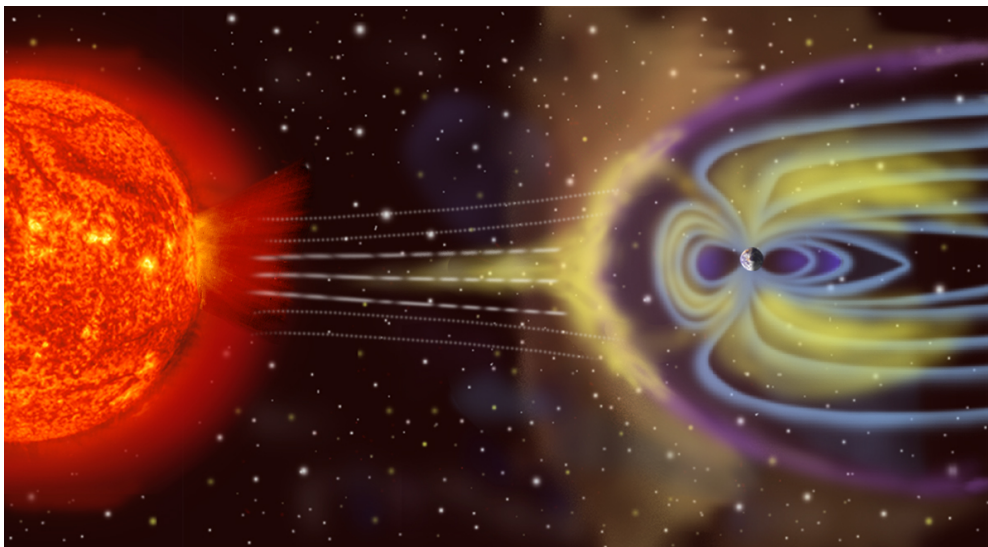
Mesečne koncentracije Cs-137 po letu 1986, ko so bile najvišje zaradi černobilske nesreče padajo. Povprečne letne koncentracije Cs-137 v zraku v Ljubljani se po letu 2000 gibljejo v območju vrednosti 1 – 5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in kažejo rahel trend padanja. Edino povišanje po černobilski nesreči je bilo vidno leta 1998, v času nezgode v jeklarni Acerinox v Španiji (Algeriras), kjer so stalili radioaktivni vir Cs-137, zaradi česar so bile izmerjene vrednosti okoli 10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, ter prvih nekaj mesecev po nesreči v jedrski elektrarni v Fukušimi na Japonskem marca 2011. Zaradi velike oddaljenosti in posledične razredčitve vpliv nesreče v Sloveniji ni bil močno opazen, povišane vrednosti za velikostni red od siceršnjih vrednosti so bile opazne le v prvih dveh mesecih po nesreči. Letno povprečje koncentracij Cs-137 v letu 2015 je na nivoju vrednosti letnih povprečij v preteklih letih (z izjemo 2011).

3.1.4 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210

Analizirali smo sezonske variacije specifičnih aktivnosti Be-7 v letu 2015, ki so prikazane na sliki 3.9.

Kozmogeni Be-7 nastaja kot fragmentacijski produkt jeder kisika in dušika pri trkih z bodisi visoko energijskimi galaktičnimi kozmičnimi žarki bodisi nizko energijskimi delci solarnega vetra v zemeljski atmosferi, pri čemer je prispevek slednjih precej manjši. Solarni veter je sestavljen iz protonov in elektronov pospešenih v sončevi koroni ali ob solarnih izbruhih. Večinoma so energije teh delcev prenizke, da bi prispeli v zemljino atmosfero, saj se zaradi Zemljinega magnetnega polja uklanjajo (prikazano na sliki 3.8). Njihov sicer majhen vpliv je možen le na magnetnih polih, kjer je usmerjenost magnetnih silnic taka, da delci solarnega vetra lahko prodrejo do nižjih nadmorskih višin.

Kozmogeni radionuklid Be-7 nastaja pretežno v jedrskih reakcijah fragmentacije ob interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki v zemeljski atmosferi [29]. Večina Be-7



Slika 3.8 | S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz).

tako nastane v spodnji stratosferi in nato počasi prehaja navzdol do nadmorskih višin zemeljskega površja, količina nastalega Be-7 je tako močno odvisna od sončeve aktivnosti.

Sezonske variacije koncentracij Be-7 v zraku so povezane z vsaj štirimi faktorji [29–31]:

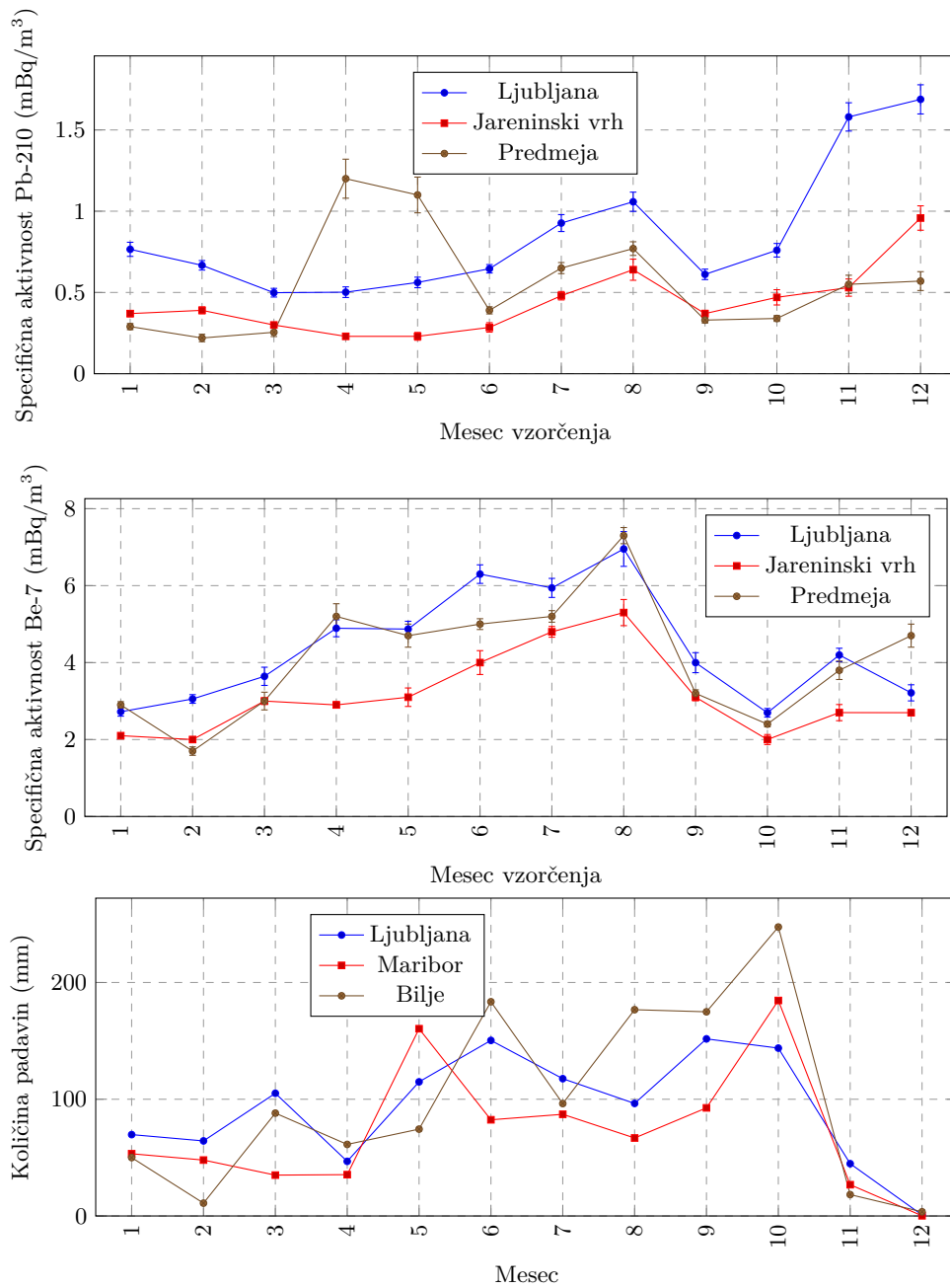
- hitrost prehajanja zračnih mas med stratosfero (višine do 50-60 km) in troposfero (višine do 8-15 km)
- vertikalno mešanje zračnih mas v troposferi
- prehajanje zračnih mas iz srednjih do visokih nadmorskih višin v troposferi in
- izpiranje atmosferskih aerosolov iz zraka preko padavin.

Izpiranje Be-7 s pomočjo padavin je dobro vidno na sliki 3.9, kjer so prikazane mesečne vrednosti aktivnosti Be-7 v zraku, dodatno pa za primerjavo še količina padavin v Ljubljani. Lepo je tudi vidna korelacija med količino padavin in mesečnim usedom Be-7 v padavinah na sliki 3.10.

Pri mesečnem usedu pa ni pomembna samo količina padavin, ampak tudi način izpiranja, npr. kratke močne plohe ali dolgotrajne minimalne padavine. Smiselno je torej poleg količine padavin upoštevati še število dni z zadostnimi padavinami, saj pri dnevni padavinah < 1 mm izpiranje ni nujno dovolj učinkovito. Zato so na sliki 3.10 prikazane korelacije tudi s takšnimi podatki – število dni s padavinami nad določeno količino.

Poleg izpiranja s padavinami, pa so sezonske variacije v obdobjih, kjer ni zaznanih velikih sprememb v količinah padavin – predvsem hladnejši meseci –, nedvomno povezane s premiki atmosferskih zračnih mas.

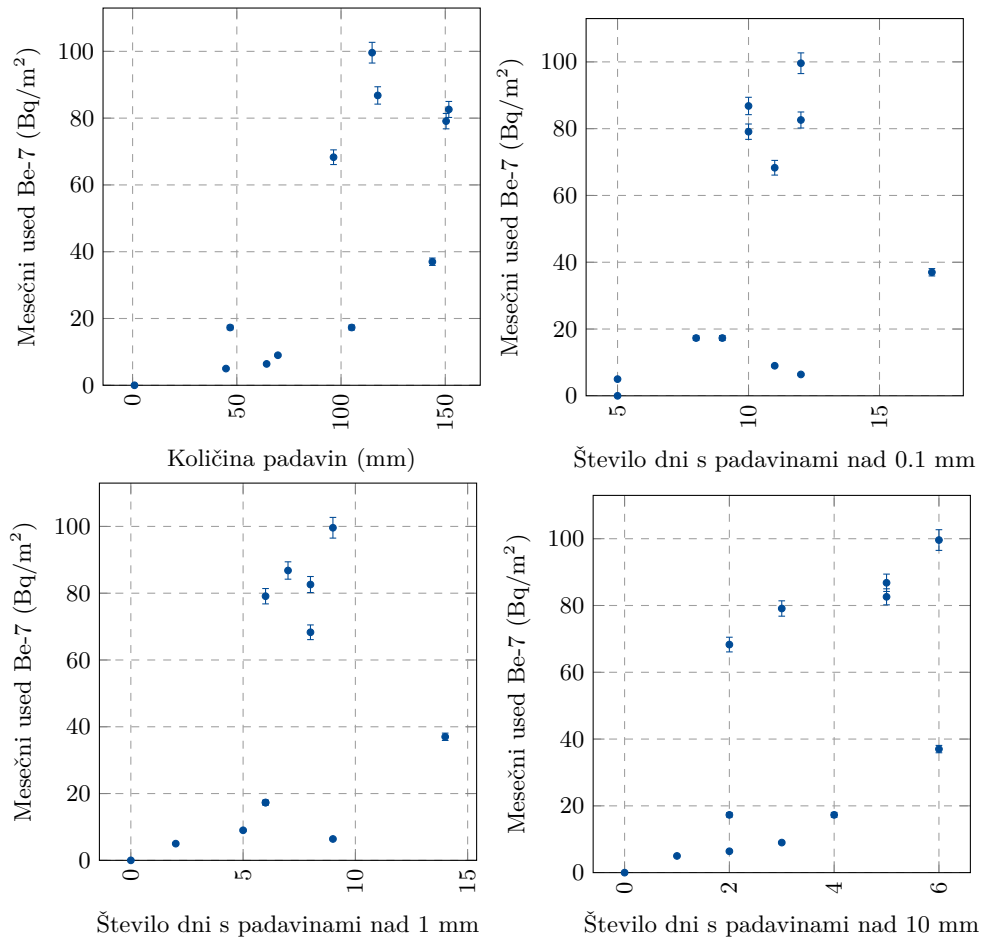
Na sliki 3.9 podrobneje analiziramo sezonske variacije, kjer poleg Be-7 analiziramo tudi koncentracije Pb-210. Oba radionuklida sta v literaturi uporabljena kot dobra sledilca atmosferskih gibanj zraka, Pb-210 za aerosole v nizkih višinah atmosfere (saj izhaja iz tal), Be-7 pa za aerosole na visokih nadmorskih višinah (nastaja pri interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki). V Sloveniji so koncentracije Pb-210 v zraku višje v zimskih mesecih, predvsem ob nizki vlažnosti, posledično manjših padavinah in majhnim usedom. Ob deževnih mesecih (tipično spomladi in jeseni) se koncentracije Pb-210 v zraku zmanjšajo. Koncentracija Be-7 v zraku najbolj naraste v poletnih mesecih, kjer najverjetneje poletni azorski anticiklon poskrbi za pretakanje zračnih mas iz višjih plasti



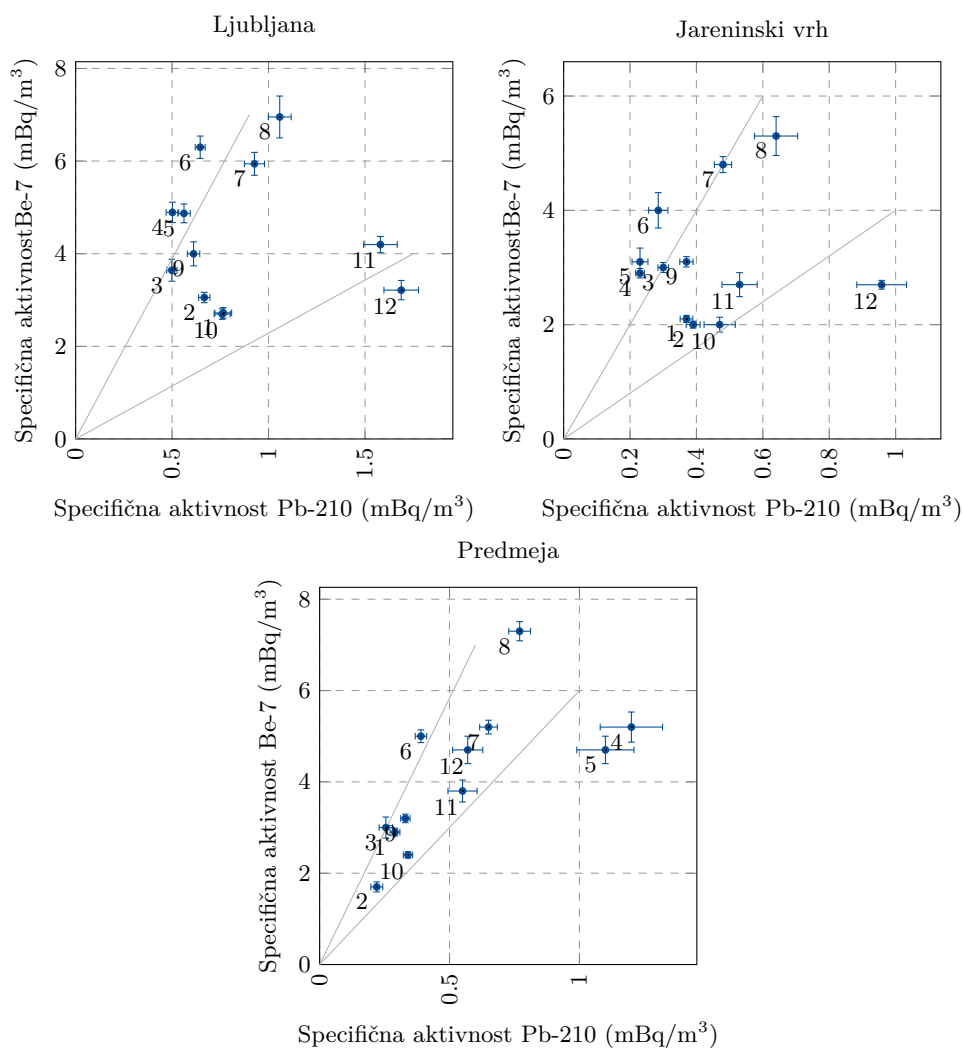
Slika 3.9 | Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.

troposfere oziroma stratosfere v nižje. Na ta način pride do povečanja koncentracij Be-7 na nadmorskih višinah ob zemeljskem površju.

Oba opisana pojava za koncentracije Pb-210 in Be-7 pomenita dvojno korelacijsko funkcijo za zimske in poletne mesece, ki sta lepo opazni na lokacijah Ljubljana in Jareninski vrh na sliki 3.11. Lokacija v Predmeji je izpostavljena stalnim vetrovom, zato je ta dvojna korelacija najmanj opazna.



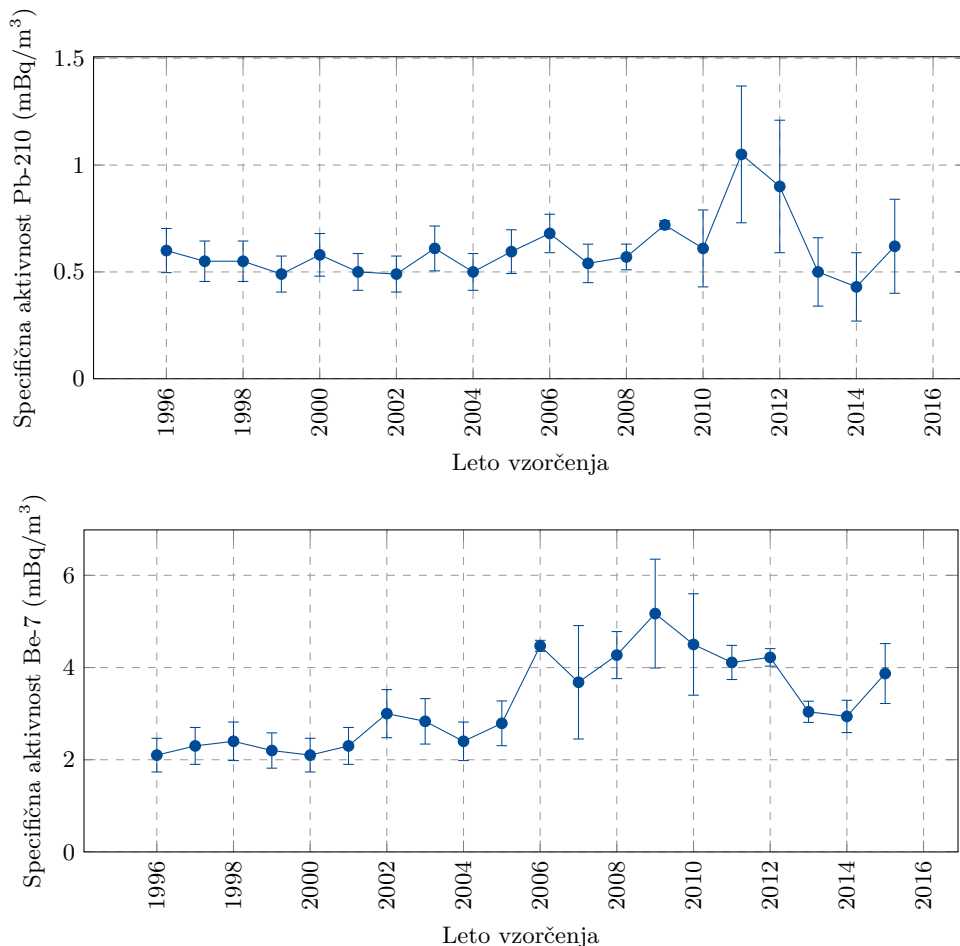
Slika 3.10 | Korelacija izmerjenega mesečnega usoda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2015).



Slika 3.11 | Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2015 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.

3.1.5 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210

Na spodnji sliki 3.12 so prikazane povprečne celoletne vrednosti specifičnih aktivnosti v zraku iz vseh treh lokacij vzorčenja za Pb-210 in kozmogeni Be-7 za obdobje od 1996 dalje.



Slika 3.12 | Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja).

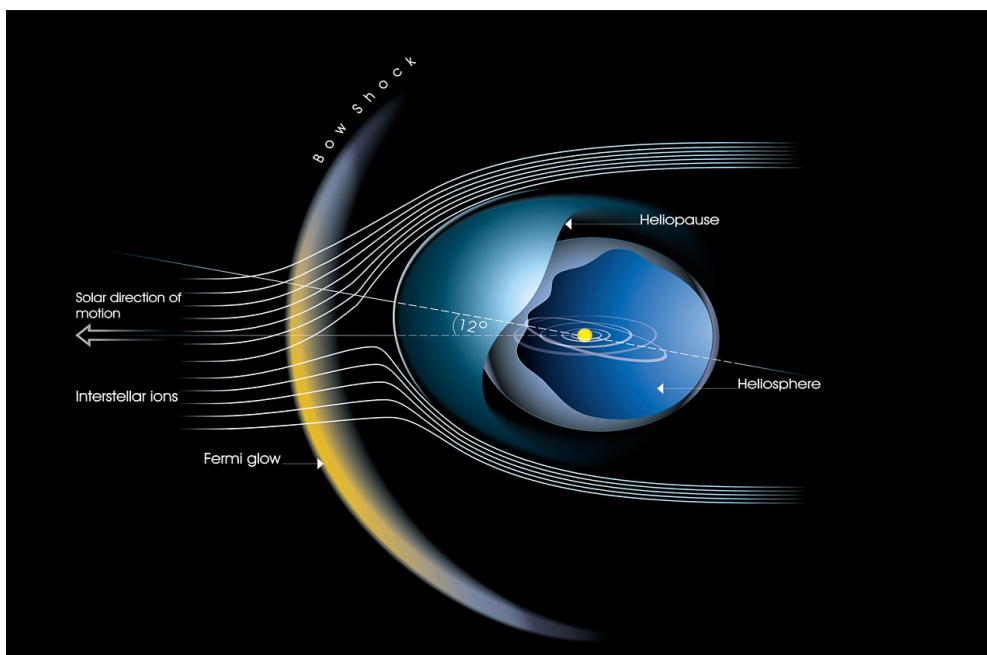
Iz slike 3.12 je razvidno, da je specifična aktivnost Pb-210 skozi celotno obdobje spremljanja dokaj konstantna in variira okrog povprečne vrednosti 0,6 mBq/m³. Izjema sta leti 2011 in 2012, kjer je specifična aktivnost skoraj dvakrat višja od povprečja. Ustrezne razlage nimamo, saj načeloma na koncentracije Pb-210 vplivajo atmosferski premiki zračnih mas (vertikalno in horizontalno mešanje) ter izpiranje aerosolov, na katere se veže Pb-210, s padavinami. Vrednosti specifičnih aktivnosti Be-7 se gibajo med 2,1-5,1 mBq/m³. V letih 2006-2011 so izmerjene vrednosti Be-7 v zraku za slabo polovico višje kot v prejšnjih letih (do 2005), dodatno je opazen rahel vrh okrog leta 2002.

Podoben trend je možno opaziti tudi pri vrednostih Be-7 v vzorcih padavin (prikazane na sliki 3.23), kjer je tudi opazno povišanje koncentracij v letih 2006-2011 v primerjavi s preteklimi leti. Potrebno pa se je zavedati, da je vsebnost Be-7 v padavinah v kratkih vzorčevalnih obdobjih (npr. mesečnih) antikorelirana z vsebnostjo Be-7 v zraku, v letnih povprečjih pa so koncentracije korelirane.

Variacije glede na leta opazovanja v koncentracijah Be-7 bi lahko pojasnili s t.i.

sončevim ciklusom. Solarni veter gledano v celotnem našem osončju pomeni tudi kontinuiran tok plazme (protoni in elektroni), območje vpliva te plazme pa imenujemo heliosfera in sega onkraj Plutonove orbite. Ker je plazma električno prevodna, prenaša del Sončevega magnetnega polja. Na ta način ima solarni veter močan vpliv na galaktične kozmične žarke.

Galaktični kozmični žarki prihajajo tipično izven našega osončja iz medzvezdnega prostora naše galaksije. To so visoko energijski nabiti delci – protoni, elektroni in popolnoma ionizirana jedra lahkkih elementov. Ko se galaktični kozmični žarki približajo našemu osončju, v heliosferi lahko izgubijo precejšen del svoje energije in posledično v manjši meri prodrejo v Zemljino atmosfero (slika 3.13). V tem primeru je verjetnost nastajanja kozmogenega Be-7 zmanjšana.

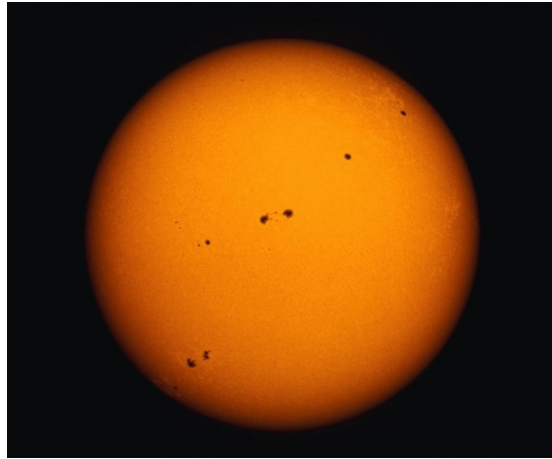


Slika 3.13 | V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.

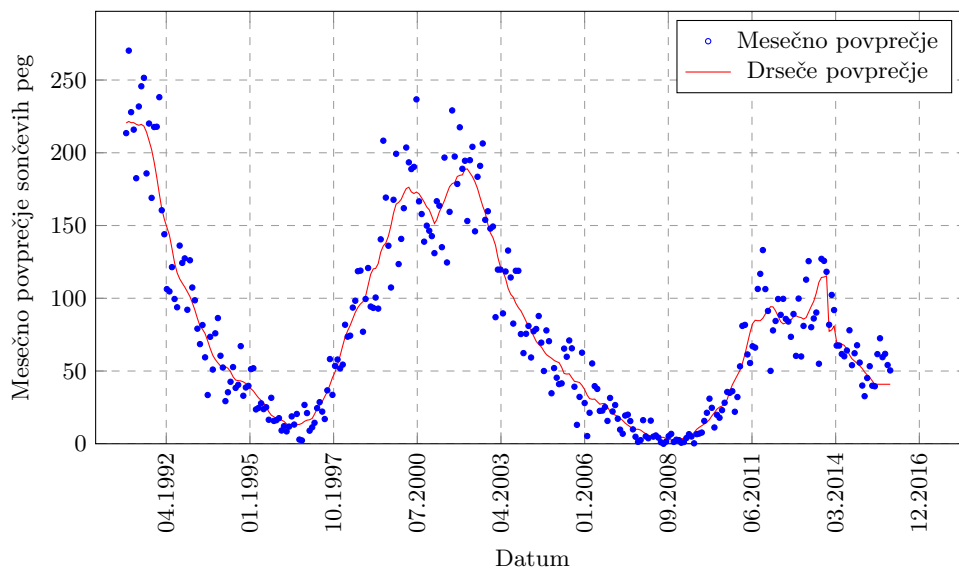
Sončeva aktivnost ima svoj tipični 11-letni cikel [32]. Odraž aktivnosti je viden kot povečanje ali zmanjšanje števila sončevih peg (slika 3.14). V času solarnega maksimuma je število peg večje, v času minimuma pa manjše. Med sončevim maksimumom je tudi solarni veter močnejši, kar posledično preko močnejše heliosfere pomeni zmanjšan vpliv galaktičnih kozmičnih žarkov na Zemljino atmosfero. Časovna odvisnost sončeve aktivnosti je prikazana na spodnji sliki 3.15.

Če primerjamo izmerjene specifične aktivnosti Be-7 v zraku (slika 3.12) in sončevo aktivnost (slika 3.15) ugotovimo močno antikorelacijo, ki je prikazana na sliki 3.16. V času sončevega minimuma (od 2006 do 2010) je zaradi večjega fluksa galaktičnih kozmičnih žarkov narasla specifična aktivnost Be-7, v času sončevega maksimuma (od 1999 do 2003) pa so specifične aktivnosti Be-7 v zraku nizke, z izjemo lokalnega sončevega minimuma v letu 2001-2002, ki se prav tako odraža v lokalnem maksimumu izmerjene specifične aktivnosti Be-7 v zraku v letu 2002. Z letom 2011 se začne nov sončev maksimum, zato so pričakovano koncentracije Be-7 v zraku nižje (glej sliko 3.12), predvidevamo, da bi v prihodnjih letih morale še dodatno padati.

Delno na izmerjene koncentracije Be-7 v zraku vplivajo padavine, ki ga izpirajo iz

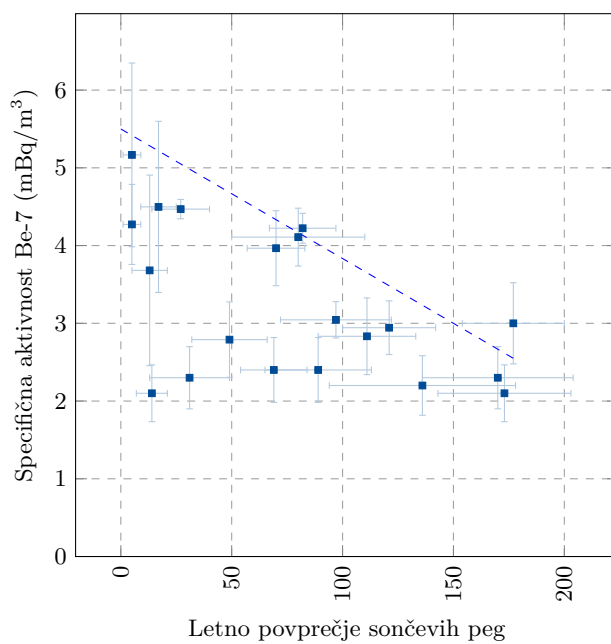


Slika 3.14 | Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter.

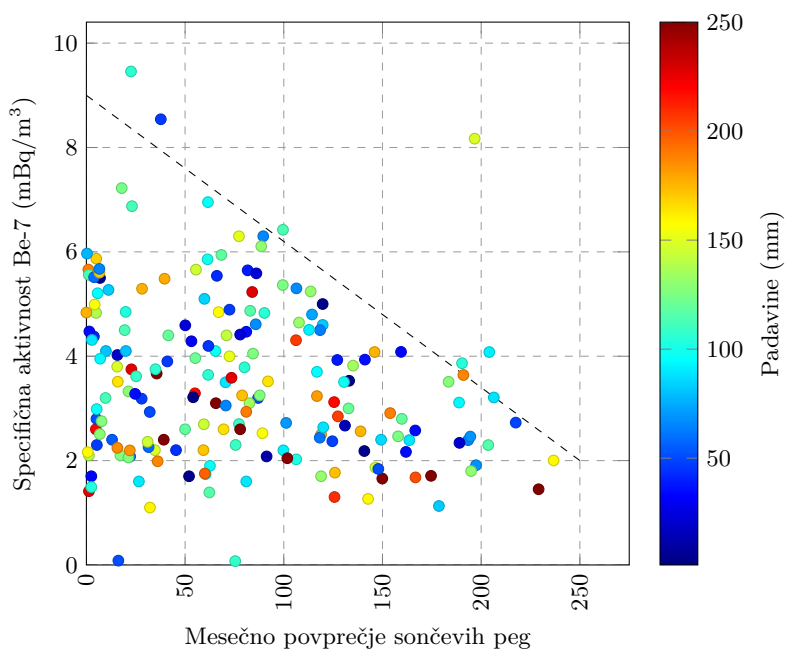


Slika 3.15 | Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.

ozračja, vendar se v letnih podatkih to dovolj izpovpreči, da je vpliv zmanjšan. Če analiziramo mesečne podatke, pa ta slika ni več tako izrazita in antikorelacije skoraj niso opazne. Na sliki 3.17 je prikazana antikorelacija sončevega cikla – število peg – z izmerjenimi mesečnimi koncentracijami Be-7 za merske podatke od leta 2000 dalje. Na grafu so za posamične meritve dodane tudi količine mesečnih padavin, ki so obarvane z ustrežno barvo glede na njihovo višino. Najverjetneje pa vpliva tudi delna zakasnitev zaradi transporta izotopa Be-7 od mesta nastanka v atmosferi do tal, kjer vzorčimo zrak.



Slika 3.16 | Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.



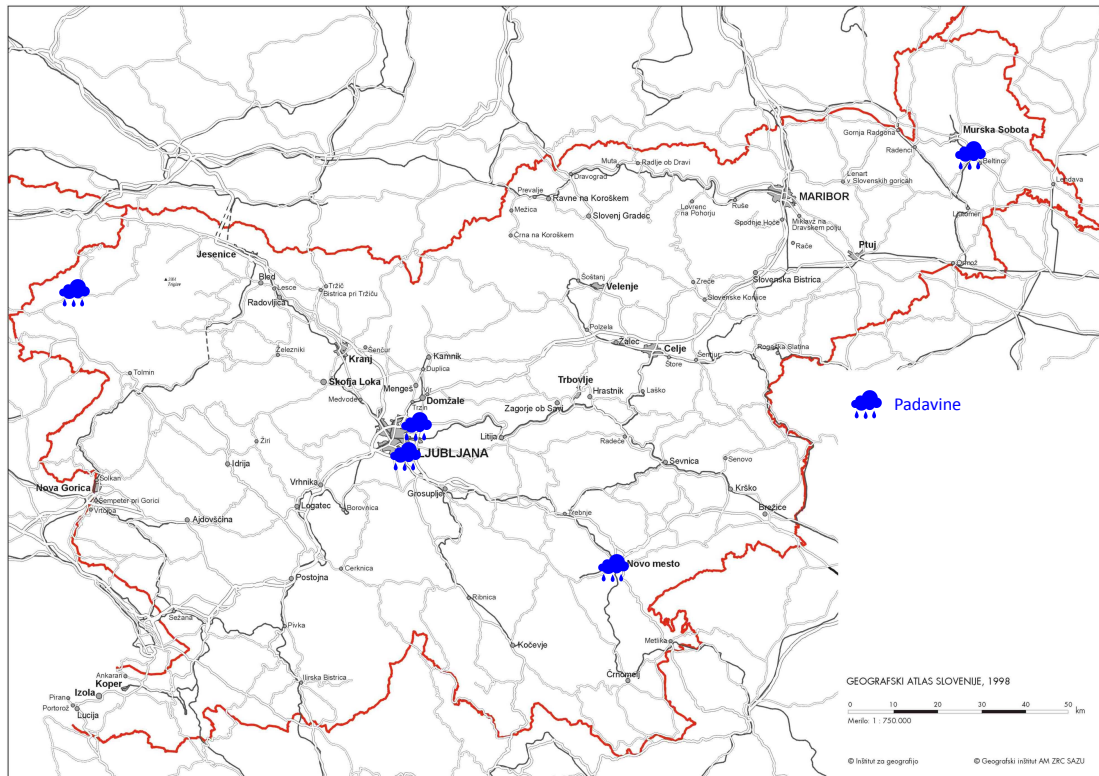
Slika 3.17 | Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin.

3.2 Padavine

3.2.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Padavine smo vzorčili kontinuirano in merili enkrat mesečno v Ljubljani. V Murski Soboti, Bovcu in Novem mestu je bilo vzorčenje kontinuirano, meril se je trimesečni kompozitni vzorec.

Rezultati meritev so zbrani v prilogi A v tabelah od A.4 do A.8.



Slika 3.18 | Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.

Letna količina padavin v letu 2015 v Ljubljani je bila 1089 mm, v Bovcu 1896 mm, v Novem mestu 1084 mm in v Murski Soboti 682 mm. Poleg umetnih radionuklidov Cs-137, Sr-90 in H-3 smo določali tudi naravne radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228, K-40 ter kozmogeni Be-7.

Primerjava rezultatov 2015 z leti pred tem kaže, da so se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah oziroma radioaktivni used zmanjšal, kar je normalna posledica manjše količine padavin v letu 2015. Prisotnosti naravnih radionuklidov ni smiselno komentirati, saj ne predstavljajo pravega atmosferskega useda.

Od umetnih radionuklidov sta dolgoročno opazna samo Cs-137 in Sr-90, vendar so specifične aktivnosti večkrat na meji detekcije, tako da so negotovosti pri meritvah precej velike. Najvišji letni used Cs-137 je bil izmerjen v Bovcu $4,6 \pm 0,1 \text{ Bq/m}^2$ in najmanjši v Novem mestu $0,39 \pm 0,02 \text{ Bq/m}^2$. Najvišji letni used Sr-90 je bil izmerjen v Bovcu $1,5 \pm 0,1 \text{ Bq/m}^2$, povsod drugje pa so bile aktivnosti pod mejami detekcije.

Od naravnih radionuklidov naj omenimo še skupne vrednosti kozmogenega Be-7, katerega rezultati znašajo od 510 Bq/m^2 v Ljubljani do 820 Bq/m^2 v Bovcu.

3.2.2 Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90

V tabeli 3.1 so prikazane povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine povprečene na vse lokacije vzorčenja za obdobje od leta 2000 naprej. Dodane so tudi povprečne količine padavin na vseh merskih lokacijah za to obdobje.

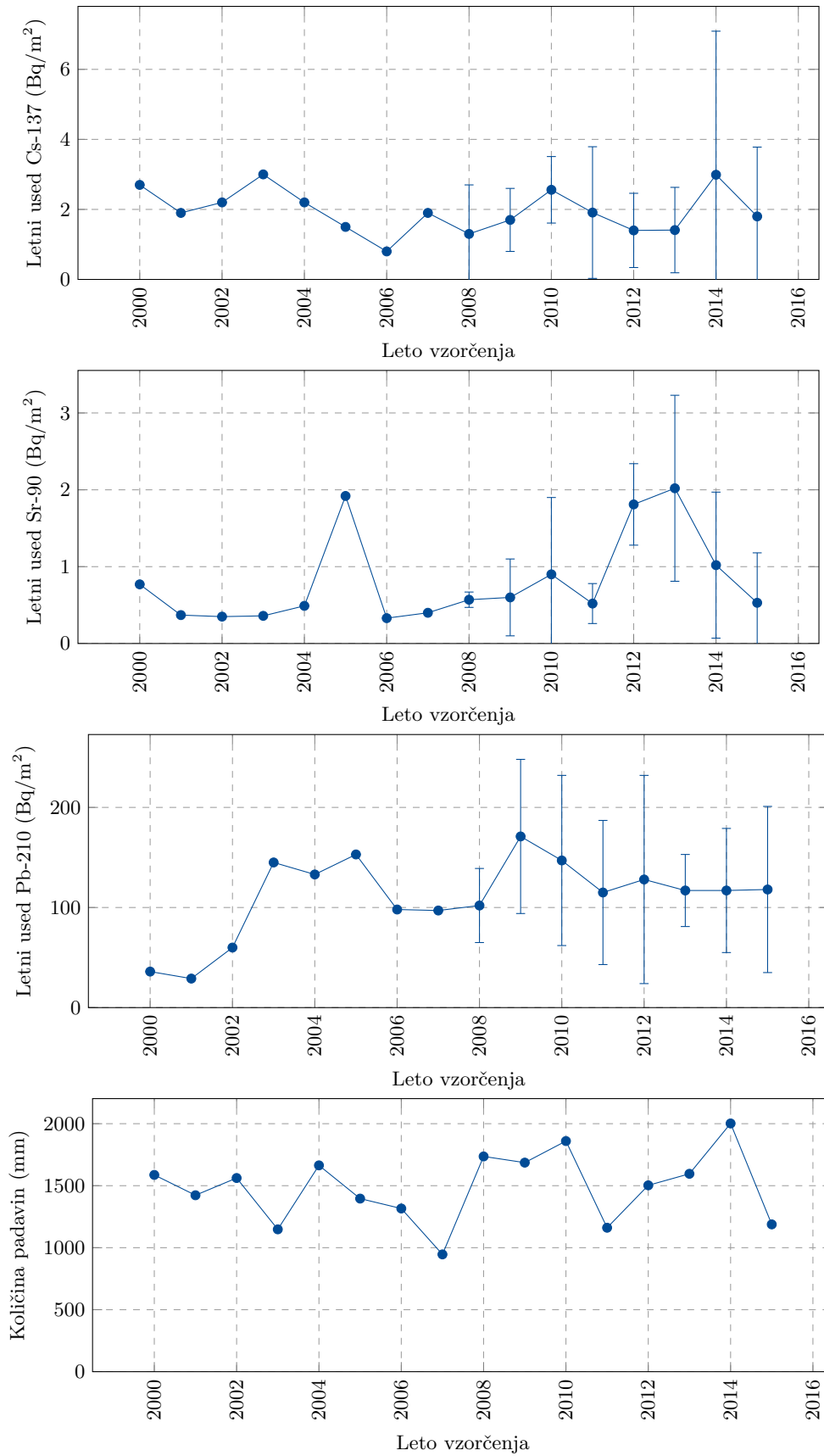
Tabela 3.1 | Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij)

Leto	Radionuklid			Količina padavin (mm)
	Sr-90	Cs-137	Pb-210	
Letni used (Bq/m ²)				
2000	0,77	2,7	36	1587
2001	0,37	1,9	29	1423
2002	0,35	2,2	60	1562
2003	0,36	3,0	145	1148
2004	0,49	2,2	133	1664
2005	1,92	1,5	153	1396
2006	0,33	0,8	98	1316
2007	0,40	1,9	97	946
2008	0,57 ± 0,10	1,3 ± 1,4	102 ± 37	1736
2009	0,61 ± 0,47	1,73 ± 0,90	171 ± 77	1686
2010	0,90 ± 1,00	2,56 ± 0,95	147 ± 85	1860 ± 1172
2011	0,53 ± 0,26	1,9 ± 1,9	115 ± 72	1161 ± 680
2012	1,81 ± 0,53	1,40 ± 1,06	128 ± 104	1503 ± 873
2013	1,7 ± 1,2	1,41 ± 1,22	117 ± 36	1596 ± 760
2014	1,02 ± 0,95	3,0 ± 4,1	117 ± 62	2002 ± 1098
2015	0,53 ± 0,65	1,8 ± 2,0	118 ± 83	1188 ± 509

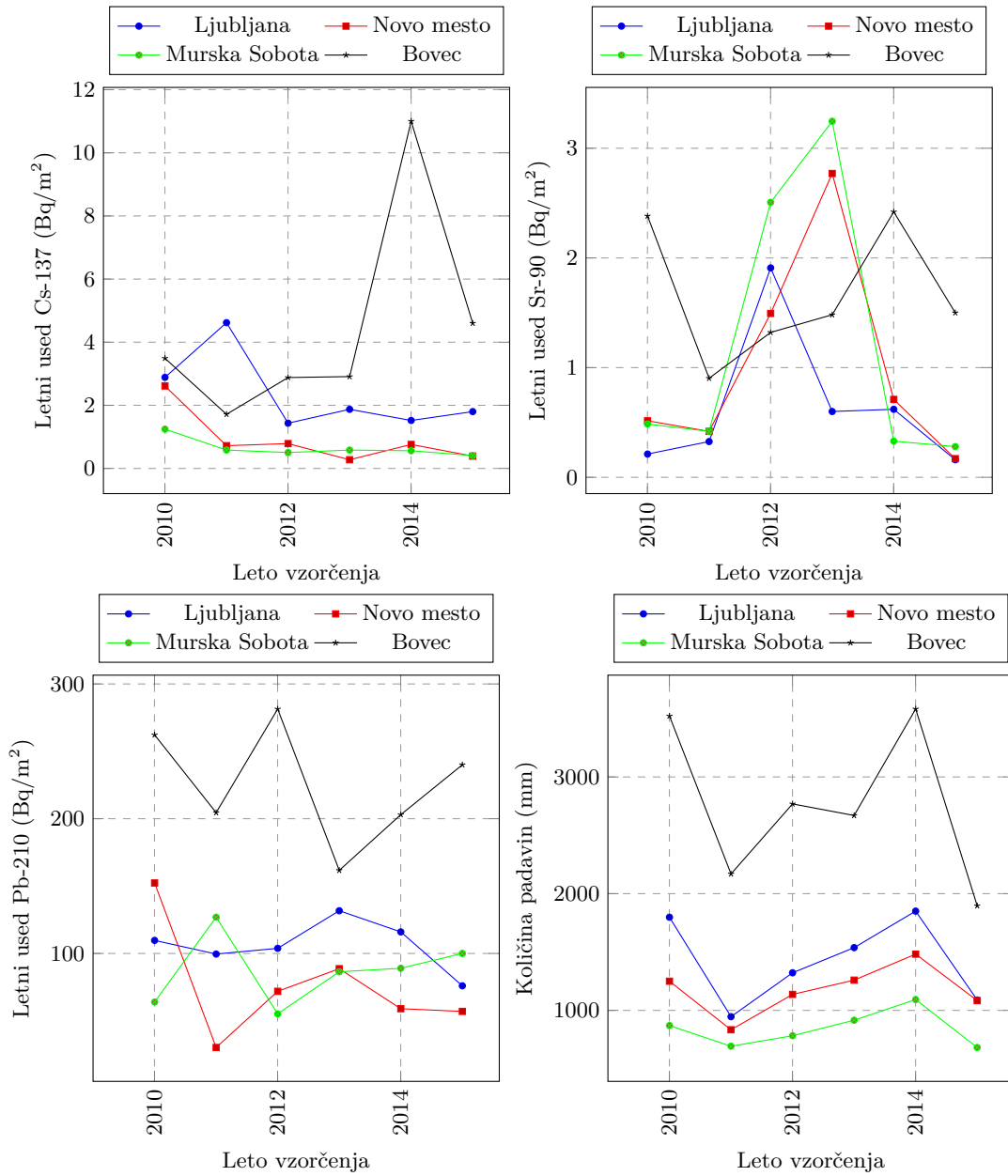
Iz rezultatov v tabeli 3.1 je razvidno, da vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 na enoto površine povprečene po lokacijah Slovenije variirajo z leti. Na sliki 3.19 je časovna odvisnost letnega useda od leta 2000 dalje prikazana na grafu. Relativno visoka vrednost za Sr-90 v 2005 v Ljubljani je posledica ene same visoke vrednosti, izmerjene v marcu 2005 $41,0 \pm 0,2$ Bq/m³. Za leti 2012 in 2013 ugotavljamo, da je velika večina meritev aktivnosti Sr-90 pod mejo detekcije, ki ima dokaj velik razpon bodisi je nižja od tipično izmerjenih vrednosti bodisi višja. Ker v analizi pri izračunu povprečnih letnih vrednosti upoštevamo tudi vzorce z izmerki pod spodnjo mejo detekcije, je v teh letih potrebno povprečno vrednost upoštevati kot orientacijsko vrednost. Vendar pa, če primerjamo odvisnost letnega useda od letne količine padavin (prikazano na sliki 3.21), korelacija med njima ni zelo opazna. To najverjetneje pomeni, da ne glede na količino padavin, le-te izperejo praktično celotno aktivnost Sr-90 v zraku ali pa je metoda določevanja Sr-90 prim danih aktivnostih že nezanesljiva oziroma so aktivnosti že primerljive s spodnjo mejo detekcije. Zato tudi na letni ravni ni zaznani velikih variacij. Je pa na sliki 3.21 opazna korelacija za izotopa Cs-137 in Pb-210.

Primerjava rezultatov za merjene radionuklide pokaže, da se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah niso bistveno spremenile v primerjavi s prejšnjimi leti. Dejstvo pa je, da so koncentracije pogosto blizu meje detekcije, tako da so tudi merske negotovosti relativno velike in prispevajo k vsakoletnemu in medletnemu sipanju rezultatov.

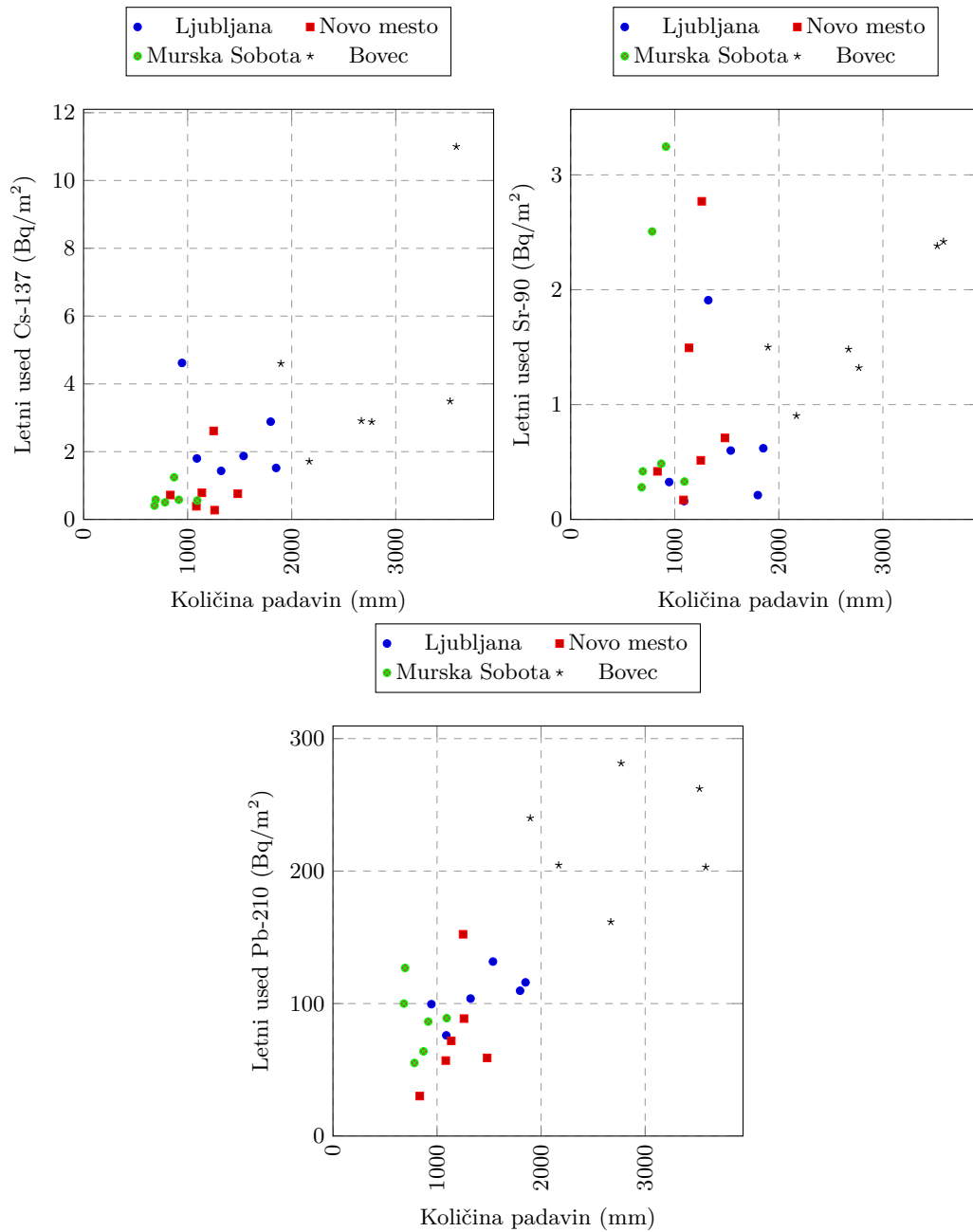
Največja odstopanja v rezultatih po posameznih trimesečjih povzročajo zimski meseci, ki so lahko zelo suhi ali pa obilni s padavinami (glej tabele z rezultati meritev od A.4 do A.8 v prilogi A).



Slika 3.19 | Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)



Slika 3.20 | Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2010 dalje na posamičnih lokacijah: Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Bovec.

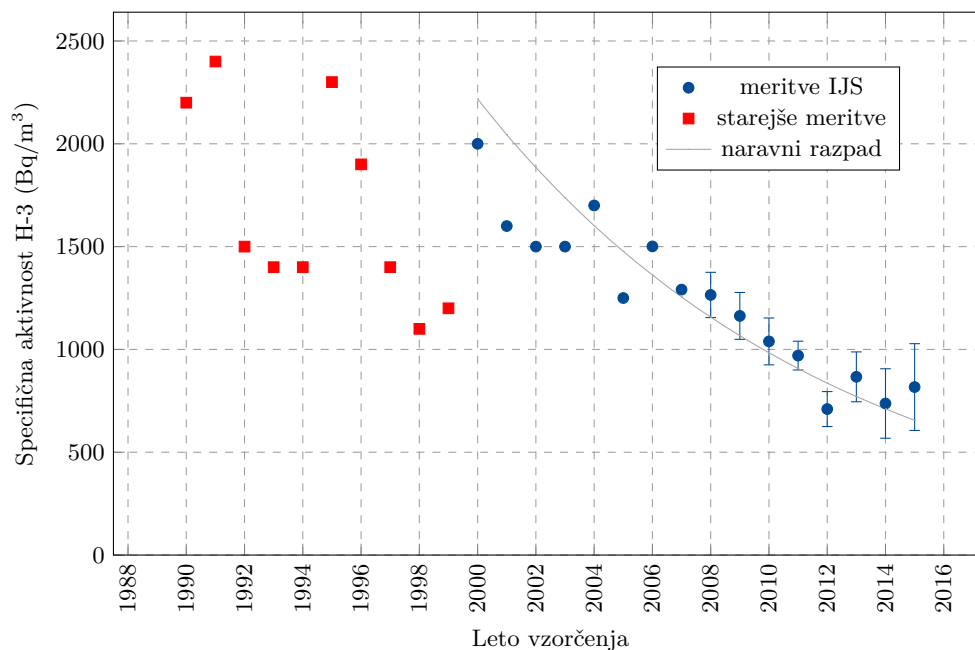


Slika 3.21 | Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.

3.2.3 Specifična aktivnost H-3

Meritve specifične aktivnosti H-3 v vzorcih padavin smo opravili le v mesečnih vzorcih iz Ljubljane (meritve je izvajal IJS). Rezultati meritev so prikazani v prilogi. Koncentracije aktivnosti H-3 v deževnici v letu 2015 so pod dolgoletnim povprečjem. Vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v obdobju od leta 1990 dalje se gibajo v območju 700-2400 Bq/m³. Povprečna letna koncentracija H-3 v letu 2015 je znašala 817 ± 211 Bq/m³. Večja odstopanja med vrednostmi pri določenih letih pred 2000 so lahko posledica dveh različnih izvajalcev meritev, in sicer laboratorija IJS in Seibersdorf. V preteklosti smo preverili takšno domnevo in izvedli primerjavo meritev koncentracij H-3 v istih vzorcih v obeh laboratorijih (IJS in Seibersdorf). Rezultati so pokazali odstopanje tudi za faktor 2 (IJS izmeri višje vrednosti). Zaradi konsistentnosti v zadnjih letih vedno meritve izvaja IJS (O2).

Na sliki 3.22 so prikazane vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v vzorcih padavin iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje. Dolgoročni trend kaže padanje vrednosti, po letu 2000 izmerjene količine H-3 sledijo trendu naravnega radioaktivnega razpada z razpolovno dobo H-3 12,3 let. Vrednosti pred letom 2000 so nižje od pričakovane ekstrapolacije za nazaj, vendar je to lahko posledica nezanesljivih meritev, kar delno potrди tudi zgornje odstopanje izmerkov med dvema laboratorijema.



Slika 3.22 | Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.

Viri H-3 v okolju

V splošnem se je s pojavom atmosferskih poskusov jedrskega orožja in razvojem jedrske energije količina H-3 v okolju sprva sicer dvignila, vendar je zaradi radioaktivnega razpada okrog 90 % aktivnosti, nastale od leta 1945 do poznih 60ih let, že izginila.

Nastajanje z naravnimi procesi.

H-3 sicer v naravi nastaja predvsem v jedrskih reakcijah dušikovih in kisikovih jeder z visoko energijskimi kozmičnimi žarki v zgornjih plasteh atmosfere, kjer skoraj 99 %

nastalega H-3 oksidira v tritirano vodo (HTO) in s padavinami preide v površinske vode. Letna naravna produkcija H-3 v atmosferi ob upoštevanju radioaktivnega ravnovesja tako znaša 0,15-0,20 kg oziroma $5,0-7,0 \cdot 10^{16}$ Bq [33]. Zaradi naravnega nastajanja zaradi kozmičnih žarkov je v okolju tako stalno okrog 3,5 kg H-3 oziroma $1,2 \cdot 10^{18}$ Bq.

Umetni viri.

Veliko različnih radionuklidov, vključno s H-3, je bilo izpuščenih v okolje med izvajanjem atmosferskih poskusov jedrskega orožja, ki so bili izvedeni večinoma med letoma 1945 in 1963. Tako je z jedrskimi poskusi v okolju nastalo približno 650 kg H-3 oziroma $2,3 \cdot 10^{20}$ Bq (80% na severni in 20% na južni polobli). Ob upoštevanju radioaktivnega razpada z razpolovnim časom 12,3 let je od teh poskusov v atmosferi leta 2007 prisotnih še 40 kg H-3 oziroma še $1,4 \cdot 10^{19}$ Bq [34, 35].

Med jedrskimi objekti, ki prispevajo k izpustom H-3 v okolje, so tlačnovodni reaktorji in obrati za predelavo jedrskega goriva. Pri reaktorjih hlajenih in moderiranih s težko vodo H-3 nastaja z nevtronsko aktivacijo devterija, kjer tako letno nastane okrog 1,9 g oziroma $6,8 \cdot 10^{14}$ Bq H-3 za reaktor z močjo 900 MWe, prispevek pa je mnogo večji od prispevka izpustov tlačnovodnih reaktorjev, kjer H-3 nastaja z zajetjem nevtronov v B-10, ki je sestavni del primarnega hladila (borova kislina), in sicer letno okrog 0,03 g oziroma $1,1 \cdot 10^{13}$ Bq H-3 za reaktor z močjo 900 MWe ali 0,09 g oziroma $3,2 \cdot 10^{13}$ Bq H-3 za reaktor z močjo 1300 MWe. Zelo majhen del H-3 nastane tudi s cepitvijo nekaterih uranovih in plutonijevih izotopov, ki pa skoraj v celoti ostane v gorivu samem. Trenutna inštalirana moč vseh jedrskih reaktorjev je okrog 384000 MWe [36], od tega znaša delež težkovodnih reaktorjev okrog 5 % [37].

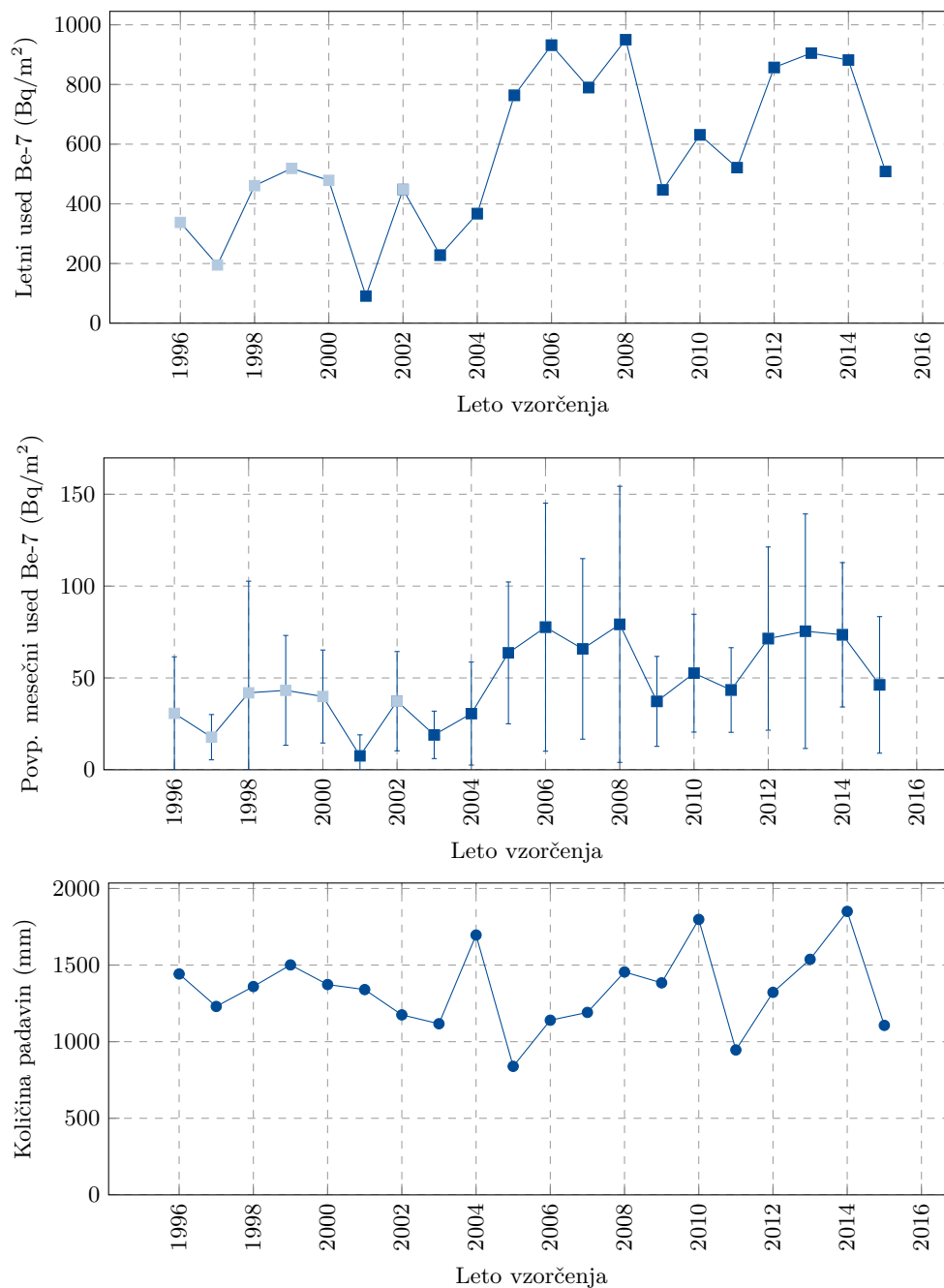
H-3 v obsevanem gorivu se večinoma izloči med predelavo goriva pri rezanju gorivnih palic, v okolje pa prehaja v obliki tritirane vode med tekočimi izpusti. V obratu La Hague (FR) izpustijo letno približno 30 g oziroma 10^{16} Bq H-3 za vsakih 1600 ton jedrskega materiala, v obratu Sellafield (VB) pa letno približno 8 g oziroma $2,8 \cdot 10^{15}$ Bq H-3 [33].

3.2.4 Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

Na sliki 3.23 so predstavljene dolgoročne meritve vsebnosti kozmogenega Be-7 v padavinah iz Ljubljane (od leta 2000 dalje). Posebej podajamo skupni letni used (Bq/m^2) in povprečni mesečni used (Bq/m^2) ter za orientacijo še količino padavin.

Posebej so v grafih označene starejše vrednosti v letih do 2000 in v letu 2002, kjer so koncentracije useda Be-7 izračunane na podlagi specifične aktivnosti zbranega vzorca padavin na enoto mase. V obdobju enomesečnega zbiranja padavin lahko del vzorca tudi izpari, kar pomeni, da so vrednosti navedene v grafih lahko celo za faktor 1-2 previsoke.

V letih okrog 2007 so opazne višje koncentracije Be-7 glede na prejšnja leta, in sicer približno za polovico. Podobno kot za vzorce zraka, lahko takšno povečanje pojasnimo s sončevim ciklusom, ki je podrobno opisan že v podpoglavju 3.1.3.

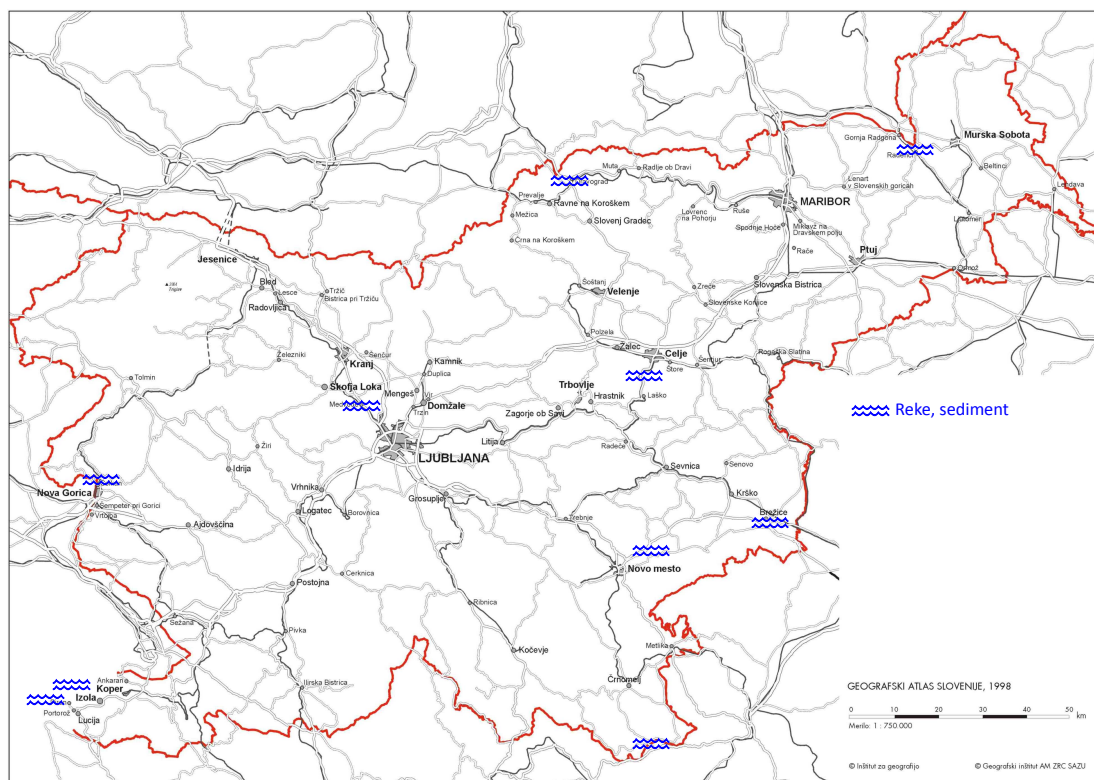


Slika 3.23 | Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.

3.3 Tekoče vode

3.3.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve tekočih vod so bile opravljene na istih lokacijah kot v prejšnjih letih, in sicer v dveh enkratnih vzorcih rek Save v Ljubljani in Brežicah, Drave pri Dravogradu, Mure pri Petanjcih, Savinje pod Celjem, Krke pri Otočcu, Soče pri Solkanu in Kolpe pri Vinici ter morja in sedimenta v Piranu. V vzorcih rek Save, Drave in Mure so bile opravljene meritve specifične aktivnosti H-3. V rekah Muri in Dravi so se opravljale trimesečne enkratne meritve specifične aktivnosti I-131.



Slika 3.24 | Lokacije vzorčenja tekočih vod.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah od A.9 do A.16.

V vzorcih rek smo merili umetne radionuklide Cs-137, Sr-90 in H-3, ki so produkt človekovih dejavnosti, ter I-131, ki se uporablja v terapevtske namene v bolnišnicah v Sloveniji in v Avstriji. Določali smo tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov uranove in torijeve vrste ter K-40 in Be-7. Najvišje izmerjene koncentracije in povprečne vrednosti so predstavljene v spodnji tabeli 3.2.

Iz tabele meritev A.10 vidimo, da je koncentracija K-40 v Savinji pri Celju za približno en velikostni red višja kot na drugih mestih. Utemeljene razlage za to ni, lahko je posledica uporabe surovin v industriji ali pa izdelkov v poljedelstvu, ki vsebujejo večje količine kalija. Predlagamo, da se v Celjski kotlini testno izmeri tudi koncentracije K-40 v zemlji, iz česar bi lahko potem sklepali glede povečanja v Savinji.

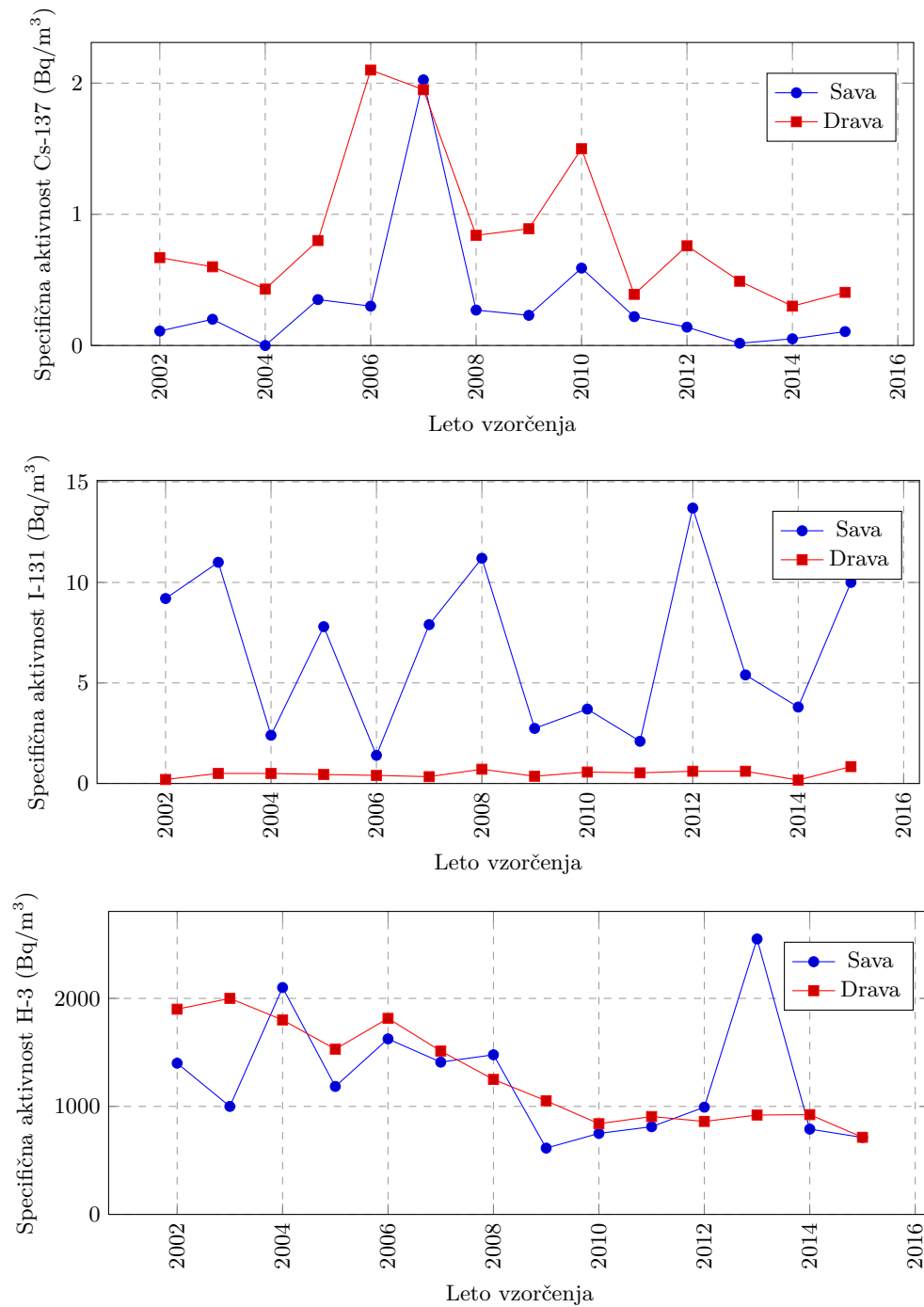
3.3.2 Dolgoročni trendi

Na sliki 3.25 so prikazane povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v rekah Savi (povprečje lokacije pri Ljubljani in Brežicah) in Dravi v Dravogradu za obdobje od leta 2002 dalje. V letu 2007 opazimo navidezno višjo vrednost koncentracij

Tabela 3.2 | Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, \bar{A} , radionuklidov v vzorcih tekočih vod

Radionuklid	A_{max} (Bq/m ³)	Lokacija	\bar{A} (Bq/m ³)
Cs-137	0,7	Savinja	0,2 ± 0,2
Sr-90	2,2	Mura	1,5 ± 0,4
I-131	74	Savinja	8 ± 14
H-3	1223	Sava - Brežice	802 ± 214
Pb-210	5,9	Krka	2,4 ± 2,0
K-40	510	Savinja	75 ± 123
Be-7	15	Savinja	4,4 ± 2,6

Cs-137 v reki Savi, vendar lahko ugotovimo, da je bila koncentracija pod mejo detekcije, ki je bila v tem primeru višja za to specifično meritev. Enako velja tudi za koncentracije Cs-137 v reki Dravi v letih 2006 in 2007. Opazimo lahko tudi, da je I-131 v Savi (Ljubljana) za skoraj dva velikostna reda več kot v Dravi, kar je najbrž posledica izpustov I-131 iz Univerzitetnega kliničnega centra in Onkološkega instituta v Ljubljani, kjer izvajajo terapijo z omenjenim izotopom in kjer so lahko izmerjene koncentracije močno odvisne od dneva vzorčenja. Zaključke o razmerjih izotopa v obeh rekah pa je zaradi narave izvajanja terapevtskih postopkov in le dveh letnih meritev enkratnih vzorcev težko podati.

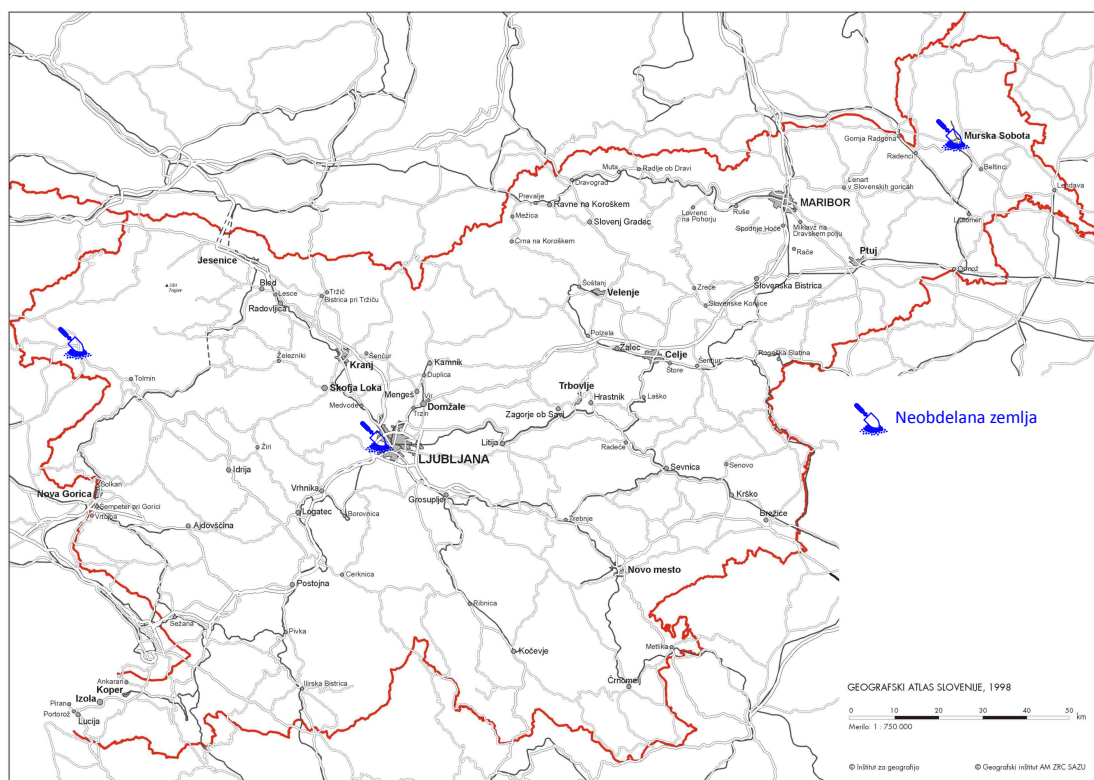


Slika 3.25 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje.

3.4 Zemlja

3.4.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Zemljo smo v letu 2015 vzorčili v spomladanskem in jesenskem obdobju na treh globinah 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, in sicer na lokacijah Ljubljana (IJS), Kobarid in Murska Sobota (obe ZVD). Od leta 2009 dalje IJS vzorči zemljo v Ljubljani na lokaciji Ceste dveh cesarjev, prejšnja leta pa je na tej lokaciji vzorčil ZVD (v letu 2008 in 2006 je vzorčenje potekalo na lokaciji IJS Podgorica).



Slika 3.26 | Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so prikazani v prilogi A v tabelah od A.17 do A.20 ter na sliki 3.27.

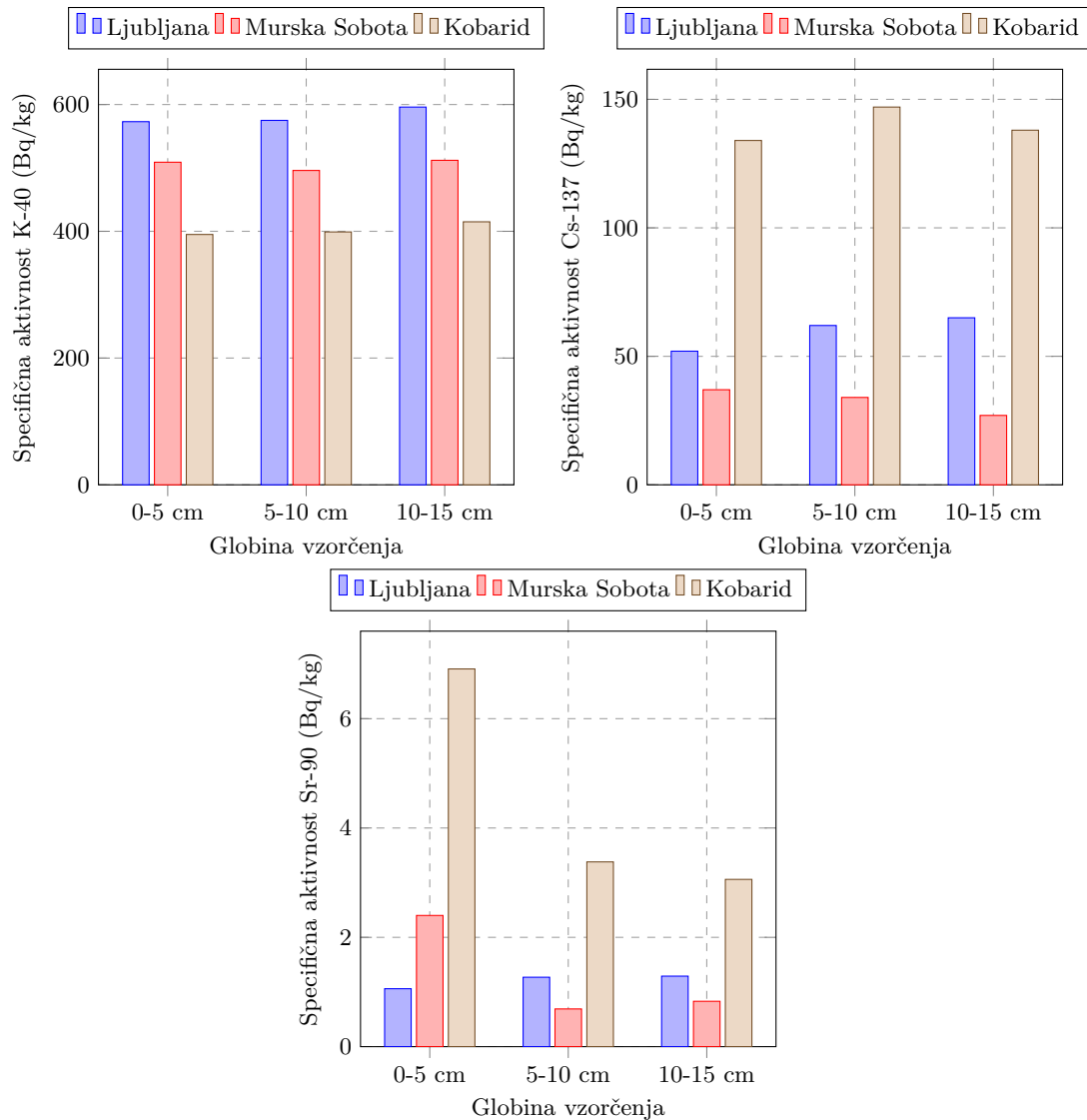
Specifične aktivnosti v vseh treh plasteh so v prilogi A prikazane v enotah Bq/kg posušene zemlje in tudi preračunane na enoto površine v Bq/m². Pri tem so preračunane tudi vrednosti za naravne radionuklide, za katere pa vemo, da ne predstavljajo površinske kontaminacije.

Ljubljana.

V vzorcih zemlje iz Ljubljane je bilo povprečje specifične aktivnosti v vseh treh plasteh 59 ± 7 Bq/kg Cs-137 in $1,2 \pm 0,1$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 konstantna, vsebnost Sr-90 pa približno narašča z globino vzorčenja oziroma so koncentracije v globljih plasteh višje kot v pripovršinski plasti.

Kobarid.

V vzorcih zemlje iz Kobarida je bilo povprečje specifične aktivnosti 139 ± 11 Bq/kg Cs-137 in $4,5 \pm 2,1$ Bq/kg Sr-90, po plasteh je vsebnost Cs-137 približno konstantna oziroma po maksimumu v srednji plasti rahlo pade aktivnost v večji globini, vsebnost Sr-90 pa pada z globino vzorčenja.



Slika 3.27 | Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji

Murska Sobota.

V vzorcih zemlje iz Murske Sobote je bilo povprečje specifične aktivnosti Cs-137 33 ± 5 Bq/kg in Sr-90 $1,3 \pm 0,9$ Bq/kg, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 približno konstantna oziroma ni mogoče opaziti izrazitega trenda glede na globino vzorčenja, z izjemo najnižje aktivnosti v najgloblji plasti, vsebnost Sr-90 pa pada z globino.

Vpliv značilnosti mikrolokacij.

Zaradi značilnosti terena, kotanjavosti, nagnjenosti, difuzijskih lastnosti zemlje in lokalnih posebnosti padavin v času černobilske nesreče, se vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 ali Sr-90 močno razlikujejo že na lokalni ravni. Že na razdalji nekaj metrov med lokacijama vzorčenja se lahko specifične aktivnosti razlikujejo za nekajkrat. Očitno so difuzijski procesi Sr-90 in Cs-137 v različnih tipih zemlje različni, kar potrjujejo tudi različni globinski profili v prejšnjih letih, ki med seboj niso popolnoma konsistentni.

3.4.2 Dolgoročni trendi

Na slikah 3.28, 3.29 in 3.30 so prikazane časovne odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v plasti 0-5 cm za Ljubljano, Kobarid in Mursko Soboto za obdobje od leta 1986 dalje (za izotop Cs-137 so prikazane vse plasti). Poleg povprečnih letnih specifičnih aktivnosti so za primerjavo prikazane tudi vrednosti za naravni radioaktivni razpad omenjenih radionuklidov za isto obdobje za pripovršinsko plast (označene s polno črto), ob privzetih začetnih vrednostih, izmerjenih v aprilu 1986. Koncentracije radionuklidov v zemlji ne sledijo eksponentni funkciji radioaktivnega razpada, saj izotopi dodatno difundirajo v globlje plasti zemlje in so sedaj že tudi globlje od 15 cm.

Iz slik 3.28, 3.29 in 3.30 je razviden trend padanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 zaradi migracije v druge plasti in radioaktivnega razpada. Pri izotopu Cs-134 zaradi krajšega razpolovnega časa, procesov migracije ni opaziti, saj je npr. v Murski Soboti tako rekoč ostal le v prvi plasti in tam razpadel (pod mejo detekcije). Za zemljo v Murski Soboti podobno velja tudi za Sr-90, saj specifična aktivnost sledi zmanjševanju zaradi naravnega radioaktivnega razpada. Na slikah od 3.28 do 3.30, kjer posebej analiziramo obnašanje Cs-137, lahko iz primerjave njegove aktivnosti v različnih plasteh ugotovimo, da počasni aktivnosti v globljih plasteh postajajo višje od aktivnosti v pripovršinski plasti (v Ljubljani in Kobaridu že od približno leta 2000 dalje, v Murski Soboti pa šele ob okvirno leta 2006). To potrjuje zgoraj omenjeno hipotezo, da so mehanizmi difundiranja v spodnje plasti zelo različni od vrste zemlje.

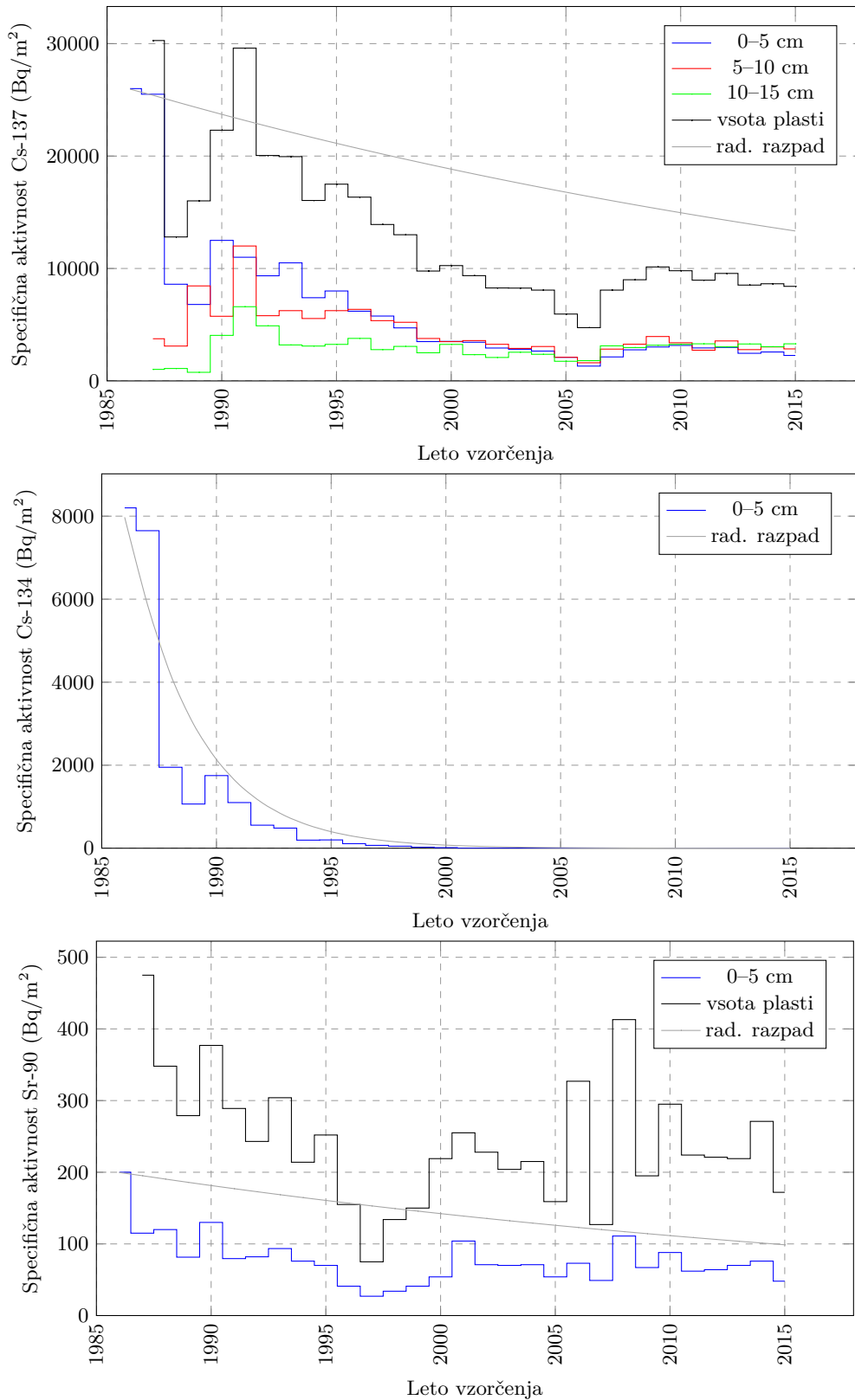
Zaradi migracije radionuklida Cs-137 v globlje plasti, je smiselna primerjava celotnega depozita v vsej globini vzorčenja od 0 do 15 cm, torej ne le depozita v zgornji plasti 5 cm.

V prvih letih po černobilski nesreči je v celotnem depozitu v globini 0-15 cm tudi depozit zaradi bombnih poskusov. Za zadnjih 10 let pa lahko rečemo, da je celotni depozit v globini 0-15 cm posledica černobilske nesreče, saj so radionuklidi sproščeni ob poskusih razstrelitev jedrskih bomb že migrirali v plasti v globini 30 cm in več.

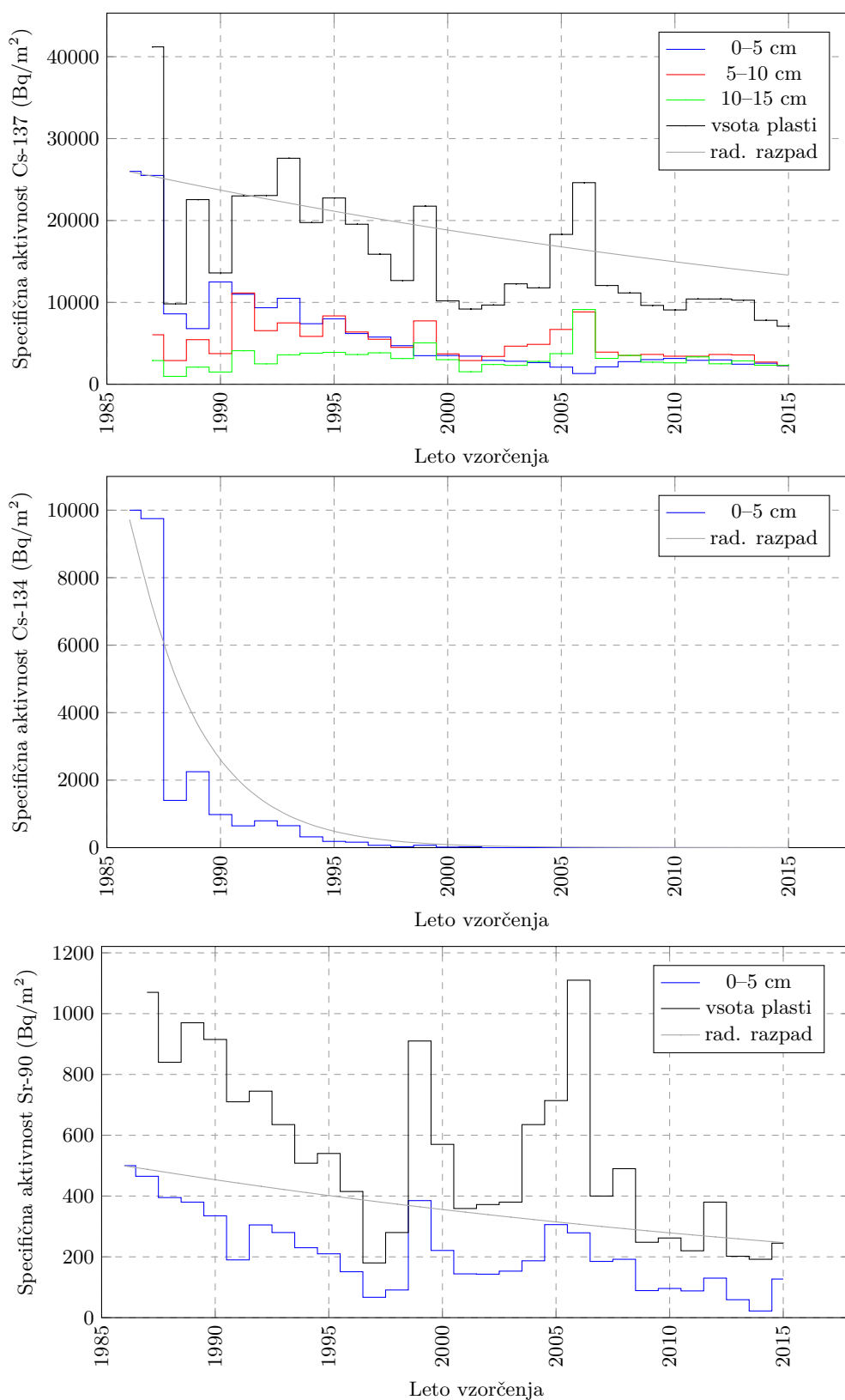
V Ljubljani in Kobaridu lahko tudi za depozit černobilske nesreče že lahko rečemo, da prehaja v globlje plasti, zato predlagamo, da bi začeli z vzorčenjem plasti zemlje iz globine 15-30 cm. Zemlja v Murski Soboti ima drugačne lastnosti, kjer vidimo, da je skoraj ves depozit še vedno v plasteh zemlje do globine 15 cm. Mikrolokacija vzorčenja v Murski Soboti je sicer takšna, da tam zemlje ne orjejo, kar bi pomenilo morebitno mešanje plasti.

Na grafih za lokacijo Kobarid vidimo odstopanja od trenda zmanjševanja koncentracij Cs-137 in Sr-90, in sicer v letih 2006 in 2008, ki jih lahko pojasnimo z dejstvom, da sta vzorčila na različnih lokacijah in analize izvajala dva različna laboratorija. V letu 2006 je IJS opravil analizo zemlje na vseh treh lokacijah, leta 2008 pa samo v Ljubljani. Lokacija vzorčenja v Ljubljani je bila različna glede na vzorčevalca, IJS je vzorčil na lokaciji Reaktorskega centra Podgorica v Brinju pri Ljubljani, ZVD pa na Cesti dveh cesarjev. Od leta 2009 naprej, je lokacija vzorčenja poenotena, in sicer na Cesti dveh cesarjev.

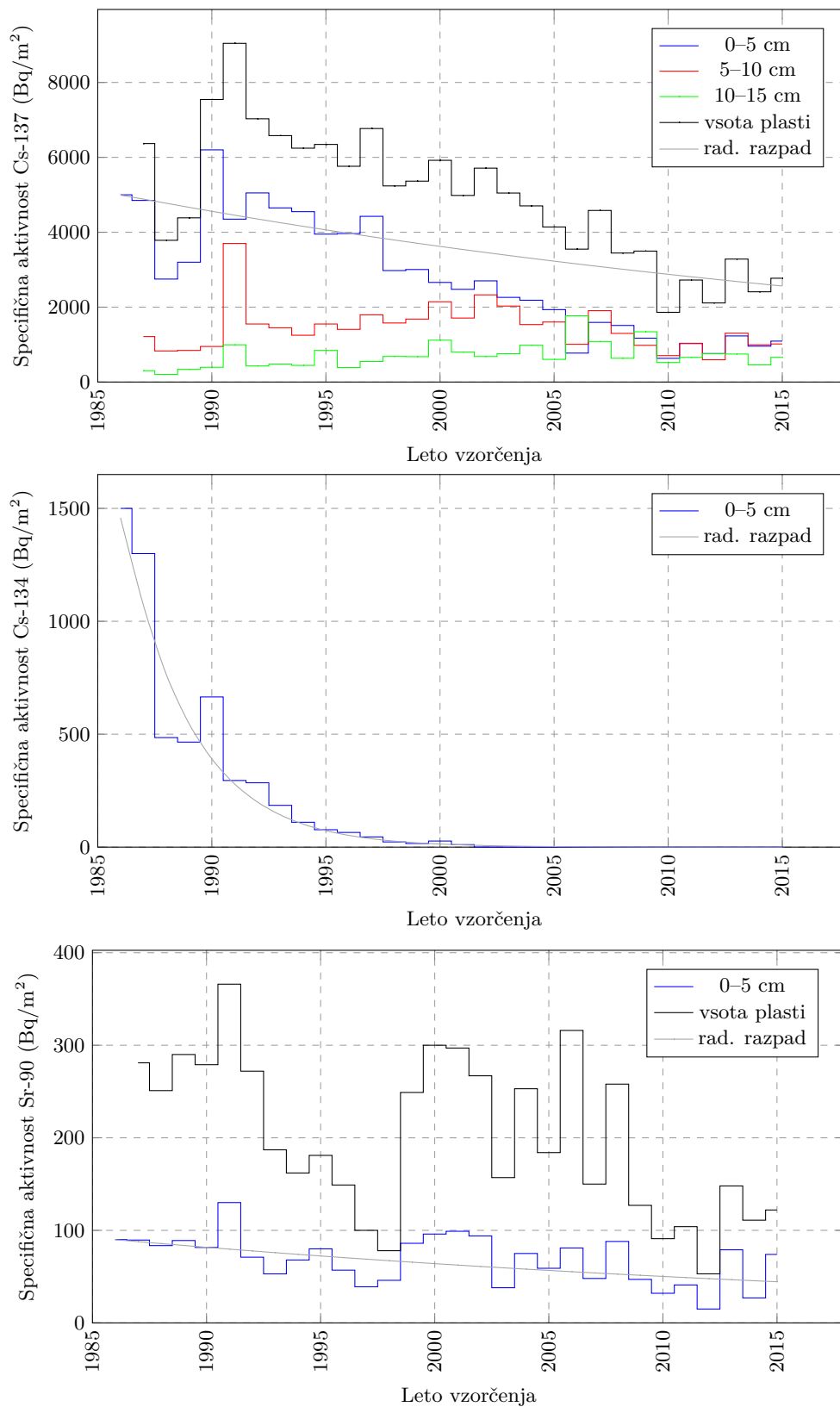
V letu 2011 je bilo moč zaznati delno povišane vrednosti Cs-137 v zgornji plasti glede na prejšnja leta, kar je vpliv posledic nesreče v elektrarni v Fukušimi na Japonskem. Vendar je povišanje na letni ravni v povprečju komaj opazno, prav tako ni vidno na grafih v slikah od 3.28 do 3.30.



Slika 3.28 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



Slika 3.29 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

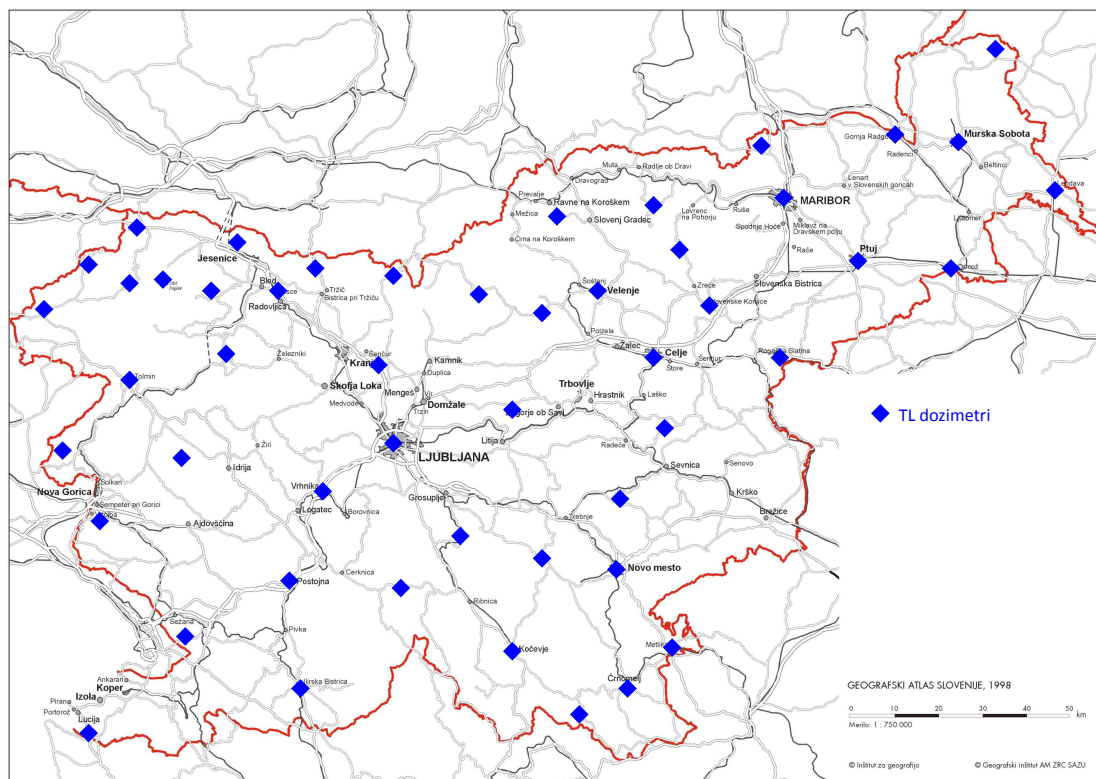


Slika 3.30 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

4 — Zunanje sevanje

4.1 Lokacije meritev

Doze zaradi zunanjega sevanja se merijo na petdesetih različnih lokacijah po Sloveniji s TL dozimetri, ki so prikazane na sliki 4.1, podrobnosti o merskih lokacijah pa so podane v tabeli 4.1.



Slika 4.1 | Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanjega sevanja.

Tabela 4.1 | Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami

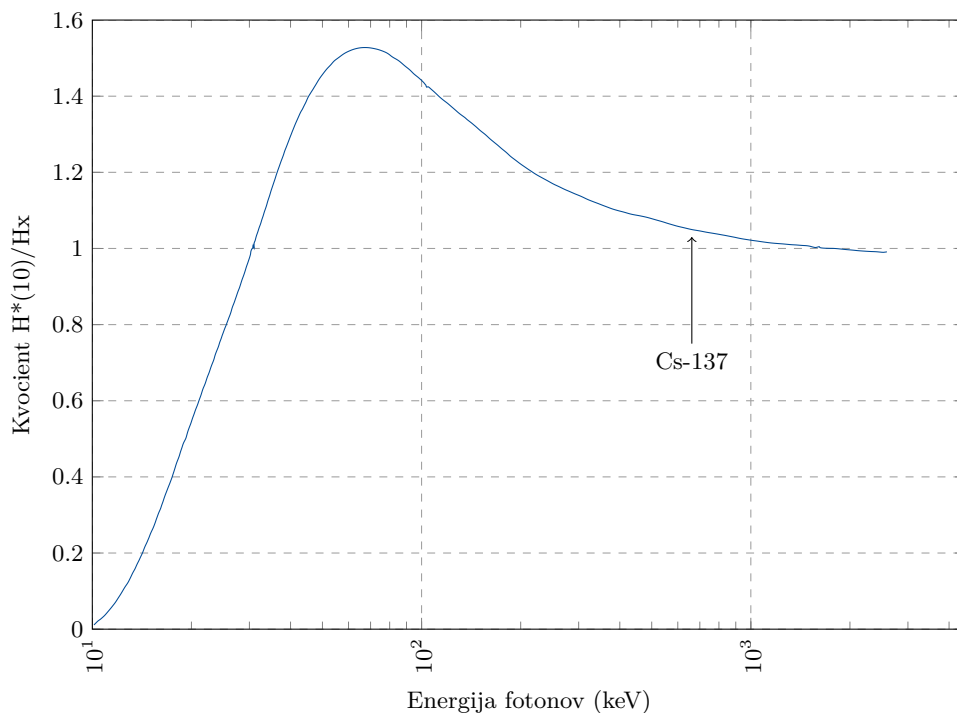
Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'47" / 14°51'02"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'30" / 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36" / 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55" / 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07" / 15°10'39"
6	MOKRONOG	45°56'29" / 15°09'01"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'11" / 15°13'34"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°52'58"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34" / 16°11'15"
15	LENDAVA	46°33'25" / 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08" / 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VAČE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39" / 14°27'40"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55" / 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03" / 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28" / 14°42'27"
33	RATEČE	46°29'49" / 13°42'46"
34	TRENTA	46°22'56" / 13°45'13"
35	LOG POD MANGARTOM	46°24'25" / 13°36'10"
36	BOVEC	46°20'05" / 13°32'55"
37	TOLMIN	46°10'46" / 13°43'54"
38	BILJE (NOVA GORICA)	45°53'46" / 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50" / 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'51" / 13°55'21"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'29" / 13°37'01"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11" / 14°14'05"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'57" / 14°11'35"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23" / 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42" / 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'31" / 13°54'09"
47	SORICA	46°13'19" / 14°01'41"
48	STARA FUŽINA	46°17'21" / 13°53'36"
49	JELENJA VAS (ISKRBA, KOČEVSKA REKA)	45°33'40" / 14°51'28"
50	KREDARICA	46°22'59" / 13°50'59"

4.2 Rezultati meritev

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.22. Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2015 je bil $895 \pm 153 \mu\text{Sv}$, največji izmerjen okoliški ekvivalent doze je bil $1381 \pm 151 \mu\text{Sv}$ v Jelenji vasi, najnižji pa $606 \pm 66 \mu\text{Sv}$ v Stari Fužini. Povprečna mesečna vrednost okoliškega ekvivalenta doze zaradi zunanjega sevanja je bila $75 \pm 16 \mu\text{Sv}$, območje vrednosti pa od $50 \mu\text{Sv}$ do $115 \mu\text{Sv}$.

4.3 Dolgoročni trend doz

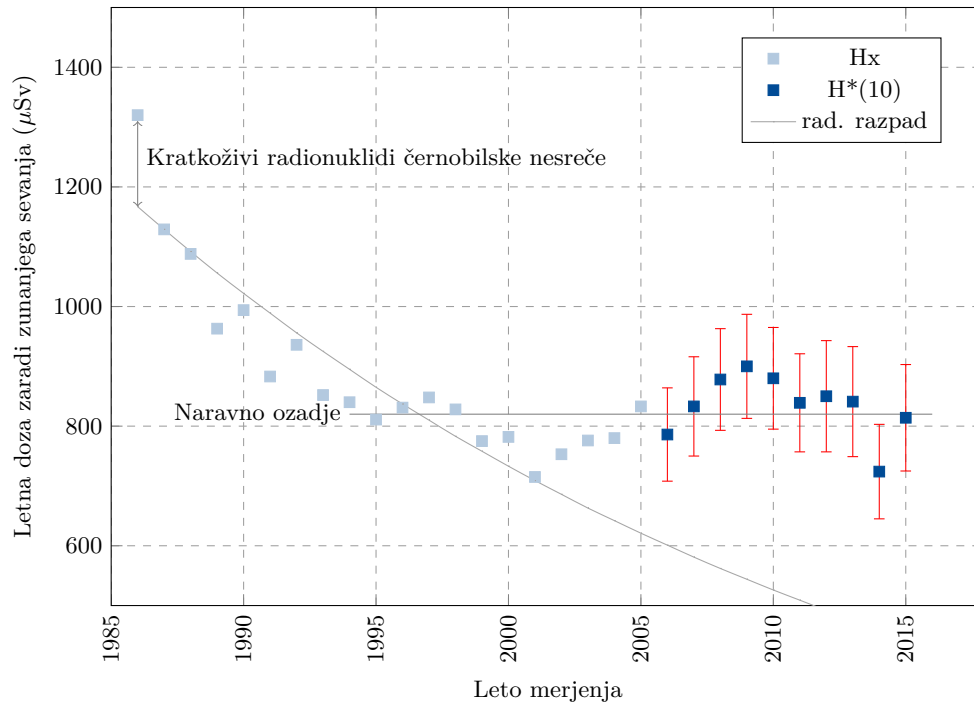
Na sliki 4.3 je prikazan dolgoročni trend doz na lokaciji Ljubljana izmerjenih s TL dozimetri. Do leta 2005 so izmerjene veličine H_x , od takrat pa $H^*(10)$. Veličina H_x je fotonški dozni ekvivalent (photon dose equivalent). Veličino so uporabljali predvsem v Nemčiji [38]. V Sloveniji je sekundarni dozimetrični laboratorij na Inštitutu Jožef Stefan v preteklosti izvajal umerjanja TL dozimetrov v tej veličini. Veličini nista povsem primerljivi. Pri energijah gama sevanja pod okoli 30 keV je kvocient med $H^*(10)/H_x$ manjši od 1, sicer pa je večji od energije 1 MeV do okoli 2 MeV, ko nato vrednost spet pade pod 1. Pri energiji Cs-137 je vrednost kvocienta približno 1,05. Natančnejša energijska odvisnost kvocienta je prikazana na sliki 4.2.



Slika 4.2 | Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalenta doze, $H^*(10)$, in fotonškega doznega ekvivalenta, H_x .

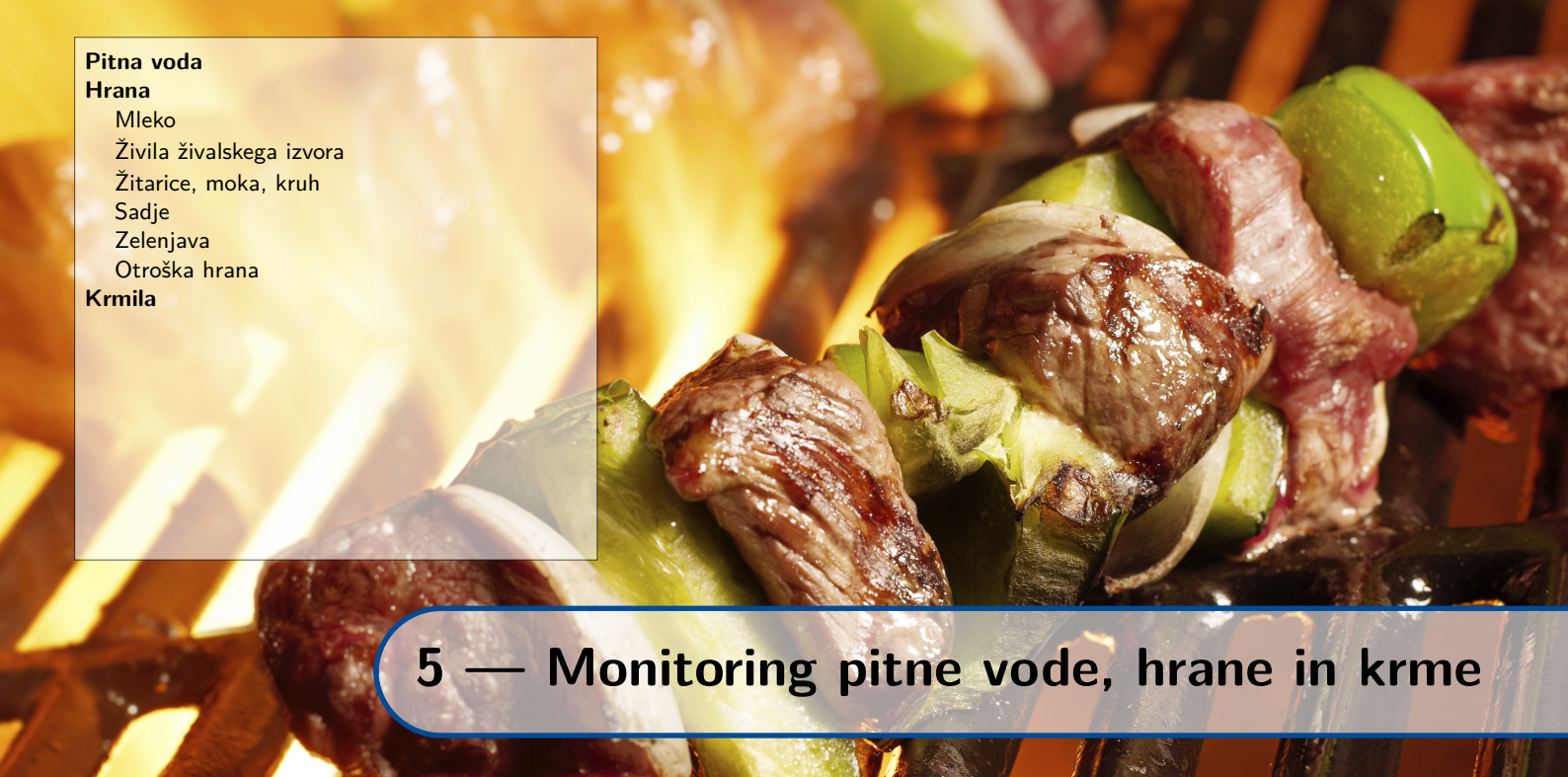
Kljub temu, da veličini nista povsem primerljivi pa se pri energijah sevanja gama, ki ga merimo v okolju ne razlikujeta veliko, nekaj %, in jih na sliki 4.3 prikazujemo na skupnem grafu.

Termoluminiscentni dozimetri merijo okoliški ekvivalent zunanjega sevanja naravnih in umetnih radionuklidov, ki so prisotni v okolju. V letih po černobilski nesreči je



Slika 4.3 | Doza zaradi zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.

predvsem Cs-137 znatno prispeval k obremenjenosti z zunanjim sevanjem, nato pa se je prispevek zaradi radioaktivnega razpada in difuzije radionuklida v globlje plasti zmanjšal. Trenutni prispevek Cs-137 k celotni dozi zunanjega sevanja je manj kot 1%. Iz slike 4.3 je razvidno, da je doza zunanjega sevanja po letu 1995 približno konstantna, od leta 2006 pa je moč opaziti trend povečevanja (deloma je to lahko posledica menjave merjenja Hx s $H^*(10)$). V letu 1986 so k dozi zunanjega sevanja prispevali tudi številni drugi sevalci gama, ki so bili posledica useda zaradi černobilske nesreče. Zato je zunanja doza v letu 1986 najvišja. Kratkoživi sevalci so nato razpadli in doza je že v letu 1987 znatno padla.



Pitna voda

Hrana

Mleko

Živila živalskega izvora

Žitarice, moka, kruh

Sadje

Zelenjava

Otroška hrana

Krmila

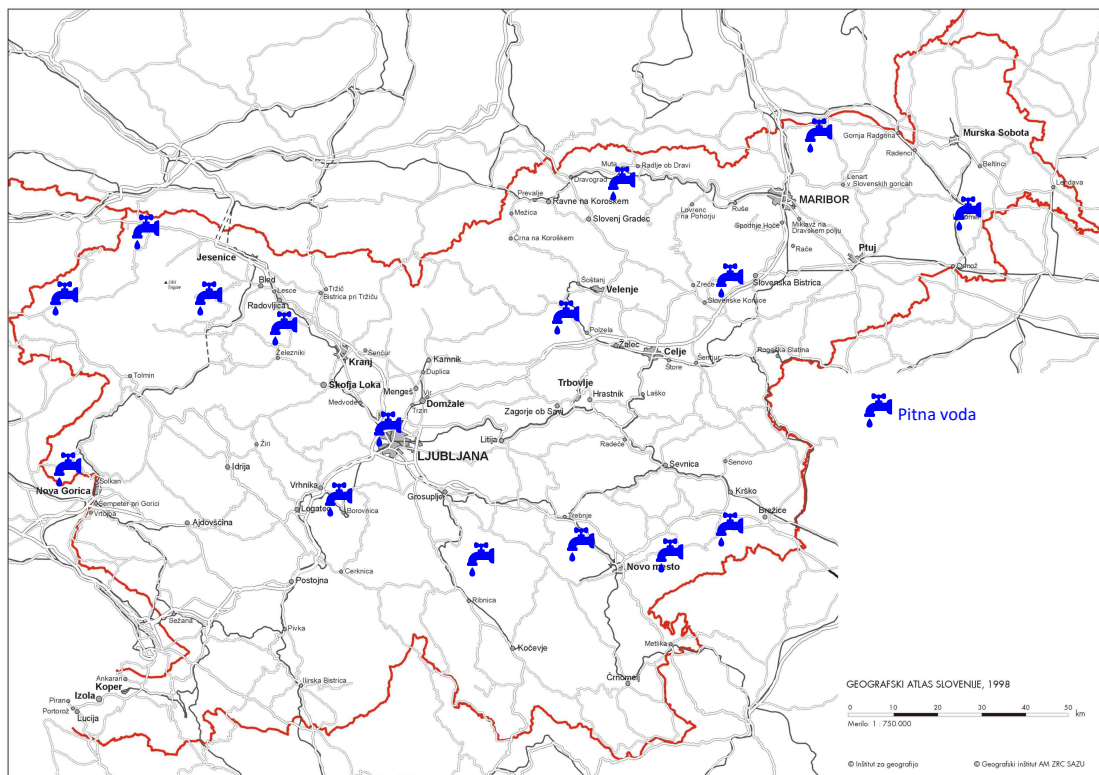
5 — Monitoring pitne vode, hrane in krme

5.1 Pitna voda

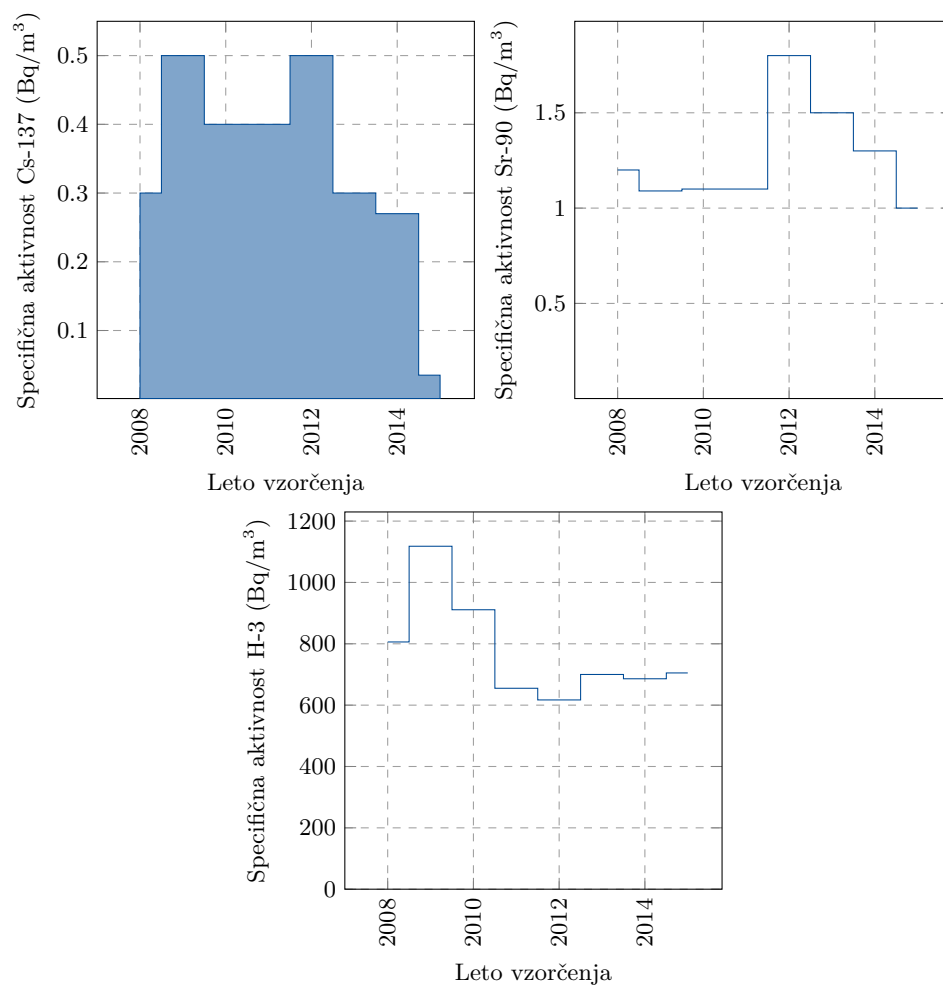
V letu 2015 je bilo odvzetih petnajst enkratnih vzorcev pitne vode iz javnih objektov kot so šole, vrtci, bolnišnice ali gostišča na naslednjih lokacijah: Ljubljana - Šentvid, Dobropolje, Vrhnika - Borovnica, Sladki vrh, Oplotnica, Vuzenica, Šmartno, Šmartno ob Paki, Kropa - Kamna Gorica, Bohinjska Bistrica, Kranjska gora, Bovec - Čezsoča, Mirna peč, Hrastje, Orehovica in Kostanjevica. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.1. Lokacije se zaradi reprezentativnosti menjavajo vsako leto in so izbrane tako, da večinoma pokrijejo celotno področje Slovenije.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah A.23 in A.24. Izotop cezija, Cs-137, je bilo opaziti večinoma le v sledih ali pa so vrednosti izredno nizke, izmerjene vrednosti so bile $0,04 \pm 0,05 \text{ Bq/m}^3$. Povprečna vrednost specifičnih aktivnosti Sr-90 v vseh odvzetih vzorcih je $1,0 \pm 1,4 \text{ Bq/m}^3$, H-3 pa $705 \pm 131 \text{ Bq/m}^3$. Trendi povprečne vrednosti omenjenih radionuklidov so za večjo preglednost prikazane v grafih na spodnji sliki 5.2 za leta od 2008 naprej. Vrednost v grafu predstavlja povprečno aktivnost vseh odvzetih vzorcev pitnih vod, v primeru aktivnosti Cs-137 pa zgornjo vrednost, saj so izmerjene aktivnosti večinoma pod mejo detekcije.

Poleg umetnih radionuklidov so se določale tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov in kozmogenega Be-7. Povprečne vrednosti so za U-238 $3,1 \pm 2,0 \text{ Bq/m}^3$, Ra-226 $4,2 \pm 6,2 \text{ Bq/m}^3$, Pb-210 $2,3 \pm 2,4 \text{ Bq/m}^3$, Ra-228 $1,8 \pm 2,6 \text{ Bq/m}^3$, Th-228 $0,7 \pm 0,6 \text{ Bq/m}^3$ in K-40 $19 \pm 19 \text{ Bq/m}^3$ ter Be-7 $0,8 \pm 1,0 \text{ Bq/m}^3$.



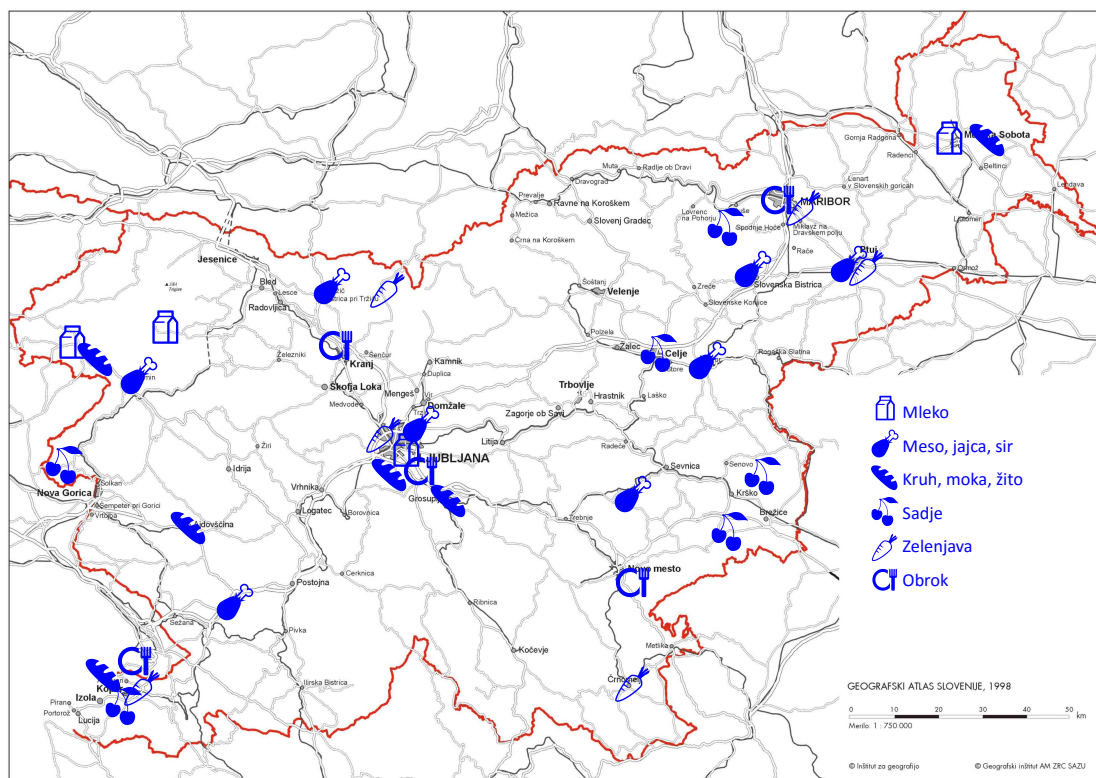
Slika 5.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.



Slika 5.2 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).

5.2 Hrana

Program meritev radioaktivnosti v vzorcih hrane je približno enak kot v prejšnjih letih in vsebuje meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v najpomembnejših živilih rastlinskega in živalskega porekla, ki se sezonsko jemljejo na različnih področjih po Sloveniji, v Prekmurju, na Štajerskem, na Gorenjskem, na Primorskem, na Notranjskem in na Dolenjskem. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.3.



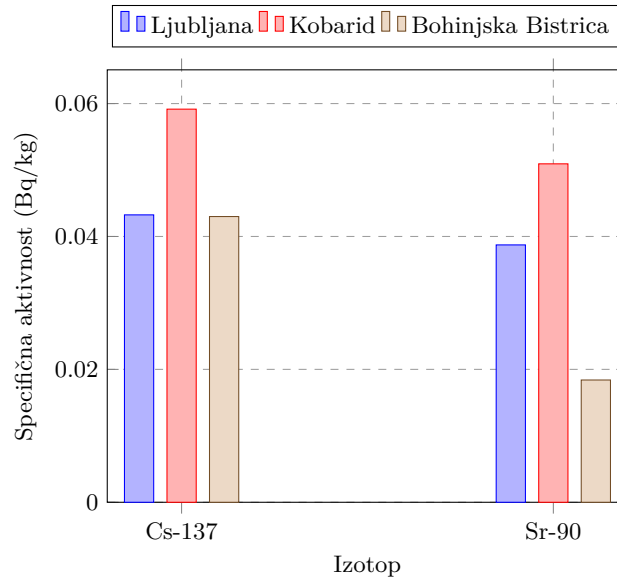
Slika 5.3 | Lokacije vzorčenja vzorcev živil.

5.2.1 Mleko

V letu 2015 smo analizirali vzorce surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice ter mleka v prahu iz Murske Sobote. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mleka za vse lokacije vzorčenja so prikazani v prilogi A v tabelah od A.25 do A.28.

Na sliki 5.4 so prikazane letne povprečne vrednosti (za leto 2015) v vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice, na sliki 5.5 njihove posamične vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca in na sliki 5.6 posamične vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca mleka v prahu iz Murske Sobote, in sicer za različne izotope K-40, Cs-137 in/ali Sr-90. V Ljubljani je bila povprečna letna vrednost Cs-137 43 ± 9 mBq/kg in Sr-90 29 ± 19 mBq/kg, v Kobaridu Cs-137 59 ± 12 mBq/kg in Sr-90 51 ± 27 mBq/kg, v Bohinjski Bistrici Cs-137 43 ± 22 mBq/kg in Sr-90 18 ± 13 mBq/kg ter v Murski Soboti Cs-137 $0,30 \pm 0,14$ Bq/kg in Sr-90 $0,22 \pm 0,13$ Bq/kg. Slovensko povprečje za surovo mleko znaša za Cs-137 71 ± 7 mBq/kg in za Sr-90 35 ± 16 mBq/kg (brez mleka v prahu). Najvišje izmerjena vrednost Cs-137 je bila v vzorcu surovega mleka iz Bohinjske Bistrice v obdobju zbiranja januar-februar, in sicer 79 ± 8 mBq/kg.

Na sliki 5.5, ki prikazuje specifične aktivnosti izotopov v dvomesečnih vzorcih mleka



Slika 5.4 | Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2015.

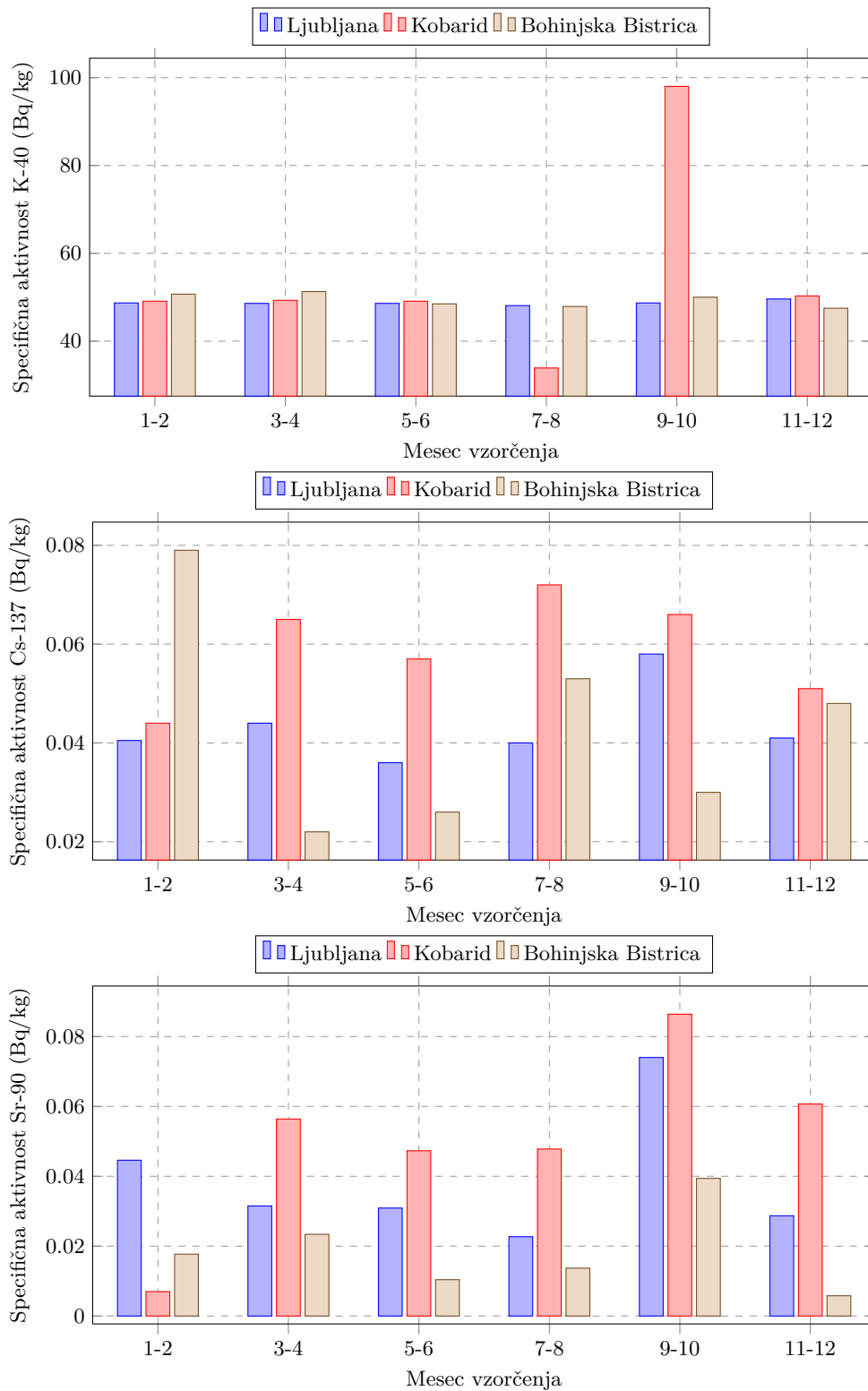
iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice v splošnem ugotovimo v jesenskem obdobju porast aktivnosti Cs-137, kar lahko pripišemo pašni vzreji govedi v toplejših mesecih, kjer večje aktivnosti iz narave pridejo v organizem in mleko zaradi prenosnih poti, v hladnejših mesecih pa uporabi krmil, ki imajo lahko nižje vsebnosti Cs-137. Po nekaterih podatkih s terena se vedno bolj v zbiralnicah mleka meša mleko iz različnih lokacij, zato je težko ugotoviti specifične lastnosti med vzorci iz lokalne vzreje krav ali vzorci od drugod. V vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote (slika 5.6) je povišane vrednosti Cs-137 moč opaziti s časovnim zamikom, kar je najverjetneje posledica predelave surovega mleka.

Dolgoročni trendi

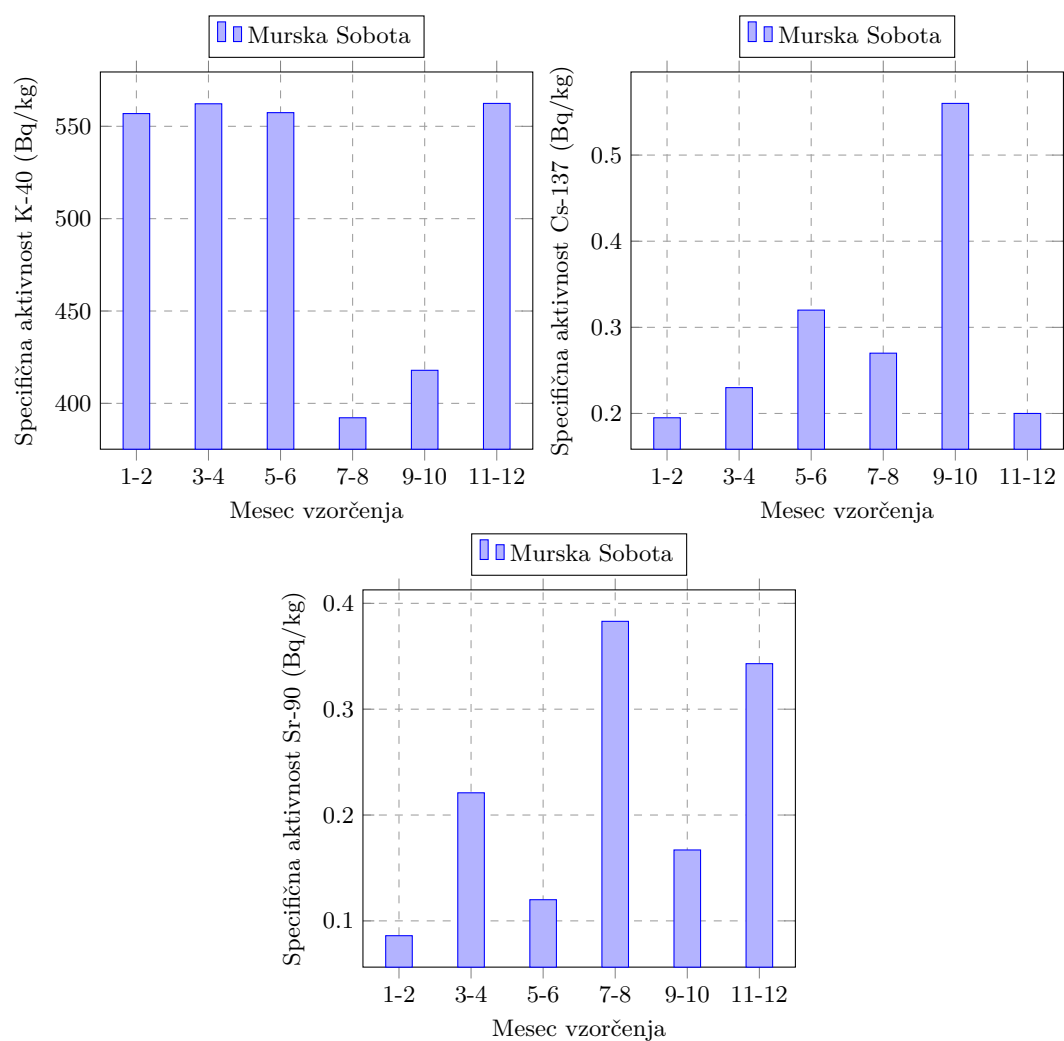
Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli 100 mm/m² padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko 100 kBq/m² [39]. Pašniki v okolici Kobarida in Bohinjske Bistrice ležijo v alpskem predelu Slovenje, kjer je po nesreči v Černobilu padlo največ padavin, zato je tudi mleko iz tega področja bolj kontaminirano s Cs-137 kot drugje po Sloveniji.

Na sliki 5.7 so prikazane povprečne letne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku iz Ljubljane, Kobarida, Bohinjske Bistrice in Murske Sobote za obdobje od leta 1986 dalje. Opazen je trend padanja specifičnih aktivnosti vseh treh radionuklidov, Cs-137, Cs-134 in Sr-90. Cs-134 je bil najdlje merljiv v mleku iz Bohinjske Bistrice, do leta 1999, v mleku z ostalih lokacij pa je bil že dosti prej pod mejo detekcije.

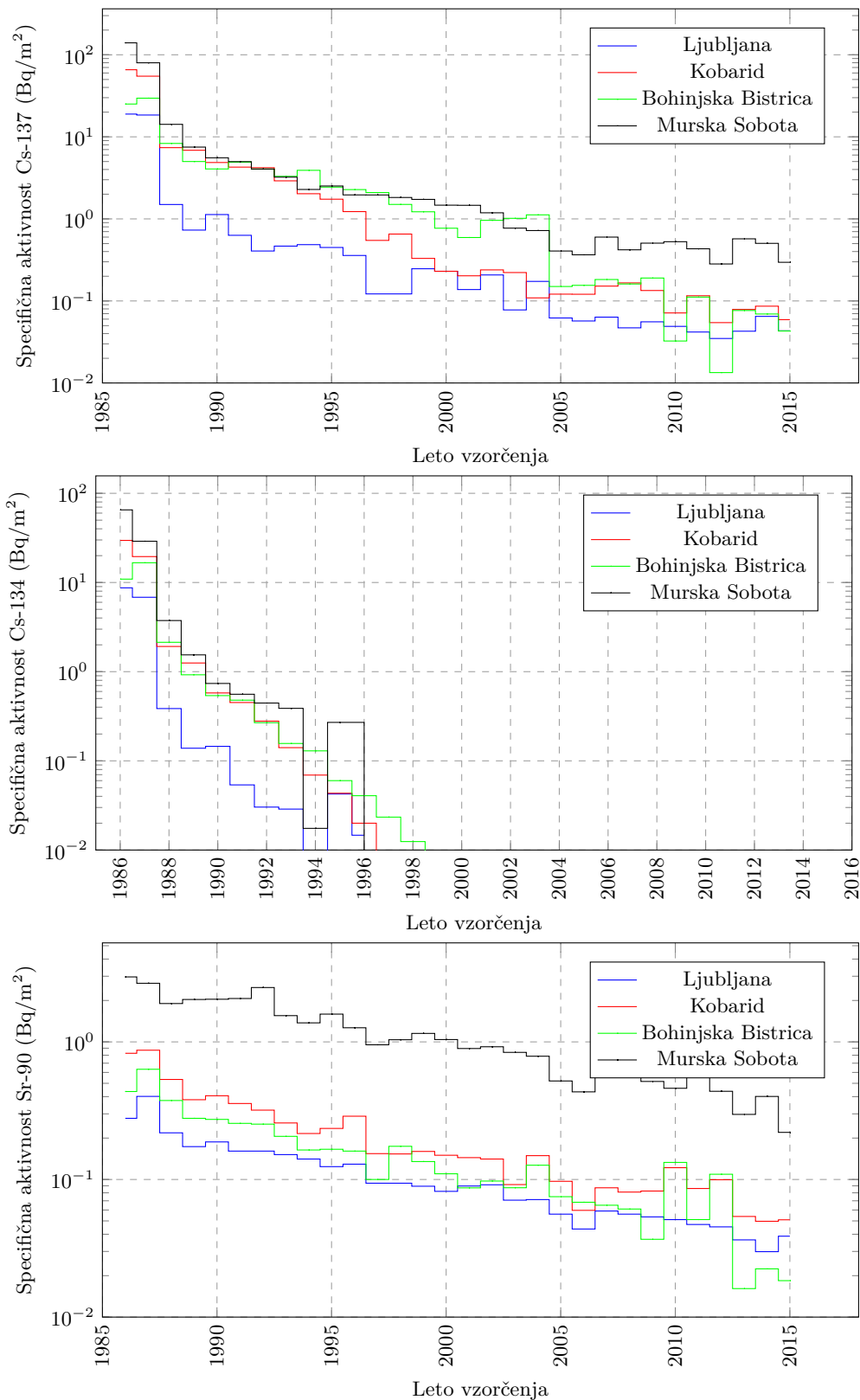
V grafih so sicer najvišje prikazane vrednosti za mleko v prahu iz Murske Sobote, kar je posledica koncentracije vzorca s sušenjem in posledično višje specifične aktivnosti ter zato vrednosti niso realno primerljive z vrednostmi v surovem mleku.



Slika 5.5 | Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.



Slika 5.6 | Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote.



Slika 5.7 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.

5.2.2 Živila živalskega izvora

V letu 2015 smo analizirali osem vzorcev živil živalskega izvora:

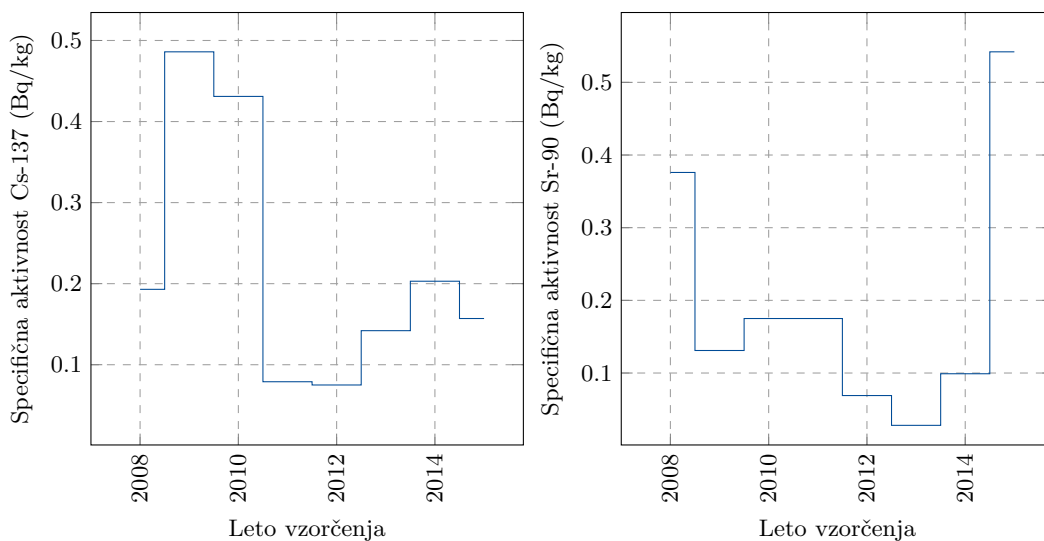
- piščanec (Ptuj),
- kokošja jajca (Slovenska Bistrica),
- postrvi (Šentjernej),
- svinjina (Šentjur),
- govedina (Tolmin),
- pasirana skuta (Ljubljana),
- ovčji sir (Senožeče) in
- meso divje svinje (Tržič).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.29.

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vseh vzorcih (razen divjačine) je $0,16 \pm 0,19$ Bq/kg in Sr-90 $0,54 \pm 0,78$ Bq/kg. Najvišja vsebnost Cs-137 je bila izmerjena v vzorcu divjačine (divja svinja), ki ima za več velikostnih redov višjo aktivnost 40 ± 1 Bq/kg in ga v povprečju niti v izračunu doze ne upoštevamo, saj ne predstavlja reprezentativnega vzorca za prehranjevalne navade.

Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.8 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



Slika 5.8 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorcev razen divjačine).

5.2.3 Žitarice, moka, kruh

Izmerili smo šest vzorcev žitaric in njihovih izdelkov:

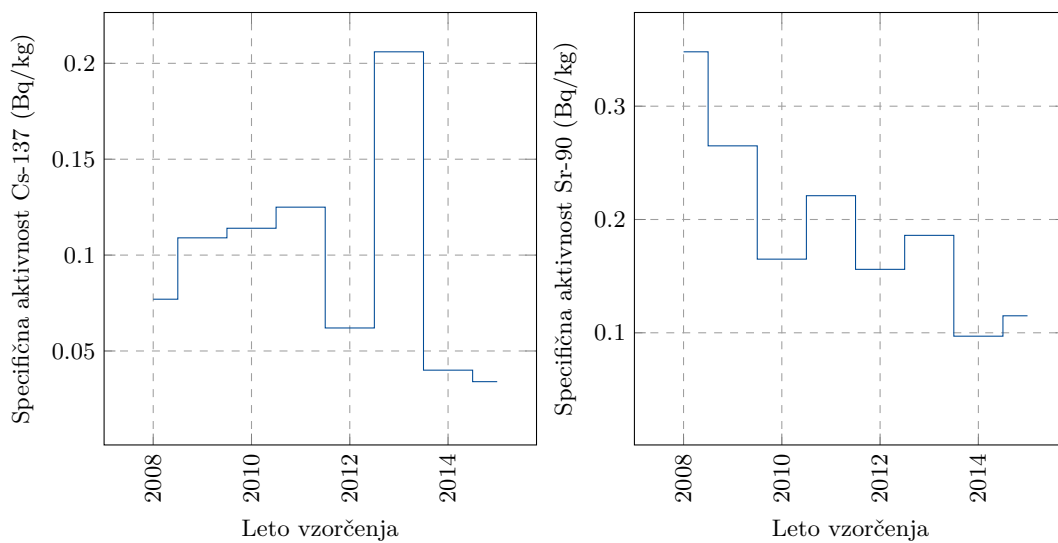
- beli kruh (Koper),
- pšenična moka (Ajdovščina),
- koruzni kruh (Grosuplje),

- ržena moka (Ljubljana),
- pšenica (Murska Sobota) in
- koruza (Kobarid).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.30. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 34 ± 28 mBq/kg in Sr-90 $0,12 \pm 0,11$ Bq/kg.

Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.9 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



Slika 5.9 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčenih vzorcev).

5.2.4 Sadje

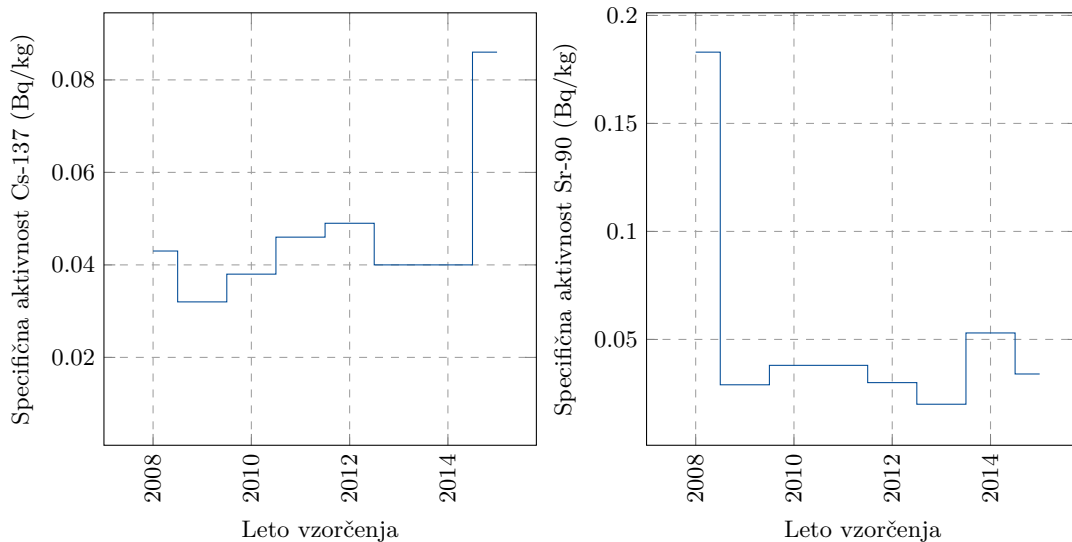
Izmerili smo šest vzorcev sadja:

- jagode (Artiče),
- marelice (Koper),
- češnje (Dobrovo),
- gozdne borovnice (Pohorje),
- breskve (Kostanjevica) in
- jabolka (Celje).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.31. Povprečna specifična aktivnost vseh Cs-137 v vseh vzorcih (brez gozdnih borovnic) je < 86 mBq/kg in Sr-90 34 ± 18 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 so bile le v sledovih in praviloma pod mejo detekcije v večini vzorcev. Izjema so le gozdne borovnice s Pohorja, ki imajo za več velikostnih redov višjo aktivnost $15,1 \pm 0,4$ Bq/kg in jih v izračunu povprečja niti v izračunu doz ne upoštevamo, saj ne predstavljajo reprezentativnega vzorca za prehranjevalne navade.

Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.10 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



Slika 5.10 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčenih vzorcev razen gozdnih sadežev).

5.2.5 Zelenjava

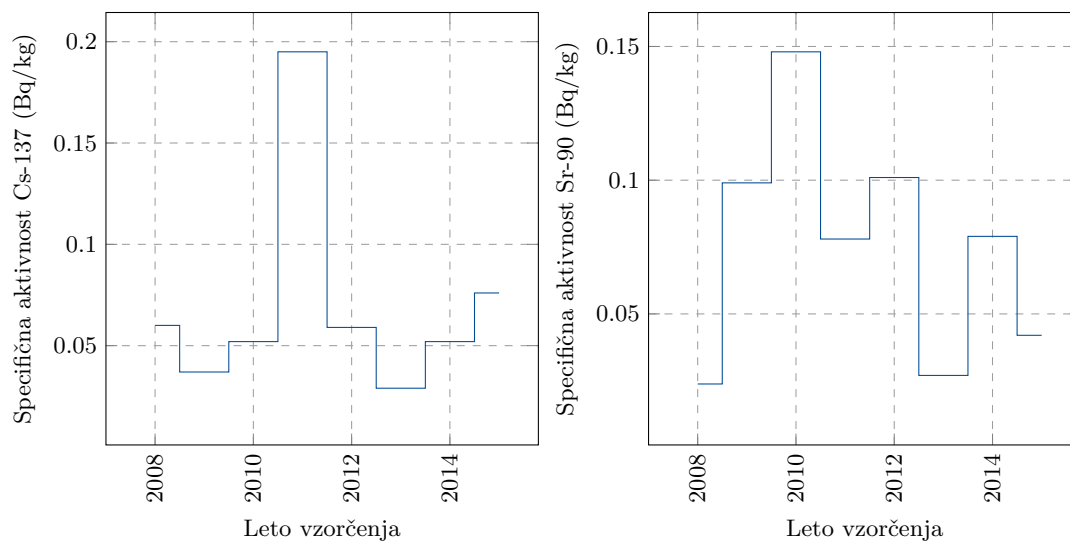
Izmerili smo šest vzorcev zelenjave:

- zelje (Ptuj),
- bučke (Koper),
- krompir (Ljubljana),
- paprika (Maribor),
- pesa (Črnomelj) in
- gobe cigančki (Preddvor).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.32. Povprečna specifična aktivnost v vseh vzorcih (razen gob) Cs-137 je 76 ± 62 mBq/kg in Sr-90 42 ± 34 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 so bile le v sledovih in praviloma pod mejo detekcije v večini vzorcev. Izjema so le gobe cigančki s Preddvora, ki imajo za več velikostnih redov višjo aktivnost 338 ± 9 Bq/kg in jih v izračunu povprečja niti v izračunu doz ne upoštevamo, saj ne predstavljajo reprezentativnega vzorca za prehranjevalne navade.

Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.11 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



Slika 5.11 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev brez gob).

5.2.6 Otroška hrana

V letu 2008 smo začeli z analizo celotnega obroka otroške hrane. Tako smo v letu 2015 analizirali 5 vzorcev iz Kopra, Ljubljane, Novega mesta, Maribora in Kranja. Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.33. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 21 ± 14 mBq/kg in Sr-90 24 ± 10 mBq/kg.

Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.12 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.

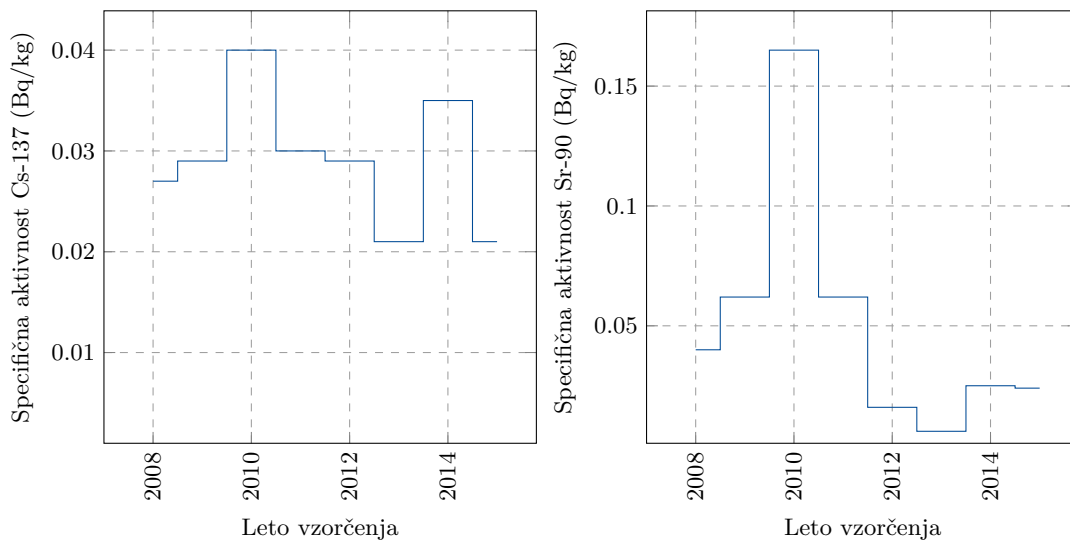
5.3 Krmila

V letu 2015 je bilo odvzetih deset vzorcev krme:

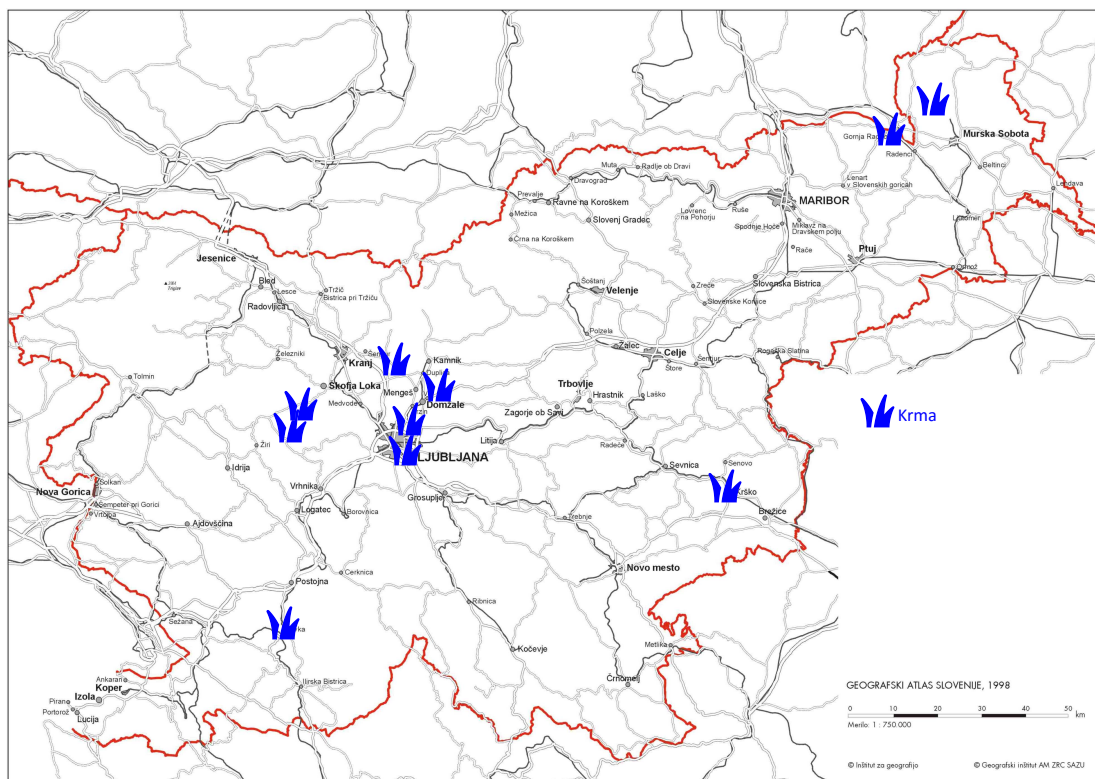
- 2 vzorca travne silaže,
- 1 vzorec koruzne silaže,
- 4 vzorci sena,
- 1 vzorec sveže trave in
- 2 vzorca krmne mešanice.

Lokacije vzorčenja (Jata Emona, Breg pri Komendi, Zgornji Tuštanj, Žirovski Vrh, Bačne – Gorenja vas, Pivka Perutninarstvo, Brege) so prikazane na zemljevidu na sliki 5.13.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.34. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je $3,7 \pm 3,2$ Bq/kg in Sr-90 $1,2 \pm 1,2$ Bq/kg.



Slika 5.12 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).



Slika 5.13 | Lokacije vzorčenja vzorcev krme.

Osnovne enačbe

Uporabljeni podatki in predpostavke

- Umetni radionuklidi
- Naravni radionuklidi
- Starostne skupine
- Prehranjevalne predpostavke
- Privzete specifične aktivnosti

Doza zaradi ingestije in inhalacije

Doza zaradi zunanjega sevanja

Skupna ocena doze

6 — Ocena prejetih doz sevanja

Na podlagi meritev prikazanih v tabelah od A.1 do A.34 v prilogi A smo v prejšnjih poglavjih analizirali dobljene rezultate. V nadaljevanju tako ocenjujemo doze posameznikov iz prebivalstva, ki so izpostavljeni sevanju zaradi dolgoživih umetnih radionuklidov, ki so posledica bodisi jedrskih bombnih poskusov v preteklosti bodisi jedrskih nesreč z velikimi izpusti (Černobil in Fukušima). Oceno doz smo izvedli samo za umetne radionuklide in ocenili njihov dodatni prispevek k izpostavljenosti prebivalstva poleg siceršnje izpostavljenosti naravnim radionuklidom.

6.1 Osnovne enačbe

Efektivno dozo sevanja, E , za posameznika iz starostne skupine prebivalstva, g , sestavljata efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja, E_z , ter predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi notranjega obsevanja, E_n . Slednja je vsota dveh prispevkov, prvi je predvidena efektivna doza zaradi zaužitja trdne in tekoče hrane (ingestija), E_{ing} , in drugi predvidena efektivna doza zaradi vdihavanja radioaktivnih plinov in aerosolov (inhalacija), E_{inh} . Efektivna doza E je torej

$$E = E_z + E_{ing} + E_{inh} \quad (6.1)$$

Efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja, E_z , je vsota dveh prispevkov, prvi je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja, $H_p(10)/t$ (v $\mu\text{Sv/h}$) in času zadrževanja na prostem T_z (v urah), drugi pa je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja, $H_p(10)/t$ (v $\mu\text{Sv/h}$), času zadrževanja v bivalnem okolju T_n in faktorju ščitenja, $F = 0,9$, za prebivalce na deželi, za mestno populacijo pa lahko privzamemo faktor ščitenja, $F = 0,95$, ker je manj travnatih površin, ki so kontaminirane s Cs-137,

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T_z + \frac{H_p(10)}{t} T_n (1 - F) \quad (6.2)$$

Običajno se upošteva celotno število ur v tekočem letu, T , in delež zadrževanja na prostem 0,2 ter v bivalnem okolju 0,8, kar zapišemo

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T (0,2 + 0,8(1 - F)) \quad (6.3)$$

Predvidena efektivna doza zaradi ingestije, E_{ing} , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino g je enaka produktu vnesene aktivnosti $A_{j,ing}$ (v Bq) posameznega radionuklida j in predvidene efektivne doze na enoto vnosa $h(g)_{j,ing}$ zaradi zaužitja hrane (v Sv/kg), ter sešteta po vseh radionuklidih, ki jih upoštevamo pri oceni doze,

$$E_{ing} = \sum_j h(g)_{j,ing} A_{j,ing} \quad (6.4)$$

kjer je vnesena aktivnost zaradi ingestije, $A_{j,ing}$, enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida j , $c_{i,j,ing}$ (v Bq/kg) v posamezni vrsti hrane i in količini zaužite posamezne vrste hrane m_i (v kg) ter sešteta po vseh vrstah hrane i ,

$$E_{ing} = \sum_j c_{i,j,ing} m_i \quad (6.5)$$

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije, E_{inh} , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino g je enaka produktu vnesene aktivnosti $A_{j,inh}$ (v Bq) posameznega radionuklida j in predvidene efektivne doze na enoto vnosa $h(g)_{j,inh}$ zaradi vdihavanja (v Sv/Bq), ter sešteta po vseh radionuklidih,

$$E_{inh} = \sum_j h(g)_{j,inh} A_{j,inh} \quad (6.6)$$

kjer je vnesena aktivnost zaradi inhalacije, $A_{j,inh}$, enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida j , v zraku, $c_{j,inh}$ (v Bq/m³), količini vdihanega zraka na uro Φ (v m³/h) in številu ur v predvidenem časovnem obdobju (tekoče leto), T (v urah),

$$A_{j,inh} = c_{j,inh} \Phi T \quad (6.7)$$

6.2 Uporabljeni podatki in predpostavke

Oceno efektivnih doz sevanja zaradi vnosa radionuklidov, ki so posledica jedrskih bombnih poskusov v preteklosti in černobilske nesreče, v organizmu s prehranjevanjem in vdihavanjem ter zaradi zunanjih doz za posamezne starostne skupine (dojenčki do enega leta starosti; otroci, stari od 7 do 12 let in odrasli, starejši od 17 let) smo naredili na podlagi rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih hrane, zraka in pitne vode. Meritev zunanjih doz gama sevanja s TL dozimetri ne upoštevamo, saj zaradi večje merilne negotovosti ne moremo izluščiti prispevka naravnega ozadja od prispevka dolgoživih radionuklidov zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu. Rezultati so podani v μSv .

6.2.1 Umetni radionuklidi

Efektivne doze za vse tri starostne skupine smo ocenili le za umetna radionuklida, Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalne kontaminacije zaradi černobilske nesreče in bombnih poskusov. Efektivno dozo zaradi H-3 smo ocenili samo za pitno vodo, v ostalih vzorcih hrane in zraka se H-3 ni določal. H-3 se določa samo v vzorcih hrane iz okolice NE Krško, kar je zajeto v programu meritev radioaktivnosti v okolici NEK in kjer so doze analizirane v pripadajočih poročilih [21].

6.2.2 Naravni radionuklidi

Doze za K-40 ne podajamo, saj dozimetrični modeli upoštevajo, da se nahaja K-40 v organizmu v homeostatskem ravnovesju, zato bi bili izračuni doz za ta izotop nerealni.

Ocenili smo tudi efektivno dozo zaradi vnosa drugih naravnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo, vendar smatramo, da je število meritev premajhno in nereprezentativno, da bi lahko dobili prave povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov, ki se razlikujejo tudi za faktor 10 ali več v isti vrsti hrane. En sam lokalno odvzeti vzorec hrane je premalo za realno oceno doze, zato bi bile ocenjene doze lahko previsoke. Poleg tega so detekcijske meje merilnih metod blizu vrednostim specifičnih aktivnosti v vzorcih, meritev pa je obremenjena z veliko negotovostjo. Zato doz zaradi naravnih radionuklidov ne poročamo, v informacijo podajamo le izračun za Pb-210, zaradi njegovega visokega pretvorbenege doznega faktorja.

6.2.3 Starostne skupine

Do leta 2003 se je ocenjevala efektivna doza za dve starostni skupini, in sicer za otroke do 5 let in odrasle. Na podlagi pravilnika SV5 [3] se ocenjujejo efektivne doze za tri starostne skupine, in sicer dojenčke do enega leta starosti, otroke stare od 7 do 12 let in odrasle.

6.2.4 Prehranjevalne predpostavke

Po podatkih kuhinje Pediatrične klinike v Ljubljani (marec 2005) popijejo dojenčki do šestega meseca od 0,6–1,0 litra mleka na dan. Po šestih mesecih se količina mleka zmanjša na 0,5–0,7 litra na dan, ker začnejo uživati sadje, zelenjavo in meso. V naši oceni smo za dojenčke upoštevali podatke Pediatrične klinike v Ljubljani, ki so navedeni v tabeli 6.1.

Za otroke od 7 do 12 let smo upoštevali podatke IAEA (za Nemčijo), tabela III [40], ki združuje podatke o porabi hrane za otroke od 7 do 12 let, ker za Slovenijo ni ustreznih podatkov za to starostno skupino.

Za odrasle smo upoštevali podatke Statističnega urada RS za leto 2004 [41]. V primeru odraslih smo poleg statističnega povprečja upoštevali dve referenčni skupini prebivalstva, živečih v urbanem in ruralnem območju, ki imajo hipotetično različne prehranjevalne navade (za ti dve skupini so količine arbitrarno popravljene), dodatno je zanje privzet tudi različen delež časa zadrževanja na prostem ali v zaprtih prostorih (kot je opisano v podpoglavju 6.4 in tabeli 6.5)

Privzete količine zaužite hrane in vode v enem letu so podane v tabeli 6.1.

Tabela 6.1 | Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine

Starostna skupina	Povprečna količina zaužite hrane v enem letu (kg)							(m ³)
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	
dojenčki	22,5	22,5	11,0	7,5	199,4	199,4	199,4	0,165
7-12 let	76,3	37,6	55,8	71,9	73,0	73,0	73,0	0,465
odrasli	93,1	63,0	87,5	58,7	87,5	87,5	87,5	0,75
v mestu	100,0	85,0	99,0	86,0	150,0	150,0	150,0	0,75
na podeželju	110,0	95,0	108,0	76,0	142,0	142,0	142,0	0,9

Zaradi lokalnih posebnosti zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledica useda izpustov med črnbilsko nesrečo smo naredili oceno doz zaradi ingestije mleka za tri lokacije, in sicer za Ljubljano (kot slovensko povprečje) ter za Kobarid in Bohinjsko Bistrico (povišane vrednosti).

Oceno doz opišemo tako za tri starostne skupine prebivalstva, upoštevamo različne lokacije zaradi ingestije mleka ter različne prehranjevalne navade prebivalcev v urbanem in ruralnem območju. Razdelitev skupin je shematsko predstavljena na spodnji sliki 6.1, kjer so posamezne podmnožice prebivalstva Slovenije označene z oznakami od A1 do E3.

	Dojenčki	Otroci	Odrasli		
				Mesto	Podeželje
Ljubljana	A1	B1	C1	D1	E1
Kobarid	A2	B2	C2	D2	E2
Bohinjska Bistrica	A3	B3	C3	D3	E3

Slika 6.1 | Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.

6.2.5 Privzete specifične aktivnosti

Povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti umetnih radionuklidov – Cs-137, Sr-90 in H-3 – v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2015 so predstavljene v tabeli 6.2. Podatke za naravni radionuklid Pb-210 zgolj zaradi primerjave podajamo le informativno.

Tipično v povprečju za meso, sir in ostala živila živalskega izvora ne upoštevamo vrednosti za divjačino, v povprečju za sadje vrednosti za gozdne sadeže in v povprečju za zelenjavo vrednosti za gobe, v kolikor te vrednosti odstopajo od vrednosti siceršnjih vzorcev za en ali več velikostnih redov, saj teh živil povprečni prebivalec relativno malo zaužije v celotni prehrani, v samem povprečju specifičnih aktivnosti pa bistveno dvignejo vrednosti. Zato bi bili izračuni doz nerealni.

Za inhalacijo zraka v izračunih doz upoštevamo slovensko povprečje izmerjene vrednosti na vseh treh merskih lokacijah.

Tabela 6.2 | Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2015

Izotop	Privzete specifične aktivnosti vzorcev (Bq/kg)							(Bq/m ³)	(μBq/m ³)
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	zrak
Cs-137	0,08	0,00	0,03	0,16	0,04	0,06	0,04	0,04	1,9
Sr-90	0,04	0,03	0,12	0,54	0,04	0,05	0,02	1,00	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	705	0
Pb-210	0,31	0,30	0,17	0,30	0,09	0,00	0,10	2,30	657

moka = moka, kruh, žitarice; meso = živila živalskega izvora; Pb-210 – le informativno

6.3 Doza zaradi ingestije in inhalacije

Pri oceni učinkovite doze zaradi vnosa z ingestijo smo upoštevali enačbi 6.3 in 6.4, podatke o količini zaužite hrane za različne starostne skupine iz tabele 6.1 in povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklidov v različnih vrstah hrane in pitne vode

iz tabele 6.2, pri mleku smo upoštevali specifične aktivnosti za Ljubljano, Kobarid in Bohinjsko Bistrico. Vrednosti iz Ljubljane upoštevamo za slovensko povprečje, vrednosti iz Kobarida in Bohinjske Bistrice pa za lokalno posebnost zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledico černobilske nesreče. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje iz uredbe UV2 [4].

V tabeli 6.3 so prikazane učinkovite doze zaradi ingestije posamezne vrste hrane in vode ter zaradi inhalacije dolgoživih černobilskih cepitvenih produktov – Cs-137 in Sr-90 (vpliv H-3 je zanemarljiv) – za dojenčke do 1 leta, otroke od 7 do 12 let in za odrasle za umetne radionuklide v hrani. Doze zaradi inhalacije dobimo ob upoštevanju koncentracij radionuklidov, izmerjenih v Ljubljani. Doza za odraslega prebivalca je v letu 2015 ocenjena na $1,8 \pm 1,1 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz omenjene tabele.

Učinkovite doze v letu 2015 zaradi ingestije so primerljive s prejšnjimi leti (od 2003 dalje). V letu 2008 je opazna rahlo višja ocenjena vrednost, ki je posledica predvsem višje povprečne vrednosti Sr-90 v izbranih vzorcih zelenjave. V letu 2013 smo posodobili podatke o prehrani odraslih, kjer smo našli najnovejše podatke objavljene v letu 2006 [41], a se ti ne razlikujejo bistveno od starih.

Ocenjene učinkovite doze zaradi inhalacije so za vse tri starostne skupine iz prebivalstva, dojenčke do enega leta, otroke od 7 – 12 let in odrasle, v letu 2015 nižje od 1 nSv.

Za naravne radionuklide v tabeli 6.4 le informativno podajamo učinkovito dozo samo zaradi ingestije in inhalacije Pb-210, ki ima velik dozni pretvorbni faktor. Najvišja vrednost je za dojenčke do enega leta starosti in znaša $314 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let znaša $148 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $70 \mu\text{Sv}$, kjer upoštevamo ingestijo mleka v Ljubljani.

Na sliki 6.2 smo za primer vnosa ljubljanskega mleka analizirali relativne prispevke posameznih vrst hrane, vode in zraka k skupni dozi zaradi ingestije in inhalacije. Pri dojenčkih k dozi zaradi specifične prehrane prevladuje prispevek mleka (več kot polovico). Pri otrocih in odraslih je približno primerljiv prispevek zaradi uživanja mesa, moke oziroma žitnih izdelkov ter zelenjave in sadja, ki pa delno variira z leti in je predvsem statistična posledica izbire različnih vzorcev po različnih lokacijah v Sloveniji.

Če primerjamo prispevke po posameznih izotopih, k dozi največ prispeva Sr-90, delež H-3 je zanemarljiv, preostalo gre na račun Cs-137. Prispevek Sr-90 k dozi zaradi ingestije in inhalacije za dojenčke znaša v letu 2015 ~90%, za otroke ~90% in za odrasle ~80%, kot je tudi prikazano na sliki 6.3.

6.4 Doza zaradi zunanega sevanja

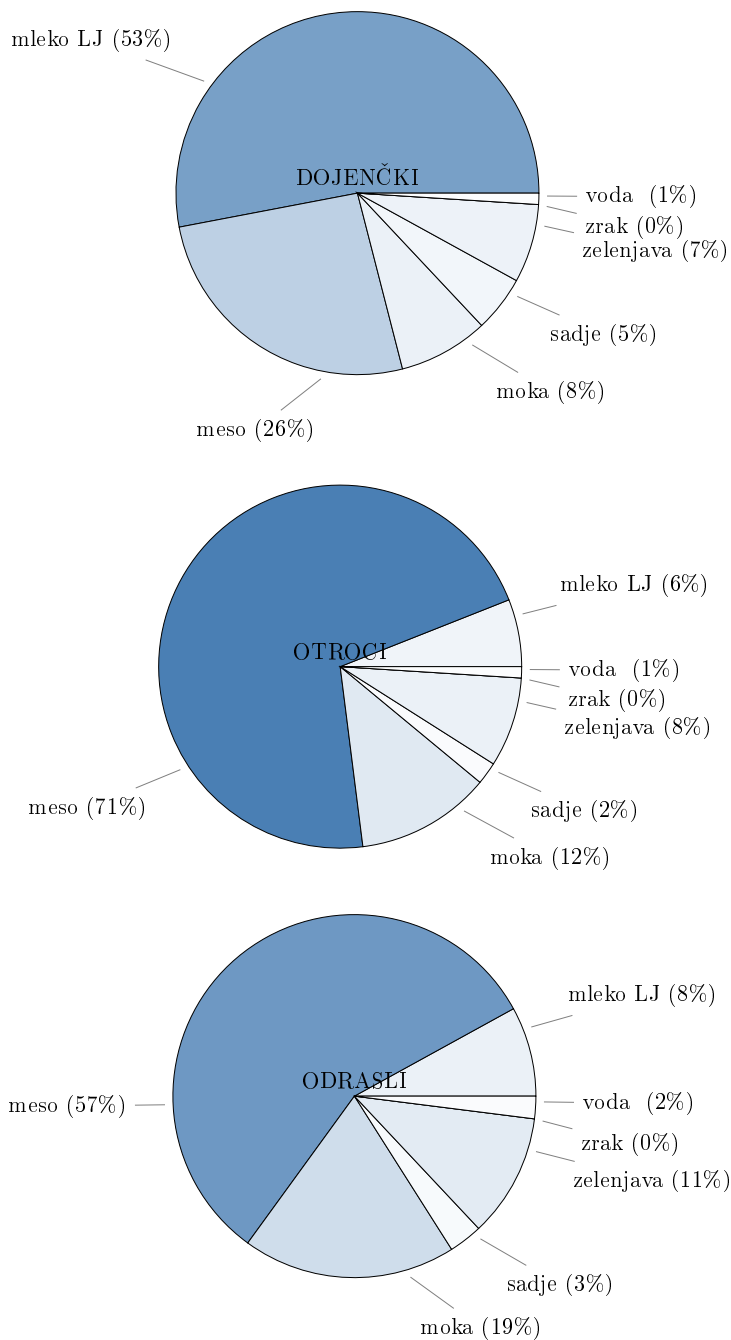
Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanega sevanja v letu 2015 je bil $895 \mu\text{Sv}$. Ker je ocena černobilske doze zunanega sevanja na osnovi meritev TL dozimetrom zelo konservativna in ker je negotovost podatkov izmerjenih pred letom 1986 velika, smo ocenili dozo zunanega sevanja s pomočjo globinske porazdelitve černobilskega Cs-137 v zemlji [42]. Izotop v zemlji ni več porazdeljen eksponentno, kot v prvih letih po nesreči, pač pa se je vrh premaknil v globlje plasti. Globina vrha je odvisna od lastnosti zemlje. Porazdelitev tako lahko deloma opišemo z Gaussovo funkcijo [43]. Širina porazdelitve pa je prav tako odvisna od definicijskih lastnosti zemlje. S pomočjo te metode smo iz meritev koncentracij Cs-137 v zemlji ocenili dozo zunanega sevanja za različne starostne in referenčne skupine prebivalstva. Pri tem smo tudi upoštevali različne deleže zadrževanja na prostem ali v zaprtih prostorih ter faktorje ščitenja v zaprtih prostorih (v mestih večje, na deželi manjše - glej tabelo 6.5), zato analiziramo doze za več referenčnih skupin, med drugim tudi za ruralno oziroma urbano območje.

Tabela 6.3 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2015.

Izotop	zelenjava	sadje	moka	meso	vrsta vzorca					zrak
					mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda		
					Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija (μ Sv)					
Cs-137	0,04	0,00	0,01	0,03	0,18	0,25	0,18	1,39·10 ⁻⁴	1,21·10 ⁻⁴	
Sr-90	0,22	0,18	0,30	0,93	1,78	2,34	0,84	3,80·10 ⁻²	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,44·10 ⁻³	0	
Skupaj	0,25±0,18	0,18±0,10	0,31±0,28	0,96±1,35	1,96±0,89	2,58±1,22	1,02±0,59	0,05±0,05	1,2·10 ⁻⁴ ±8,9·10 ⁻⁵	
					Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μ Sv)					
Cs-137	0,06	0,00	0,02	0,12	0,03	0,04	0,03	1,86·10 ⁻⁴	1,67·10 ⁻⁴	
Sr-90	0,19	0,08	0,40	2,33	0,17	0,22	0,08	2,79·10 ⁻²	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,54·10 ⁻³	0	
Skupaj	0,25±0,16	0,08±0,05	0,42±0,37	2,44±3,37	0,20±0,09	0,27±0,12	0,11±0,06	0,04±0,04	1,7·10 ⁻⁴ ±1,2·10 ⁻⁴	
					Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μ Sv)					
Cs-137	0,09	0,00	0,04	0,12	0,05	0,07	0,05	3,90·10 ⁻⁴	1,98·10 ⁻⁴	
Sr-90	0,11	0,06	0,29	0,89	0,09	0,12	0,05	2,10·10 ⁻²	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,52·10 ⁻³	0	
Skupaj	0,20±0,12	0,06±0,08	0,33±0,27	1,01±1,29	0,14±0,05	0,19±0,07	0,09±0,04	0,03±0,03	2,0·10 ⁻⁴ ±1,5·10 ⁻⁴	
					Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μ Sv)					
Cs-137	0,10	0,00	0,04	0,18	0,08	0,12	0,08	3,90·10 ⁻⁴	1,98·10 ⁻⁴	
Sr-90	0,12	0,08	0,33	1,30	0,16	0,21	0,08	2,10·10 ⁻²	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,52·10 ⁻³	0	
Skupaj	0,22±0,12	0,08±0,10	0,38±0,31	1,48±1,89	0,25±0,08	0,33±0,11	0,16±0,07	0,03±0,03	2,0·10 ⁻⁴ ±1,5·10 ⁻⁴	
					Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μ Sv)					
Cs-137	0,11	0,00	0,05	0,16	0,08	0,11	0,08	3,90·10 ⁻⁴	1,98·10 ⁻⁴	
Sr-90	0,13	0,09	0,36	1,15	0,15	0,20	0,07	2,10·10 ⁻²	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,52·10 ⁻³	0	
Skupaj	0,24±0,14	0,09±0,12	0,41±0,33	1,31±1,67	0,23±0,08	0,31±0,11	0,15±0,06	0,03±0,03	2,0·10 ⁻⁴ ±1,5·10 ⁻⁴	

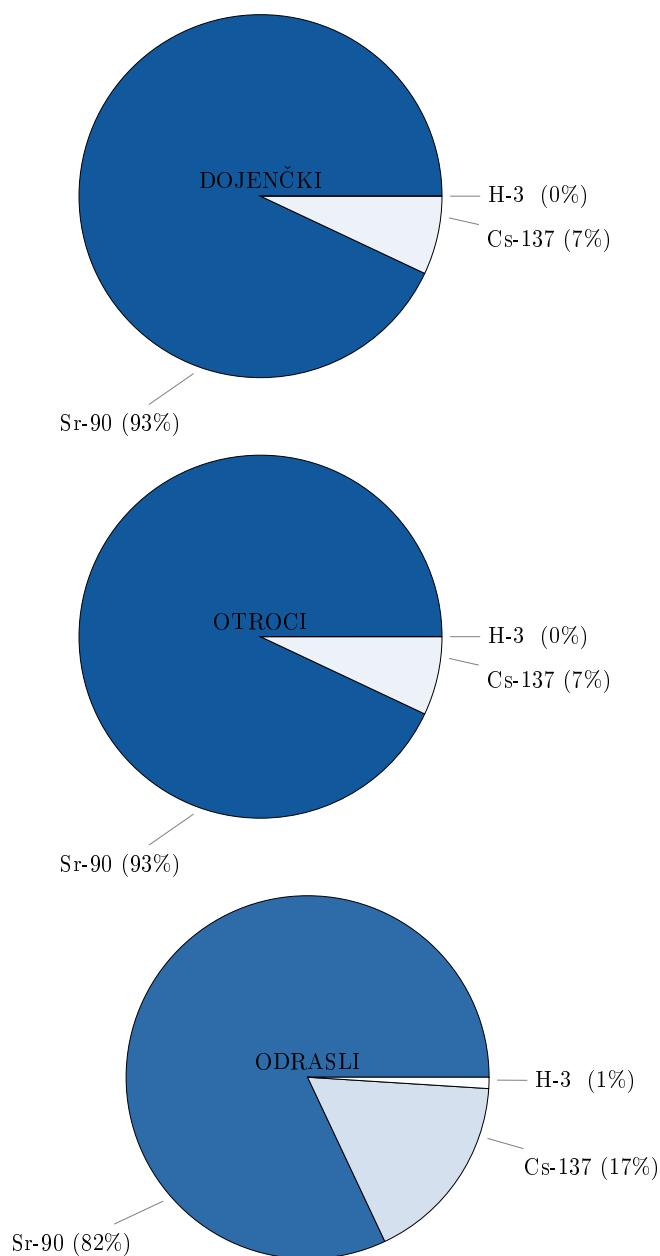
Tabela 6.4 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2015.

	vrsta vzorca								
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	zrak
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - dojenčki (μSv)								
Pb-210	58,6	56,7	15,7	18,9	154,9	0,0	159,5	3,2	6,0
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)								
Pb-210	44,9	21,4	18,0	41,0	12,8	0,0	13,2	3,2	6,9
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)								
Pb-210	19,9	13,0	10,3	12,2	5,6	0,0	5,8	1,2	8,0
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)								
Pb-210	21,4	17,6	11,6	17,8	9,6	0,0	9,9	1,2	8,0
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)								
Pb-210	23,5	19,7	12,7	15,7	9,1	0,0	9,3	1,2	8,0



Slika 6.2 | Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).

V tabeli 6.7 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi zunanjega obsevanja zaradi črnobilskega Cs-137 v zemlji. Doza za odraslega prebivalca Slovenije je v letu 2015 ocenjena na $6,0 \pm 0,3 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz tabele 6.7. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje med Gy in Sv za različne starostne skupine prebivalcev po UNSCEAR poročilu iz leta 2000, in sicer 0,91 za dojenčke, 0,79 za otroke in 0,69 za odrasle. Ti pretvorbene faktorji so konservativni, saj temeljijo na naravnih radionuklidih K-40, Th-232 in U-238, ker pa v izračunu doz upoštevamo le Cs-137, bi bili ti faktorji v skladu s priporočili



Slika 6.3 | Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)

Tabela 6.5 | Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja

Lokacija	delež časa zadrževanja		faktor ščitenja
	v zaprtih prostorih	na prostem	v zaprtih prostorih
slovensko povprečje	0,8	0,2	0,9
urbana področja	0,8	0,2	0,95
ruralna področja	0,7	0,3	0,85

ICRU Report 57 lahko 20% nižji.

Doza za odraslega prebivalca ocenjena za pretekla leta je prikazana v tabeli 6.6, kjer

so vrednosti primerljive med sabo po letih. Drugačni oceni doze v letih 2006 in 2008 sta posledica druge lokacije vzorčenja zemlje v Ljubljani in vzorčevalca, kot je bila pred letom 2006 in nato ponovno v 2007. V vseh teh letih je bilo mesto odvzema vzorcev na lokaciji ob Cesti dveh cesarjev, v letih 2006 in 2008 je bila lokacija vzorčenja na Reaktorskem izobraževalnem centru v Podgorici. Od leta 2009 dalje je lokacija ponovno ob Cesti dveh cesarjev. Specifične aktivnosti izmerjene v vzorcih zemlje iz lokacije na Reaktorskem centru so nekajkrat nižje od tistih iz lokacije ob Cesti dveh cesarjev. Primerjava ocenjenih doz v preteklih letih nam pokaže, da je bila črnobilska kontaminacija precej neenakomerna in da je lahko Cs-137 zaradi razgibanosti terena ter difuzijskih lastnosti zemlje difundiral do različnih globlin na posameznih lokacijah. Zato smo ocenili tudi dozo zunanjega sevanja na dveh ostalih lokacijah z lokalno višjimi vrednostmi Cs-137 - Kobarid in Bohinjska Bistrica (za slednjo privzamemo enako vrednost kot za Kobarid, saj tam zemlje ne vzorčimo). Rezultati prejetih letnih doz za vse referenčne skupine,

Tabela 6.6 | Ocenjene doze zaradi zunanjega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih

Leto	Doza zaradi zunanjega obsevanja (μSv)
2003	6,5
2004	6,5
2005	4,8
2006	1,45
2007	4,8
2008	6,7
2009	7,6
2010	7,8
2011	7,0
2012	7,7
2013	6,2
2014	6,4
2015	6,0

prikazane na sliki 6.1, so navedene v tabeli 6.7.

6.5 Skupna ocena doze

Na osnovi povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti dolgoživih umetnih radionuklidov v vzorcih zraka, vode in hrane, odvzetih v letu 2015, povprečnem letnem vnosu posameznih vrst hrane in pitne vode ter ob upoštevanju doznih pretvorbenih faktorjev v uredbi UV2 [4] smo ocenili pričakovano efektivno dozo:

- za dojenčke do enega leta starosti,
- za otroke od 7 do 12 let in
- za odrasle.

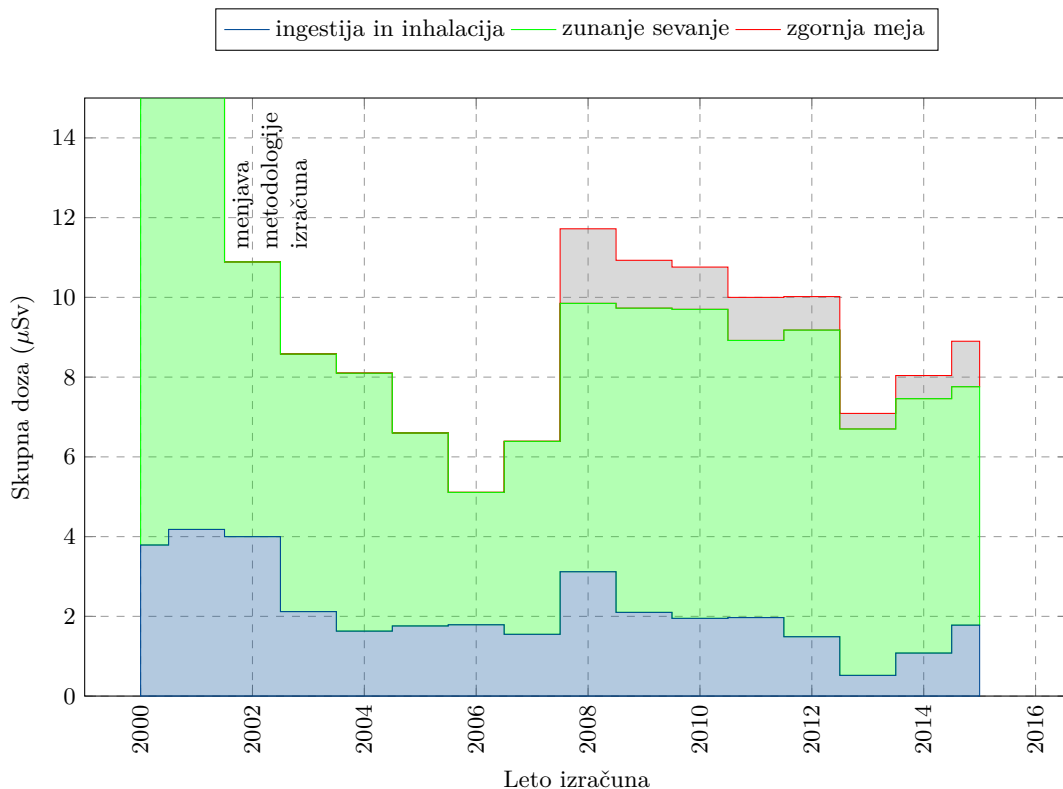
Izračun efektivnih doz smo naredili za različne referenčne skupine prebivalstva (slika 6.1), ki odražajo starostne skupine splošnih predstavnikov prebivalstva, kakor tudi specifične skupine bodisi zaradi lokalnih posebnosti, načinov prehranjevanja, bivanja ipd. Aktivnosti, zaužite s prehrano in vnesene v telo z dihanjem, ocenimo na podlagi izmerjenih vzorcev v preteklem letu. To pomeni, da lahko specifične aktivnosti v različnih vzorcih bistveno variirajo. Za izračun doz uporabimo metodologijo in enačbe predstavljene v poglavju 6.1, pri čemer za vhodne podatke uporabimo statistično obdelane vrednosti oziroma povprečne vrednosti aktivnosti z določeno negotovostjo oziroma standardno

deviacijo ensambla vrednosti ($a \pm \sigma_a$). Izračun prejetih doz opravimo tako s povprečnimi vrednostmi, ki odraža realno oceno, za primerjavo pa izračun opravimo še za t.i. *zgornjo mejo doze* oziroma *najvišjo pričakovano dozo*, kjer na ta način pokrijemo $\sim 95\%$ vseh možnih primerov (95 % verjetnost, da doza posameznika iz prebivalstva ne preseže te izračunane vrednosti). Namesto negotovosti ocene doze je v našem primeru bolj smiselno podati zgornjo mejo letne doze, saj je razpon vrednosti predvsem posledica povprečenja vrednosti radionuklidov v posameznih vrstah vzorcev.

Rezultati ocenjenih doz za preteklo leto so prikazani v tabeli 6.7.

Skupna efektivna doza oziroma zgornja meja za odrasle zaradi vnosa umetnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo ter zaradi zunanjšega obsevanja tal znaša $7,8 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 8,9 \mu\text{Sv}$ na leto za odrasle, $10,3 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 12,8 \mu\text{Sv}$ na leto za otroke od 7. do 12. leta starosti in $11,6 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 13,8 \mu\text{Sv}$ na leto za dojenčke. V hrani večji del doze prispeva Sr-90, k zunanjemu sevanju pa k dozi največ prispeva Cs-137.

Na sliki 6.4 je prikazana časovna odvisnost ocenjenih efektivnih doz za odraslega prebivalca Slovenije za obdobje od leta 2000 dalje. Na grafu je prikazana ločena doza zaradi prispevkov ingestije in inhalacije oziroma zunanjšega sevanja. Padec doze zunanjšega obsevanja v letu 2002 je posledica spremenjene metodologije vrednotenja doz. Do leta 2001 se je namreč dozo zunanjšega sevanja zaradi černobilske kontaminacije ocenjevalo iz odčitkov TL dozimetrov, kar je bilo obremenjeno z veliko negotovostjo meritve (ocenjeni vrednosti dozi zunanjšega sevanja sta znašali $53,7 \mu\text{Sv}$ v letu 2000 in $50,0 \mu\text{Sv}$ v letu 2001).



Slika 6.4 | Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje

Tabela 6.7 | Obseвна obremenitev prebivalstva v letu 2015 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi

Starostna skupina	Prehranbene navade	Mleko	Referenčna skupina	Prejeta letna ekvivalentna doza (μSv)		Skupna doza	Zgornja meja
				Ingestija in inhalacija	Zunanje sevanje		
dojenčki do 1 leta starosti	Pediatrska klinika	LJ	A1	$3,7 \pm 2,2$	$7,9 \pm 0,4$	11,6	< 13,8
		KB	A2	$4,3 \pm 2,8$	$7,3 \pm 0,2$	11,6	< 14,4
		BB	A3	$2,8 \pm 1,5$	$7,3 \pm 0,2$	10,1	< 11,6
otroci od 7 do 12 let	IAFEA podatki	LJ	B1	$3,4 \pm 2,5$	$6,8 \pm 0,4$	10,3	< 12,8
		KB	B2	$3,5 \pm 2,5$	$6,3 \pm 0,2$	9,8	< 12,3
		BB	B3	$3,3 \pm 2,5$	$6,3 \pm 0,2$	9,7	< 12,2
odrasli	statistični podatki	LJ	C1	$1,8 \pm 1,1$	$6,0 \pm 0,3$	7,8	< 8,9
		KB	C2	$1,8 \pm 1,1$	$5,5 \pm 0,2$	7,4	< 8,5
		BB	C3	$1,7 \pm 1,1$	$5,5 \pm 0,2$	7,3	< 8,4
odrasli	urbano okolje	LJ	D1	$2,4 \pm 1,6$	$5,1 \pm 0,3$	7,6	< 9,1
		KB	D2	$2,5 \pm 1,6$	$4,7 \pm 0,1$	7,3	< 8,8
		BB	D3	$2,3 \pm 1,6$	$4,7 \pm 0,1$	7,1	< 8,6
odrasli	ruralno okolje	LJ	E1	$2,3 \pm 1,4$	$8,7 \pm 0,4$	11,0	< 12,4
		KB	E2	$2,4 \pm 1,4$	$8,0 \pm 0,2$	10,4	< 11,8
		BB	E3	$2,2 \pm 1,4$	$8,0 \pm 0,2$	10,2	< 11,7



7 — Zaključki

7.1 Ugotovitve

V splošnem lahko rečemo, da je obremenitev prebivalca Slovenije zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v okolju kot posledica černobilske kontaminacije in bombnih poskusov nekaj μSv letno. Določene letne variacije v oceni doze so posledica posameznih vzorcev z večjimi ali manjšimi koncentracijami radionuklidov ter seveda negotovosti meritev.

Vpliv izpustov zaradi jedrske nesreče v Fukušimi 11. marca 2011 je bil v Sloveniji zanemarljiv. Nekaj mesecev po nesreči so bile merljive le vsebnosti izotopov I-131 in Cs-134 v zraku in padavinah, in sicer v marcu, aprilu ter delno maju 2011.

Na podlagi meritev radioaktivnosti življenjskega okolja Republike Slovenije v letu 2015 ugotavljamo, da so bile specifične aktivnosti umetnih radionuklidov v hrani in zraku okrog 1% od mejnih vrednosti, predpisanih v Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur. list RS, št. 49, 2004).

Letne učinkovite doze zaradi ingestije umetnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanjem sevanju so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilih UNSCEAR 2000 [34] in UNSCEAR 2006 [44].

7.2 Priporočila

Že več let ugotavljamo, da je večina aktivnosti umetnih radionuklidov, ki je posledica radioaktivnega useda po černobilski nesreči že migrirala v nižje plasti zemlje (od 15 cm).

Priporočilo 7.1 Zaradi poznavanja dolgoročnega obnašanja in migracije radionuklidov v zemlji predlagamo, da bi bilo smiselno začeti tudi z vzorčenjem in analizo globljih plasti zemlje od 15 do 30 cm. ■

Prav tako že več let zapored opažamo anomalijo s povečano vsebnostjo K-40 v vzorcih vode v reki Savinji na lokaciji pod Celjem, ki za en do dva velikostna reda presega vrednosti v drugih rekah.

Priporočilo 7.2 Predlagamo izdelavo projektne naloge, kjer bi z dodatnim vzorčenjem (zrak, zemlja, druge lokacije) pojasnili takšne anomalije. ■

V letu 2013 smo izvedli podrobnejšo analizo sezonskih variacij aktivnosti Cs-137 v zraku in jo ponavljamo sedaj vsako leto. Iz literature [15–19] je bilo zaslediti, da so povišane vsebnosti v zraku lahko posledica povišane uporabe drv in lesnih kuriv. Hipotezo smo potrdili z analizo mesečnih rezultatov, ki smo jih primerjali z nekaterimi drugimi parametri kakovosti zraka.

Priporočilo 7.3 Predlagamo izdelavo projektne naloge, kjer bi s posebnim programom vzorčenja zraka in vzorcev lesa (drva, peleti, briketi) preverili in potrdili razloge za zgoraj omenjene sezonske variacije Cs-137. ■

V povezavi z zgornjimi ugotovitvami o sezonski odvisnosti aktivnosti Cs-137 v zraku, hkrati ugotavljamo, da so te bistveno nižje v toplih mesecih (t.j. izven kurilne sezone). Posledično se Cs-137 tipično v takšnih mesečnih vzorcih zazna le v sledih oziroma so aktivnosti pod mejo detekcije.

Priporočilo 7.4 Izvajalcem meritev radioaktivnosti predlagamo, da vzorce zraka poletnih mesecev vzorčijo in merijo pod takšnimi pogoji, da so detekcijske meje precej znižane in na ta način dobljene vrednosti odražajo realnejše stanje spremljanja sezonskih variacij in dolgoročnih trendov. V prvi vrsti lahko pomeni daljši čas meritve, nato pa postopoma na primer optimalna izbira pri prihodnji zamenjavi iztrošene merske ali vzorčevalne opreme – občutljivost detektorja, znižanje ozadja, kapaciteta črpalke za čim večji vzorčeni volumen ipd. ■



Literatura

- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 102, 2004, 60/2011, 74/2015, 2011.
- [2] Ministrstvo za okolje in prostor. Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti. Ur. list RS št. 20/2007, 97/2009, 2009.
- [3] Ministrstvo za zdravje. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji. Ur. list RS št. 115/2003, 2003.
- [4] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih. Ur. list RS št. 49/2004, 2004.
- [5] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju januar – marec 2015. Technical Report LMSAR-20150011-A-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [6] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju april – junij 2015. Technical Report LMSAR-20150011-B-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [7] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju julij – september 2015. Technical Report LMSAR-20150011-C-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [8] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju oktober – december 2015. Technical Report LMSAR-20150011-D-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2016.
- [9] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. Technical Report 44/2015, Institut "Jožef Stefan", 2015.
- [10] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2015 - faza 1 (sklop 1). Technical Report LMSAR-20150006-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.

- [11] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2015 - faza 2 (sklop 1). Technical Report LMSAR-143/2015-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [12] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2015 - faza 3 (sklop 1). Technical Report LMSAR-11/2016-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2016.
- [13] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. Technical Report 64/2015, Institut "Jožef Stefan", 2015.
- [14] ZVD. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. Technical Report 41/2015, Institut "Jožef Stefan", 2015.
- [15] S. Stoulos, A. Ioannidou, E. Vagena, P. Koseoglou, and M. Manolopoulou. Post-Chernobyl Cs-137 in the atmosphere of Thessaloniki: a consequence of the financial crisis in greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 128:68–74, 2014.
- [16] M. Hus, Košutić. K., and S. Lulić. Radioactive contamination of wood and its products. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55(2):179–186, 2001. ISSN 0265-931X. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(00\)00191-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(00)00191-0). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X00001910>.
- [17] I. Suchara, P. Rulík, J. Hůlka, and H. Pilátová. Retrospective determination of Cs-137 specific activity distribution in spruce bark and bark aggregated transfer factor in forests on the scale of the Czech Republic ten years after the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*, 409(11):1927–1934, 2011.
- [18] I. Lovrenčić, M. Volner, D. Barišić, M. Popijac, N. Kezić, I. Seletković, and S. Lulić. Distribution of Cs-137, K-40 and Be-7 in silver fir-tree (*abies alba* l.) from gorski kotar, croatia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 275(1):71–79, 2008. ISSN 0236-5731. doi: 10.1007/s10967-007-7009-2. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2>.
- [19] A. H. Rantavaara, L. J. Aro, A. H. Rantavaara, and L. J. Aro. Radiological impact of using forest tree biomass for energy and recycling the ash. *Radioprotection*, 44:927–932, 1 2009. ISSN 1769-700X. doi: 10.1051/radiopro/20095165. URL http://www.radioprotection.org/article_S0033845109051655.
- [20] ZVD. Letna poročila o radioaktivnosti v življenjskem okolju slovenije. Technical report, ZVD Zavod za varstvo pri delu, od 1964 dalje.
- [21] IJS. Letna poročila o nadzoru radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško. Technical report, Institut "Jožef Stefan", od 2003 dalje.
- [22] Agencija RS za okolje. Državne evidence izpustov onesnaževal zrak, preglednica ZR15-2: Struktura izpustov delcev različnih velikosti leta 2011 glede na vir onesnaževanja. http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=10448&ind_id=545, 2013.
- [23] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2013. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf, 2014.

- [24] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2014. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2014_slo.pdf, 2015.
- [25] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2015. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2015_slo.pdf, 2016.
- [26] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije, preglednica EN18-3: Raba obnovljivih virov energije. http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=13179&ind_id=643, 2014.
- [27] EUROSTAT. Supply, transformation and consumption of renewable energies - annual data (nrg 107a): Biomass and renewable wastes, gross inland consumption. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-368586_QID_-3D6F8554_UID_-3F171EBO&layout=TIME,C,X,0;GEO,L,Y,0;UNIT,L,Z,0;PRODUCT,L,Z,1;INDIC_NRG,L,Z,2;INDICATORS,C,Z,3;&zSelection=DS-368586INDIC_NRG,B_100900;DS-368586UNIT,KTOE;DS-368586PRODUCT,5541;DS-368586INDICATORS,OBS_FLAG;&rankName1=UNIT_1_2_-1_2&rankName2=INDICATORS_1_2_-1_2&rankName3=PRODUCT_1_2_-1_2&rankName4=INDIC-NRG_1_2_-1_2&rankName5=TIME_1_0_0_0&rankName6=GEO_1_0_0_1&sortR=ASC_-1_FIRST&sortC=ASC_-1_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mode=NONE&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23, 2016.
- [28] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=643, 2014.
- [29] M. Yoshimori. Atmospheric transport inferred from seasonal variations in cosmogenic Be-7 concentrations. In *Proceedings of the 30th International Cosmic Ray Conference*, July 3–11, 2007 2007. Mérida, Yucatán.
- [30] H. W. Feely, R. J. Larsen, and C. G. Sanderson. Factors that cause seasonal variations in Beryllium-7 concentrations in surface air. *Journal of Environmental Radioactivity*, 9(3):223–249, 1989.
- [31] K. Tokieda, T. Yamanaka, K. Harada, and S. Tsunogai. Seasonal variations of residence time and upper atmospheric contribution of aerosols studied with Pb-210, Bi-210, Po-210 and Be-7. *Tellus B*, 48(5):690—702, 1996.
- [32] Space Weather Prediction Center U.S. Dept. of Commerce, NOAA. Recent solar indices. <http://www.swpc.noaa.gov/ftplib/weekly/RecentIndices.txt>, 2014.
- [33] L. Lebaron-Jacobs, J. Garnier-Laplace, B. Lopez, C. Adam-Guillermin, I. Dublineau, S. Roussel-Debet, C. Antonelli, B. Fievet, P. Bailly du Bois, and M. Masson. *Tritium*, volume 30 of *Toxicologie nucléaire environnementale et humaine*. Lavoisier, 2009.
- [34] UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume I – Annex A: Dose Assessment Methodologies*. UNSCEAR Report 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2000.
- [35] P. Guétat, C. Douche, and J.C. Hubinois. Le tritium et l’environnement: sources, mesures et transferts. *Radioprotection*, 43:547–569, 2008.

- [36] World Nuclear Association. World nuclear power reactors and uranium requirements. <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>, 2016.
- [37] IAEA. *Heavy water reactors: status and projected development*. IAEA Technical Reports Series 407. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2002.
- [38] W. G. Alberts, P. Ambrosi, J. Böhm, G. Dietze, K. Hohlfeld, and W. Will. New dose quantities in radiation protection. Technical Report PTB-Dos-23e, PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 1995.
- [39] P. Jovanovič. Radioaktivna kontaminacija alpskega predela slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov. Technical report, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2004.
- [40] IAEA. *Assessment of doses to the public from ingested radionuclides*. IAEA Safety Reports Series 14. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1999.
- [41] Statistični urad RS. Anketa o porabi v gospodinjstvih, slovenija, 2004 - količina porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, letno povprečje, 2004. <http://www.stat.si/PrikaziDatoteko.aspx?id=247>, 2006.
- [42] A. Likar, T. Vidmar, and B. Pucelj. Monte Carlo determination of gamma-ray dose rate with the GEANT system. *Health Physics*, 75(2):165–169, 1998.
- [43] A. Likar, G. Omahen, M. Lipoglavšek, and T. Vidmar. A theoretical description of diffusion and migration of Cs-137 in soil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 57:191–201, 2001.
- [44] UNSCEAR. *Effects of ionizing radiation, Volume I – Annex A: Epidemiological studies of radiation and cancer*. UNSCEAR Report 2006. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2008.
- [45] Joint Committee for Guides in Metrology. Evaluation of measurement data — guide to the expression of uncertainty in measurement. http://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf, 2008.

Pojasnila k tabelam

Zapisi meritev ZVD

Zapisi meritev IJS

Zrak

Padavine

Tekoče vode

Zemlja

Morje - voda in sedimenti

Zunanje sevanje

Pitna voda

Hrana

Krmila

A — Rezultati meritev

A.1 Pojasnila k tabelam

A.1.1 Zapisi meritev ZVD

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom \pm je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom $<$ je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v poročilu v prilogi A se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material. Ekshalacija radona iz posode z vzorcem ni upoštevana.

A.1.2 Zapisi meritev IJS

Izmerki v tabelah so zapisani po naslednjih pravilih:

- Specifične aktivnosti in koncentracije aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčenja.
- Rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama so izraženi kot neposredni merski rezultati, $y \pm u(y)$, pri čemer je $u(y)$ združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštewane.
- Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo neposredni merski rezultat, ki ga označimo z znakom \ddagger , pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije; v prejšnjih poročilih se je vrednost izmerka prištela k razširjeni negotovosti ($k = 2$), rezultat pa smo označili kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti.
- Specifične aktivnosti in koncentracije aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.
- Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM [45].

- Spodnjo mejo aktivnosti se zaradi visoke detekcijske meje poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomemben pri oceni doz. To se poroča kot mersko negotovost. Številska vrednost spodnje meje aktivnosti pri danih pogojih meritve se nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo.
- Pri ostalih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele ne pišemo. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.
- V tabele ne pišemo spodnjih detekcijskih mej, ki so ocenjene iz velikosti ozadja, verjetnosti za detekcijo in količine vzorca.
- Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci smo izračunali iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
- Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234M, ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
- Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.
- Radiokemična analiza stroncija Sr-89/Sr-90 je bila narejena na Odseku O-2, na Odsek F-2 so bile specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti v Bq/m³ za vodne in aerosolne vzorce) poročane v enotah Bq/kg suhe snovi. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/kg sveže snovi ali Bq/m³ za vodne in aerosolne vzorce), ki je bil izveden na Odseku F-2.

A.2 Zrak

Tabela A.1 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Jareninski vrh

Oznaka vzorca	ZRJV0115	ZRJV0215	ZRJV0315	ZRJV0415	ZRJV0515	ZRJV0615	
Datum vzorčenja	januar	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum meritve	05.02.15	16.03.15	10.04.15	05.05.15	08.06.15	08.07.15	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	35372	34151	35495	46798	36564	35576	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	2,8E-6 ± 2E-6				1,2E-6 ± 1E-6	4,2E-6 ± 1E-6	2,7E-6
Ra-226*	1,4E-6 ± 5E-7	4,7E-6 ± 4E-7	3,3E-6 ± 3E-7	2,7E-6 ± 2E-7	2,1E-6 ± 2E-7	3,2E-6 ± 2E-7	2,9E-6
Pb-210	3,7E-4 ± 2E-5	3,9E-4 ± 2E-5	3,0E-4 ± 2E-5	2,3E-4 ± 1E-5	2,3E-4 ± 2E-5	2,9E-4 ± 3E-5	3,0E-4
Th (Ra-228)	2,6E-6 ± 3E-7	1,5E-6 ± 8E-7	1,8E-6 ± 5E-7	1,3E-6 ± 4E-7		1,8E-6 ± 3E-7	1,8E-6
Th-228	7,9E-7 ± 5E-7	1,7E-6 ± 8E-7	2,3E-6 ± 5E-7	3,2E-6 ± 4E-7	4,0E-7 ± 3E-7	1,3E-6 ± 3E-7	1,6E-6
K-40	2,7E-4 ± 1E-5	2,9E-4 ± 2E-5	2,7E-4 ± 1E-5	2,0E-4 ± 1E-5	2,2E-4 ± 1E-5	2,3E-4 ± 1E-5	2,5E-4
Be-7	2,1E-3 ± 6E-5	2,0E-3 ± 6E-5	3,0E-3 ± 9E-5	2,9E-3 ± 8E-5	3,1E-3 ± 2E-4	4,0E-3 ± 3E-4	2,9E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-6 ± 1E-7	1,5E-6 ± 2E-7	8,4E-7 ± 1E-7	3,2E-7 ± 8E-8	2,8E-7 ± 7E-8	< 6,2E-7	8,6E-7

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	ZRJV0715	ZRJV0815	ZRJV0915	ZRJV1015	ZRJV1115	ZRJV1215	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum meritve	07.08.15	14.09.15	09.10.15	05.11.15	04.12.15	05.01.16	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	36493	36637	35237	36286	34848	36096	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	6,0E-6 ± 2E-6				2,0E-6 ± 1E-6		4,0E-6
Ra-226*	3,2E-6 ± 3E-7	3,3E-6 ± 5E-7	3,5E-6 ± 3E-7	4,4E-6 ± 5E-7	3,8E-6 ± 2E-7	4,1E-6 ± 6E-7	3,7E-6
Pb-210	4,8E-4 ± 3E-5	6,4E-4 ± 7E-5	3,7E-4 ± 2E-5	4,7E-4 ± 5E-5	5,3E-4 ± 5E-5	9,6E-4 ± 8E-5	5,7E-4
Th (Ra-228)	1,8E-6 ± 5E-7		1,3E-6 ± 5E-7				1,6E-6
Th-228	4,4E-7 ± 4E-7	1,2E-6 ± 8E-7		4,7E-6 ± 9E-7	6,8E-6 ± 5E-7	3,4E-6 ± 7E-7	3,3E-6
K-40	2,6E-4 ± 1E-5	2,6E-4 ± 1E-5	2,6E-4 ± 1E-5	2,4E-4 ± 1E-5	2,4E-4 ± 1E-5	2,6E-4 ± 1E-5	2,5E-4
Be-7	4,8E-3 ± 1E-4	5,3E-3 ± 3E-4	3,1E-3 ± 9E-5	2,0E-3 ± 1E-4	2,7E-3 ± 2E-4	2,7E-3 ± 8E-5	3,4E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 8,6E-7	< 2,1E-6	< 8,6E-7	6,7E-7 ± 2E-7	1,2E-6 ± 1E-7	2,9E-6 ± 3E-7	1,4E-6

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.2 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja

Oznaka vzorca	ZRPM0115	ZRPM0215	ZRPM0315	ZRPM0415	ZRPM0515	ZRPM0615	
Datum vzorčenja	januar**	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum meritve	19.02.15	12.03.15	09.04.15	05.05.15	11.06.15	09.07.15	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	8229	22010	24101	23546	23791	23696	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	1,5E-5 ± 6E-6		4,9E-6 ± 2E-6				1,0E-5
Ra-226*		5,3E-6 ± 7E-7	4,7E-6 ± 4E-7	7,4E-6 ± 7E-7	6,9E-6 ± 5E-7	4,4E-6 ± 6E-7	5,7E-6
Pb-210	2,9E-4 ± 2E-5	2,2E-4 ± 2E-5	2,6E-4 ± 3E-5	1,2E-3 ± 1E-4	1,1E-3 ± 1E-4	3,9E-4 ± 2E-5	5,8E-4
Th (Ra-228)	1,1E-5 ± 2E-6	3,0E-6 ± 2E+0	1,6E-6 ± 5E-7	4,5E-6 ± 1E-6	4,3E-6 ± 1E-6	2,2E-6 ± 1E-6	4,4E-6
Th-228	2,8E-6 ± 2E-6	3,8E-6 ± 1E-6	1,3E-6 ± 5E-7	3,4E-6 ± 1E-6		1,0E-6 ± 9E-7	2,5E-6
K-40	3,6E-4 ± 3E-5	3,3E-4 ± 2E-5	3,4E-4 ± 2E-5	5,6E-4 ± 3E-5	5,3E-4 ± 3E-5	3,7E-4 ± 2E-5	4,1E-4
Be-7	2,9E-3 ± 9E-5	1,7E-3 ± 1E-4	3,0E-3 ± 2E-4	5,2E-3 ± 3E-4	4,7E-3 ± 3E-4	5,0E-3 ± 1E-4	3,8E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 3,2E-6	1,3E-6 ± 3E-7	< 1,1E-6	1,4E-6 ± 3E-7	6,6E-7 ± 2E-7	< 2,0E-6	1,6E-6

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** zračna črpalka ni delovala od 1.1.2015 do 23.1.2015 zaradi okvare motorja

Oznaka vzorca	ZRPM0715	ZRPM0815	ZRPM0915	ZRPM1015	ZRPM1115	ZRPM1215	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum meritve	11.08.15	14.09.15	13.10.15	03.11.15	02.12.15	05.01.16	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	23279	18845	22101	25788	20693	22952	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	4,3E-6 ± 2E-6		5,0E-6 ± 3E-6	6,5E-6 ± 2E-6			5,3E-6
Ra-226*	4,7E-6 ± 5E-7	8,5E-6 ± 8E-7	5,8E-6 ± 5E-7	9,6E-6 ± 5E-7	8,4E-6 ± 6E-7	1,2E-5 ± 1E-6	8,2E-6
Pb-210	6,5E-4 ± 3E-5	7,7E-4 ± 4E-5	3,3E-4 ± 2E-5	3,4E-4 ± 2E-5	5,5E-4 ± 6E-5	5,7E-4 ± 6E-5	5,4E-4
Th (Ra-228)	1,2E-6 ± 1E-6	5,2E-6 ± 2E-6	2,4E-6 ± 1E-6	1,2E-6 ± 9E-7	5,2E-6 ± 1E-6	3,8E-6 ± 1E-6	3,2E-6
Th-228	3,4E-6 ± 8E-7	2,6E-6 ± 1E-6	4,4E-6 ± 9E-7	1,6E-5 ± 1E-6	6,0E-6 ± 1E-6	2,8E-6 ± 2E-6	5,9E-6
K-40	3,9E-4 ± 2E-5	5,0E-4 ± 3E-5	4,1E-4 ± 2E-5	3,3E-4 ± 2E-5	4,3E-4 ± 2E-5	4,4E-4 ± 2E-5	4,2E-4
Be-7	5,2E-3 ± 2E-4	7,3E-3 ± 2E-4	3,2E-3 ± 9E-5	2,4E-3 ± 7E-5	3,8E-3 ± 2E-4	4,7E-3 ± 3E-4	4,4E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1,7E-6	< 2,7E-6	< 1,9E-6	< 1,5E-6	9,8E-7 ± 2E-7	< 3,5E-6	2,0E-6

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.3 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana



Vzor . mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	Mese no povpre je (za 1. polletje)
Kol. vzorca (m ³)	76507,8	90379,9	117749,5	158678,4	129550,7	136667,6	
Oznaka vzorca	RP15AE111	RP15AE121	RP15AE131	RP15AE141	RP15AE151	RP15AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22			2,5E-07 ± 2E-07	6,1E-07 ± 3E-07	7,5E-07 ± 3E-07	8,4E-07 ± 1E-07	4,1E-07 ± 8E-08
U-238		1,0E-05 ± 4E-06	8,0E-07 ± 2E-06 ‡	2,3E-06 ± 4E-06 ‡			2,3E-06 ± 1E-06
Ra-226	2,0E-05 ± 4E-05 ‡						3,4E-06 ± 6E-06
Pb-210	7,7E-04 ± 4E-05	6,7E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 1E-05
Ra-228	1,2E-06 ± 1E-06 ‡	2,0E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 9E-07	6,7E-07 ± 5E-07 ‡	5,1E-07 ± 8E-07 ‡	3,5E-07 ± 6E-07 ‡	1,0E-06 ± 4E-07
Th-228	4,0E-06 ± 6E-07	3,5E-06 ± 7E-07	3,5E-06 ± 4E-07	2,4E-06 ± 3E-07	2,1E-06 ± 4E-07		2,6E-06 ± 2E-07
Th-230							
K-40	7,0E-05 ± 9E-05 ‡	2,7E-05 ± 8E-05 ‡	1,9E-05 ± 6E-05 ‡	2,0E-05 ± 3E-05 ‡	2,7E-05 ± 5E-05 ‡		2,7E-05 ± 2E-05
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	6,3E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,4E-06 ± 4E-07	4,5E-06 ± 4E-07	2,2E-06 ± 2E-07	1,2E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 4E-07	6,1E-07 ± 1E-07	2,5E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

Vzor . mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Mese no povpre je (za celo leto)
Kol. vzorca (m ³)	148025,6	127699	151837,8	120704,4	71832,6	78949,3	
Oznaka vzorca	RP15AE171	RP15AE181	RP15AE191	RP15AE1A1	RP15AE1B1	RP15AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	7,3E-07 ± 3E-07	9,4E-07 ± 4E-07	2,2E-07 ± 2E-07			6,8E-08 ± 3E-07 ‡	3,7E-07 ± 6E-08
U-238		1,9E-06 ± 3E-06 ‡	2,3E-06 ± 2E-06 ‡		5,7E-07 ± 8E-06 ‡	3,8E-06 ± 4E-06 ‡	1,8E-06 ± 9E-07
Ra-226	7,7E-06 ± 2E-05 ‡						2,3E-06 ± 3E-06
Pb-210	9,3E-04 ± 5E-05	1,1E-03 ± 6E-05	6,1E-04 ± 3E-05	7,6E-04 ± 4E-05	1,6E-03 ± 9E-05	1,7E-03 ± 9E-05	8,6E-04 ± 1E-05
Ra-228	9,3E-07 ± 9E-07 ‡	6,1E-07 ± 7E-07 ‡	7,6E-07 ± 7E-07 ‡	4,0E-07 ± 7E-07 ‡	1,5E-06 ± 1E-06		8,6E-07 ± 3E-07
Th-228	1,9E-06 ± 4E-07	2,5E-06 ± 4E-07	2,4E-06 ± 4E-07	2,9E-06 ± 4E-07	4,3E-06 ± 7E-07	3,6E-06 ± 6E-07	2,8E-06 ± 1E-07
Th-230							
K-40		6,1E-06 ± 6E-05 ‡	5,8E-07 ± 5E-05 ‡		1,2E-05 ± 1E-04 ‡	4,9E-08 ± 9E-05 ‡	1,5E-05 ± 2E-05
Be-7	5,9E-03 ± 2E-04	7,0E-03 ± 5E-04	4,0E-03 ± 3E-04	2,7E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,6E-07 ± 2E-07	8,9E-07 ± 2E-07	8,0E-07 ± 2E-07	1,7E-06 ± 2E-07	4,7E-06 ± 3E-07	5,4E-06 ± 5E-07	2,4E-06 ± 9E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

A.3 Padavine

ZVD

Tabela A.4 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana

Oznaka vzorca	FALJ0115	FALJ0215	FALJ0315	FALJ0415	FALJ0515	FALJ0615	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	20.02.2015	17.03.2015	7.04.2015	13.05.2015	8.06.2015	3.07.2015	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	18,1	10,7	16,9	5,5	13,9	30,5	Polletna
Višina padavin #	69,7 mm	64,3 mm	105,1 mm	46,8 mm	114,9 mm	150,4 mm	vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
U (Th-234)			3,6E-1 ± 3E-1				3,6E-1 ± 3E-1
Ra-226			1,1E-1 ± 4E-2	7,7E-2 ± 4E-2		8,3E-2 ± 3E-2	5,1E-1 ± 4E-2
Pb-210	3,4E+0 ± 4E-1	3,2E+0 ± 4E-1	6,1E+0 ± 6E-1	4,5E+0 ± 4E-1	1,6E+1 ± 1E+0	9,0E+0 ± 8E-1	4,2E+1 ± 7E-1
Th (Ra-228)	3,5E-1 ± 7E-2	6,4E-1 ± 1E-1		1,3E-1 ± 1E-1	2,4E-1 ± 1E-1	1,9E-1 ± 8E-2	1,6E+0 ± 9E-2
Th-228	1,0E-1 ± 7E-2	1,5E-1 ± 8E-2					2,5E-1 ± 8E-2
K-40	7,1E-1 ± 5E-1		6,4E-1 ± 5E-1	4,5E-1 ± 4E-1	1,1E+0 ± 5E-1	6,2E-1 ± 4E-1	3,5E+0 ± 5E-1
Be-7	9,0E+0 ± 4E-1	6,4E+0 ± 3E-1	1,7E+1 ± 7E-1	1,7E+1 ± 7E-1	1,0E+2 ± 3E+0	7,9E+1 ± 2E+0	2,3E+2 ± 2E+0
Cs-134							
Cs-137	2,0E-2 ± 1E-2	< 1,4E-1	< 2,0E-1	< 1,6E-1	< 2,2E-1	< 1,4E-1	8,8E-1 ± 1E-2
I-131							
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³) #							
U (Th-234)			3,4E+0 ± 3E+0				3,4E+0
Ra-226			1,0E+0 ± 4E-1	1,6E+0 ± 7E-1		5,5E-1 ± 2E-1	1,1E+0
Pb-210	4,8E+1 ± 6E+0	5,0E+1 ± 7E+0	5,8E+1 ± 5E+0	9,6E+1 ± 9E+0	1,3E+2 ± 1E+1	6,0E+1 ± 5E+0	7,4E+1
Th (Ra-228)	5,0E+0 ± 1E+0	1,0E+1 ± 2E+0		2,8E+0 ± 2E+0	2,1E+0 ± 1E+0	1,3E+0 ± 5E-1	4,2E+0
Th-228	1,4E+0 ± 1E+0	2,3E+0 ± 1E+0					1,9E+0
K-40	1,0E+1 ± 7E+0		6,1E+0 ± 5E+0	9,6E+0 ± 9E+0	9,6E+0 ± 4E+0	4,1E+0 ± 3E+0	7,9E+0
Be-7	1,3E+2 ± 5E+0	1,0E+2 ± 5E+0	1,6E+2 ± 7E+0	3,7E+2 ± 1E+1	8,7E+2 ± 3E+1	5,3E+2 ± 2E+1	3,6E+2
Cs-134							
Cs-137	2,9E-1 ± 2E-1	< 2,2E+0	< 1,9E+0	< 3,4E+0	< 1,9E+0	< 9,3E-1	1,8E+0
I-131							
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
Oznaka vzorca	FALJ0715	FALJ0815	FALJ0915	FALJ1015	FALJ1115	FALJ1215	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	14.08.2015	8.09.2015	7.10.2015	9.11.2015	15.12.2015	7.01.2016	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	14,3	19,8	23,7	32,7	9,5	ni bilo padavin*	Letna
Višina padavin #	117,6 mm	96,4 mm	151,7 mm	126,8 mm	44,8 mm	0,9 mm	vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
U (Th-234)	5,4E-1 ± 3E-1		9,8E-1 ± 3E-1		2,7E-1 ± 2E-1		2,2E+0 ± 3E-1
Ra-226	4,4E-1 ± 3E-2		1,7E-1 ± 6E-2	2,8E-1 ± 2E-2	4,2E-1 ± 4E-2	1,5E-1 ± 4E-2	1,7E+0 ± 4E-2
Pb-210	7,9E+0 ± 7E-1	6,8E+0 ± 6E-1	1,1E+1 ± 9E-1	5,7E+0 ± 5E-1	1,8E+0 ± 3E-1	9,2E-1 ± 4E-1	7,6E+1 ± 7E-1
Th (Ra-228)		3,9E-1 ± 2E-1			2,0E-1 ± 1E-1	1,5E-1 ± 1E-1	2,3E+0 ± 1E-1
Th-228	1,3E-1 ± 8E-2		1,6E-1 ± 9E-2			1,3E-1 ± 8E-2	6,7E-1 ± 8E-2
K-40	4,6E-1 ± 4E-1	8,5E-1 ± 5E-1		7,1E-1 ± 3E-1	6,2E-1 ± 5E-1		6,2E+0 ± 4E-1
Be-7	8,7E+1 ± 3E+0	6,8E+1 ± 2E+0	8,3E+1 ± 2E+0	3,7E+1 ± 1E+0	5,0E+0 ± 3E-1		5,1E+2 ± 2E+0
Cs-134							
Cs-137	< 1,4E-1	< 2,3E-1	< 1,9E-1	< 7,7E-2	< 1,3E-1	< 1,7E-1	1,8E+0 ± 1E-2
I-131							
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³) #							
U (Th-234)	4,6E+0 ± 2E+0		6,5E+0 ± 2E+0		6,0E+0 ± 6E+0		5,1E+0
Ra-226	3,7E+0 ± 2E-1		1,1E+0 ± 4E-1	2,2E+0 ± 2E-1	9,4E+0 ± 8E-1	1,7E+2 5E+1	2,3E+1
Pb-210	6,7E+1 ± 6E+0	7,1E+1 ± 7E+0	7,3E+1 ± 6E+0	4,5E+1 ± 4E+0	4,0E+1 ± 8E+0	1,0E+3 4E+2	1,5E+2
Th (Ra-228)		4,0E+0 ± 2E+0			4,5E+0 ± 3E+0	1,7E+2 1E+2	2,5E+1
Th-228	1,1E+0 ± 7E-1		1,1E+0 ± 6E-1			1,4E+2 9E+1	3,0E+1
K-40	3,9E+0 ± 3E+0	8,8E+0 ± 5E+0		5,6E+0 ± 2E+0	1,4E+1 ± 1E+1		8,0E+0
Be-7	7,4E+2 ± 2E+1	7,1E+2 ± 2E+1	5,4E+2 ± 2E+1	2,9E+2 ± 9E+0	1,1E+2 ± 6E+0		4,1E+2
Cs-134							
Cs-137	< 1,2E+0	< 2,4E+0	< 1,3E+0	< 6,1E-1	< 2,9E+0	< 1,9E+2	1,7E+1
I-131							
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.				* v mesecu decembru ni bilo padavin, vrednosti se nanašajo na meritve usoda na zbiralniku, ki ga speremo s 5 l destilirane vode			

Tabela A.5 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana

Oznaka vzorca	FALJK115	FALJK215	FALJK315	FALJK415	
Datum vz.	januar-marec	april-junij	julij-september	oktober-december	
Datum mer.	18.05.2015	29.08.2015	13.11.2015	31.01.2016	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	14,3	19,8	23,7	42,2	Letna
Višina padavin #	239,1 mm	312,1 mm	365,7 mm	172,5 mm	vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
Sr-90	< 3,4E-2	< 4,3E-2	< 3,9E-2	< 4,4E-2	1,6E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
Sr-90	< 1,4E-1	< 1,4E-1	< 1,1E-1	< 2,6E-1	6,4E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Oznaka vzorca ZVD	FALJ0115	FALJ0215	FALJ0315	FALJ0415	FALJ0515	FALJ0615	
Oznaka vzorca IUS	RP15PD111	RP15PD121	L15PD131	L15PD141	L15PD151	L15PD161	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	20.02.2015	31.03.2015	16.04.2015	27.05.2015	19.06.2015	28.07.2015	
Kol. vzorca (kg)	14,0	23,3	1,0	1,0	1,0	1,0	Polletno
Višina padavin #	69,7 mm	64,3 mm	105,1 mm	46,8 mm	114,9 mm	150,4 mm	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
H-3	5,2E+2 ± 1E+2	6,7E+2 ± 1E+2	7,0E+2 ± 2E+2	8,9E+2 ± 2E+2	1,0E+3 ± 2E+2	1,3E+3 ± 2E+2	8,4E+2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Oznaka vzorca ZVD	FALJ0715	FALJ0815	FALJ0915	FALJ1015	FALJ1115	FALJ1215	
Oznaka vzorca	L15PD171	L15PD181	L15PD191	L15PD1A1	L15PD1B1		
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	25.08.2015	2.10.2015	26.10.2015	18.11.2015	31.12.2015		
Kol. vzorca (kg)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	ni bilo padavin	Polletno
Višina padavin #	117,6 mm	94,4 mm	151,7 mm	126,8 mm	44,8 mm	0,9 mm	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
H-3	9,1E+2 ± 2E+2	9,5E+2 ± 2E+2	7,8E+2 ± 2E+2	7,0E+2 ± 1E+2	6,2E+2 ± 2E+2	-	7,9E+2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Tabela A.6 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto

Oznaka vzorca	FANMK115	FANMK215	FANMK315	FANMK415	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	20.04.2015	7.07.2015	16.10.2015	6.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	8.06.2015	28.08.2015	13.11.2015	31.01.2016	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	19,7	61,8	37,8	39,5	
Višina padavin #	253,7 mm	305,3 mm	213,2 mm	312,4 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)			5,2E+0 ± 7E-1	6,9E-1 ± 2E-1	5,9E+0 5E-1
Ra-226	3,7E-1 ± 2E-1	2,1E-1 ± 5E-2	2,5E-1 ± 2E-2		8,3E-1 ± 1E-1
Pb-210	6,0E+0 ± 5E-1	2,5E+1 ± 2E+0	1,2E+1 ± 9E-1	1,5E+1 ± 8E-1	5,7E+1 ± 1E+0
Th (Ra-228)	9,3E-2 ± 9E-2	3,6E-1 ± 9E-2	1,9E-1 ± 7E-2	1,7E-1 ± 1E-1	8,1E-1 ± 9E-2
Th-228		4,6E-1 ± 1E-1			4,6E-1 1E-1
K-40	6,9E-1 ± 5E-1	3,5E+0 ± 6E-1	1,3E+0 ± 4E-1		5,4E+0 ± 5E-1
Be-7	1,5E+1 ± 6E-1	8,1E+1 ± 3E+0	9,9E+1 ± 3E+0	3,0E+1 ± 1E+0	2,2E+2 ± 2E+0
Cs-134					
Cs-137	< 1,1E-1	1,5E-1 ± 3E-2	3,7E-2 ± 1E-2	9,6E-2 ± 3E-2	3,9E-1 2E-2
I-131					
Sr-90	< 3,7E-2	< 5,0E-2	< 4,2E-2	< 4,2E-2	1,7E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
U (Th-234)			2,4E+1 ± 3E+0	2,2E+0 ± 8E-1	1,3E+1
Ra-226	1,5E+0 ± 7E-1	6,9E-1 ± 2E-1	1,2E+0 ± 1E-1		1,1E+0
Pb-210	2,4E+1 ± 2E+0	8,2E+1 ± 7E+0	5,4E+1 ± 4E+0	4,7E+1 ± 3E+0	5,2E+1
Th (Ra-228)	3,7E-1 ± 4E-1	1,2E+0 ± 3E-1	8,9E-1 ± 3E-1	5,4E-1 ± 3E-1	7,5E-1
Th-228		1,5E+0 ± 3E-1			1,5E+0
K-40	2,7E+0 ± 2E+0	1,1E+1 ± 2E+0	5,9E+0 ± 2E+0		6,7E+0
Be-7	5,8E+1 ± 2E+0	2,6E+2 ± 8E+0	4,7E+2 ± 1E+1	9,5E+1 ± 4E+0	2,2E+2
Cs-134					
Cs-137	< 4,3E-1	4,9E-1 ± 8E-2	1,7E-1 ± 6E-2	3,1E-1 ± 9E-2	3,5E-1
I-131					
Sr-90	< 1,5E-1	< 1,6E-1	< 2,0E-1	< 1,4E-1	1,6E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Tabela A.7 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota

Oznaka vzorca	FAMSK115	FAMSK215	FAMSK315	FAMSK415	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	20.04.2015	17.07.2015	16.10.2015	6.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	8.06.2015	28.08.2015	13.11.2015	31.01.2016	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	26,6	46,6	54,0	46,3	
Višina padavin #	90,1 mm	213,7 mm	224,4 mm	153,5 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)	4,0E-1 ± 2E-1		2,5E-1 ± 2E-1		6,5E-1 ± 2E-1
Ra-226	6,6E-2 ± 3E-2	1,9E-1 ± 4E-2	1,4E-1 ± 3E-2	1,7E-1 ± 7E-2	5,7E-1 ± 4E-2
Pb-210	1,1E+1 ± 9E-1	5,7E+1 ± 6E+0	3,2E+1 ± 2E+0	5,1E+0 ± 6E-1	1,0E+2 ± 3E+0
Th (Ra-228)	1,3E-1 ± 6E-2	1,3E-1 ± 9E-2	1,7E-1 ± 6E-2	1,9E-1 ± 1E-1	6,2E-1 ± 1E-1
Th-228		1,4E-1 ± 8E-2	1,1E-1 ± 6E-2		2,5E-1 7E-2
K-40	7,5E-1 ± 4E-1	5,8E+0 ± 6E-1	2,8E+0 ± 5E-1	1,9E+0 ± 6E-1	1,1E+1 ± 5E-1
Be-7	1,9E+1 ± 7E-1	1,5E+2 ± 1E+1	1,5E+2 ± 5E+0	1,1E+1 ± 6E-1	3,4E+2 ± 5E+0
Cs-134					
Cs-137	< 1,0E-1	6,8E-2 ± 2E-2	4,2E-2 ± 2E-2	< 2,0E-1	4,1E-1 2E-2
I-131					
Sr-90	< 3,9E-2	< 3,5E-2	< 3,7E-2	1,7E-1 ± 4E-2	2,8E-1 4E-2
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
					Letno povpr.
U (Th-234)	4,4E+0 ± 3E+0		1,1E+0 ± 8E-1		2,8E+0
Ra-226	7,3E-1 ± 3E-1	8,9E-1 ± 2E-1	6,2E-1 ± 1E-1	1,1E+0 ± 4E-1	8,4E-1
Pb-210	1,2E+2 ± 1E+1	2,6E+2 ± 3E+1	1,4E+2 ± 8E+0	3,3E+1 ± 4E+0	1,4E+2
Th (Ra-228)	1,4E+0 ± 7E-1	6,1E-1 ± 4E-1	7,6E-1 ± 3E-1	1,2E+0 ± 1E+0	1,0E+0
Th-228		6,6E-1 ± 4E-1	4,9E-1 ± 3E-1		5,7E-1
K-40	8,3E+0 ± 5E+0	2,7E+1 ± 3E+0	1,2E+1 ± 2E+0	1,2E+1 ± 4E+0	1,5E+1
Be-7	2,1E+2 ± 7E+0	7,2E+2 ± 5E+1	6,8E+2 ± 2E+1	7,1E+1 ± 4E+0	4,2E+2
Cs-134					
Cs-137	< 1,1E+0	3,2E-1 ± 8E-2	1,9E-1 ± 7E-2	< 1,3E+0	7,3E-1
I-131					
Sr-90	< 4,4E-1	< 1,6E-1	< 1,7E-1	1,1E+0 ± 2E-1	4,6E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Tabela A.8 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec

Oznaka vzorca	FABOK115	FABOK215	FABOK315	FABOK415	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	20.04.2015	6.07.2015	20.10.2015	6.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	8.06.2015	28.08.2015	13.11.2015	31.01.2015	
Kol. vzorca (m ²)	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kol. vzorca (kg)	36,2	33,5	85,2	31,5	
Višina padavin #	302,7 mm	410,3 mm	898,5 mm	284,6 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)					
U (Th-234)	1,7E+0 ± 9E-1				1,7E+0 ± 9E-1
Ra-226	4,2E-1 ± 1E-1	5,8E-1 ± 9E-2	5,7E-1 ± 8E-2	2,5E-1 ± 2E-1	1,8E+0 ± 1E-1
Pb-210	1,4E+2 ± 1E+1	3,1E+1 ± 3E+0	5,3E+1 ± 5E+0	8,3E+0 ± 1E+0	2,4E+2 ± 6E+0
Th (Ra-228)	3,7E-1 ± 3E-1		8,9E-1 ± 1E-1		1,3E+0 ± 2E-1
Th-228			2,2E-1 ± 1E-1		2,2E-1 1E-1
K-40	7,0E+0 ± 2E+0	8,6E+0 ± 1E+0	2,4E+1 ± 2E+0		3,9E+1 ± 2E+0
Be-7	2,6E+2 ± 8E+0	1,9E+2 ± 6E+0	3,4E+2 ± 3E+1	2,2E+1 ± 2E+0	8,1E+2 ± 1E+1
Cs-134					
Cs-137	2,7E+0 ± 2E-1	5,2E-1 ± 6E-2	3,4E-1 ± 5E-2	< 1,0E+0	4,6E+0 ± 1E-1
I-131					
Sr-90	3,3E-1 ± 1E-1	3,7E-1 ± 1E-1	5,8E-1 ± 2E-1	< 1,8E-1	1,5E+0 1E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³) #					
					Letno povpr.
U (Th-234)	5,6E+0 ± 3E+0				5,6E+0
Ra-226	1,4E+0 ± 3E-1	1,4E+0 ± 2E-1	6,3E-1 ± 9E-2	8,8E-1 ± 7E-1	1,1E+0
Pb-210	4,8E+2 ± 4E+1	7,4E+1 ± 6E+0	5,9E+1 ± 6E+0	2,9E+1 ± 5E+0	1,6E+2
Th (Ra-228)	1,2E+0 ± 9E-1		9,9E-1 ± 1E-1		1,1E+0
Th-228			2,4E-1 ± 1E-1		2,4E-1
K-40	2,3E+1 ± 6E+0	2,1E+1 ± 3E+0	2,6E+1 ± 2E+0		2,3E+1
Be-7	8,7E+2 ± 3E+1	4,6E+2 ± 1E+1	3,8E+2 ± 3E+1	7,6E+1 ± 7E+0	4,5E+2
Cs-134					
Cs-137	8,9E+0 ± 5E-1	1,3E+0 ± 1E-1	3,8E-1 ± 5E-2	< 3,5E+0	3,5E+0
I-131					
Sr-90	1,1E+0 ± 4E-1	9,1E-1 ± 3E-1	6,5E-1 ± 2E-1	< 6,2E-1	8,2E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

A.4 Tekoče vode

Tabela A.9 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze



Vzor . mesto	Sava Laze		Polletno povpre je (za celo leto)
	12. 3. 2015	22. 7. 2015	
Datum vzor.	12. 3. 2015	22. 7. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	35,8	40,8	
Kol. vzorca (L)	49,19	50,47	
Koda vzorca	RP15SN131	RP15SN171	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	3,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,6E+00 ± 5E-01	8,6E-01 ± 8E-01 ‡	1,7E+00 ± 5E-01
Pb-210	2,6E+00 ± 1E+00	1E+00	1,3E+00 ± 1E+00
Ra-228	9,6E-01 ± 3E-01	7,0E-01 ± 3E-01	8,3E-01 ± 2E-01
Th-228	7,0E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	3,0E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Be-7	3,3E+00 ± 1E+00	5,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,9E+00 ± 7E-01
I-131	2,9E+01 ± 1E+00	1,8E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 7E-01
Cs-134			
Cs-137	1,4E-01 ± 3E-01 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	1,3E-01 ± 2E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	7,5E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 9E-02
H-3	5,2E+02 ± 4E+01	6,2E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 5E+01



Tabela A.10 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja

Vzor . mesto	Savinja pod Celjem		Polletno povpre je (za celo leto)
	26. 1. 2015	10. 9. 2015	
Datum vzor.	26. 1. 2015	10. 9. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	159	8,14	
Kol. vzorca (L)	53,35	51,87	
Koda vzorca	RP15SN311	RP15SN391	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	5,5E+00 ± 4E+00	4,5E+00 ± 3E+00	5,0E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,9E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 7E-01
Pb-210	3E+01	6,0E+00 ± 7E+00 ‡	3,0E+00 ± 2E+01
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 4E-01
Th-228	1,6E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01
Th-230			
K-40	2,4E+02 ± 2E+01	5,1E+02 ± 5E+01	3,8E+02 ± 3E+01
Be-7	4,1E+00 ± 8E-01	1,5E+01 ± 1E+00	9,7E+00 ± 8E-01
I-131	7,4E+01 ± 3E+00	7,2E+00 ± 4E-01	4,1E+01 ± 1E+00
Cs-134			
Cs-137	5,8E-01 ± 2E-01	7,3E-01 ± 2E-01	6,6E-01 ± 1E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			



Tabela A.11 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča

Vzor . mesto	So a Solkan		Polletno povpre je (za celo leto)
	10. 3. 2015	5. 11. 2015	
Datum vzor.	10. 3. 2015	5. 11. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	56,6	47,4	
Kol. vzorca (L)	51,57	50,26	
Koda vzorca	RP15SN531	RP15SN5B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	1,5E+00 ± 1E+00 ‡	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	1,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	4,1E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 5E-01	2,5E+00 ± 4E-01
Pb-210	8,5E+00 ± 3E+00	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	5,2E+00 ± 2E+00
Ra-228	6,5E-01 ± 4E-01	9,4E-01 ± 8E-01 ‡	8,0E-01 ± 4E-01
Th-228	6,6E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	1,7E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	5,6E+00 ± 6E-01	3,2E+00 ± 8E-01	4,4E+00 ± 5E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	4,7E-01 ± 1E-01	2,1E-02 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 9E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.12 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka



Vzor . mesto	Reka Krka Oto ec		Polletno povpre je (za celo leto)
	9. 3. 2015	29. 10. 2015	
Datum vzor.	9. 3. 2015	29. 10. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	55,6	31,3	
Kol. vzorca (L)	52,28	48,06	
Koda vzorca	RP15SN82231	RP15SN822A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	2,6E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,6E-01 ± 4E-01	9,8E-01 ± 1E+00 ‡	9,7E-01 ± 6E-01
Pb-210	5,9E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	6,9E-01 ± 3E-01	8,3E-01 ± 5E-01	7,6E-01 ± 3E-01
Th-228	6,8E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Be-7	3,3E+00 ± 7E-01	5,0E+00 ± 3E+00	4,1E+00 ± 1E+00
I-131			
Cs-134			
Cs-137	2,6E-02 ± 2E-01 ‡		1,3E-02 ± 8E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.13 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice



Vzor . mesto	Sava Brežice		Polletno povpre je (za celo leto)
	9. 3. 2015	29. 10. 2015	
Datum vzor.	9. 3. 2015	29. 10. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	151	184	
Kol. vzorca (L)	49,17	51,67	
Koda vzorca	RP15SN82531	RP15SN825A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	3,8E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,5E+00 ± 4E-01	7,2E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	1,4E+00 ± 1E+00
Ra-228	8,2E-01 ± 4E-01	7,7E-01 ± 7E-01 ‡	7,9E-01 ± 4E-01
Th-228	9,8E-01 ± 2E-01	8,0E-01 ± 2E-01	8,9E-01 ± 1E-01
Th-230	4,2E+00 ± 1E+01 ‡		2,1E+00 ± 6E+00
K-40	3,9E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Be-7		2,6E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 4E-01
I-131	8,4E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	4,7E+00 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137	1,7E-01 ± 2E-01 ‡		8,6E-02 ± 8E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	4,9E+02 ± 7E+01	8,6E+02 ± 7E+01



Tabela A.14 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa

Vzor . mesto	Vinica - Kolpa		Polletno povpre je (za celo leto)
	23. 3. 2015	5. 8. 2015	
Datum vzor.	23. 3. 2015	5. 8. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	60,7	12,8	
Kol. vzorca (L)	51,64	55,08	
Koda vzorca	RP15SN83431	RP15SN83481	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	7,2E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,0E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 4E-01
Pb-210	1E+00	6,8E-02 ± 1E+00 ‡	3,4E-02 ± 1E+00
Ra-228	1,0E+00 ± 5E-01	2,6E-01 ± 3E-01 ‡	6,3E-01 ± 3E-01
Th-228	5,2E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	1,2E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 1E+00
Be-7	2,4E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 7E-01	3,2E+00 ± 8E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	3,9E-02 ± 1E-01 ‡		2,0E-02 ± 5E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			



Tabela A.15 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava

Vzor . mesto	Drava pri meji - Dravograd		Polletno povpre je (za celo leto)
	26. 1. 2015	10. 9. 2015	
Datum vzor.	26. 1. 2015	10. 9. 2015	
Pretok (m ³ /s)***	199	209	
Kol. vzorca (L)	49,67	49,65	
Koda vzorca	RP15SN2311	RP15SN2391	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	6,3E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 9E-01		1,1E+00 ± 5E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,9E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01
Th-228	8,6E-01 ± 2E-01	8,9E-01 ± 2E-01	8,8E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	4,6E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 4E+00
Be-7	4,8E+00 ± 9E-01	4,7E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 7E-01
I-131	1,7E+00 ± 3E-01		8,4E-01 ± 1E-01
Cs-134			
Cs-137	3,6E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 9E-02	1,3E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 7E-02
H-3	7,7E+02 ± 7E+01	6,6E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 8E+01

Tabela A.16 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura



Vzor . mesto	Mura pri meji - Petanjci		Polletno povpre je (za celo leto)
	26. 1. 2015	10. 9. 2015	
Datum vzor.	26. 1. 2015	10. 9. 2015	Polletno povpre je (za celo leto)
Pretok (m ³ /s)**	114	100	
Kol. vzorca (L)	49,57	51,95	
Koda vzorca	RP15SN911	RP15SN991	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	3,2E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 6E-01
Ra-226	5,0E+00 ± 9E-01	6,4E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 1E+00
Pb-210	5,3E-01 ± 1E+00 ‡	4E+00	2,7E-01 ± 2E+00
Ra-228	1,7E+00 ± 3E-01	8,8E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 3E-01
Th-228	1,2E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-230	5,3E+00 ± 1E+01 ‡		2,6E+00 ± 5E+00
K-40	6,9E+01 ± 7E+00	6,8E+01 ± 7E+00	6,9E+01 ± 5E+00
Be-7	2,0E+00 ± 8E-01	9,7E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 8E-01
I-131	3,1E-01 ± 7E-01 ‡	7,3E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137	3,5E-01 ± 9E-02	2,0E-01 ± 8E-02	2,7E-01 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,8E+00 ± 1E-01	2,2E+00 ± 1E-01	2,0E+00 ± 8E-02
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	9,5E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02

A.5 Zemlja



Tabela A.17 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana

Vzor . mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	25. 5. 2015			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	36,4	46,9	52,5	135,7
Oznaka vzorca	RP15ZN1A51	RP15ZN1B51	RP15ZN1C51	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)			
U-238	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 9E+02	4,9E+03 ± 9E+02
Ra-226	2,0E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 1E+03	7,6E+03 ± 1E+03
Pb-210	3,7E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 2E+02	9,0E+02 ± 1E+03 ‡	7,9E+03 ± 2E+03
Ra-228	1,5E+03 ± 5E+01	2,0E+03 ± 8E+01	2,5E+03 ± 7E+02	6,0E+03 ± 7E+02
Th-228	1,5E+03 ± 4E+01	1,9E+03 ± 5E+01	2,3E+03 ± 5E+02	5,7E+03 ± 5E+02
Th-230		1,7E+03 ± 1E+03	2,7E+03 ± 3E+03 ‡	4,4E+03 ± 3E+03
K-40	1,9E+04 ± 2E+03	2,5E+04 ± 2E+03	2,9E+04 ± 6E+03	7,4E+04 ± 7E+03
Be-7	3,8E+02 ± 6E+01			3,8E+02 ± 6E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,0E+03 ± 8E+01	2,9E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 9E+02	8,3E+03 ± 9E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	3,3E+01 ± 3E+00	6,0E+01 ± 5E+00	7,0E+01 ± 7E+00	1,6E+02 ± 9E+00

Vzor . mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	16. 10. 2015			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	52,0	45,5	49,4	146,9
Oznaka vzorca	RP15ZN1AA1	RP15ZN1BA1	RP15ZN1CA1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)			
U-238	2,8E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 5E+02
Ra-226	2,9E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	8,3E+03 ± 5E+02
Pb-210	3,2E+03 ± 2E+03	3,0E+03 ± 6E+02	3,2E+03 ± 2E+02	9,5E+03 ± 2E+03
Ra-228	2,7E+03 ± 9E+01	2,2E+03 ± 7E+01	2,6E+03 ± 8E+01	7,5E+03 ± 1E+02
Th-228	2,4E+03 ± 6E+01	2,2E+03 ± 6E+01	2,5E+03 ± 7E+01	7,1E+03 ± 1E+02
Th-230			2,6E+03 ± 9E+02	2,6E+03 ± 9E+02
K-40	3,2E+04 ± 3E+03	2,8E+04 ± 3E+03	3,1E+04 ± 3E+03	9,1E+04 ± 5E+03
Be-7	2,0E+02 ± 8E+01			2,0E+02 ± 8E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,5E+03 ± 9E+01	2,8E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 1E+02	8,5E+03 ± 2E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,3E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 4E+00	6,2E+01 ± 4E+00	1,8E+02 ± 7E+00

Tabela A.18 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana



Vzor . mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	25. 5. 2015			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	36,4	46,9	52,5	135,7
Oznaka vzorca	RP15ZN1A51	RP15ZN1B51	RP15ZN1C51	
IZOTOP	SPECIFI NA AKTIVNOST (Bq/kg)			
U-238	3,6E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+01	3,6E+01 ± 7E+00
Ra-226	5,5E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	5,9E+01 ± 2E+01	5,6E+01 ± 9E+00
Pb-210	1,0E+02 ± 7E+00	7,0E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 3E+01 ‡	5,8E+01 ± 1E+01
Ra-228	4,2E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+01	4,4E+01 ± 5E+00
Th-228	4,2E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 1E+01	4,2E+01 ± 4E+00
Th-230		3,5E+01 ± 2E+01	5,2E+01 ± 6E+01 ‡	3,2E+01 ± 3E+01
K-40	5,3E+02 ± 5E+01	5,4E+02 ± 5E+01	5,5E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 5E+01
Be-7	1,0E+01 ± 2E+00			2,8E+00 ± 4E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,5E+01 ± 2E+00	6,2E+01 ± 2E+00	6,6E+01 ± 2E+01	6,1E+01 ± 7E+00
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	9,1E-01 ± 8E-02	1,3E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 7E-02

Vzor . mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	16. 10. 2015			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	52,0	45,5	49,4	146,9
Oznaka vzorca	RP15ZN1AA1	RP15ZN1BA1	RP15ZN1CA1	
IZOTOP	SPECIFI NA AKTIVNOST (Bq/kg)			
U-238	5,4E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 7E+00	4,7E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 3E+00
Ra-226	5,5E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 3E+00
Pb-210	6,2E+01 ± 3E+01	6,6E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 9E+00
Ra-228	5,2E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 1E+00	5,2E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 9E-01
Th-228	4,6E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 1E+00	5,1E+01 ± 1E+00	4,8E+01 ± 8E-01
Th-230			5,3E+01 ± 2E+01	1,8E+01 ± 7E+00
K-40	6,1E+02 ± 6E+01	6,1E+02 ± 6E+01	6,4E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 3E+01
Be-7	3,9E+00 ± 2E+00			1,4E+00 ± 4E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	4,8E+01 ± 2E+00	6,2E+01 ± 2E+00	6,4E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 1E+00
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 8E-02	1,3E+00 ± 9E-02	1,3E+00 ± 9E-02	1,2E+00 ± 5E-02

Tabela A.19 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid

Oznaka vzorca	ZKO050515	ZKO100515	ZKO150515	ZKO050915	ZKO100915	ZKO150915
Datum vz.	16.05.2015	16.05.2015	16.05.2015	12.09.2015	12.09.2015	12.09.2015
Datum mer:	26.05.2015	25.05.2015	22.05.2015	17.09.2015	21.09.2015	21.09.2015
Dat. mer. Sr-90	11.08.2015	13.08.2015	13.08.2015	9.01.2016	9.01.2016	9.01.2016
Kol. vzorca (m ²)	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2
Kol. vzorca (kg)	5,75E-1	5,19E-1	4,75E-1	5,86E-1	5,09E-1	5,41E-1
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U (Th-234)	3,4E+1 ± 7E+0	3,1E+1 ± 3E+0	3,3E+1 ± 6E+0	3,5E+1 ± 7E+0	3,3E+1 ± 9E+0	4,2E+1 ± 8E+0
Ra-226*	2,8E+1 ± 6E-1	3,2E+1 ± 6E-1	3,0E+1 ± 6E-1	2,8E+1 ± 7E-1	3,3E+1 ± 1E+0	3,3E+1 ± 9E-1
Pb-210	1,7E+2 ± 1E+1	1,4E+2 ± 1E+1	1,1E+2 ± 9E+0	1,7E+2 ± 1E+1	1,3E+2 ± 1E+1	1,0E+2 ± 1E+1
Th (Ra-228)	3,6E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 2E+0	3,5E+1 ± 1E+0
Th-228	3,2E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 2E+0	3,6E+1 ± 3E+0	3,4E+1 ± 2E+0
K-40	3,8E+2 ± 2E+1	4,0E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,0E+2 ± 3E+1	4,2E+2 ± 2E+1
Be-7	9,0E+0 ± 2E+0					
Cs-134						
Cs-137	1,3E+2 ± 3E+0	1,5E+2 ± 4E+0	1,4E+2 ± 3E+0	1,4E+2 ± 4E+0	1,4E+2 ± 5E+0	1,4E+2 ± 4E+0
Sr-90	3,7E+0 ± 4E-1	3,3E+0 ± 3E-1	3,2E+0 ± 3E-1	3,6E+0 ± 3E-1	3,5E+0 ± 3E-1	3,0E+0 ± 3E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
U (Th-234)	6,3E+2 ± 1E+2	5,1E+2 ± 5E+1	4,9E+2 ± 9E+1	6,5E+2 ± 1E+2	5,4E+2 ± 1E+2	7,2E+2 ± 1E+2
Ra-226*	5,0E+2 ± 1E+1	5,3E+2 ± 1E+1	4,6E+2 ± 9E+0	5,1E+2 ± 1E+1	5,4E+2 ± 2E+1	5,7E+2 ± 2E+1
Pb-210	3,0E+3 ± 3E+2	2,4E+3 ± 2E+2	1,6E+3 ± 1E+2	3,1E+3 ± 3E+2	2,1E+3 ± 2E+2	1,8E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	6,5E+2 ± 2E+1	6,5E+2 ± 2E+1	5,7E+2 ± 2E+1	6,7E+2 ± 3E+1	6,0E+2 ± 4E+1	6,1E+2 ± 2E+1
Th-228	5,8E+2 ± 2E+1	5,8E+2 ± 2E+1	5,5E+2 ± 2E+1	6,6E+2 ± 3E+1	5,8E+2 ± 5E+1	5,9E+2 ± 3E+1
K-40	7,0E+3 ± 4E+2	6,6E+3 ± 4E+2	6,2E+3 ± 3E+2	7,6E+3 ± 4E+2	6,4E+3 ± 5E+2	7,2E+3 ± 4E+2
Be-7	1,6E+2 ± 3E+1					
Cs-134						
Cs-137	2,4E+3 ± 6E+1	2,5E+3 ± 6E+1	2,1E+3 ± 5E+1	2,5E+3 ± 7E+1	2,3E+3 ± 7E+1	2,3E+3 ± 6E+1
Sr-90	6,8E+1 ± 7E+0	6,0E+1 ± 6E+0	5,8E+1 ± 6E+0	6,5E+1 ± 6E+0	6,4E+1 ± 6E+0	5,4E+1 ± 6E+0

*Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.

Tabela A.20 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota

ZVD

Oznaka vzorca	ZMS050515	ZMS100515	ZMS150515	ZMS050915	ZMS100915	ZMS150915
Datum vz.	30.04.2015	30.04.2015	30.04.2015	5.09.2015	5.09.2015	5.09.2015
Datum mer:	18.05.2015	18.05.2015	18.05.2015	17.09.2015	24.09.2015	23.09.2015
Dat. mer. Sr-90	13.08.2015	13.08.2015	13.08.2015	9.01.2016	9.01.2016	9.01.2016
Kol. vzorca (m ²)	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2
Kol. vzorca (kg)	9,73E-1	9,24E-1	1,01E+0	8,83E-1	9,31E-1	9,18E-1
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U (Th-234)	4,9E+1 ± 9E+0	4,2E+1 ± 8E+0	5,2E+1 ± 1E+1	5,0E+1 ± 1E+1	4,9E+1 ± 1E+1	3,6E+1 ± 8E+0
Ra-226*	3,8E+1 ± 8E-1	3,5E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 8E-1	3,9E+1 ± 1E+0	4,1E+1 ± 1E+0	4,0E+1 ± 1E+0
Pb-210	8,6E+1 ± 7E+0	6,0E+1 ± 6E+0	5,3E+1 ± 5E+0	7,6E+1 ± 8E+0	5,8E+1 ± 8E+0	5,9E+1 ± 7E+0
Th (Ra-228)	4,8E+1 ± 1E+0	4,2E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 2E+0	4,7E+1 ± 2E+0	4,7E+1 ± 2E+0
Th-228	4,1E+1 ± 2E+0	4,1E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 3E+0	4,5E+1 ± 2E+0
K-40	5,1E+2 ± 3E+1	4,8E+2 ± 8E+1	5,0E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1	5,2E+2 ± 3E+1
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	3,6E+1 ± 1E+0	3,3E+1 ± 9E-1	2,7E+1 ± 9E-1	3,8E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 2E+0	2,7E+1 ± 1E+0
Sr-90	2,7E+0 ± 4E-1	6,6E-1 ± 2E-1	6,1E-1 ± 3E-1	2,1E+0 ± 4E-1	7,3E-1 ± 3E-1	1,1E+0 ± 2E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
U (Th-234)	1,5E+3 ± 3E+2	1,2E+3 ± 2E+2	1,7E+3 ± 3E+2	1,4E+3 ± 3E+2	1,5E+3 ± 3E+2	1,1E+3 ± 2E+2
Ra-226*	1,2E+3 ± 2E+1	1,0E+3 ± 4E+1	1,2E+3 ± 3E+1	1,1E+3 ± 3E+1	1,2E+3 ± 4E+1	1,2E+3 ± 3E+1
Pb-210	2,7E+3 ± 2E+2	1,8E+3 ± 2E+2	1,7E+3 ± 2E+2	2,1E+3 ± 2E+2	1,7E+3 ± 2E+2	1,7E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	1,5E+3 ± 4E+1	1,2E+3 ± 8E+1	1,5E+3 ± 5E+1	1,3E+3 ± 5E+1	1,4E+3 ± 7E+1	1,4E+3 ± 5E+1
Th-228	1,3E+3 ± 5E+1	1,2E+3 ± 7E+1	1,5E+3 ± 6E+1	1,2E+3 ± 6E+1	1,2E+3 ± 7E+1	1,3E+3 ± 6E+1
K-40	1,6E+4 ± 8E+2	1,4E+4 ± 2E+3	1,6E+4 ± 9E+2	1,4E+4 ± 8E+2	1,5E+4 ± 9E+2	1,5E+4 ± 9E+2
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	1,1E+3 ± 3E+1	9,6E+2 ± 3E+1	8,6E+2 ± 3E+1	1,1E+3 ± 4E+1	1,1E+3 ± 4E+1	8,0E+2 ± 3E+1
Sr-90	8,3E+1 ± 1E+1	2,0E+1 ± 7E+0	1,9E+1 ± 1E+1	6,6E+1 ± 1E+1	2,3E+1 ± 9E+0	3,3E+1 ± 6E+0

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.

A.6 Morje - voda in sedimenti



Tabela A.21 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov

Vzor . mesto	Piranski zaliv	Vzor . mesto	Piranski zaliv
Datum vzor.	5. 8. 2015	Datum vzor.	5. 8. 2015
Kol. vzorca (L)	51,40	Kol. vzorca (kg)	0,48
Koda vzorca	RP15VM63381	Koda vzorca	RP15SD63381
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)	IZOTOP	SPECIFI NA AKTIVNOST (Bq/kg)
U-238		U-238	1,8E+01 ± 2E+00
Ra-226		Ra-226	2,0E+01 ± 2E+00
Pb-210		Pb-210	5,9E+01 ± 3E+00
Ra-228		Ra-228	1,5E+01 ± 6E-01
Th-228		Th-228	1,6E+01 ± 6E-01
Th-230		Th-230	2,0E+01 ± 5E+00
K-40		K-40	2,5E+02 ± 3E+01
Be-7		Be-7	5,1E+00 ± 2E+00
I-131		I-131	
Cs-134		Cs-134	
Cs-137	1,6E+00 ± 3E-01	Cs-137	1,9E+00 ± 1E-01
Co-58		Co-58	
Co-60		Co-60	
Cr-51		Cr-51	
Mn-54		Mn-54	
Zn-65		Zn-65	
Nb-95		Nb-95	
Ru-106		Ru-106	
Sb-125		Sb-125	

A.7 Zunanje sevanje

Tabela A.22 | Izmerjene vrednosti zunanjšega sevanja s TL dozimetri



Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv)	Povpre na mese na doza H*(10) (mSv) v obdobju			
		od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015		od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016		v 2015	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015		od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	
		v 2015		v 2015		v 2015		v 2015		
1	KO EVJE	0,449 ± 0,069	0,504 ± 0,078	0,952 ± 0,104	0,075 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,079 ± 0,017			
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,499 ± 0,077	0,542 ± 0,084	1,041 ± 0,114	0,084 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,087 ± 0,019			
3	DOBLI E RNOMELJ	0,575 ± 0,088	0,623 ± 0,096	1,197 ± 0,130	0,097 ± 0,015	0,103 ± 0,016	0,100 ± 0,022			
4	DRAŠI I METLIKA	0,405 ± 0,062	0,447 ± 0,069	0,852 ± 0,093	0,068 ± 0,010	0,074 ± 0,011	0,071 ± 0,015			
5	NOVO MESTO	0,376 ± 0,058	0,359 ± 0,055	0,735 ± 0,080	0,063 ± 0,010	0,059 ± 0,009	0,061 ± 0,013			
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,386 ± 0,059	0,403 ± 0,062	0,789 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014			
7	LISCA	0,386 ± 0,060	0,442 ± 0,068	0,829 ± 0,090	0,065 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,069 ± 0,015			
8	CELJE	0,399 ± 0,061	0,453 ± 0,070	0,852 ± 0,093	0,067 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,071 ± 0,015			
9	ROGAŠKA SLATINA	0,405 ± 0,062	0,438 ± 0,067	0,842 ± 0,092	0,068 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,070 ± 0,015			
10	SLOVENSKE KONJICE	0,398 ± 0,061	0,409 ± 0,063	0,807 ± 0,088	0,067 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,067 ± 0,015			
11	ROGLA	0,478 ± 0,074	0,587 ± 0,090	1,065 ± 0,117	0,080 ± 0,012	0,097 ± 0,015	0,089 ± 0,019			
12	MARIBOR	0,403 ± 0,062	0,423 ± 0,065	0,826 ± 0,090	0,068 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015			
13	PTUJ	0,473 ± 0,073	0,481 ± 0,074	0,954 ± 0,104	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,017			
14	ZERUZALEM ORMOŽ	0,441 ± 0,068	0,444 ± 0,068	0,885 ± 0,096	0,074 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,074 ± 0,016			
15	LENDAVA	0,441 ± 0,068	0,465 ± 0,072	0,906 ± 0,099	0,074 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,076 ± 0,016			
16	MURSKA SOBOTA	0,393 ± 0,061	0,427 ± 0,066	0,820 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,068 ± 0,015			
17	VELIKI DOLENCI	0,441 ± 0,068	0,483 ± 0,074	0,923 ± 0,101	0,074 ± 0,011	0,080 ± 0,012	0,077 ± 0,017			
18	GORNJA RADGONA	0,364 ± 0,056	0,370 ± 0,057	0,734 ± 0,080	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,013			
19	SVE INA PLA	0,472 ± 0,073	0,480 ± 0,074	0,953 ± 0,104	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,017			
20	RIBNICA NA POHORJU	0,414 ± 0,064	0,464 ± 0,071	0,878 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,073 ± 0,016			
21	KOTLJE	0,490 ± 0,075	0,512 ± 0,079	1,002 ± 0,109	0,082 ± 0,013	0,085 ± 0,013	0,084 ± 0,018			
22	VELENJE	0,434 ± 0,067	0,465 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016			
23	NAZARJE MOZIRJE	0,398 ± 0,061	0,445 ± 0,069	0,843 ± 0,092	0,067 ± 0,010	0,074 ± 0,011	0,070 ± 0,015			
24	LU E OB SAVINJI	0,411 ± 0,063	0,480 ± 0,074	0,891 ± 0,097	0,069 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,074 ± 0,016			
25	VA E	0,431 ± 0,066	0,461 ± 0,071	0,892 ± 0,097	0,072 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,074 ± 0,016			
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,378 ± 0,058	0,436 ± 0,067	0,814 ± 0,089	0,063 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,068 ± 0,015			
27	BRNIK AERODROM	0,499 ± 0,077	0,548 ± 0,084	1,047 ± 0,114	0,084 ± 0,013	0,091 ± 0,014	0,087 ± 0,019			
28	JEZERSKO	0,507 ± 0,078	0,530 ± 0,082	1,037 ± 0,113	0,085 ± 0,013	0,088 ± 0,013	0,086 ± 0,019			
29	PODLJUBELJ	0,411 ± 0,063	0,427 ± 0,066	0,838 ± 0,091	0,069 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,070 ± 0,015			
30	HLEBCE LESCE	0,449 ± 0,069	0,512 ± 0,079	0,961 ± 0,105	0,075 ± 0,012	0,085 ± 0,013	0,080 ± 0,017			
31	PLANINA POD GOLICO	0,485 ± 0,075	0,507 ± 0,078	0,992 ± 0,108	0,082 ± 0,013	0,084 ± 0,013	0,083 ± 0,018			
32	ZDENSKA VAS	0,451 ± 0,069	0,506 ± 0,078	0,957 ± 0,104	0,076 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,080 ± 0,017			
33	RATE E	0,438 ± 0,067	0,496 ± 0,076	0,934 ± 0,102	0,074 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,078 ± 0,017			
34	TRENTA	0,311 ± 0,048	0,330 ± 0,051	0,640 ± 0,070	0,052 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,053 ± 0,012			
35	LOG POD MANGARTOM	0,467 ± 0,072	0,501 ± 0,077	0,968 ± 0,105	0,078 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,081 ± 0,018			
36	BOVEC	0,349 ± 0,054	0,389 ± 0,060	0,737 ± 0,080	0,059 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,061 ± 0,013			
37	TOLMIN	0,357 ± 0,055	0,396 ± 0,061	0,753 ± 0,082	0,060 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,063 ± 0,014			
38	BILJE NOVA GORICA	0,310 ± 0,048	0,349 ± 0,054	0,659 ± 0,072	0,052 ± 0,008	0,058 ± 0,009	0,055 ± 0,012			
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,418 ± 0,064	0,412 ± 0,063	0,829 ± 0,090	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015			
40	LOKEV PRI LIPICI	0,483 ± 0,074	0,522 ± 0,080	1,004 ± 0,109	0,081 ± 0,012	0,086 ± 0,013	0,084 ± 0,018			
41	SE OVLJE AERODROM	0,331 ± 0,051	0,357 ± 0,055	0,688 ± 0,075	0,056 ± 0,009	0,059 ± 0,009	0,057 ± 0,012			
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,421 ± 0,065	0,409 ± 0,063	0,829 ± 0,090	0,071 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015			
43	ZALOG POSTOJNA	0,434 ± 0,067	0,475 ± 0,073	0,909 ± 0,099	0,073 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,076 ± 0,017			
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,515 ± 0,079	0,587 ± 0,090	1,102 ± 0,120	0,087 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,092 ± 0,020			
45	VRHNIKA	0,633 ± 0,098	0,666 ± 0,102	1,299 ± 0,141	0,106 ± 0,016	0,110 ± 0,017	0,108 ± 0,024			
46	VOJSKO	0,434 ± 0,067	0,469 ± 0,072	0,903 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,075 ± 0,016			
47	SORICA	0,351 ± 0,054	0,388 ± 0,060	0,739 ± 0,081	0,059 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,062 ± 0,013			
48	STARA FUŽINA	0,273 ± 0,042	0,333 ± 0,051	0,606 ± 0,066	0,046 ± 0,007	0,055 ± 0,008	0,050 ± 0,011			
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,669 ± 0,103	0,712 ± 0,110	1,381 ± 0,151	0,112 ± 0,017	0,118 ± 0,018	0,115 ± 0,025			
50	KREDARICA	0,364 ± 0,056	0,370 ± 0,057	0,734 ± 0,080	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,013			
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50			
Povpre je - merilna mesta		0,430 ± 0,074	0,465 ± 0,080	0,895 ± 0,153	0,072 ± 0,012	0,077 ± 0,013	0,075 ± 0,016			
Najvišja doza		0,669 ± 0,103 ⁽⁴⁹⁾	0,712 ± 0,110 ⁽⁴⁹⁾	1,381 ± 0,151 ⁽⁴⁹⁾	0,112 ± 0,017 ⁽⁴⁹⁾	0,118 ± 0,018 ⁽⁴⁹⁾	0,115 ± 0,025 ⁽⁴⁹⁾			
Najnižja doza		0,273 ± 0,042 ⁽⁴⁸⁾	0,330 ± 0,051 ⁽³⁴⁾	0,606 ± 0,066 ⁽⁴⁸⁾	0,046 ± 0,007 ⁽⁴⁸⁾	0,054 ± 0,008 ⁽³⁴⁾	0,050 ± 0,011 ⁽⁴⁸⁾			

A.8 Pitna voda



Tabela A.23 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode

Vzor . mesto	Ljubljana - Šentvid	Dobrepolje	Vrhnika - Borovnica	Sladki vrh
Datum vzor.	25. 5. 2015	28. 5. 2015	25. 5. 2015	27. 3. 2015
Kol. vzorca (L)	51,82	50,95	50,67	52,31
Koda vzorca	RP15VD100051	RP15VD131251	RP15VD136051	RP15VD221431
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	3,7E+00 ± 1E+00	5,4E-01 ± 4E-01	3,2E+00 ± 2E+00	7,9E+00 ± 3E+00
Ra-226	9,2E-02 ± 8E-01 ‡	8,7E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01
Pb-210		1,8E+00 ± 4E-01		2,6E+00 ± 9E-01
Ra-228	5,5E-01 ± 4E-01	1,0E+01 ± 5E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 3E-01
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01	7,2E-01 ± 9E-02	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	3,5E-01 ± 2E-01
Th-230				
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 6E+00
Be-7	4,2E-01 ± 2E+00 ‡	3,5E-01 ± 4E-01 ‡		2,8E+00 ± 1E+00
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,2E-03 ± 5E-02 ‡			
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 3E-01	2,8E+00 ± 2E-01	< 3E-01	2,0E+00 ± 3E-01
H-3	8,7E+02 ± 8E+01	7,3E+02 ± 7E+01	4,4E+02 ± 5E+01	6,7E+02 ± 2E+02

Vzor . mesto	Oplotnica	Vuzenica	Šmartno	Šmartno ob Paki
Datum vzor.	27. 3. 2015	30. 3. 2015	6. 5. 2015	27. 3. 2015
Kol. vzorca (L)	52,36	52,15	52,03	52,82
Koda vzorca	RP15VD231731	RP15VD236731	RP15VD238351	RP15VD332731
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	2,9E+00 ± 8E-01	6,4E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	6,9E-01 ± 2E-01	6,8E+00 ± 9E-01	2,4E+01 ± 3E+00	1,0E+00 ± 3E-01
Pb-210	2,8E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 6E-01	8,7E+00 ± 5E+00	
Ra-228	2,9E-01 ± 2E-01	4,1E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡
Th-228	2,3E-01 ± 6E-02	1,3E+00 ± 1E-01	2,1E+00 ± 2E-01	4,8E-01 ± 3E-01
Th-230				
K-40	4,5E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	1,2E+01 ± 2E+00	8,3E+00 ± 2E+00
Be-7	2,6E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 6E-01	7,7E-01 ± 1E+00 ‡	
I-131				
Cs-134				
Cs-137				
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,3E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01
H-3	7,0E+02 ± 2E+02	8,3E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 2E+02

Tabela A.24 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode



Vzor . mesto	Kropa - Kamna Gorica	Bohinjska Bistrica	Kranjska gora	Bovec - ezso a
Datum vzor.	20. 5. 2015	20. 5. 2015	20. 5. 2015	19. 5. 2015
Kol. vzorca (L)	50,5	51,61	50,38	50,92
Koda vzorca	RP15VD424551	RP15VD426451	RP15VD428051	RP15VD523051
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	9,4E-01 ± 1E+00 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 2E+00
Ra-226	6,1E-01 ± 3E-01		7,0E+00 ± 1E+00	1,4E-01 ± 8E-01 ‡
Pb-210	5,1E+00 ± 4E+00	1,7E+00 ± 1E+00 ‡		2,7E+00 ± 3E+00 ‡
Ra-228	6,6E-01 ± 4E-01		9,4E-01 ± 5E-01	6,4E-01 ± 5E-01
Th-228	2,8E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 2E-01 ‡	5,1E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01
Th-230				
K-40	4,7E+00 ± 4E+00 ‡	5,5E-01 ± 3E+00 ‡	8,2E+00 ± 3E+00	5,1E+00 ± 2E+00
Be-7			1,2E-01 ± 6E-01 ‡	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,0E-01 ± 7E-02 #	2,8E-02 ± 1E-01 ‡	5,0E-03 ± 6E-02 ‡	
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 9E-02	4,5E+00 ± 2E-01	< 4E-01	2,2E+00 ± 2E-01
H-3	6,5E+02 ± 7E+01	6,4E+02 ± 6E+01	7,8E+02 ± 8E+01	5,7E+02 ± 1E+02

Vzor . mesto	Mirna pe	Hrastje Orehovica	Kostanjevica
Datum vzor.	14. 5. 2015	14. 5. 2015	14. 5. 2015
Kol. vzorca (L)	47,71	50,98	48,62
Koda vzorca	RP15VD821651	RP15VD831051	RP15VD831151
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	1,3E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 2E+00 ‡
Ra-226	2,9E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 7E-01	7,2E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,5E+00 ± 5E-01	7,1E-01 ± 1E+00 ‡	
Ra-228	2,3E-01 ± 3E-01 ‡	1,0E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 3E-01
Th-228	9,1E-01 ± 9E-02	9,3E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01
Th-230	6,3E+00 ± 6E+00 ‡		
K-40	8,3E+00 ± 1E+00	9,4E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,2E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 4E-01	< 5E-01
H-3	9,5E+02 ± 2E+02	8,4E+02 ± 2E+02	6,9E+02 ± 1E+02

A.9 Hrana

ZVD

Tabela A.25 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana

Oznaka vzorca	MLLJ0215	MLLJ0415	MLLJ0615	MLLJ0815	MLLJ1015	MLLJ1215	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	13.03.2015	11.05.2015	17.07.2015	7.09.2015	6.11.2015	7.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	29.04.2015	13.06.2015	29.08.2015	28.09.2015	7.12.2015	26.01.2016	
Kol. vzorca (g)	10778	10782	10702	10828	10804	9974	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	1,4E-1 ± 5E-2			6,9E-2 ± 6E-2	3,3E-1 ± 7E-2	8,5E-1 ± 5E-1	3,5E-1
²²⁶ Ra*	1,4E-2 ± 5E-3	8,1E-2 ± 5E-2		3,7E-2 ± 1E-2	1,6E-1 ± 7E-3	8,6E-3 ± 5E-3	6,0E-2
²¹⁰ Pb		1,3E-1 ± 6E-2	1,2E-1 ± 6E-2	6,2E-2 ± 6E-2	5,8E-2 ± 4E-3		9,3E-2
Th (²²⁸ Ra)	3,9E-2 ± 1E-2	3,3E-2 ± 3E-2			7,0E-2 ± 2E-2		4,7E-2
²²⁸ Th			6,0E-2 ± 2E-2	1,7E-2 ± 1E-2			3,9E-2
⁴⁰ K	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 1E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 1E+0	4,9E+1 ± 1E+0	5,0E+1 ± 1E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	4,1E-2 ± 4E-3	4,4E-2 ± 5E-3	3,6E-2 ± 5E-3	4,0E-2 ± 5E-3	5,8E-2 ± 4E-3	4,1E-2 ± 4E-3	4,3E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	4,5E-2 ± 5E-3	3,2E-2 ± 5E-3	3,1E-2 ± 5E-3	2,3E-2 ± 4E-3	7,4E-2 ± 8E-3	2,9E-2 ± 5E-3	3,9E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

ZVD

Tabela A.26 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid

Oznaka vzorca	MLK00215	MLK00415	MLK00615	MLK00815	MLK01015	MLK01215	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	16.03.2015	11.05.2015	9.07.2015	8.09.2015	9.11.2015	7.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	15.06.2015	3.08.2015	27.08.2015	28.09.2015	7.12.2015	26.01.2016	
Kol. vzorca (g)	9390	7532	10012	10166	10180	10388	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	1,4E-1 ± 6E-2	1,4E-1 ± 5E-2					1,4E-1
²²⁶ Ra*	2,0E-2 ± 1E-2		1,2E-2 ± 1E-2	2,0E-2 ± 5E-3	1,4E-2 ± 5E-3	3,5E-2 ± 1E-2	2,0E-2
²¹⁰ Pb							
Th (²²⁸ Ra)		1,7E-2 ± 1E-2			2,4E-2 ± 2E-2		2,1E-2
²²⁸ Th	2,8E-2 ± 2E-2					4,6E-2 ± 2E-2	3,7E-2
⁴⁰ K	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 2E+0	9,8E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 1E+0	5,5E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	4,4E-2 ± 6E-3	6,5E-2 ± 5E-3	5,7E-2 ± 6E-3	7,2E-2 ± 5E-3	6,6E-2 ± 5E-3	5,1E-2 ± 7E-3	5,9E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	7,0E-3 ± 4E-3	5,6E-2 ± 6E-3	4,7E-2 ± 5E-3	4,8E-2 ± 6E-3	8,6E-2 ± 9E-3	6,1E-2 ± 7E-3	5,1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.27 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica

ZVD

Oznaka vzorca	MLBB0215	MLBB0415	MLBB0615	MLBB0815	MLBB1015	MLBB1215	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	12.03.2015	13.05.2015	6.07.2015	8.09.2015	6.11.2015	7.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	29.04.2015	12.06.2015	28.08.2015	28.09.2015	7.12.2015	26.01.2016	
Kol. vzorca (g)	9300	9706	8822	9132	9182	9310	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	1,3E-1 ± 7E-2	6,6E-2 ± 6E-2	1,2E-1 ± 6E-2	6,0E-2 ± 5E-2	2,9E-2 ± 2E-2		8,1E-2
²²⁶ Ra*	1,6E-1 ± 7E-3		1,4E-2 ± 1E-2	5,5E-2 ± 1E-2	5,6E-2 ± 3E-3	1,3E-1 ± 1E-2	8,2E-2
²¹⁰ Pb	1,3E-1 ± 7E-2	7,1E-2 ± 6E-2	7,4E-2 ± 5E-2	1,1E-1 ± 8E-2			9,5E-2
Th (²²⁸ Ra)							
²²⁸ Th	3,4E-2 ± 2E-2	1,5E-1 ± 1E-1			1,3E-2 ± 6E-3	3,3E-2 ± 2E-2	5,8E-2
⁴⁰ K	5,1E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 1E+0	4,9E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 1E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 2E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	7,9E-2 ± 8E-3	2,2E-2 ± 4E-3	2,6E-2 ± 4E-3	5,3E-2 ± 7E-3	3,0E-2 ± 2E-3	< 4,8E-2	4,3E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	1,8E-2 ± 4E-3	2,3E-2 ± 4E-3	1,0E-2 ± 4E-3	1,4E-2 ± 4E-3	3,9E-2 ± 5E-3	5,8E-3 ± 5E-3	1,8E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.28 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota

ZVD

Oznaka vzorca	MLMS0215	MLMS0415	MLMS0615	MLMS0815	MLMS1015	MLMS1215	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	10.03.2015	5.05.2015	7.07.2015	3.09.2015	9.11.2005	6.01.2016	
Dat. mer. Sr-90	4.04.2015	27.07.2015	29.08.2015	28.09.2015	17.12.2015	26.01.2016	
Kol. vzorca (g)	500	500	500	510	500	500	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)				3,5E-1 ± 3E-1			3,5E-1
²²⁶ Ra*	5,0E-1 ± 6E-2				6,1E-1 ± 6E-2	5,7E-1 ± 6E-2	5,6E-1
²¹⁰ Pb	3,2E-1 ± 3E-1	1,0E+0 ± 6E-1					6,6E-1
Th (²²⁸ Ra)	3,1E-1 ± 1E-1	2,4E-1 ± 2E-1		3,1E-1 ± 1E-1	7,3E-1 ± 1E-1		4,0E-1
²²⁸ Th	1,2E-1 ± 1E-1				2,2E-1 ± 1E-1		1,7E-1
⁴⁰ K	5,6E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 3E+1	5,6E+2 ± 4E+1	3,9E+2 ± 3E+1	4,2E+2 ± 2E+1	5,6E+2 ± 3E+1	5,1E+2
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	2,0E-1 ± 4E-2	2,3E-1 ± 4E-2	3,2E-1 ± 5E-2	2,7E-1 ± 3E-2	5,6E-1 ± 4E-2	< 2,0E-1	3,0E-1
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	8,6E-2 ± 6E-2	2,2E-1 ± 5E-2	1,2E-1 ± 5E-2	3,8E-1 ± 7E-2	1,7E-1 ± 4E-2	3,4E-1 ± 6E-2	2,2E-1

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.29 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora

Oznaka vzorca	MS010415	MS020415	MS030415	MS040515	MS050615
Vzorec	piščanec	kokošja jajca	postrvi	svinjina	goveje meso
Kraj vz.:	Ptuj	Slovenska Bistrica	Šentjernej	Šentjur	Tolmin
Datum vzor.	2.04.2015	2.04.2015	7.05.2015	26.05.2015	14.06.2015
Datum merj.	10.04.2015	15.04.2015	15.05.2015	1.06.2015	29.06.2015
Dat. mer. Sr-90	1.07.2015	1.07.2015	15.08.2015	28.08.2015	9.09.2015
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)				
U (²³⁴ Th)	7,1E-2 ± 5E-2			2,8E-1 ± 2E-1	
²²⁶ Ra*		1,9E-2 ± 7E-03	8,8E-2 ± 7E-2	4,4E-2 ± 3E-2	3,6E-2 ± 1E-2
²¹⁰ Pb			5,7E-1 ± 1E-1		2,2E-1 ± 1E-1
Th (²²⁸ Ra)		1,5E-02 ± 1,1E-02			5,0E-2 ± 4E-2
²²⁸ Th	2,7E-2 ± 1E-2	5,6E-2 ± 1,1E-02			
⁴⁰ K	1,1E+2 ± 6E+0	2,7E+1 ± 1E+0	1,2E+2 ± 4E+0	9,3E+1 ± 5E+0	7,2E+1 ± 2E+0
⁷ Be					
¹³⁴ Cs					
¹³⁷ Cs	2,3E-2 ± 4E-3	< 2,5E-2	4,6E-2 ± 8E-3	6,3E-2 ± 1E-2	5,0E-1 ± 2E-2
¹³¹ I					
⁹⁰ Sr	2,4E+0 ± 2E-1	3,1E-1 ± 3E-2	5,4E-2 ± 1E-2	< 3,1E-2	< 9,3E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MS060715	MS070815	MS080815	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	pasirana skuta	ovčji sir	divja svinja	
Kraj vz.:	Ljubljana	Senožeče	Tržič	
Datum vzor.	27.07.2015	6.08.2015	25.08.2015	
Datum merj.	31.07.2015	17.08.2015	9.09.2015	
Dat. mer. Sr-90	23.10.2015	28.10.2015	26.10.2015	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)			2,2E-1 ± 2E-1	1,9E-01
²²⁶ Ra*	2,2E-2 ± 4E-3	1,2E-1 ± 2,1E-02	6,0E-2 ± 4E-2	5,5E-02
²¹⁰ Pb	1,3E-1 ± 2E-2	2,7E-1 ± 2E-1	3,0E-1 ± 2E-1	3,0E-01
Th (²²⁸ Ra)	3,7E-2 ± 7E-3	1,4E-01 ± 3,1E-02		6,1E-02
²²⁸ Th	3,0E-2 ± 8E-3			3,8E-02
⁴⁰ K	4,0E+1 ± 2E+0	2,2E+1 ± 1E+0	8,8E+1 ± 3E+0	7,1E+01
⁷ Be		1,9E-1 ± 6E-2		1,9E-01
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	3,9E-2 ± 3E-3	4,0E-1 ± 2E-2	4E+1 ± 1E+0	5,1E+00
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	1,5E-1 ± 2E-2	8,1E-1 ± 8E-2	2,1E-2 ± 1E-2	4,8E-01

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.30 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric

ZVD

Oznaka vzorca	MO010315	MO020315	MO030315	MO040315
Vzorec	kruh beli	moka pšenična	kruh koruzni	moka ržena
Kraj vz.:	Koper	Aldovščina	Grosuplje	Ljubljana
Datum vzor.	20.03.2015	20.03.2015	24.03.2015	24.03.2015
Datum merj.	27.03.2015	8.04.2015	31.03.2015	27.03.2015
Dat. mer. Sr-90	10.06.2015	18.05.2015	10.06.2015	10.06.2015
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)		1,2E-1 ± 8,E-02	2,2E-1 ± 1E-1	
²²⁶ Ra*	6,1E-2 ± 1E-2	8,7E-2 ± 9,E-03		6,9E-2 ± 1E-2
²¹⁰ Pb	2,6E-2 ± 2E-2			1,9E-1 ± 9,E-02
Th (²²⁸ Ra)	4,3E-2 ± 6E-3	1,2E-01 ± 2,E-02	4,9E-2 ± 3E-2	2,0E-01 ± 3,E-02
²²⁸ Th	9,0E-3 ± 7E-3	7,5E-2 ± 2,E-02	3,8E-1 ± 1E-1	5,3E-2 ± 2E-2
⁴⁰ K	2,7E+1 ± 1E+0	8,7E+1 ± 5E+0	4,0E+1 ± 2E+0	1,3E+2 ± 7E+0
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	1,2E-2 ± 2E-3	< 5,6E-2	< 9,5E-3	4,0E-2 ± 7E-3
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	< 2,0E-2	3,3E-1 ± 6E-2	1,8E-1 ± 2E-2	1,6E-2 ± 1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MO050915	MO060915	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	pšenica	koruza	
Kraj vz.:	Murska Sobota	Kobarid	
Datum vzor.	5.09.2015	12.09.2015	
Datum merj.	11.09.2015	25.09.2015	
Dat. mer. Sr-90	26.10.2015	26.10.2015	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	6,1E+0 ± 8E-1		2,1E+0
²²⁶ Ra*	1,3E+0 ± 5E-2	1,3E-1 ± 2,E-02	3,3E-1
²¹⁰ Pb	3,1E-1 ± 3E-1	1,4E-1 ± 1E-2	1,7E-1
Th (²²⁸ Ra)	6,0E-1 ± 8E-2	2,1E-01 ± 9,E-02	2,0E-1
²²⁸ Th	8,0E-2 ± 7E-2		1,2E-1
⁴⁰ K	1,2E+2 ± 4E+0	9,9E+1 ± 6E+0	8,4E+1
⁷ Be			
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	6,8E-3 ± 3E-3	8,0E-2 ± 2E-2	3,4E-2
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	6,4E-2 ± 3E-2	8,5E-2 ± 2E-2	1,2E-1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.31 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja

Oznaka vzorca	SS010515	SS020515	SS030615	SS040815
Vzorec	jagode	marelice	češnje	gozdne borovnice
Kraj vz.:	Artiče	Koper	Dobrovo	Pohorje
Datum vzor.	26.05.2016	9.06.2015	14.06.2015	10.08.2015
Datum merj.	1.06.2015	18.06.2015	22.06.2015	17.08.2015
Dat. mer. Sr-90	15.08.2015	15.08.2015	15.08.2015	9.09.2015
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)			1,1E-1 ± 9E-2	
²²⁶ Ra*	3,2E-2 ± 2E-2			1,6E-1 ± 7E-3
²¹⁰ Pb	2,1E-1 ± 2E-1	2,2E-1 ± 8E-2	2,5E-1 ± 9E-2	6,4E-1 ± 8,E-02
Th (²²⁸ Ra)	7,8E-2 ± 6E-2			2,3E-01 ± 2,E-01
²²⁸ Th	7,2E-2 ± 6E-2	1,2E-1 ± 4,E-02		
⁴⁰ K	1,6E+2 ± 9E+0	8,8E+1 ± 5E+0	6,4E+1 ± 2E+0	2,8E+1 ± 2E+0
⁷ Be	4,3E-1 ± 2E-1	2,0E-1 ± 8E-2	3,6E-1 ± 5E-2	5,5E+0 ± 2E-1
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 1,5E-1	< 9,7E-2	< 5,1E-2	1,5E+1 ± 4E-1
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	4,9E-2 ± 7E-3	< 2,5E-2	5,5E-2 ± 1E-2	1,3E+0 ± 1E-1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SS050815	SS060815	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	breskve	jabolka	
Kraj vz.:	Kostanjevica	Celje	
Datum vzor.	19.08.2015	19.08.2015	
Datum merj.	7.09.2015	27.08.2015	
Dat. mer. Sr-90	23.10.2015	23.10.2015	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)			1,1E-1
²²⁶ Ra*		3,7E-2 ± 6,E-03	7,6E-2
²¹⁰ Pb	2,0E-1 ± 1E-1		3,0E-1
Th (²²⁸ Ra)			1,5E-1
²²⁸ Th	6,0E-2 ± 4E-2		8,4E-2
⁴⁰ K	4,9E+1 ± 3E+0	2,9E+1 ± 2E+0	7,0E+1
⁷ Be			
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	< 9,6E-2	< 3,5E-2	2,6E+0
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	< 1,6E-2	2,2E-2 ± 9E-3	2,4E-1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.32 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave

Oznaka vzorca	SZ010615	SZ020615	SZ030615	SZ040815
Vzorec	zelje	bučke	krompir	paprika
Kraj vz.:	Ptuj	Koper	Ljubljana	Maribor
Datum vzor.	9.06.2015	9.06.2015	18.06.2015	19.08.2015
Datum merj.	16.06.2015	17.06.2015	29.06.2015	3.09.2015
Dat. mer. Sr-90	15.08.2015	15.08.2015	15.08.2015	23.10.2015
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)		1,3E-1 ± 8,E-02	1,4E-1 ± 1E-1	
²²⁶ Ra*	1,5E-2 ± 7E-3		7,6E-2 ± 2E-2	4,3E-2 ± 1E-2
²¹⁰ Pb	2,3E-1 ± 7E-2			1,6E-1 ± 8,E-02
Th (²²⁸ Ra)	3,3E-2 ± 2E-2	2,1E-02 ± 2,E-02	1,3E-1 ± 5E-2	4,5E-02 ± 3,E-02
²²⁸ Th		2,8E-1 ± 8,E-02	5,2E-2 ± 2E-2	6,0E-2 ± 2E-2
⁴⁰ K	7,7E+1 ± 4E+0	9,9E+1 ± 3E+0	1,3E+2 ± 4E+1	5,8E+1 ± 3E+0
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 4,3E-2	< 4,3E-2	< 8,9E-2	1,6E-2 ± 5E-3
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	5,0E-2 ± 7E-3	< 6,4E-3	< 9,2E-3	5,4E-2 ± 1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SZ050815	SZ061015	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	pesa	gobe cigančki**	
Kraj vz.:	Črnomelj	Preddvor	
Datum vzor.	19.08.2015	5.10.2015	
Datum merj.	1.09.2015	9.10.2015	
Dat. mer. Sr-90	23.10.2015	4.11.2015	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)		1,4E-1 ± 1,E-01	1,4E-1
²²⁶ Ra*	1,0E-1 ± 1E-2		5,9E-2
²¹⁰ Pb	3,2E-1 ± 1E-1	5,2E-1 ± 2E-1	3,1E-1
Th (²²⁸ Ra)	8,6E-2 ± 4E-2		6,3E-2
²²⁸ Th	5,2E-2 ± 4E-2		1,1E-1
⁴⁰ K	1,1E+2 ± 6E+0	9,8E+1 ± 5E+0	9,5E+1
⁷ Be			
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	1,9E-1 ± 2E-2	3,4E+2 ± 9E+0	5,6E+1
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	8,8E-2 ± 2E-2	1,2E-1 ± 1E-2	5,4E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Cs-137 ni upoštevan v povprečju

ZVD

Tabela A.33 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane

Oznaka vzorca	OHLI0315	OHKP0315	OHMB0315	OHNM0315	OHKJ0315	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	
Kraj vz.:	Ljubljana	Koper	Maribor	Novo mesto	Kranj	
Datum vzor.	2.3. - 6.3.15	16.3. - 20.3.15	23.3. - 27.3.15	9. - 13.3.15	16. - 20.3.15	
Datum merj.	17.03.2015	31.03.2015	10.04.2015	26.03.2015	30.03.2015	
Dat mer. Sr-90	6.05.2015	6.05.2015	15.05.2015	6.05.2015	6.05.2015	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)					
U (²³⁴ Th)	4,3E-2 ± 4E-2		7,9E-2 ± 4E-2		9,5E-2 ± 7E-2	7,2E-2
²²⁶ Ra*	1,3E-2 ± 5E-3		2,3E-2 ± 4E-3	1,3E-2 ± 3E-3	1,7E-2 ± 7E-3	1,7E-2
²¹⁰ Pb	1,2E-1 ± 4E-2	1,1E-1 ± 8E-2	4,4E-2 ± 4E-2		7,6E-2 ± 6E-2	8,8E-2
Th (²²⁸ Ra)	3,4E-2 ± 1E-2	4,1E-02 ± 2,E-02	4,4E-2 ± 1E-2	2,7E-02 ± 8,E-03		3,7E-2
²²⁸ Th					3,1E-2 ± 2E-2	3,1E-2
⁴⁰ K	4,7E+1 ± 3E+0	6,0E+1 ± 3E+0	4,7E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	3,5E+1 ± 2E+0	4,8E+1
⁷ Be						
¹³⁴ Cs						
¹³⁷ Cs	9,3E-3 ± 2E-3	1,5E-2 ± 4E-3	4,3E-2 ± 4E-3	1,1E-2 ± 2E-3	2,8E-2 ± 5E-3	2,1E-2
¹³¹ I						
⁹⁰ Sr	1,4E-2 ± 8E-3	3,4E-2 ± 1E-2	2,5E-2 ± 7E-3	3,4E-2 ± 8E-3	1,4E-2 ± 4E-3	2,4E-2

Specifična aktivnost je preračunana na zadnji dan vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

A.10 Krmila

Tabela A.34 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme



Vzor . mesto	Jata Emona	Breg pri Komendi	Breg pri Komendi	Zgornji Tušanj	Zgornji Tušanj
Vrsta vzorca	Krmna mešanica za teleta (pelet, zlato zrno)	Seno	Travna silaža	Koruzna silaža	Travna silaža
Datum vzor.	26. 5. 2015	12. 6. 2015	12. 6. 2015	28. 5. 2015	28. 5. 2015
Kol.vzorca (kg)	0,4702	0,1681	0,1709	0,1717	0,1845
Odstotek suhe snovi	94	92,8	36,5	39,5	33,9
Koda vzorca	RP15KRM10051	RP15KRMS121861	RP15KRMTS121861	RP15KRMS125151	RP15KRMTS125151
IZOTOP	SPECIFI NA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,1E+00 ± 4E-01		4,1E-01 ± 3E+00 ‡	2,2E-01 ± 4E-01 ‡	2,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 6E+00	3,2E+00 ± 9E-01	5,2E-02 ± 2E-01 ‡	9,0E-01 ± 4E-01
Pb-210	6,1E-02 ± 5E-01 ‡		8,2E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 7E-01	1,1E+01 ± 1E+00
Ra-228	8,7E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 4E-01		1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	5,5E-01 ± 6E-02	1,9E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,9E-01 ± 4E-02	9,6E-01 ± 9E-02
Th-230					
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	6,7E+02 ± 7E+01	3,5E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 1E+01	3,9E+02 ± 4E+01
Be-7				3,1E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 5E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,4E-02 ± 4E-02	9,6E-02 ± 2E-01 ‡	6,8E-01 ± 1E-01	8,1E-02 ± 4E-02	3,0E-01 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,5E-01 ± 3E-02	1,0E+00 ± 6E-02	3,2E-01 ± 2E-02	3,9E-01 ± 2E-02	1,8E+00 ± 9E-02

Vzor . mesto	Žirovski Vrh	Ba ne, Gorenja vas	Pivka perutninarstvo	Brege	Brege
Vrsta vzorca	Seno	Seno	Krmna mešanica na bazi Ca fosfata	Seno	Trava
Datum vzor.	17. 6. 2015	17. 6. 2015	25. 5. 2015	4. 6. 2015	4. 6. 2015
Kol.vzorca (kg)	0,0986	0,1247	0,384	0,1398	0,151
Odstotek suhe snovi	95,2	91,9	95,7	95,5	35
Koda vzorca	RP15KRMS422461	RP15KRMS422462	RP15KRM625751	RP15KRM827S61	RP15KRM827T61
IZOTOP	SPECIFI NA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+00 ± 6E+00 ‡	3,9E-01 ± 7E-01 ‡	2,0E+01 ± 2E+00		
Ra-226	4,4E+00 ± 3E+00	2,7E+00 ± 1E+00	8,4E-01 ± 7E-01		
Pb-210	8,5E+00 ± 5E+00	1,5E+01 ± 1E+00	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	2,1E+00 ± 3E+00 ‡	1,2E+01 ± 6E+00
Ra-228	1,3E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01		3,0E-01 ± 3E-01 ‡
Th-228	4,2E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	3,7E-01 ± 3E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Th-230	2,6E+00 ± 2E+01 ‡	3,1E+00 ± 6E+00 ‡			
K-40	4,1E+02 ± 4E+01	5,9E+02 ± 6E+01	3,0E+02 ± 3E+01	4,6E+02 ± 4E+01	1,8E+02 ± 2E+01
Be-7	6,1E+01 ± 6E+00	8,5E+01 ± 6E+00	2,4E-01 ± 5E-01 ‡	6,1E+01 ± 5E+00	5,9E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,5E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 1E-01		4,9E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 8E-02	4,2E+00 ± 2E-01	1,4E-01 ± 2E-02	2,2E+00 ± 1E-01	5,8E-01 ± 3E-02

A close-up photograph of a hand holding a blue ballpoint pen, writing on a sheet of lined paper. The pen is positioned vertically, and the tip is touching the paper. The paper has horizontal blue lines. A white, rounded rectangular box with a blue border is overlaid on the bottom part of the image, containing the text "Beleške".

Beleške

