



Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev
Slovenije v letu 2017

Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2017



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

Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

© 2018 ZVD d.o.o.

Poročilo vsebuje skupaj 136 strani ter ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Izdal: ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.O.O., LJUBLJANA, marec 2018

Slika na naslovnici: Poletje v Ljubljani, Ljubljana, © Marko Giacomelli

Slika na zadnji strani: "Okoljski nadzor", Ljubljana, © 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 2017
Izdellovalec:	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-20180005-MG
Datum poročila:	30.03.2018
Naročnik:	Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ajdovščina 4, 1000 Ljubljana
Številka pogodbe:	C2717-18-232005
Skrbnika pogodbe:	dr. Tomaž Šutej (URSVS), dr. Gregor Omahen (ZVD)
Program:	Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije v letu 2017 Radioactivity in the living environment of Slovenia in the year 2017
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)
Poslano:	naročnik (6 tiskanih izvodov, digitalna verzija) 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 okolje in prostor, 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 2017 za dojenčke $< 14,9 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 17,8 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 10,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju. V letu 2017 je delno povišan prispevek k dozi zaradi prehoda radioaktivnega oblaka nad Evropo, ki je najverjetneje posledica izpusta zaradi nesreče v predelovalnem obratu izrabljenega jedrskega goriva nekje južno od Urala v Rusiji. Ru-106 je bil merljiv v septembru, oktobru in delno v novembru 2017. Prispevek Ru-106 v letu 2017 k dozi zaradi ingestije in inhalacije je znašal okrog 3%, k skupni dozi (vključno z zunanjim obsevanjem) pa le okrog 1%.

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 2017 are $< 14,9 \mu\text{Sv}$, $< 17,8 \mu\text{Sv}$ and $< 10,9 \mu\text{Sv}$, 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. In 2017 there was a partial increase in dose due to passage of radioactive cloud over Europe, most likely a consequence of a release during an accident in spent nuclear fuel reprocessing plant somewhere south of Ural mountain in Russia. Ru-106 was measurable in september, october and novemeber 2017. The contribution of Ru-106 to annual dose in 2017 was around 3% of dose from ingestion and inhalation, and around 1% of the total dose (including external exposure).

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 zunanlega sevanja, ocena efektivnih 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 Radioaktivni oblak Ru-106 nad Evropo	25
3.1.3 Sezonske variacije Cs-137	28
3.1.4 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137	35
3.1.5 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210	35
3.1.6 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210	39

3.2	Padavine	44
3.2.1	Vzorčenje in rezultati meritev	44
3.2.2	Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90	44
3.2.3	Specifična aktivnost H-3	50
3.2.4	Specifična aktivnost kozmogenega Be-7	51
3.3	Tekoče vode	55
3.3.1	Vzorčenje in rezultati meritev	55
3.3.2	Dolgoročni trendi	55
3.4	Zemlja	58
3.4.1	Vzorčenje in rezultati meritev	58
3.4.2	Dolgoročni trendi	58
4	Zunanje sevanje	65
4.1	Lokacije meritev	65
4.2	Rezultati meritev	65
4.3	Dolgoročni trend doz	65
5	Monitoring pitne vode, hrane in krme	71
5.1	Pitna voda	71
5.2	Hrana	74
5.2.1	Mleko	74
5.2.2	Živila živalskega izvora	80
5.2.3	Žitarice, moka, kruh	80
5.2.4	Sadje	81
5.2.5	Zelenjava	82
5.2.6	Otroška hrana	83
5.3	Krmila	83
6	Ocena prejetih doz sevanja	87
6.1	Osnovne enačbe	87
6.2	Uporabljeni podatki in predpostavke	89
6.2.1	Umetni radionuklidi	89
6.2.2	Naravni radionuklidi	89
6.2.3	Starostne skupine	89
6.2.4	Prehranjevalne predpostavke	89
6.2.5	Privzete specifične aktivnosti	90
6.3	Doza zaradi ingestije in inhalacije	91
6.4	Doza zaradi zunanjega sevanja	94
6.5	Skupna ocena doze	97
7	Zaključki	101
7.1	Ugotovitve	101
7.2	Priporočila	101

Literatura	103
A Rezultati meritev	109
A.1 Pojasnila k tabelam	109
A.1.1 Zapisi meritev ZVD	109
A.1.2 Zapisi meritev IJS	109
A.2 Zrak	111
A.3 Padavine	114
A.4 Tekoče vode	117
A.5 Zemlja	122
A.6 Morje - voda in sedimenti	125
A.7 Zunanje sevanje	126
A.8 Pitna voda	127
A.9 Hrana	129
A.10 Krmila	136



Slike

3.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.	26
3.2	Podrobnejše meritve specifičnih aktivnosti Ru-106 v zraku v Ljubljani, na Jareninskem vrhu in Predmeji.	27
3.3	Modeliranje razširjanja oblaka z izpusti Ru-106 - 24.9.2017 - 30.9.2017.	29
3.4	Modeliranje razširjanja oblaka z izpusti Ru-106 - 1.10.2017 - 11.10.2017.	30
3.5	Različni viri prašnih delcev PM ₁₀ (za leto 2011).	31
3.6	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.	32
3.7	Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	33
3.8	Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	33
3.9	Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT).	34
3.10	Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU).	34
3.11	Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje	35
3.12	S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz); slika: ESA/ATG medialab.	36
3.13	Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.	37
3.14	Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2017 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.	38
3.15	Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja).	39
3.16	V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.	40

3.17	Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA.	41
3.18	Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.	41
3.19	Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.	42
3.20	Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin.	43
3.21	Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.	45
3.22	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)	47
3.23	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.	48
3.24	Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.	49
3.25	Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.	50
3.26	Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.	52
3.27	Korelacija skupnega letnega useda, povprečnega mesečnega useda in specifičnega letnega ter specifičnega mesečnega useda Be-7 s sončevim ciklom od leta 1996 dalje.	53
3.28	Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2017).	54
3.29	Lokacije vzorčenja tekočih vod.	56
3.30	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.	57
3.31	Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.	59
3.32	Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji	60
3.33	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	61
3.34	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	63
3.35	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	64
4.1	Lokacije TL dozimetrom za meritve letne doze zunanjšega sevanja.	66
4.2	Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalentna doze, $H * (10)$, in fotonskega doznega ekvivalenta, Hx	68
4.3	Doza zaradi zunanjšega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.	68
5.1	Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.	72
5.2	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzeti vzorcev).	73
5.3	Lokacije vzorčenja vzorcev živil.	75
5.4	Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2017.	76
5.5	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.	77

5.6	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote.	78
5.7	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.	79
5.8	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev razen medu in divjačine).	80
5.9	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	81
5.10	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	82
5.11	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev brez gob).	83
5.12	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	84
5.13	Lokacije vzorčenja vzorcev krme.	85
6.1	Shematski prikaz prenosnih poti za notranje in zunanje obsevanje.	88
6.2	Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.	90
6.3	Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljansko mleko).95	
6.4	Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljansko mleko)	96
6.5	Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje	98

Tabelle 18 — Schutzschichtdicken bei verschiedenen Baustoffen

Baustoffe: Dichte	Dicke der Schutzschicht Blei	Schutzschichtdicken in mm bei max. RÖHRTGERÄTSPANNUNGEN IN									
		50	80	100	150	200	250 ^{a)}	und FILTERUNG von			
mm	mm	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	0,5 mm Cu	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al
Eisen: $\rho = 7,9 \text{ g cm}^{-3}$	0,2	1,1	1,2	1,2	2,4	2,4	3,4	3,2	6,0	6,0	6,4
	0,4	2,4	2,4	2,4	5,2	5,2	6,4	6,0	9,2	9,2	9,4
	0,6	3,6	3,9	4,0	8,0	8,0	9,4	9,2	12	12	12
	0,8	5,2	5,2	5,2	11	11	12	12	16	16	16
	1,0	6,5	6,5	6,4	14	14	16	16	19	19	18
	1,2	—	—	8,0	17	17	19	19	23	23	21
	1,4	—	—	9,2	20	20	23	23	26	26	23
	1,5	—	—	10	23	23	26	26	29	29	26
	1,8	—	—	12	26	26	29	29	32	32	29
	2,0	—	—	13	28	28	32	32	38	38	37
	0,5	15	10	4,0	7,3	9,0	10	10	19	19	19
Barytblei: $\rho = 3,2 \text{ g cm}^{-3}$	1	31	20	8,6	15	15	19	19	37	37	37
	2	—	—	17	33	33	38	38	53	53	53
	3	—	—	24	51	51	57	57	68	68	68
	4	—	—	30	67	67	74	74	105	105	96
	5	—	—	44	100	100	105	105	135	135	120
	8	—	—	57	130	130	135	135	170	170	145
	10	—	—	70	155	155	170	170	195	195	170
	12	—	—	82	185	185	195	195	230	230	190
	14	—	—	—	—	—	—	—	260	260	220
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240
	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Flotglas: $\rho = 2,5 \text{ g cm}^{-3}$	0,2	20	19	18	36	36	38	38	—	—	—
	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabele

2.1 Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2017 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) 46

3.2 Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, \bar{A} , radionuklidov v vzorcih tekočih vod 55

4.1 Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami 67

6.1 Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine 90

6.2 Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2017 91

6.3 Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2017. 92

6.4 Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2017. 93

6.5 Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja 94

6.6 Ocenjene doze zaradi zunanjega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih 97

6.7 Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2017 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi ter zaradi radioaktivnega oblaka Ru-106 99

A.1 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Jareninski vrh . . . 111

A.2 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja 112

A.3 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana 113

A.4 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana 114

A.5 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana 115

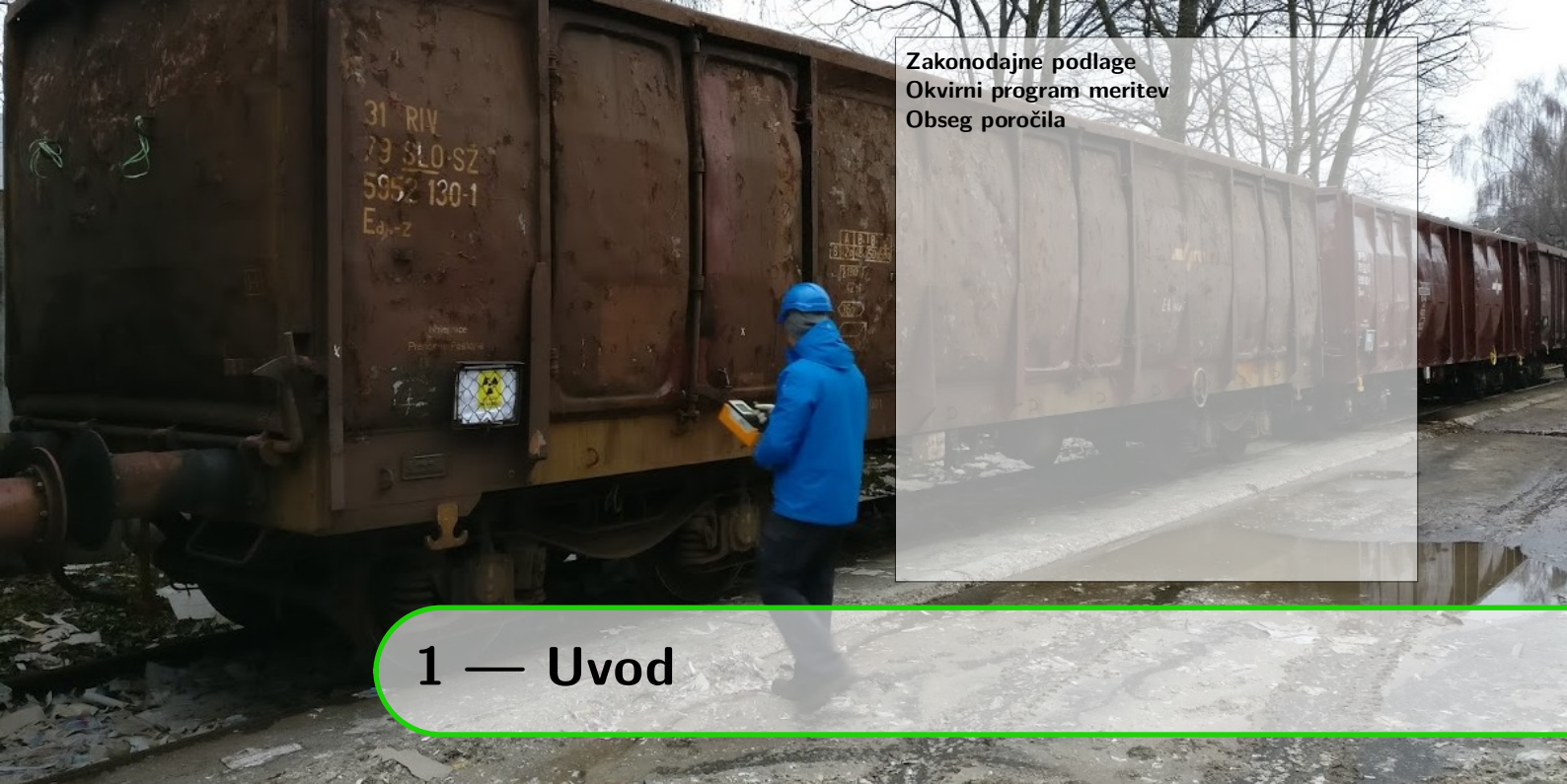
A.6 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto . . . 115

A.7 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota . . . 116

A.8 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec 116

A.9 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze 117

A.10	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja	118
A.11	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča	118
A.12	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka	119
A.13	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice	119
A.14	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa	120
A.15	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava	120
A.16	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura	121
A.17	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	122
A.18	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	123
A.19	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid	124
A.20	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota	124
A.21	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov	125
A.22	Izmerjene vrednosti zunanjšega sevanja s TL dozimetri	126
A.23	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	127
A.24	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	128
A.25	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana	129
A.26	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid	129
A.27	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica	130
A.28	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota	130
A.29	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora	131
A.30	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric	132
A.31	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja	133
A.32	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave	134
A.33	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane	135
A.34	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme	136



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 158. 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 35. členu 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 63. 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 učinkoviti 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 okolje in prostor 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 2017 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 2017 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 2017

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	mesečno, 12	ZVD
	Bovec	skupnega useda v enem mesecu na višini 1m od tal	tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana		tromesečno, 4	ZVD
	Bovec	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza H-3	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	mesečno, 12	IJS
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 2017 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 2017 izvajal meritve radioaktivnosti zraka, zemlje, padavin, hrane, krmil, IJS pa meritve radioaktivnosti tekočih vod, 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 26
- padavine – slika 3.21 na strani 45
- tekoče vode – slika 3.29 na strani 56
- zemlja – slika 3.31 na strani 59
- zunanje sevanje – slika 4.1 na strani 66
- pitna voda – slika 5.1 na strani 72
- hrana – slika 5.3 na strani 75
- krma – slika 5.13 na strani 85

2.3 Metodologija meritev

Meritve v okviru rednega monitoringa življenjskega okolja v Republiki Sloveniji v letu 2017 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 2017 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 2017 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 tekočinskim 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 nenehnega izboljševanja. V prilogi A pričujočega poročila (od strani 109 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 okolje in prostor), Uprave RS za varstvo pred sevanji (Ministrstvo za zdravje) ter Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (Ministrstvo za kmetijstvo), 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
Radioaktivni oblak Ru-106 nad Evropo
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.

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.

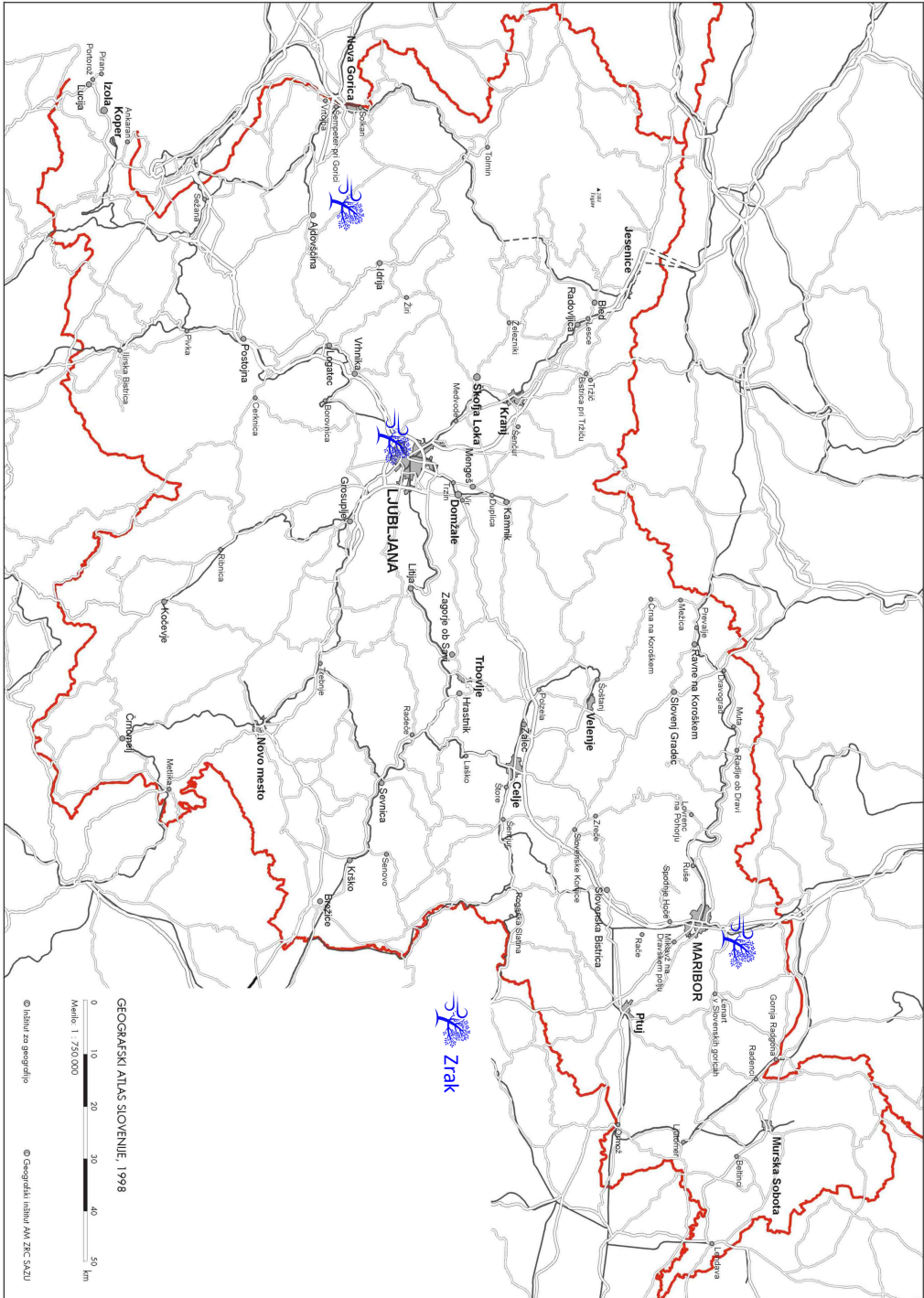
Celoletna letna povprečna vrednost specifične aktivnosti Cs-137 na lokaciji vzorčenja v Ljubljani je bila $1,6 \pm 0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na lokaciji vzorčenja na Jareninskem vrhu $0,5 \pm 0,6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in na lokaciji vzorčenja na Predmeji $0,6 \pm 0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Poleg Cs-137 in Sr-90 (meritev sicer ni v programu), ki sta že leta prisotna v globalni kontaminaciji zaradi jedrskih poskusov, černobilske in fukušimske nesreče, je v letu 2017 v jesenskih vzorcih bil izmerjen tudi Ru-106, ki je zaenkrat še neznanega ali vsaj nepotrjenega izvora in je bil prisoten nad celotno Evropo. Povprečna vrednost specifične aktivnosti Ru-106 na lokaciji vzorčenja v Ljubljani je bila $0,47 \pm 0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na lokaciji vzorčenja na Jareninskem vrhu $0,78 \pm 0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in na lokaciji vzorčenja na Predmeji $0,73 \pm 0,03 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Poleg umetnih radionuklidov so v vzorcih zraka opazni tudi naravnih radionuklidi (k dozi največ prispeva Pb-210) in kozmogeni Be-7. Povprečna letna vrednost specifične aktivnosti je bila na Jareninskem vrhu za Be-7 $3,5 \pm 0,1 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,43 \pm 0,02 \text{mBq}/\text{m}^3$, v Ljubljani za Be-7 $4,4 \pm 0,6 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,78 \pm 0,01 \text{mBq}/\text{m}^3$ in na Predmeji za Be-7 $4,4 \pm 0,2 \text{mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,44 \pm 0,03 \text{mBq}/\text{m}^3$.

3.1.2 Radioaktivni oblak Ru-106 nad Evropo

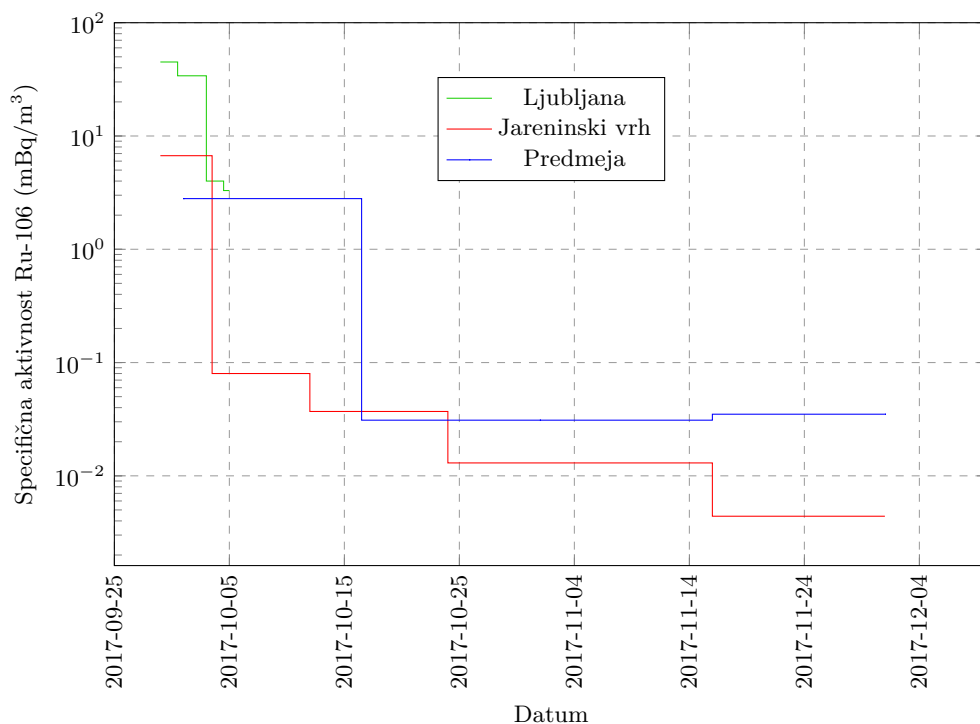
Konec septembra 2017 je bil zrak nad jugovzhodno Evropo onesnažen z izotopoma Ru-103 in Ru-106. Medtem ko je bila vsebnost Ru-103 v zraku le v sledovih in izmerjena le v nekaj laboratorijih v Evropi [15], kjer so bile aktivnosti v zraku zaradi meteoroloških razmer višje ter kapaciteta vzorčenja višja, smo raven onesnaženja zraka z radionuklidom



Slika 3.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.

Ru-106 lahko natančno določili v Sloveniji. Razmerje aktivnosti Ru-106/Ru-103 je bilo približno 4000:1, torej so bile koncentracije Ru-103 daleč pod mejo detekcije in zato ni bil Ru-103 viden niti v Ljubljani, na Jareninskem vrhu niti na Predmeji.

Številne države vzhodne in jugovzhodne Evrope so poročale koncentracije aktivnosti Ru-106 v zraku primerljive tistim, ki so bile izmerjene po Sloveniji, na koncu septembra oziroma začetku oktobra nekaj mBq/m^3 nato pa en do dva velikostna red nižje. Koncentracija aktivnosti Ru-106 v zraku v Ljubljani se je v prvem tednu oktobra znižala pod mejo detekcije, na lokacijah Jareninski vrh oziroma Predmeja pa je bil detektiran do novembra oziroma decembra. Meritve so prikazane na sliki 3.2. Septembrske povprečne vrednosti so bile za realnejši prikaz iz povprečnih mesečnih preračunane na delež prečrpanega zraka 29. in 30.9., kot privzeti datum prihoda radioaktivnega oblaka v Slovenijo.



Slika 3.2 | Podrobnejše meritve specifičnih aktivnosti Ru-106 v zraku v Ljubljani, na Jareninskem vrhu in Predmeji.

Pojasnila o izvoru Ru-106 in lokaciji nastanka.

Točen vir izotopa Ru-106 ni znan, zagotovo pa ne gre za nesrečo v jedrskem reaktorju, saj bi v takem primeru dobili kopico drugih cepitvenih in aktivacijskih produktov. Vse vesoljske agencije so izključile padec satelita z vgrajenim takšnim radioaktivnim virom, ki je služil kot električni generator za napajanje komponent satelita. V izčrpnem poročilu je inštitut IRSN (Francija) [15] opravil podrobno analizo, iz katerega sledi, da je edini verjetni scenarij izpusta Ru-106 posledica uhajanja iz predelovalnega obrata za jedrsko gorivo. Ocenjena skupna izpuščena aktivnost Ru-106 je bila 100-300 TBq. Izpust naj bi se zgodil med 25.9. in 28.9., pri čemer ni trajal dlje od 24 ur. V postopkih predelave izrabljenega jedrskega goriva se v različnih fazah predelave (PUREX) rutenij lahko nahaja v trdni (kovina ali oksid RuO_2), tekoči (nitrosil kompleks $\text{RuNO}(\text{NO}_3)_3$) ali

plinski obliki (RuO_4). V postopku PUREX lahko nastaja rutenij v plinski obliki RuO_4 , če pride do pregrevanja nitrosil kompleksa nad $100\text{--}120^\circ\text{C}$. Tako bi v primeru nesreče v predelovalnem obratu ob izgubi hlajenja lahko nastale tolikšne količine RuO_4 , da ga sistem za zadrževane plinskih izpustov ne bi v celoti zadržal. V takem primeru bi najverjetneje filtracija zadržala druge izotope na aerosolnih filtrih (Cs, Sr), del RuO_4 bi se zajel ob stikih s hladnimi površinami (RuO_2), del pa bi ušel skozi prezračevalni sistem. Zato tak scenarij tudi pojasni prisotnost izključno izotopov Ru-103 in Ru-106 v radioaktivnem oblaku (ostali morebitni izotopi Ru imajo zelo kratko razpolovno dobo). Podoben dogodek se je pripetil v predelovalnem obratu AREVA v La Hague (Francija), kjer pa je bila aktivnost izpusta Ru-106 na nekaj GBq.

Lokacijo izvora je poleg inštituta IRSN [15] ocenil tudi inštitut SCK-CEN (Belgija) z modeliranjem svetovnih vremenskih razmer konec septembra in v začetku oktobra [16], s katerim so ugotovili, da se je širjenje Ru-106 začelo nekje južno od Urala v Rusiji, kjer je na tem območju kar nekaj predelovalnih obratov za jedrsko gorivo. Potek razširjanja radioaktivnega oblaka Ru-106 je prikazan na slikah 3.3 v mesecu septembru in 3.4 v mesecu oktobru.

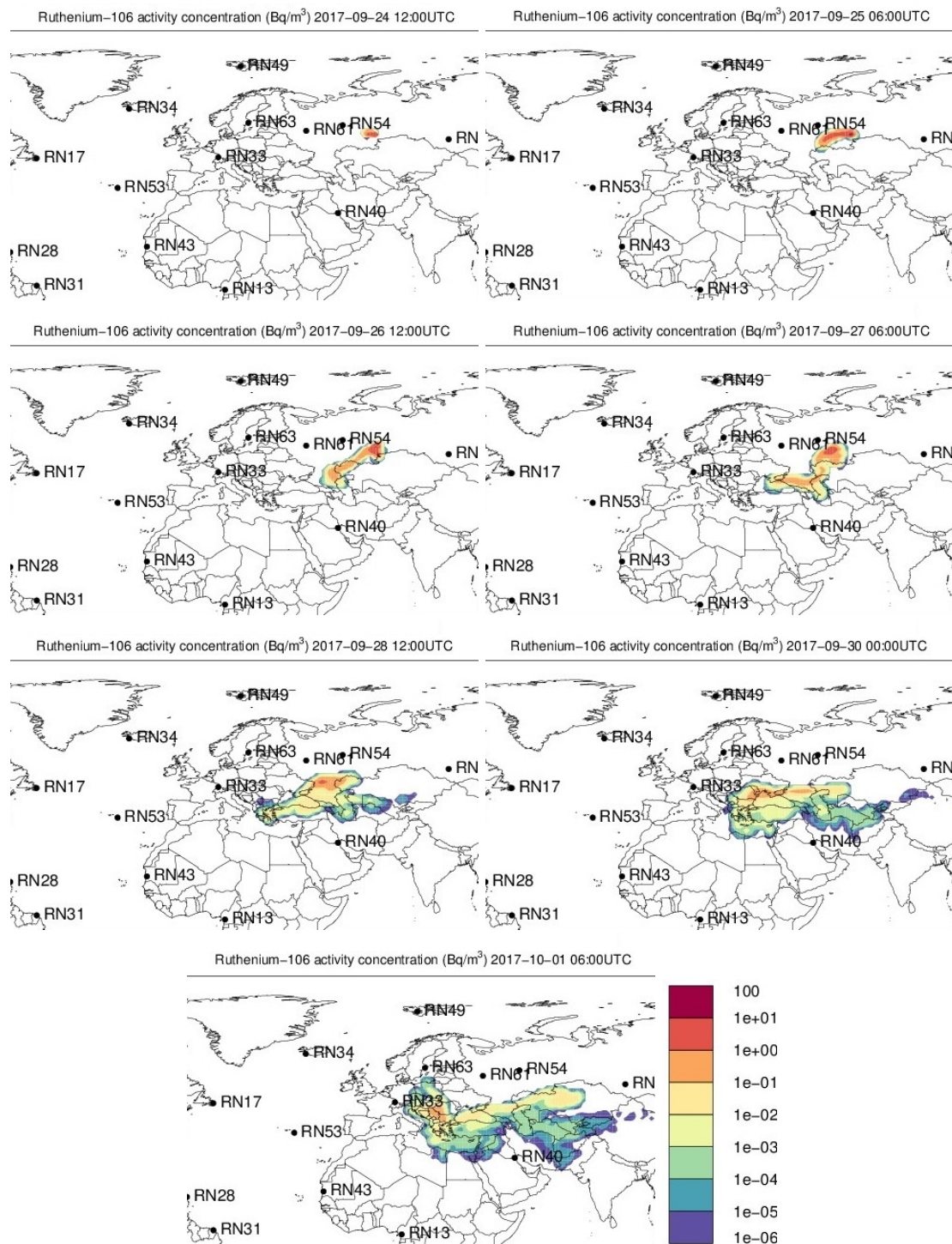
3.1.3 Sezonske variacije Cs-137

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 črnbilski nesreči [17]. V literaturi [17–22] je moč najti ugotovitve, da zaradi prenosnih mehanizmov prihaja do akumulacije Cs-137 v drevesih, posebej so povišane vrednosti v lubju. Na podlagi predpostavk in ugotovitev v teh znanstvenih člankih 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. V preteklih letih smo z analizami ugotovili korelacijo aktivnosti Cs-137 z nizkimi temperaturami in koncentracijo prašnih delcev PM_{10} (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod $10\ \mu\text{m}$) [23–25]. Novo hipotezo o izvoru Cs-137 od leta 2013 dalje preverjamo na izmerjenih podatkih, in sicer na povprečnih vrednostih Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk na lokaciji v Ljubljani, kjer je kapaciteta zračne črpalke in s tem zanesljivost merskih podatkov največja. Tako smo potrdili, da je uporaba lesne biomase glavni vir Cs-137 v zraku, ne pa resuspenzija Cs-137 iz zemlje, kot se je smatralo pred letom 2013 [26, 27].

Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM_{10} [28]. Deleži posameznih prispevkov so prikazani na sliki 3.5, 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.

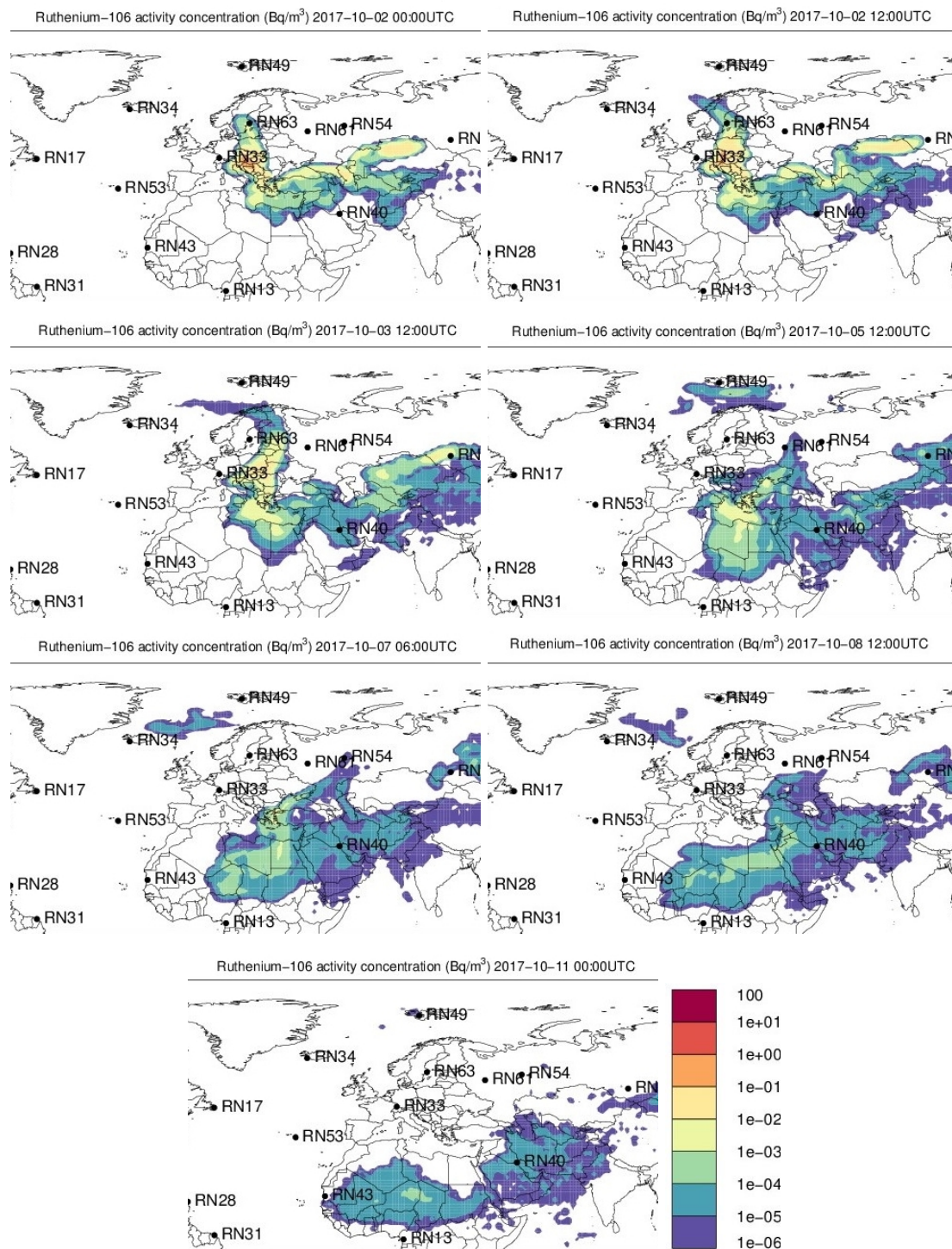
Iz meritev prašnih delcev PM_{10} tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [29–33]. To je tudi razvidno na sliki 3.6, kjer primerjamo koncentracije prašnih delcev PM_{10} in povprečne mesečne temperature za več zaporednih let. Tako je med kurilno sezono lepo viden 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 3.6 dodatna barvna oznaka odraža količino padavin v posameznem mesecu.

Na slikah 3.7 in 3.8 smo primerjali odvisnost izmerjenih aktivnosti nekaterih radionuklidov v zraku (Cs-137, Th-228, Pb-210) od povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev.



Slika 3.3 | Modeliranje razširjanja oblaka z izpusti Ru-106 - 24.9.2017 - 30.9.2017.

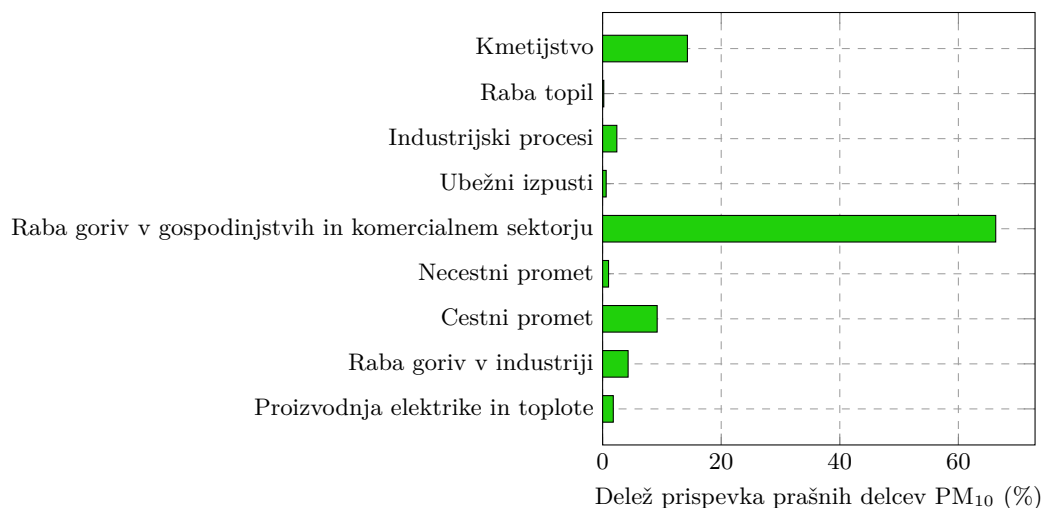
Predvsem za Cs-137 lahko ugotovimo močno korelacijo s koncentracijami prašnih delcev oziroma močno antikorelacijo s temperaturo (kot indikator za kurilno sezono). Korelacija je precej manj izrazita za naravni radionuklid Pb-210 ali pa le-ta sploh ni prisotna za izotop Th-228. Iz zgornjih ugotovitev izhaja, 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



Slika 3.4 | Modeliranje razširjanja oblaka z izpusti Ru-106 - 1.10.2017 - 11.10.2017.

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



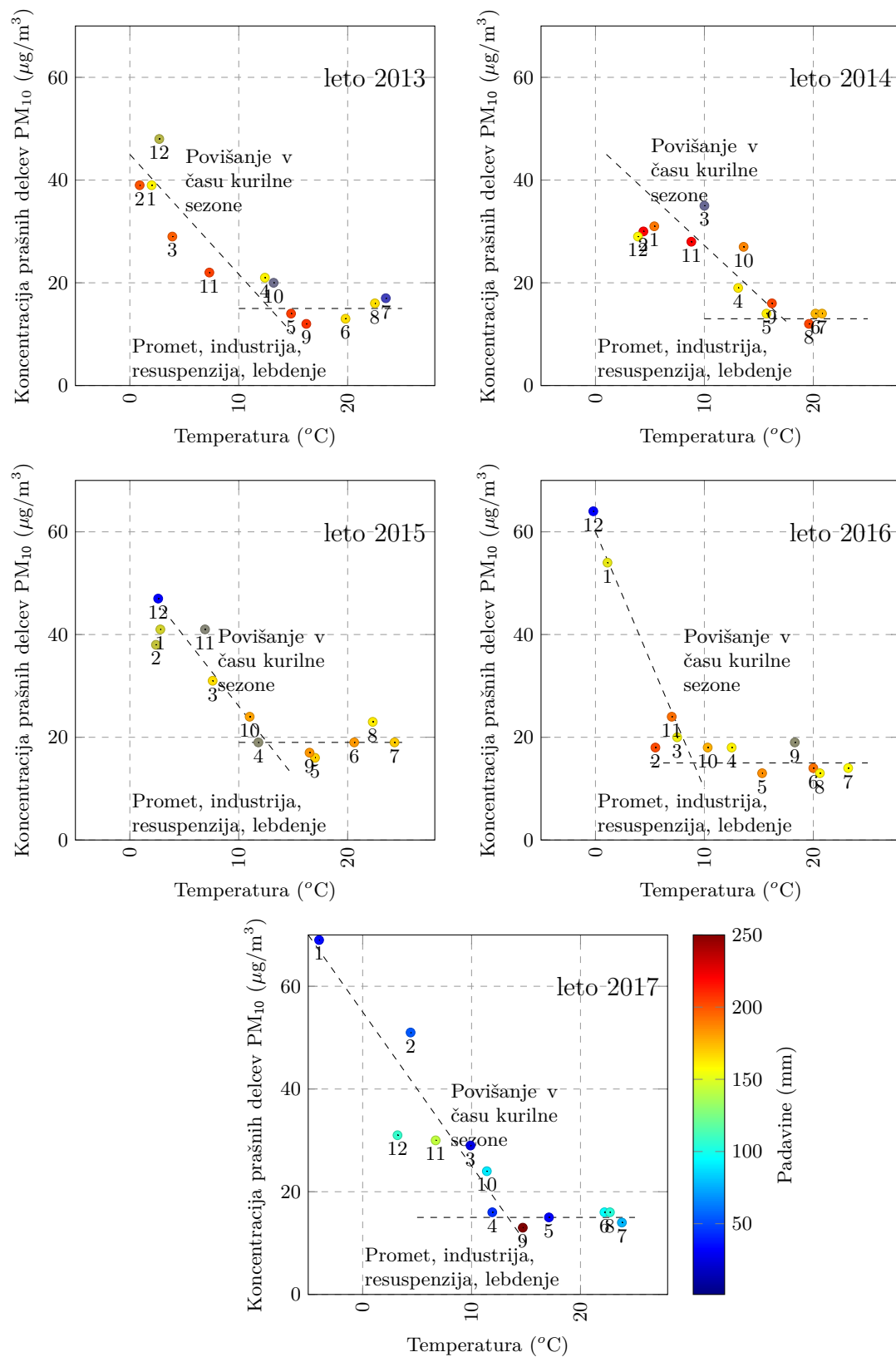
Slika 3.5 | Različni viri prašnih delcev PM₁₀ (za leto 2011).

meri zaradi prometa in industrije.

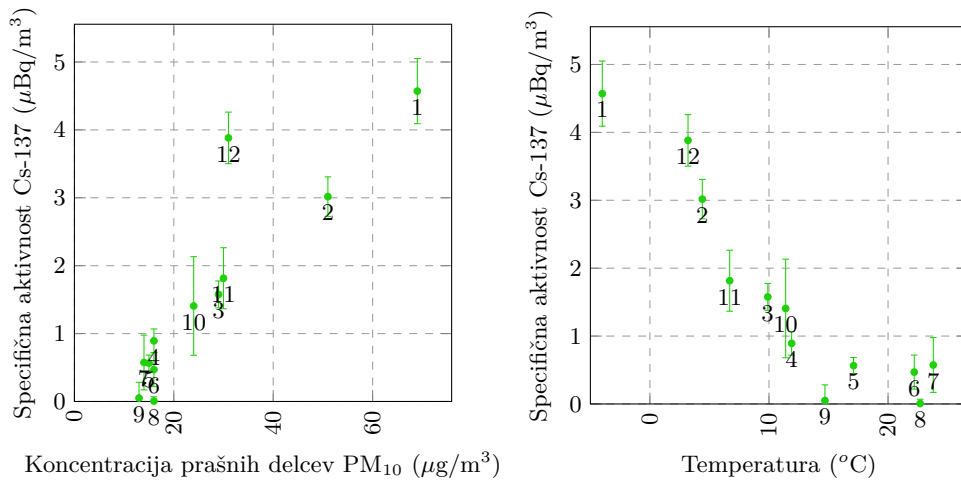
Uporaba lesne biomase v Sloveniji

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 kt_{oe} - *kilotonne of oil equivalent*), sledita industrija s 50 kt_{oe} in pridobivanje energije s 46 kt_{oe}, poraba je po letih prikazana na sliki 3.9 [34, 35]. 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 [34, 35]. 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 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 [36].

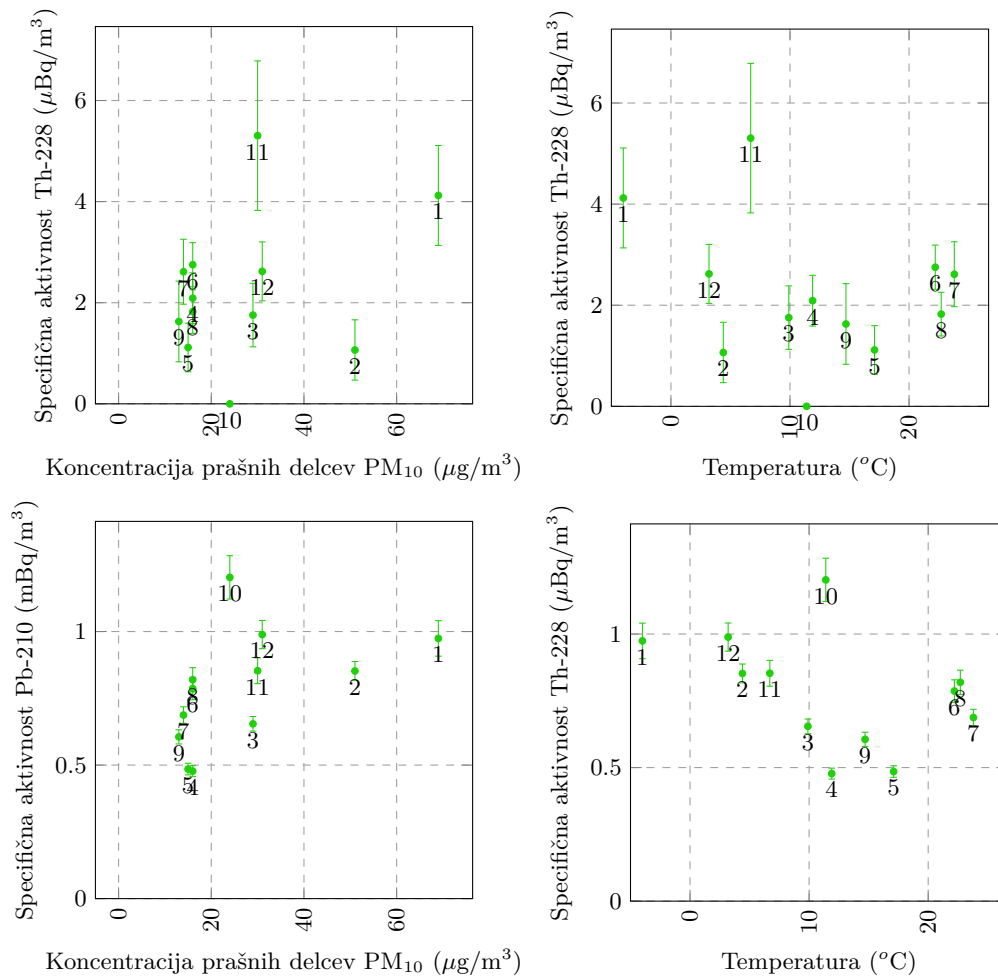
Statistični urad spremlja končna poraba energije v gospodinjstvih po vrsti energetskega vira (naravne enote) od leta 2009 dalje [37]. Poraba lesnih kuriv je določena na podlagi zbranih podatkov SURS in s pomočjo preračuna Instituta "Jožef Stefan" – Center za energetska učinkovitost (IJS-CEU) in je prikazana na sliki 3.10 [37]. Iz slike je razviden izrazit trenda naraščanja uporabe lesnih peletov, sekancev, briketov in ostankov, uporaba drv oziroma polen pa rahlo upada, po letih pa odraža hladnejše ali toplejše zime (npr. izrazit minimum v letu 2014).



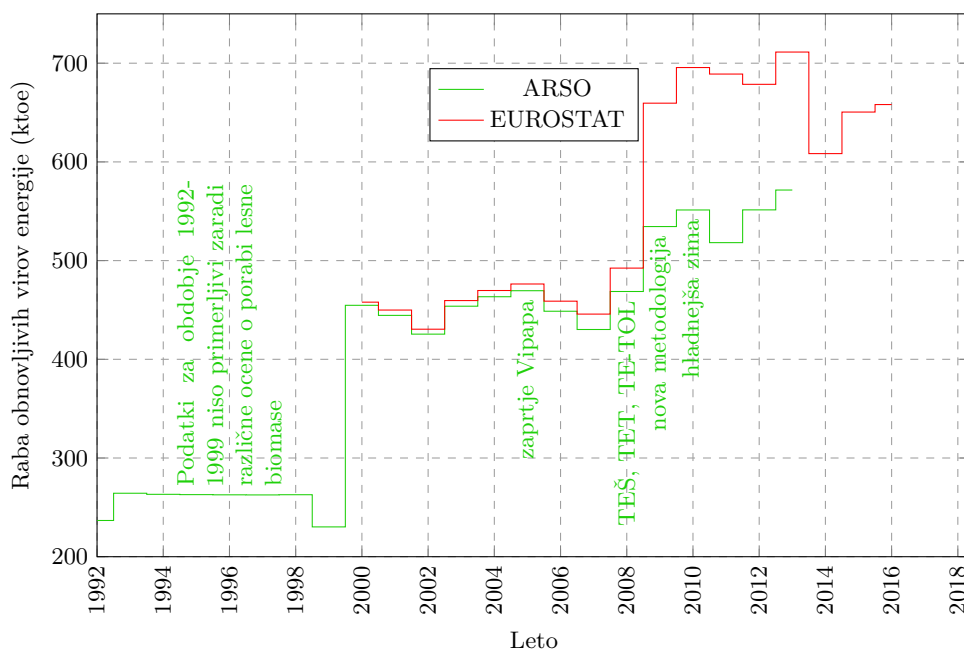
Slika 3.6 | Temperaturna korelacija prašnih delcev PM₁₀ med kurilno sezono na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.



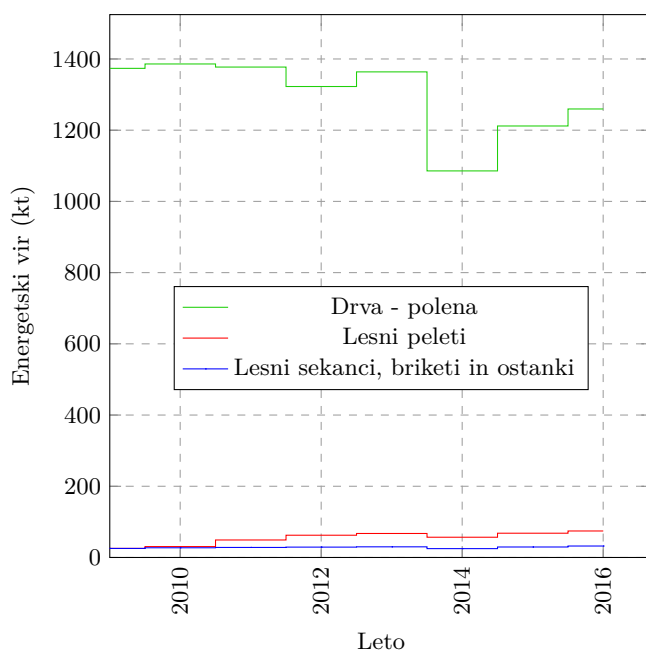
Slika 3.7 | Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



Slika 3.8 | Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



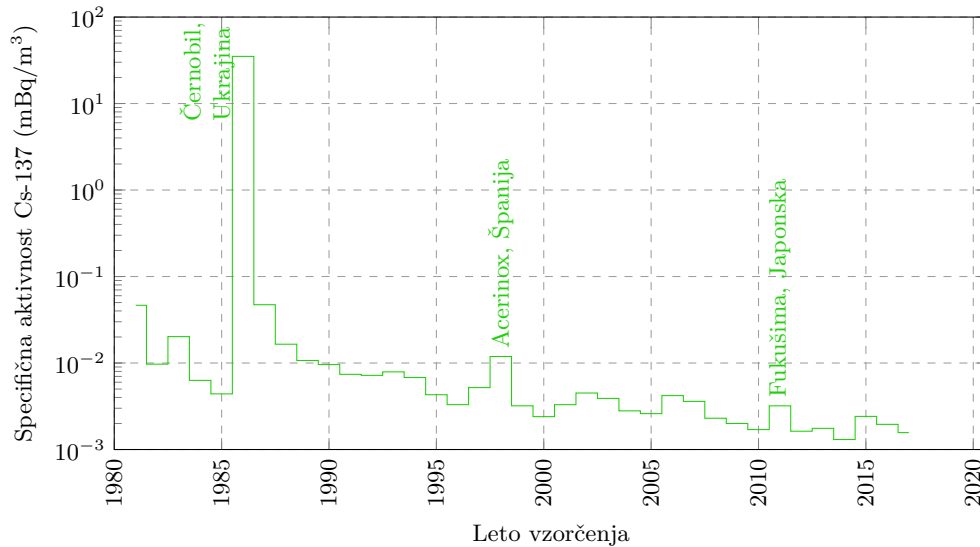
Slika 3.9 | Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT).



Slika 3.10 | Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU).

3.1.4 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137

Na spodnji sliki 3.11 so prikazane povprečne mesečne specifične aktivnosti za Cs-137 za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.



Slika 3.11 | Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje

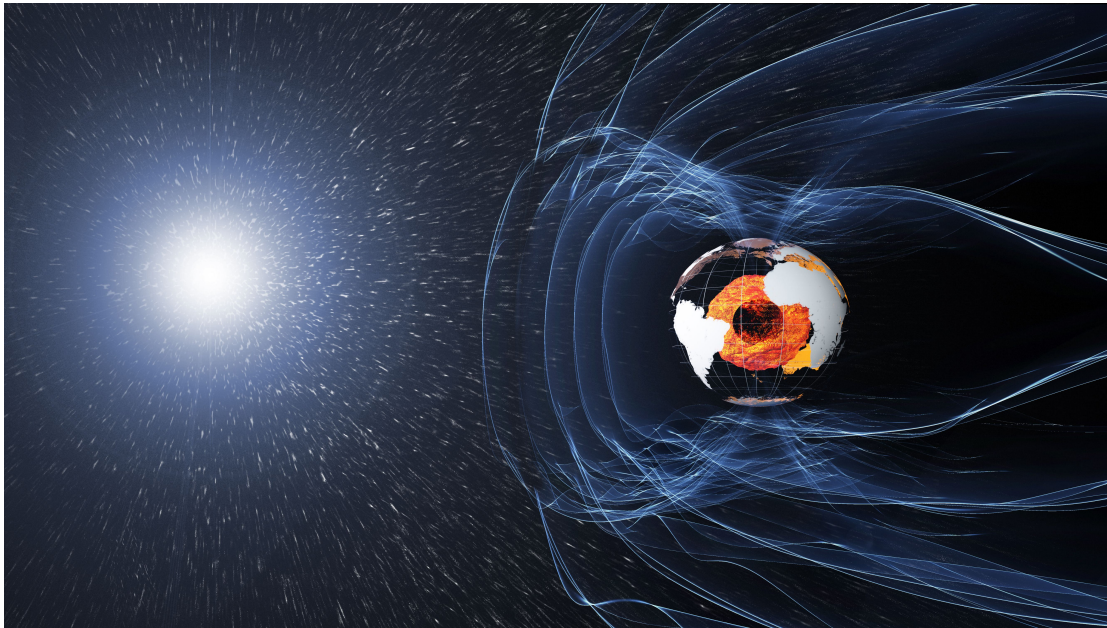
Mesečne koncentracije Cs-137 po letu 1986, ko so bile najvišje zaradi černobilske nesreče padajo. Povprečne letne koncentracije Cs-137 v zraku v Ljubljani se po letu 2000 gibljejo v območju vrednosti 1 – 5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in kažejo rahel trend padanja. Edino povišanje po černobilski nesreči je bilo vidno leta 1998, v času nezgode v jeklarni Acerinox v Španiji (Algeciras), 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. Julija 2016 je prišlo do gozdnega požara v černobilski izključitveni coni oziroma v t.i. rdečem gozdu [38]. Požar je bil pogашen v enem dnevu, bistvenih vplivov na Evropo ni bilo, z meritvami nismo zaznali nikakršnega odstopanja. Letno povprečje koncentracij Cs-137 v letu 2017 je na nivoju vrednosti letnih povprečij v preteklih letih (z izjemo 2011).

3.1.5 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210

Analizirali smo sezonske variacije specifičnih aktivnosti Be-7 v letu 2017, ki so prikazane na sliki 3.13.

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 3.12 [39]). 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.



Slika 3.12 | S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz); slika: ESA/ATG medialab.

Kozmogeni radionuklid Be-7 tako nastaja pretežno v jedrskih reakcijah fragmentacije ob interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki v zemeljski atmosferi [40]. Večina Be-7 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.

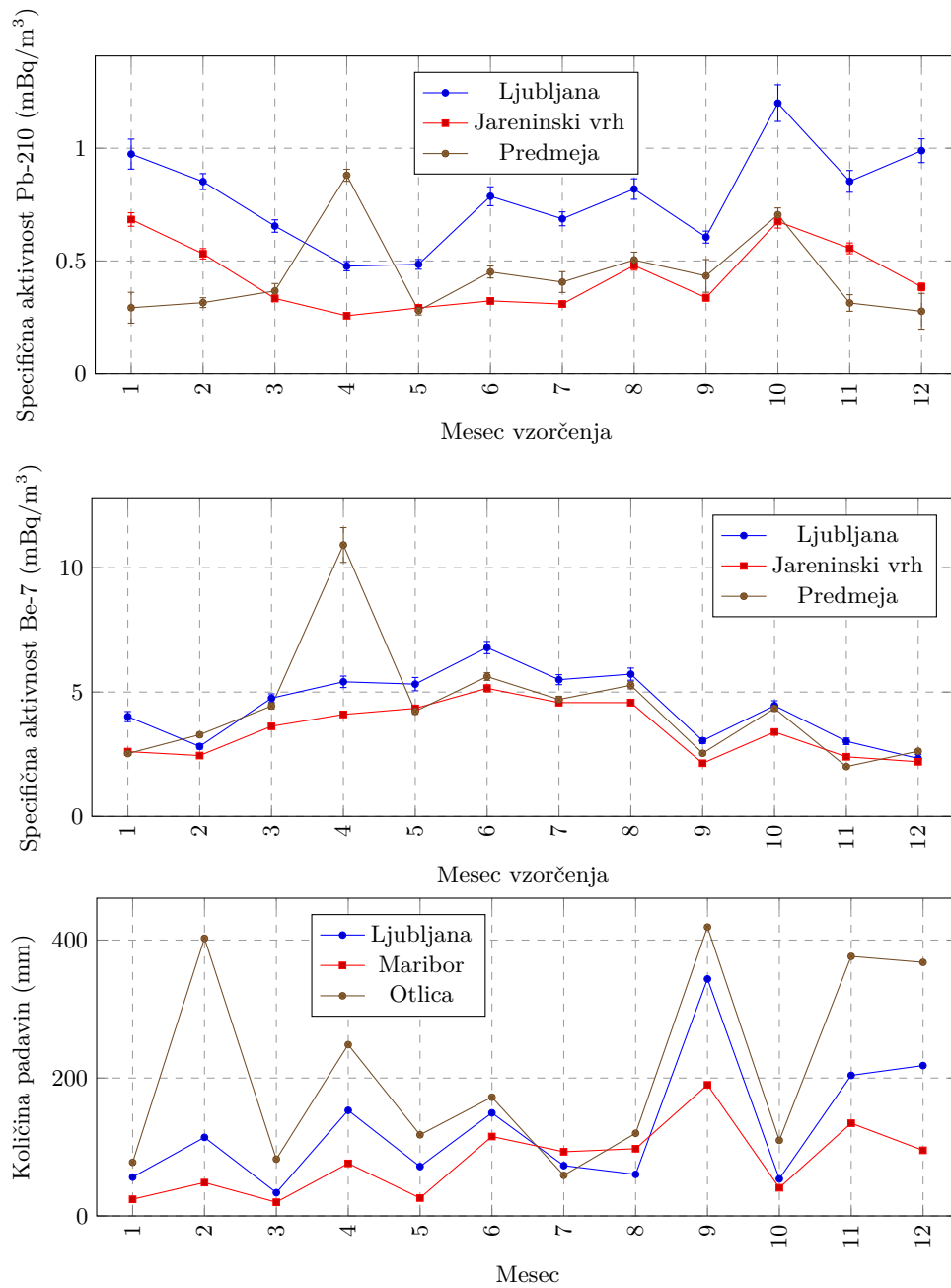
Sezonske variacije koncentracij Be-7 v zraku so povezane z vsaj štirimi faktorji [40–42]:

- 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 zraku preko padavin.

Izpiranje Be-7 s pomočjo padavin je dobro vidno na sliki 3.13, 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 3.28 v poglavju 3.2.4.

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.

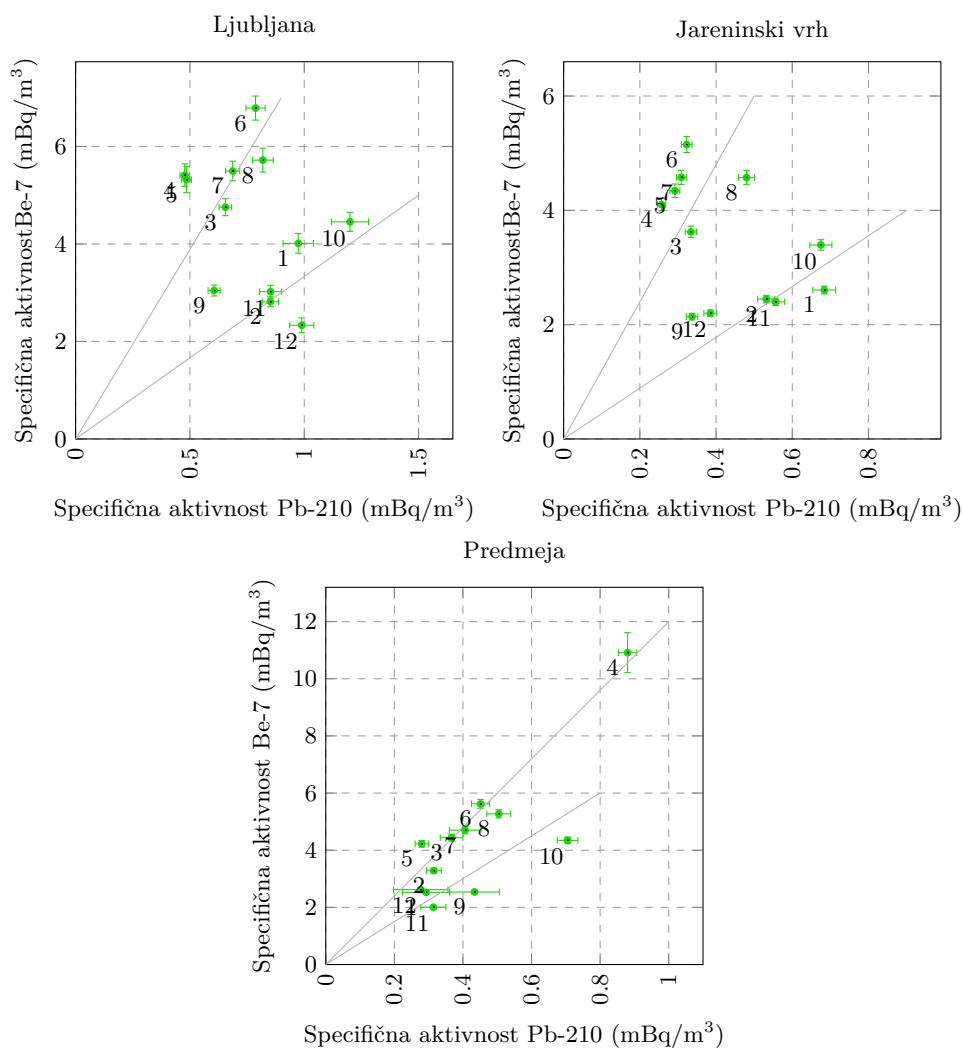
Na sliki 3.13 podrobneje analiziramo sezonske variacije, kjer poleg Be-7 analiziramo tudi koncentracije Pb-210. Oba radionuklida sta v literaturi uporabljena kot dobra sledilca atmosferskih gibanj zraka, Pb-210 za aerosole v nizkih višinah atmosfere (saj izhaja iz tal), Be-7 pa za aerosole na visokih 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 3.13 | 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.

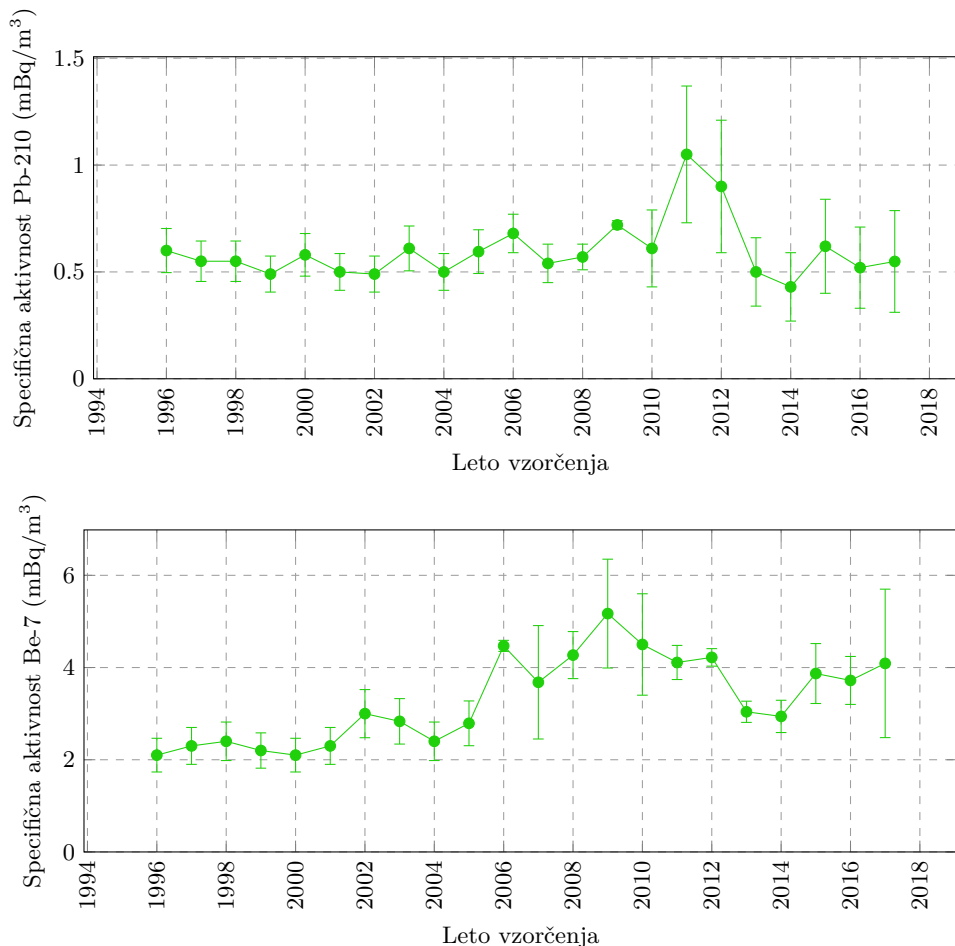
Oba opisana pojava za koncentracije Pb-210 in Be-7 pomenita dvojno korelacijsko funkcijo za zimske in poletne mesece, ki sta lepo opazni na lokacijah Ljubljana in Jareninski vrh na sliki 3.14. Lokacija v Predmeji je izpostavljena stalnim vetrovom, zato je ta dvojna korelacija najmanj opazna.



Slika 3.14 | Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2017 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.

3.1.6 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210

Na spodnji sliki 3.15 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 3.15 | Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja).

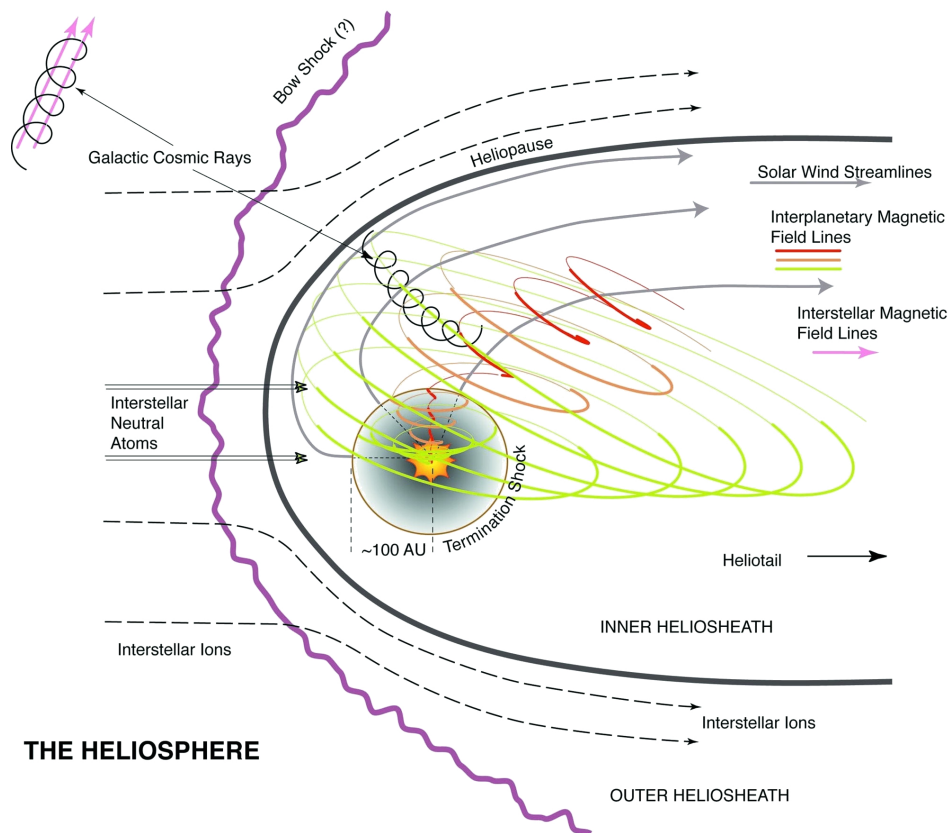
Iz slike 3.15 je razvidno, da je specifična aktivnost Pb-210 skozi celotno obdobje spremljanja dokaj konstantna in variira okrog povprečne vrednosti 0,6 mBq/m³. Izjema sta leti 2011 in 2012, kjer je specifična aktivnost skoraj dvakrat višja od povprečja. Ustrezne razlage nimamo, saj načeloma na koncentracije 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 3.26), 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.

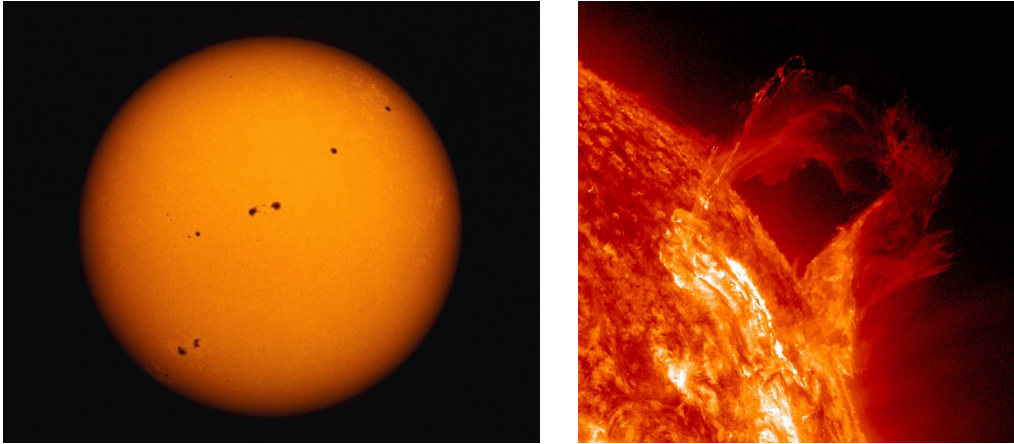
Galaktični kozmični žarki prihajajo tipično izven našega osončja iz medzvezdnega prostora naše galaksije. To so visoko energijski nabiti delci – protoni, elektroni in popolnoma ionizirana jedra lahkih elementov. Ko se galaktični kozmični žarki približajo našemu osončju, v heliosferi lahko izgubijo precejšen del svoje energije in posledično v manjši meri prodrejo v Zemljino atmosfero (slika 3.16 [43]). V tem primeru je verjetnost nastajanja kozmogenega Be-7 zmanjšana.



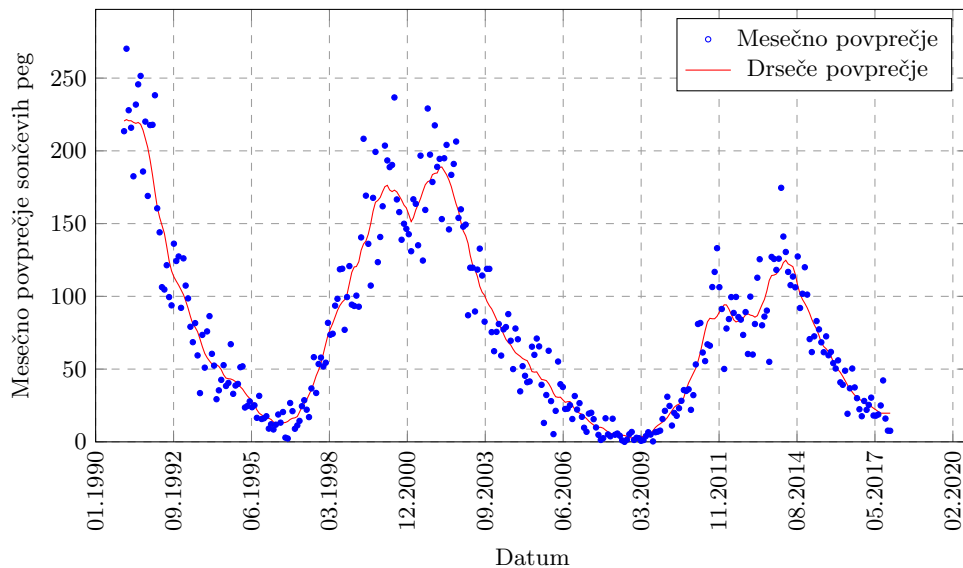
Slika 3.16 | V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.

Sončeva aktivnost ima svoj tipični 11-letni cikel [44]. Odraž aktivnosti je viden kot povečanje ali zmanjšanje števila sončevih peg (slika 3.17 [45]). 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 3.18 [44].

Če primerjamo izmerjene specifične aktivnosti Be-7 v zraku (slika 3.15) in sončevo aktivnost (slika 3.18) ugotovimo močno antikorelacijo, ki je prikazana na sliki 3.19. 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



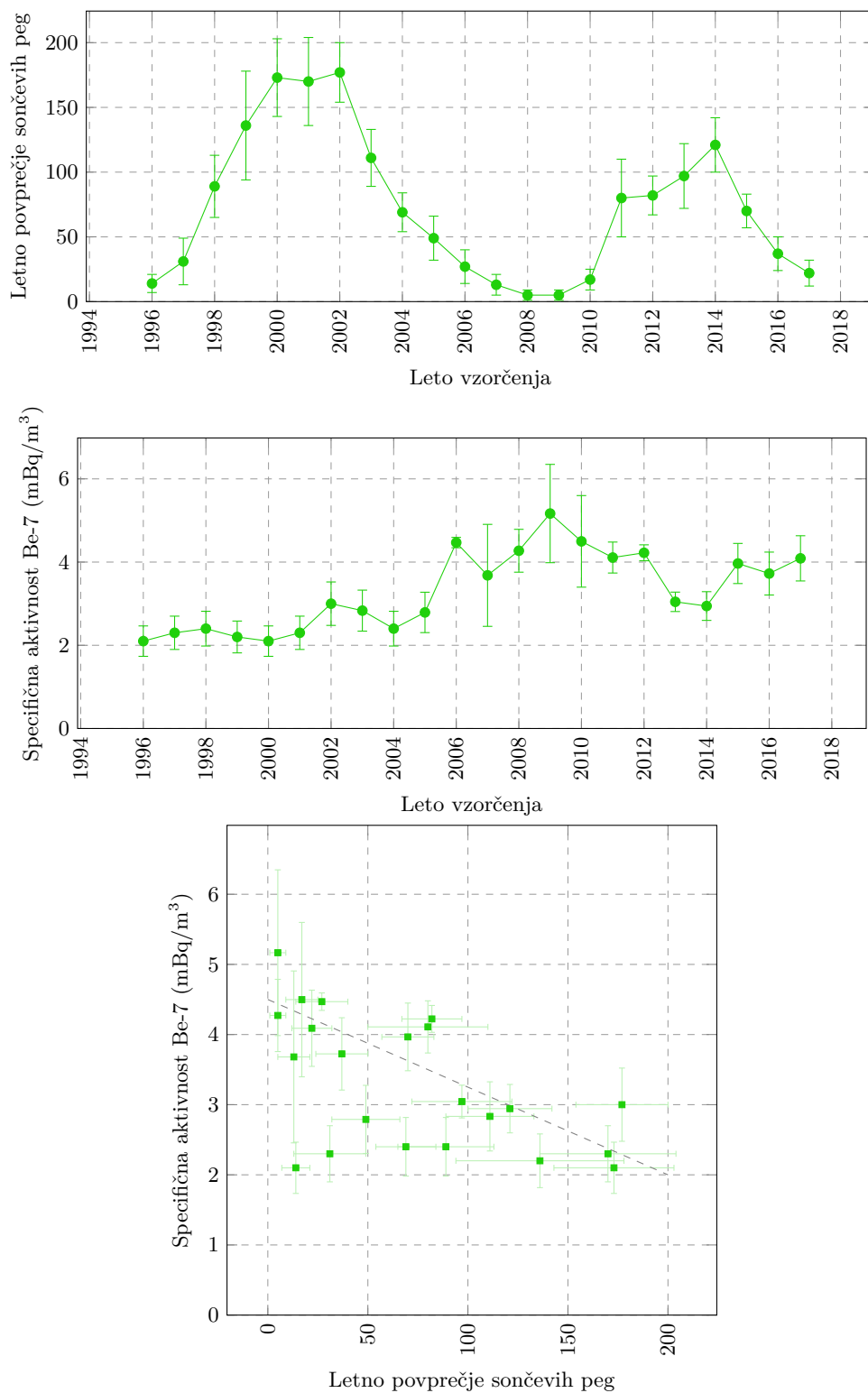
Slika 3.17 | Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA.



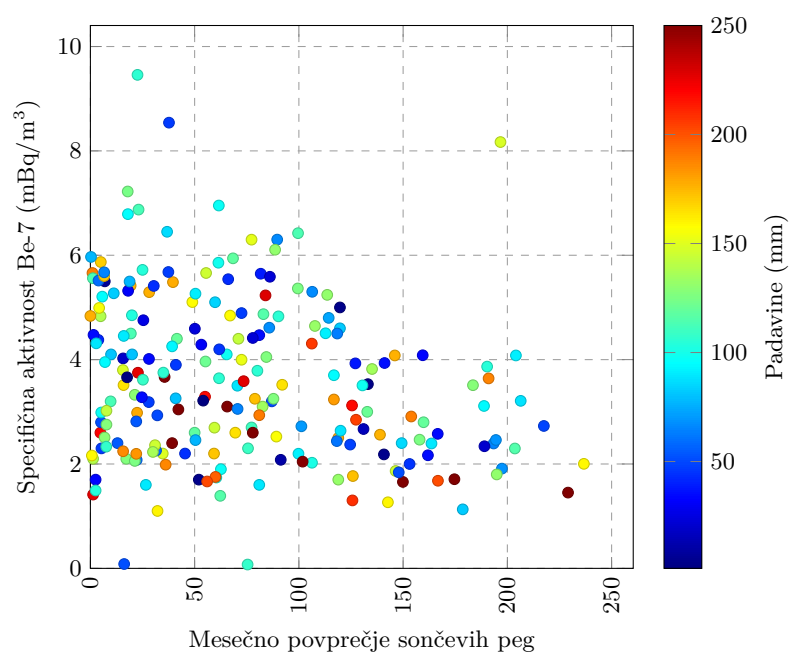
Slika 3.18 | Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.

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 3.15), predvidevamo, da bi v prihodnjih letih morale še dodatno padati.

Delno na izmerjene koncentracije Be-7 v zraku vplivajo padavine, ki ga izpirajo iz ozračja, vendar se v letnih podatkih to dovolj povpreči, da je vpliv zmanjšan. Če analiziramo mesečne podatke, pa ta slika ni več tako izrazita in antikorelacije skoraj niso opazne. Na sliki 3.20 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 3.19 | Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.



Slika 3.20 | 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.

Letna količina padavin v letu 2017 v Ljubljani je bila 1531 mm, v Bovcu 2793 mm, v Novem mestu 1077 mm in v Murski Soboti 898 mm. Poleg umetnih radionuklidov Cs-137, Sr-90 in H-3 ter zaradi oblaka nad Evropo izjemoma tudi Ru-106 smo določali tudi naravne radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228, K-40 ter kozmogeni Be-7.

Primerjava rezultatov 2017 z leti pred tem kaže, da so se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah oziroma radioaktivni used ni bistveno spremenil, kar je normalna posledica podobne količine padavin glede na pretekla leta. Prisotnosti naravnih radionuklidov ni smiselno komentirati, saj ne predstavljajo pravega atmosferskega useda. Ru-106 smo izmerili v Ljubljani v septembrskem in oktobrskem vzorcu, v Novem mestu in v Bovcu v 3. kvartalu ter v Murski Soboti v 4. kvartalu. Zmožnost detekcije Ru-106 v kvartalnih vzorcih je zaradi kratkega prehoda radioaktivnega oblaka močno odvisna od časa in trajanja padavin.

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 Ljubljani $0,94 \pm 0,19$ Bq/m². Najvišji letni used Sr-90 je bil izmerjen v Bovcu $2,4 \pm 0,3$ Bq/m².

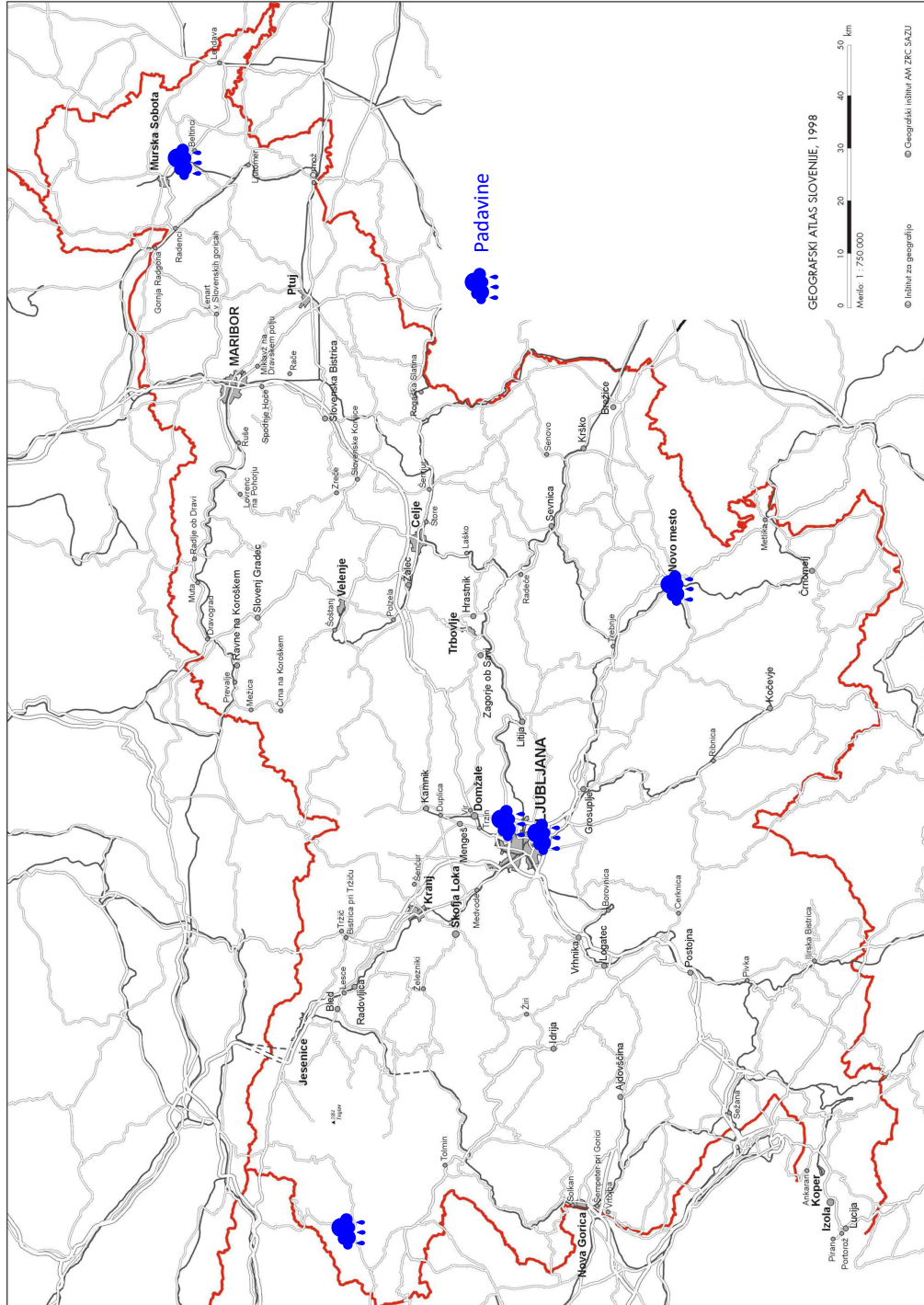
Od naravnih radionuklidov naj omenimo še skupne vrednosti kozmogenega Be-7, katerega rezultati znašajo od 260 Bq/m² v Murski Soboti do 1800 Bq/m² v Bovcu.

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.

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 3.22 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 3.24), 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 pri 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 3.24 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



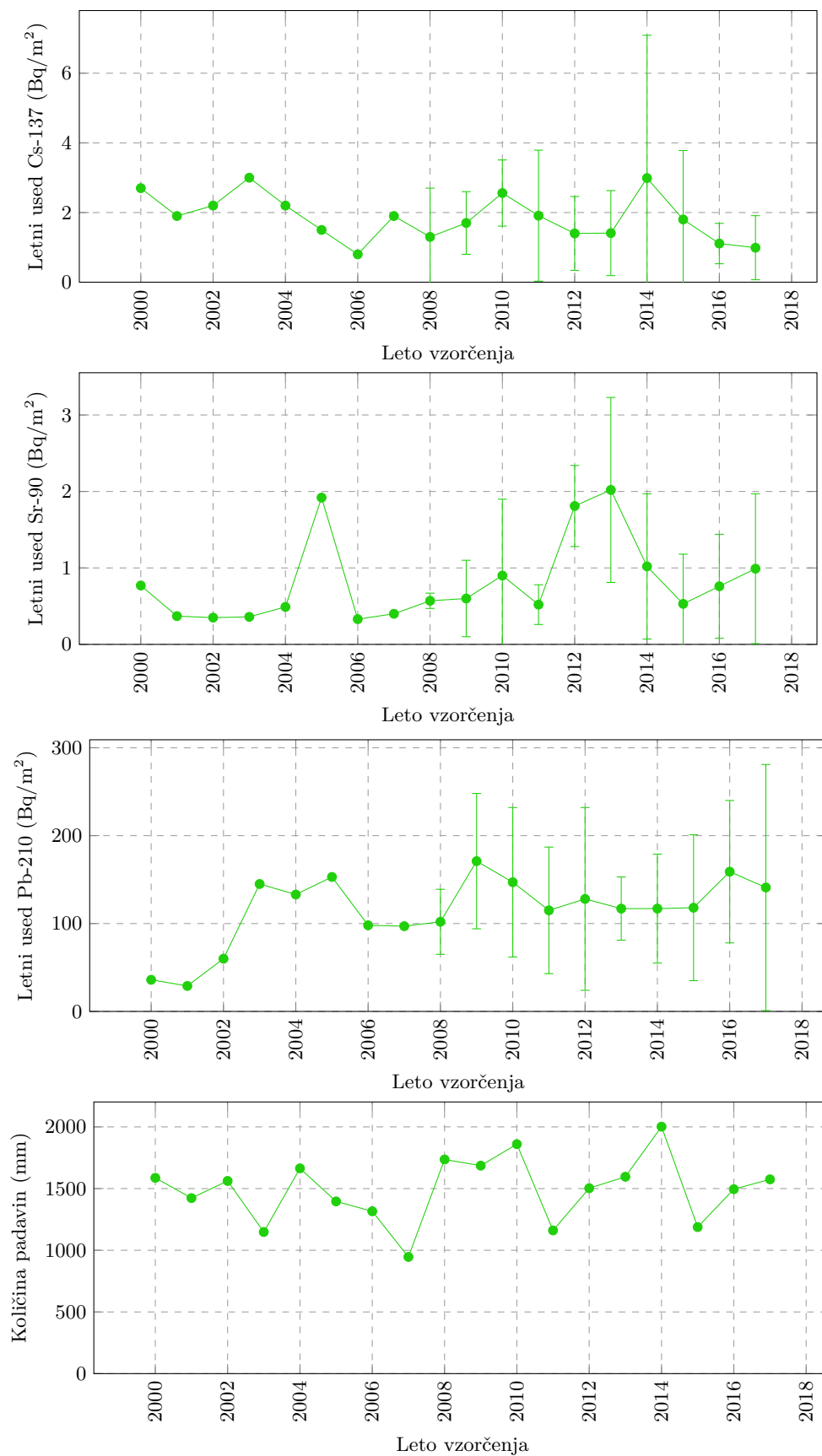
Slika 3.21 | Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.

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)

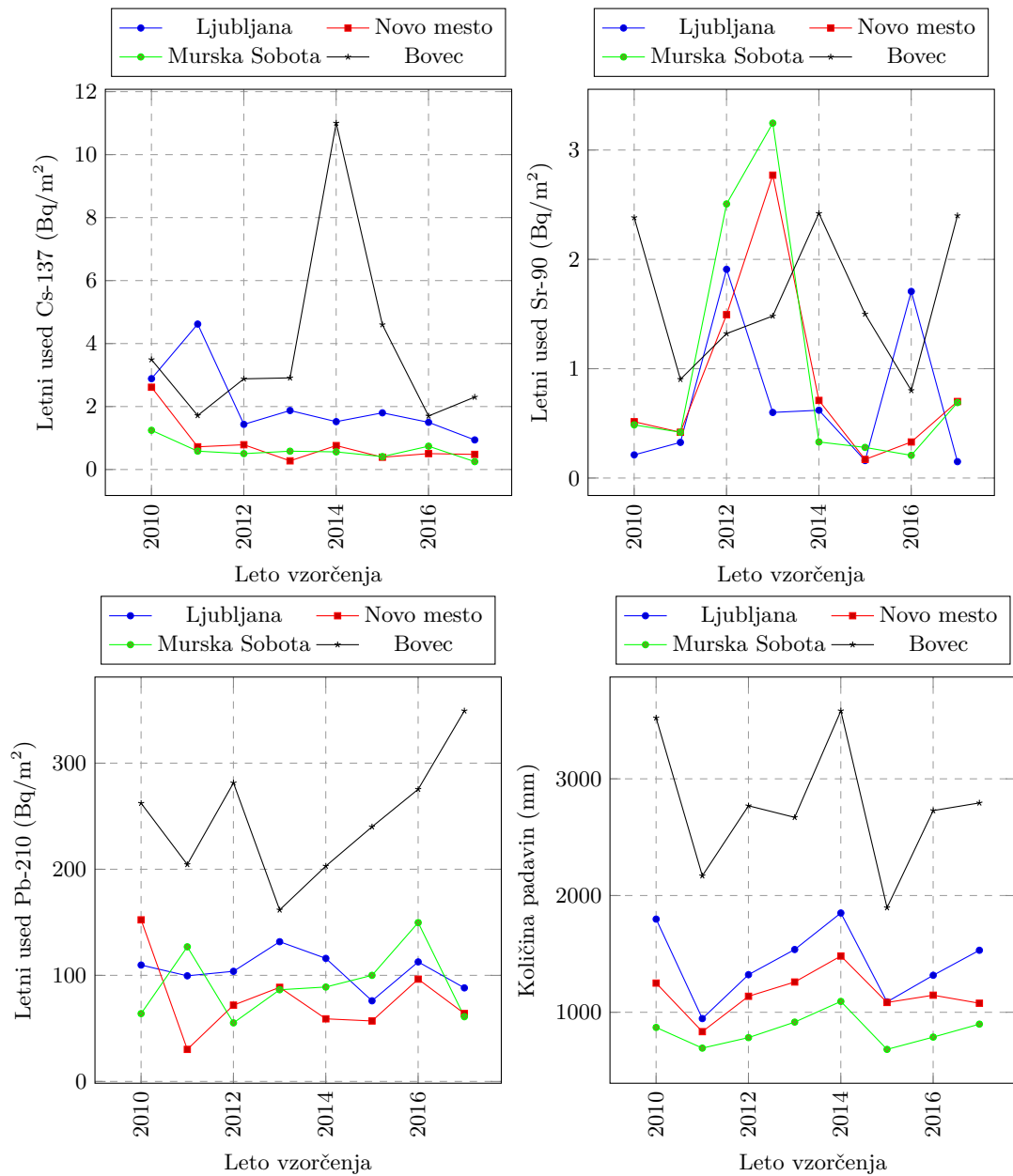
Leto	Radionuklid			Količina padavin (mm)
	Sr-90	Cs-137	Pb-210	
	Letni used (Bq/m ²)			
2000	0,77	2,7	36	1587
2001	0,37	1,9	29	1423
2002	0,35	2,2	60	1562
2003	0,36	3,0	145	1148
2004	0,49	2,2	133	1664
2005	1,92	1,5	153	1396
2006	0,33	0,8	98	1316
2007	0,40	1,9	97	946
2008	0,57 ± 0,10	1,3 ± 1,4	102 ± 37	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
2016	0,76 ± 0,68	1,1 ± 0,6	159 ± 81	1495 ± 851
2017	1,0 ± 1,00	1,0 ± 0,9	141 ± 140	1575 ± 855

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.

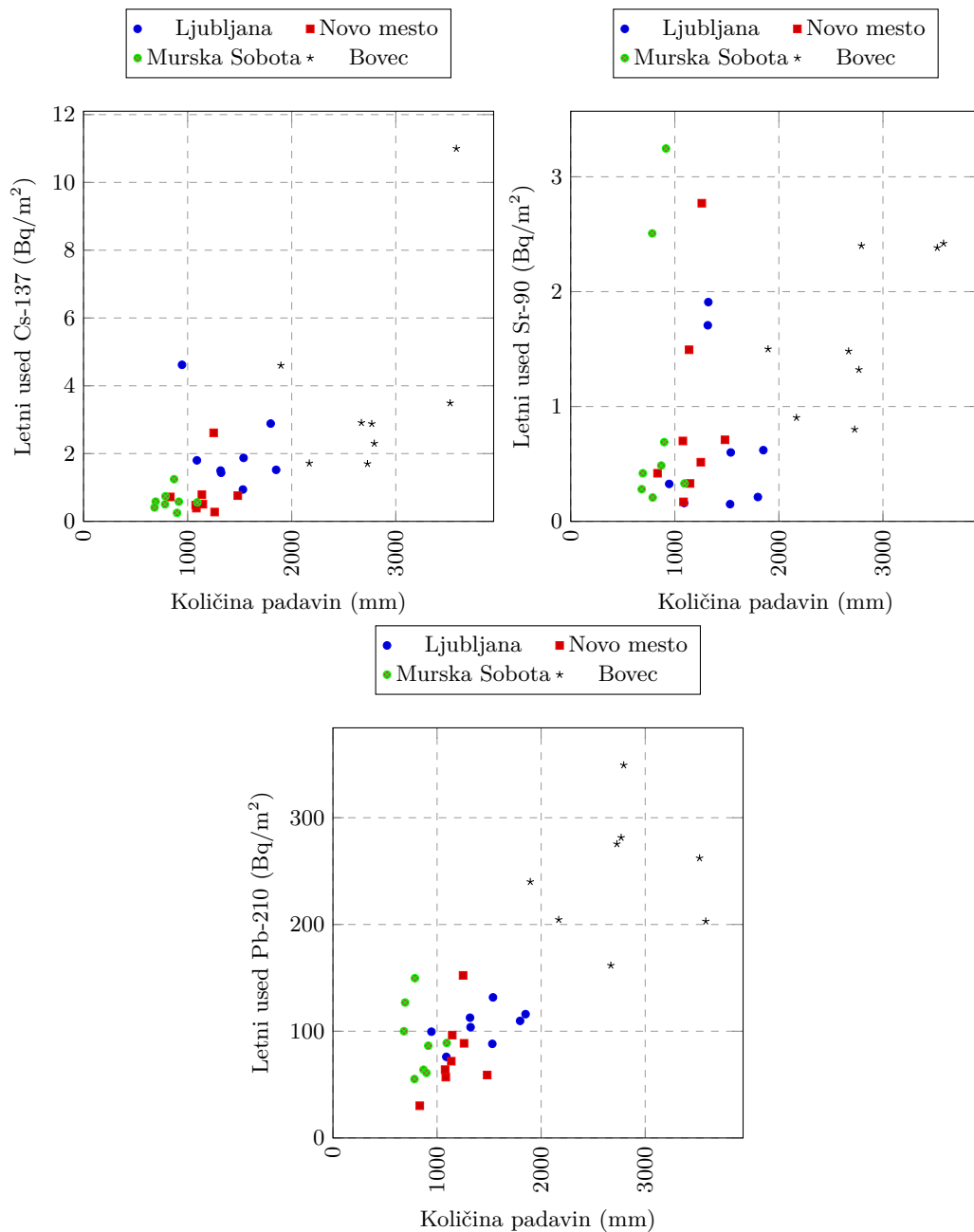
Največja odstopanja v rezultatih po posameznih trimesečjih povzročajo zimski meseci, ki so lahko zelo suhi ali pa obilni s padavinami (glej tabele z rezultati meritev od A.4 do A.8 v prilogi A).



Slika 3.22 | 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 3.23 | 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.

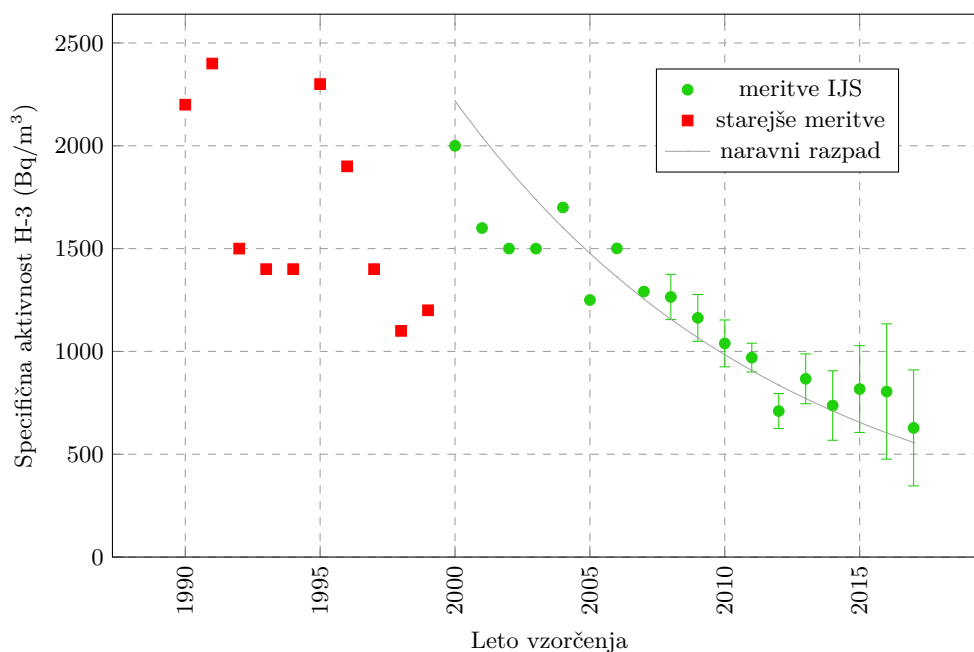


Slika 3.24 | Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.

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 2017 so pod dolgoletnim povprečjem. Vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v obdobju od leta 1990 dalje se gibajo v območju 600-2400 Bq/m³. Povprečna letna koncentracija H-3 v letu 2017 je znašala 628 ± 282 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 3.25 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 potrdi tudi zgornje odstopanje izmerkov med dvema laboratorijema.



Slika 3.25 | 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 $5,0\text{-}7,0\cdot 10^{16}$ Bq [46]. 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 [47, 48].

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 [49], od tega znaša delež težkovodnih reaktorjev okrog 5 % [50].

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 [46].

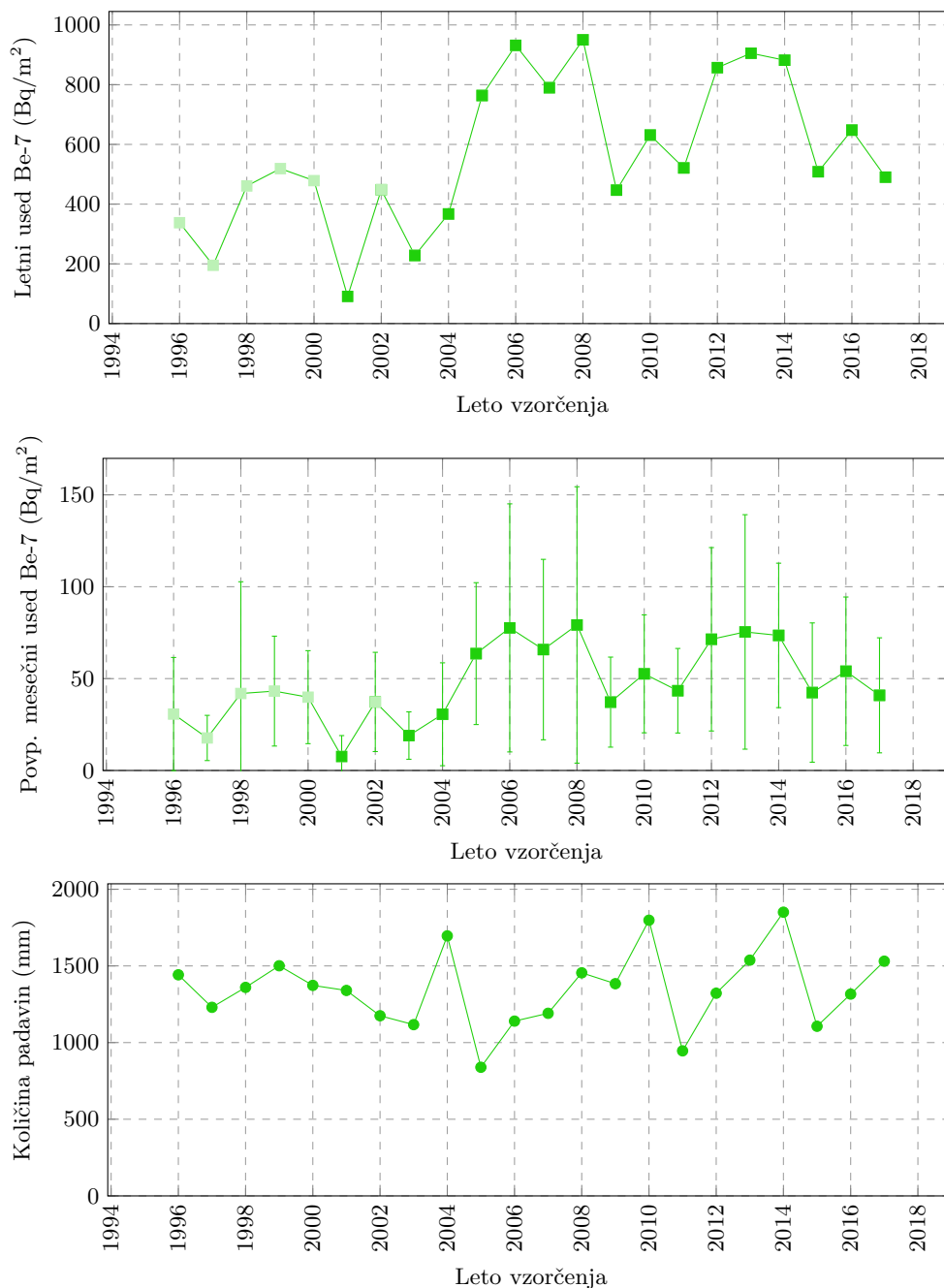
3.2.4 Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

Na sliki 3.26 so predstavljene dolgoročne meritve vsebnosti kozmogenega Be-7 v padavinah iz Ljubljane (od leta 2000 dalje). Posebej podajamo skupni letni used (Bq/m²) in povprečni mesečni used (Bq/m²) 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 pod poglavju 3.1.4.

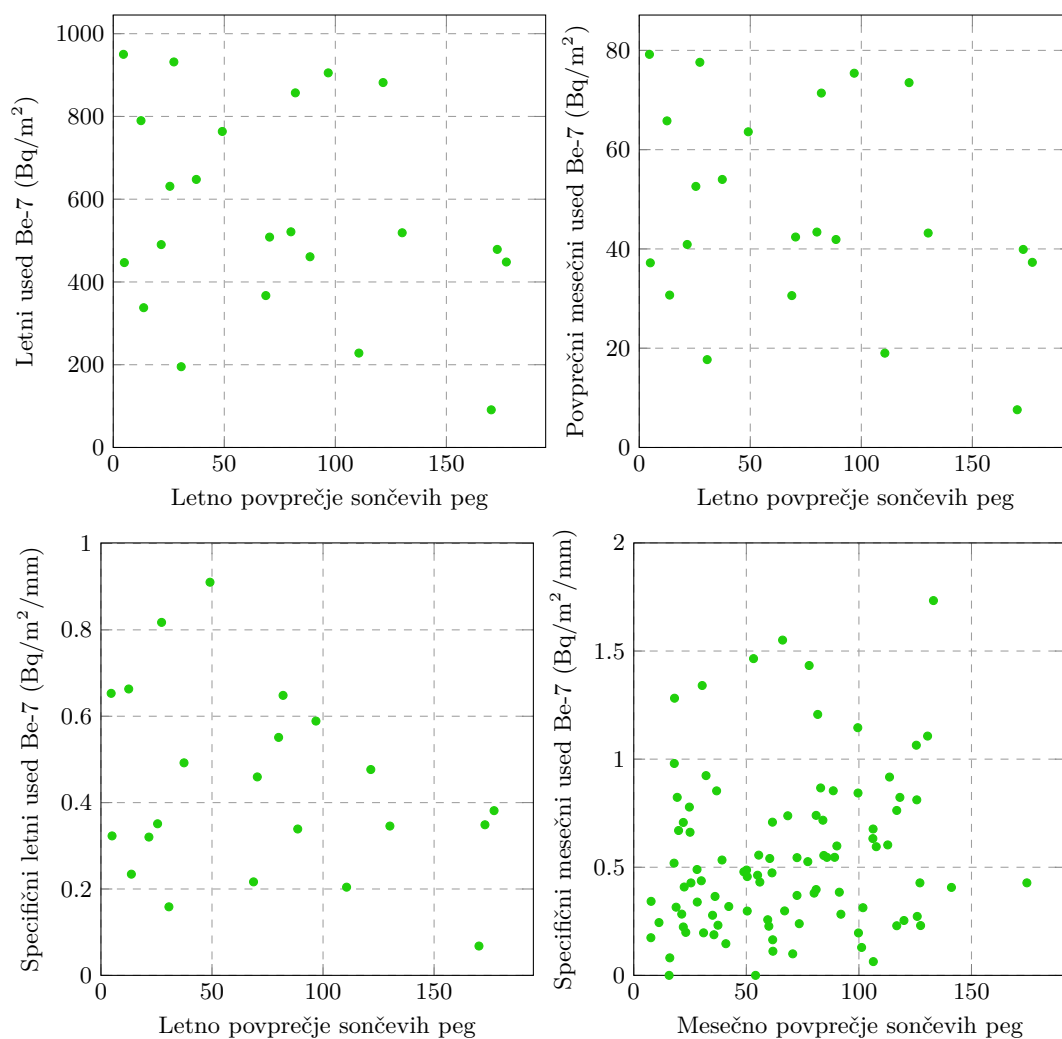
Odvisnost useda Be-7 v padavinah od sončeve aktivnosti je vidna na sliki 3.27, kjer je zgoraj prikazana medsebojna odvisnost letnega oziroma povprečnega mesečnega useda od števila sončevih peg. Used je jasno neposredno odvisen od količine padavin, ki izpirajo Be-7 iz zraka, zato je smiselno takšno izpiranje upoštevati. Tako lahko določimo nekakšen specifični letni oziroma mesečni used (letni oziroma mesečni used Be-7 preračunan na letno oziroma mesečno količino padavin), ki je prikazan na sliki 3.27 spodaj. Antikorelacija teh specifičnih usedov je le delno vidna le na letnem nivoju, ni pa tako izrazita kot pri zraku (slika 3.19). Razliko lahko pojasnimo s samo dinamiko izpiranja, saj v primeru obilnih padavin, lahko kmalu pride do popolnega izpiranja Be-7



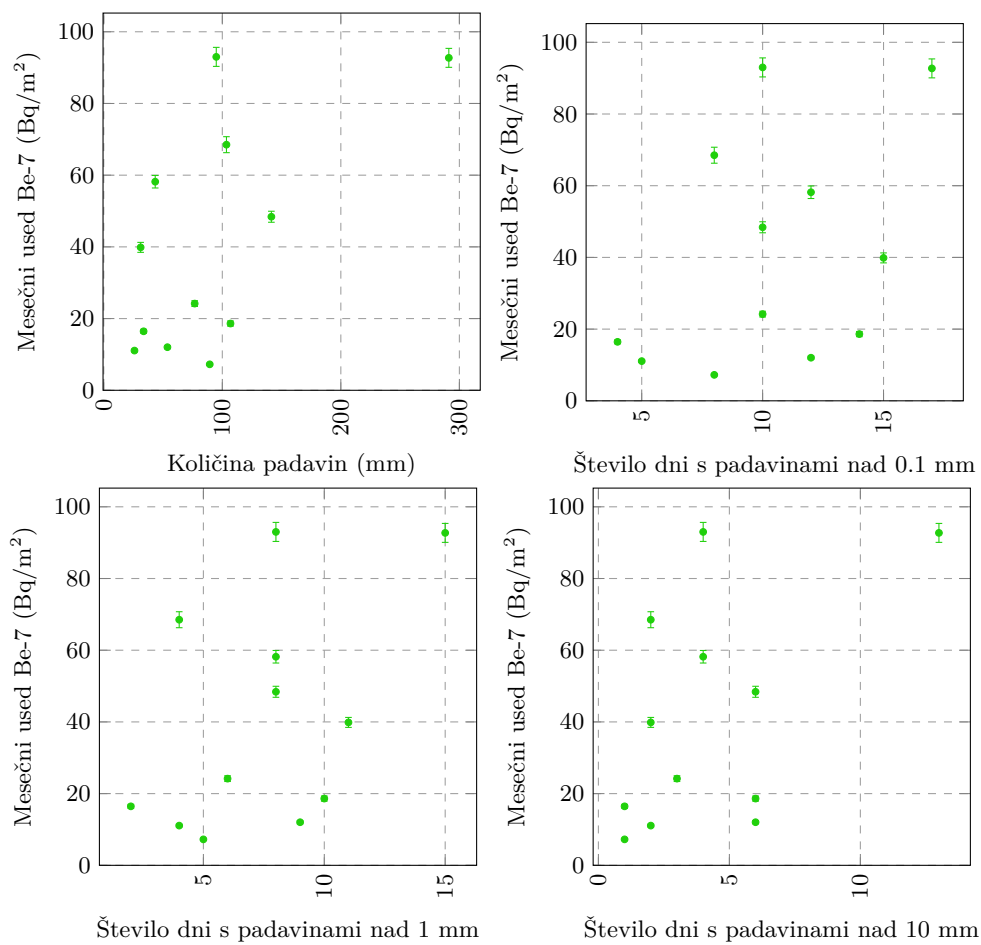
Slika 3.26 | Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.

iz zraka, preračun specifičnega useda pa zaradi velike količine padavin da zelo nizko vrednost, delno pa lahko prispeva tudi zgoraj omenjena izguba vzorca zaradi izparevanja.

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 dnevnih padavinah < 1 mm izpiranje ni nujno dovolj učinkovito. Zato so na sliki 3.28 prikazane korelacije tudi s takšnimi podatki – število dni s padavinami nad določeno količino.



Slika 3.27 | Korelacija skupnega letnega useda, povprečnega mesečnega useda in specifičnega letnega ter specifičnega mesečnega useda Be-7 s sončevim ciklom od leta 1996 dalje.



Slika 3.28 | Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2017).

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 ter Sr-90. V rekah Muri in Dravi so se opravljale trimesečne enkratne meritve specifične aktivnosti I-131.

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.

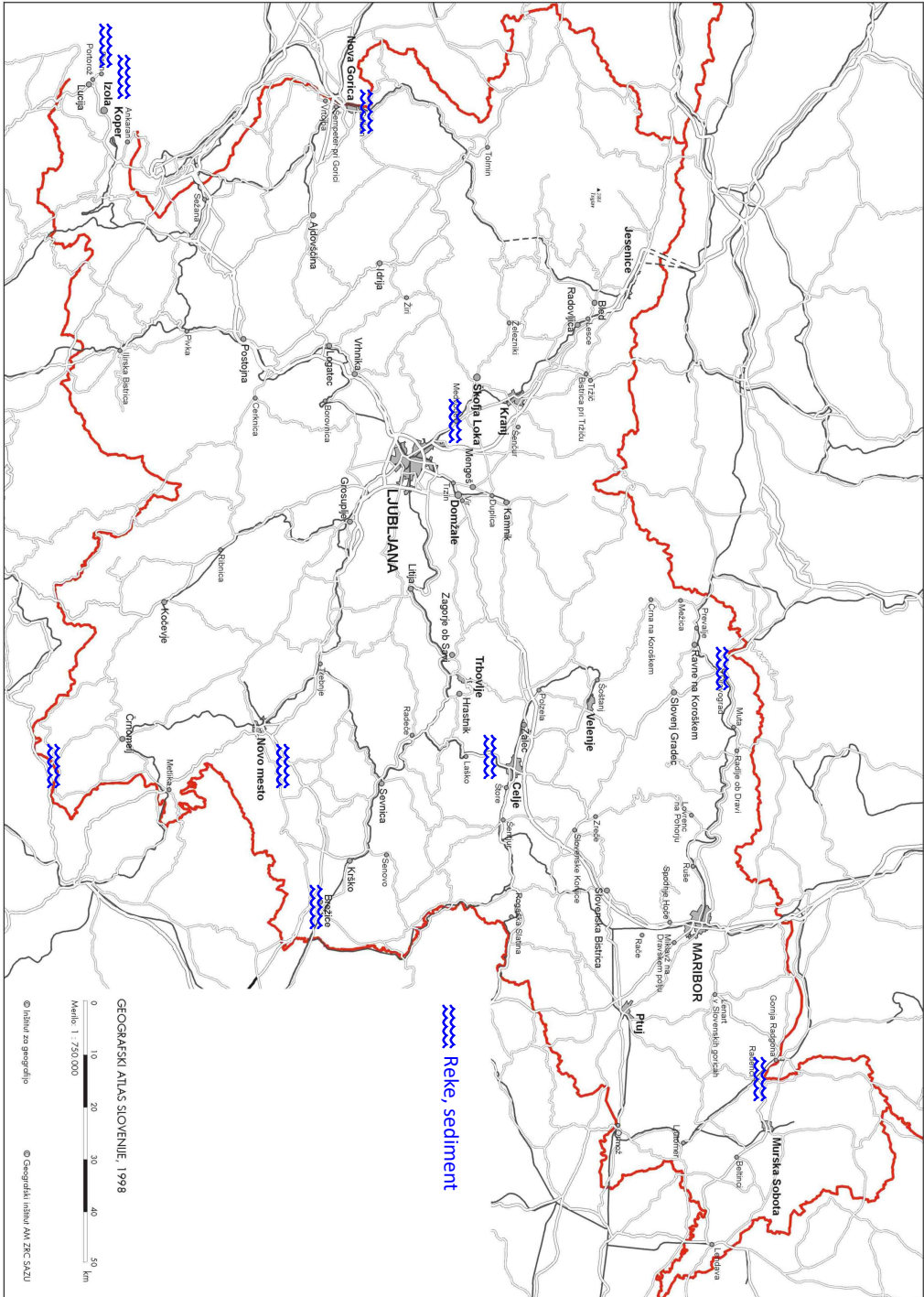
Tabela 3.2 | Najvišje izmerjene, A_{\max} , in povprečne koncentracije, \bar{A} , radionuklidov v vzorcih tekočih vod

Radionuklid	A_{\max} (Bq/m ³)	Lokacija	\bar{A} (Bq/m ³)
Cs-137	1,1	Drava	0,20 ± 0,05
Sr-90	2,8	Sava - Ljubljana	2,2 ± 0,2
I-131	8,7	Sava - Brežice	1,4 ± 0,2
H-3	937	Mura	727 ± 93
Pb-210	9,9	Drava	2,5 ± 2,9
K-40	110	Savinja	45 ± 5
Be-7	12	Drava	6,3 ± 1,0

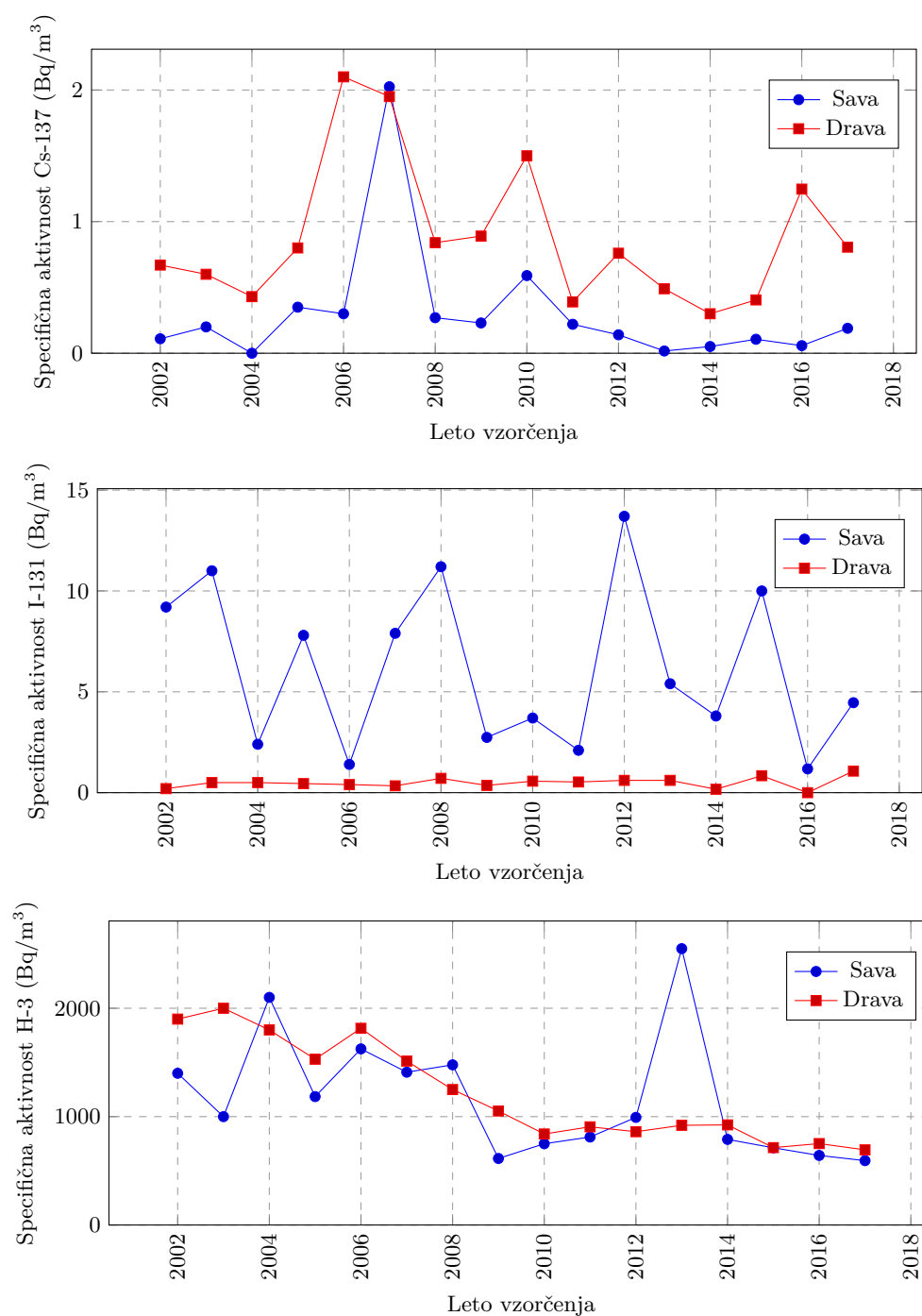
Iz tabele meritev A.10 vidimo, da je koncentracija K-40 v Savinji pri Celju in v Muri pri Petanjcih za približno en velikostni red višja kot na drugih mestih. Z meritvami potrjene razlage za to ni, najverjetneje je posledica uporabe izdelkov v poljedelstvu (npr. umetnih gnojil), ki vsebujejo večje količine kalija. Predlagamo, da se v na poljedelsko intenzivnih območjih Slovenije testno izmeri tudi koncentracije K-40 v obdelovalni zemlji ter drugih pritokih rek, iz česar bi lahko potem sklepali glede povečanja v Savinji in Muri.

3.3.2 Dolgoročni trendi

Na sliki 3.30 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 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. V okviru dolgoročnih meritev Opazimo lahko tudi, da je I-131 prisoten v Savi (Ljubljana in Brežice), Savinji in Dravi, kar je najbrž posledica izpustov I-131 iz Univerzitetnega kliničnega centra in Onkološkega instituta v Ljubljani, Splošne bolnišnice v Celju in iz avstrijskih bolnic gorvodno od Dravograda, 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 3.29 | Lokacije vzorčenja tekočih vod.



Slika 3.30 | 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 2017 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).

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so prikazani v prilogi A v tabelah od A.17 do A.20 ter na sliki 3.32.

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 70 ± 2 Bq/kg Cs-137 in $1,5 \pm 0,1$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh praviloma višja kot v pripovršinski plasti.

Kobarid.

V vzorcih zemlje iz Kobarida je bilo povprečje specifične aktivnosti 153 ± 8 Bq/kg Cs-137 in $4,7 \pm 0,9$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh praviloma višja kot v pripovršinski plasti.

Murska Sobota.

V vzorcih zemlje iz Murske Sobote je bilo povprečje specifične aktivnosti Cs-137 23 ± 6 Bq/kg in Sr-90 $1,5 \pm 0,7$ Bq/kg, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh praviloma višja kot v pripovršinski plasti.

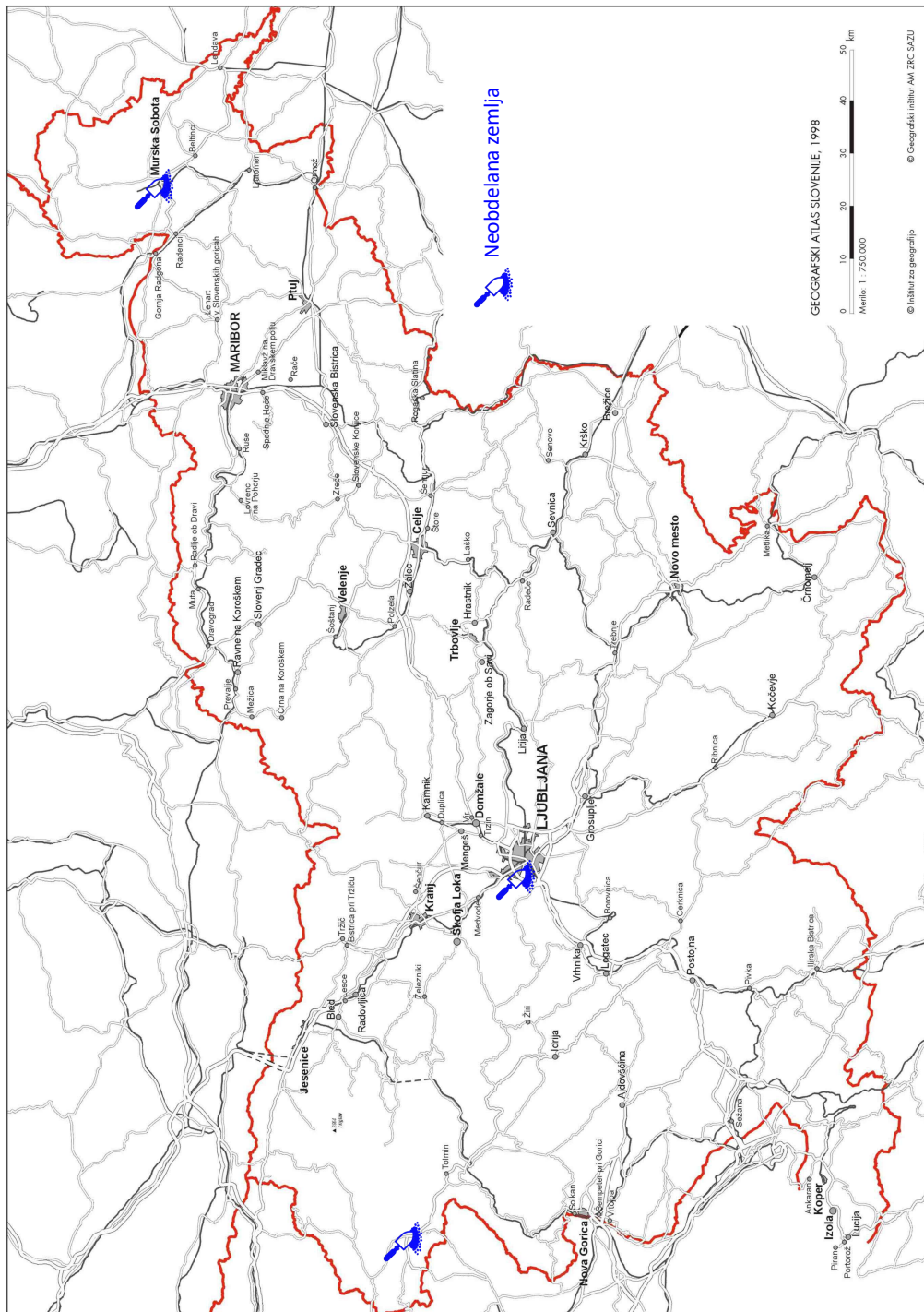
Vpliv značilnosti mikrolokacij.

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.

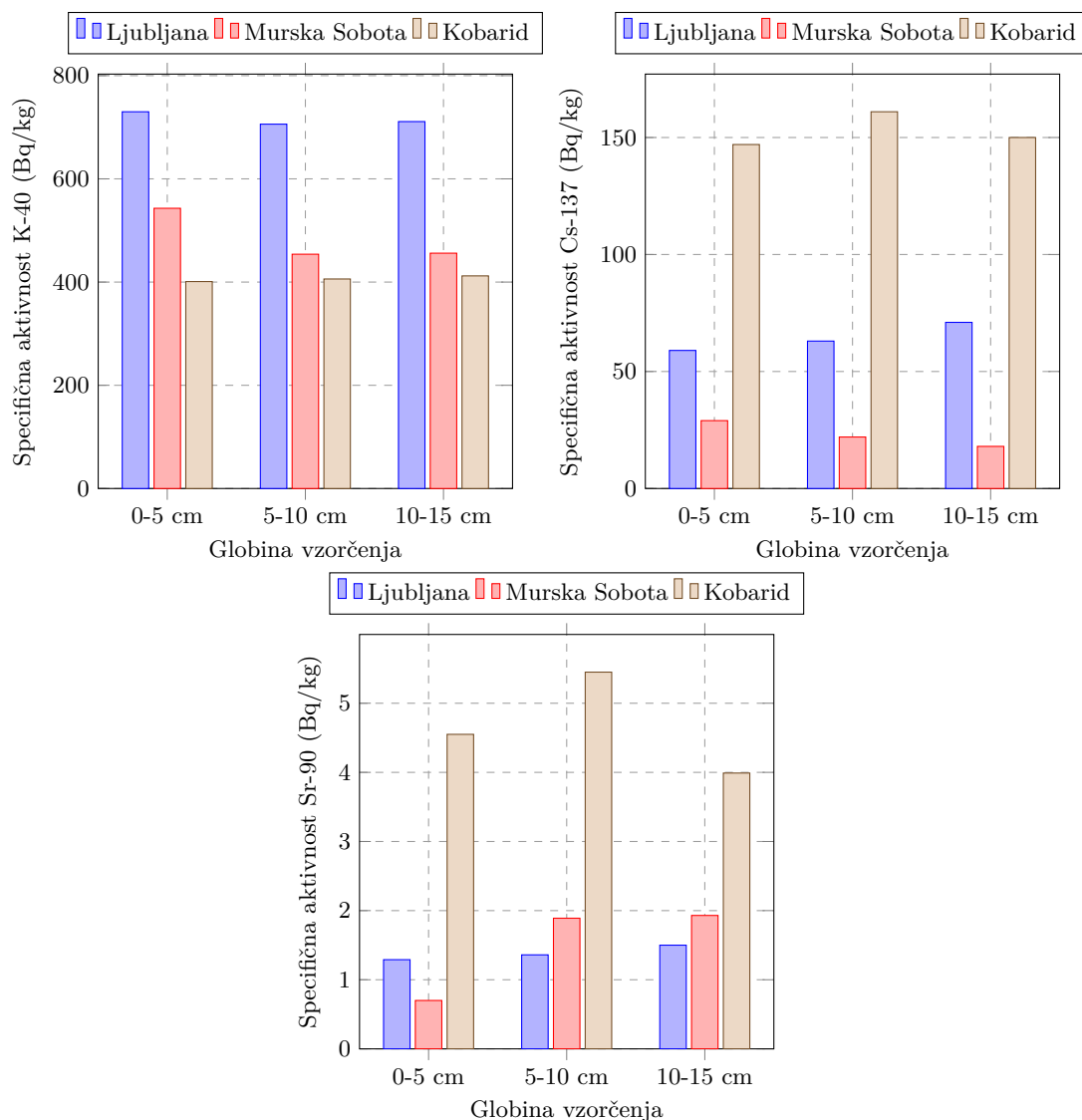
3.4.2 Dolgoročni trendi

Na slikah 3.33, 3.34 in 3.35 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 3.33, 3.34 in 3.35 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



Slika 3.31 | Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.

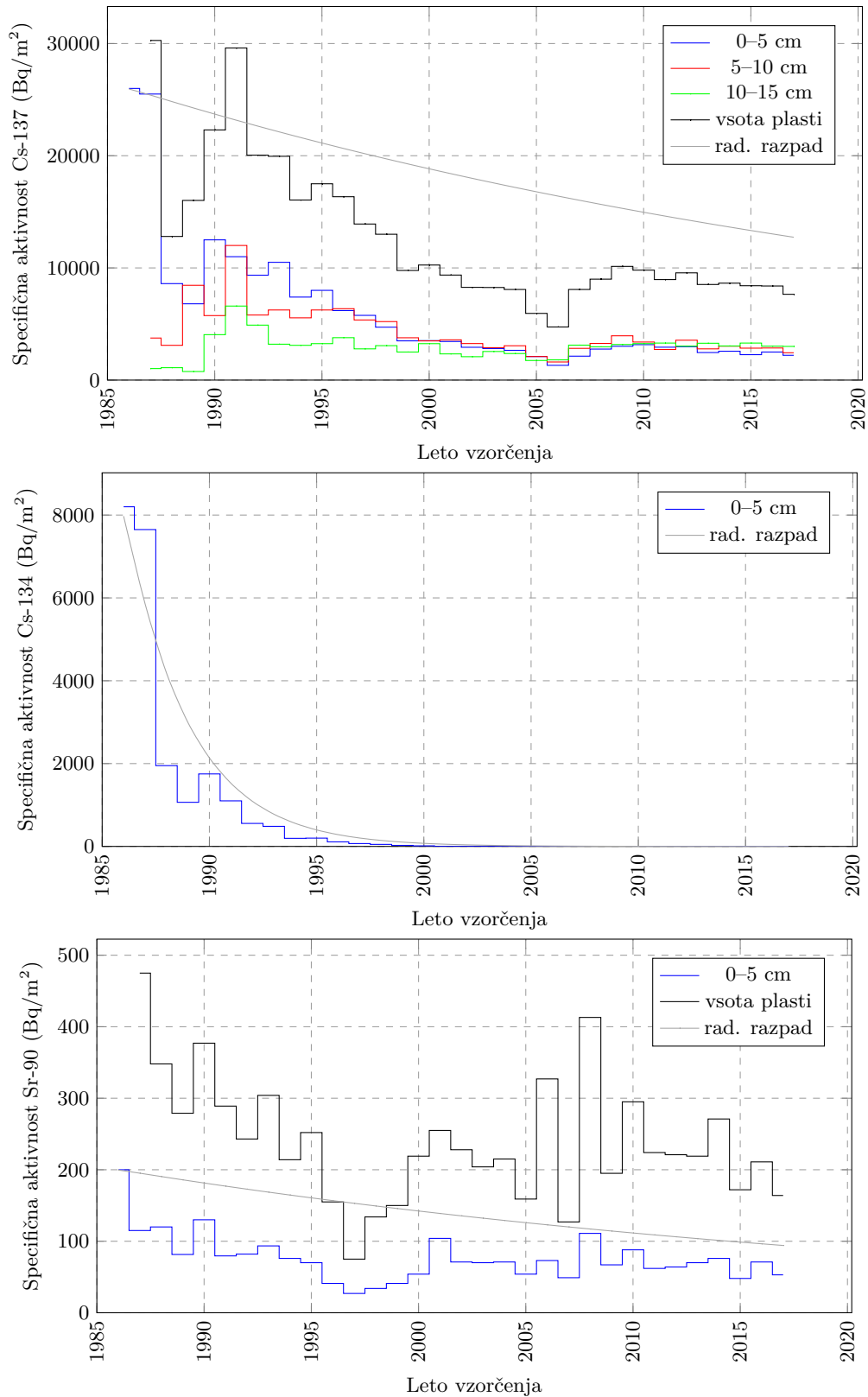


Slika 3.32 | Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji

Soboti podobno velja tudi za Sr-90, saj specifična aktivnost sledi zmanjševanju zaradi naravnega radioaktivnega razpada. Na slikah od 3.33 do 3.35, kjer posebej analiziramo obnašanje Cs-137, lahko iz primerjave njegove aktivnosti v različnih plasteh ugotovimo, da počasi 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.

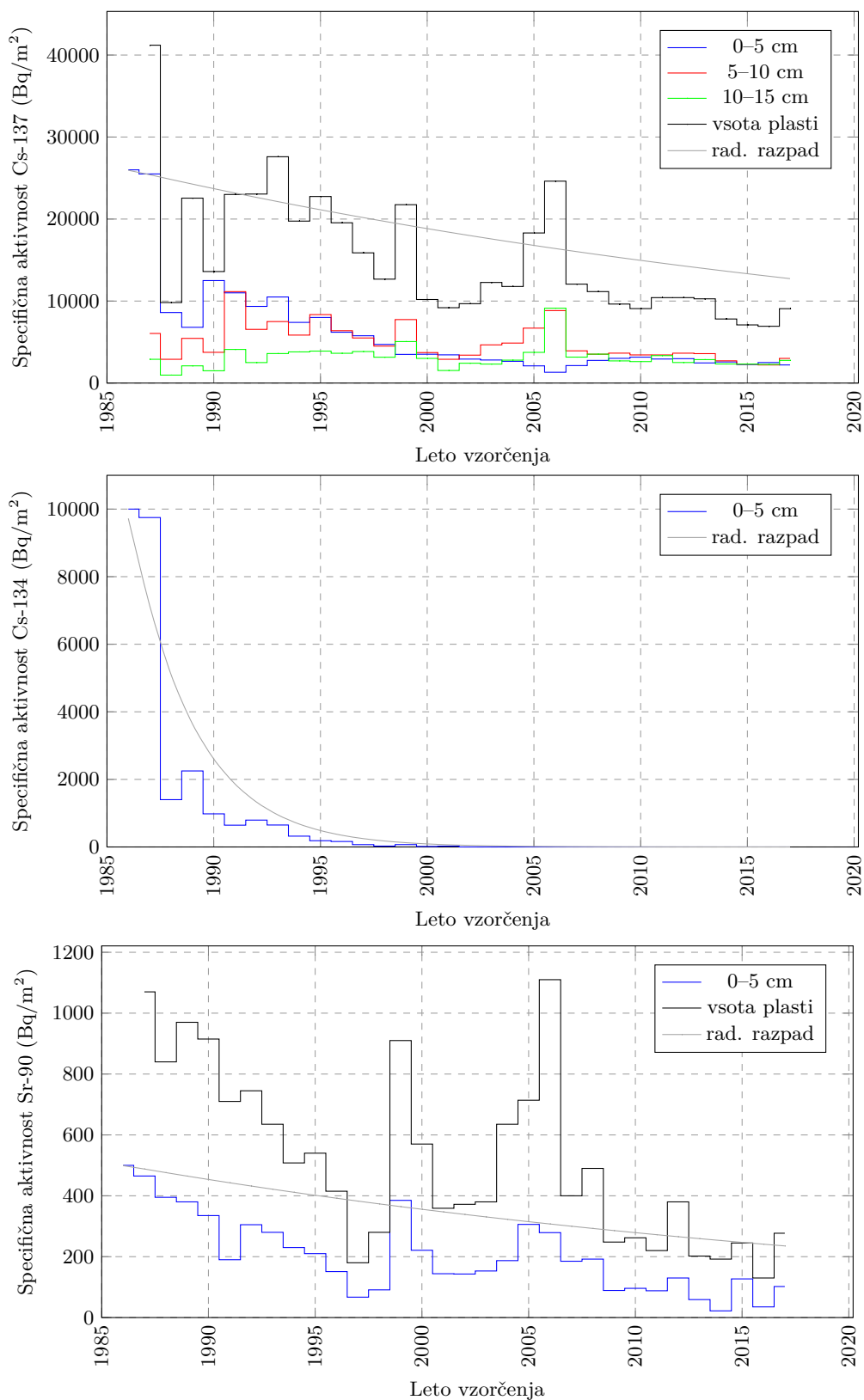


Slika 3.33 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

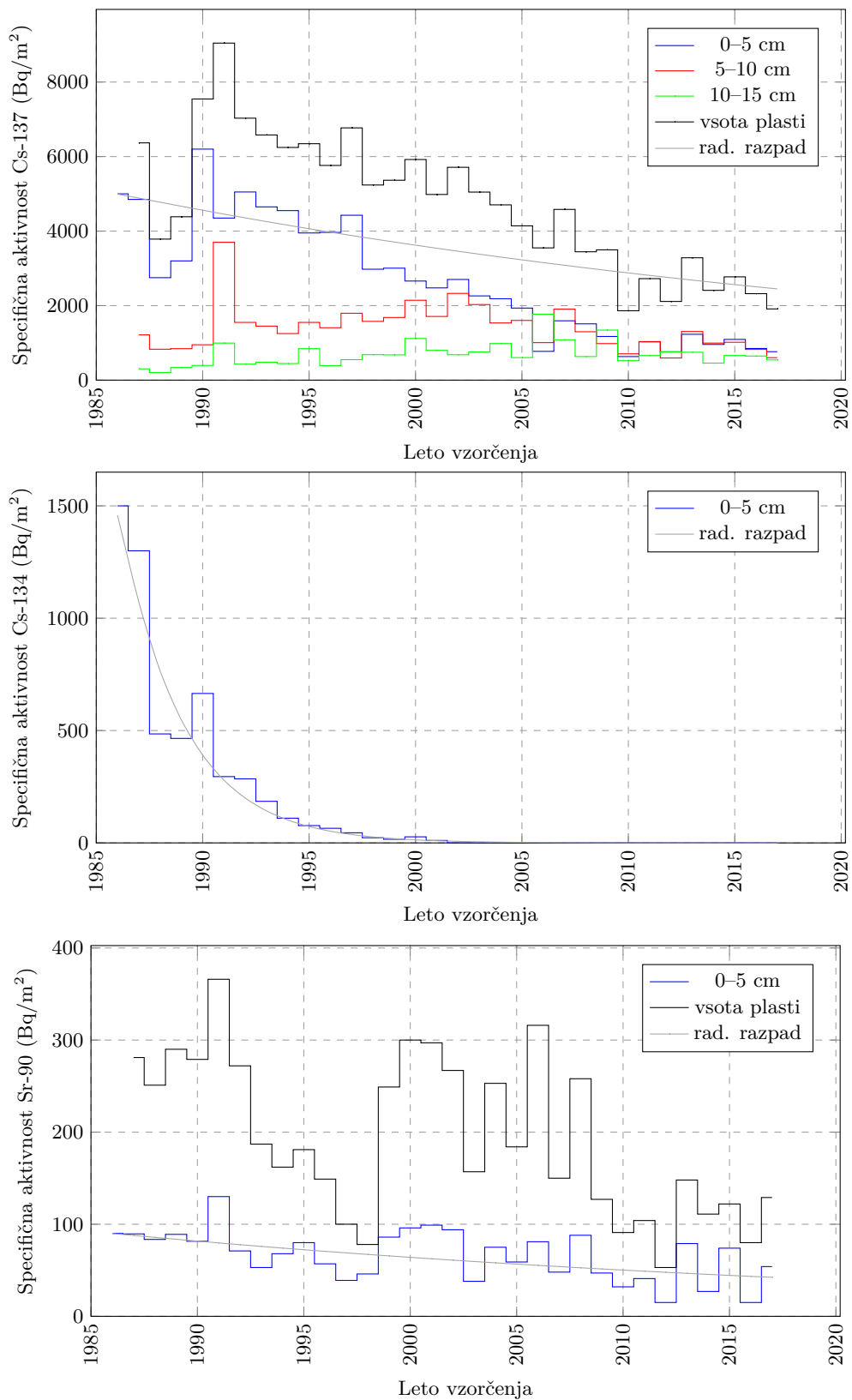
V Ljubljani in Kobaridu lahko tudi za depozit črnobilske nesreče že lahko rečemo, da prehaja v globlje plasti, zato predlagamo, da bi začeli tudi z vzorčenjem plasti zemlje iz globine 15-30 cm. Zemlja v Murski Soboti ima drugačne lastnosti, kjer vidimo, da je skoraj ves depozit še vedno v plasteh zemlje 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 Rektorskega 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 3.33 do 3.35.



Slika 3.34 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



Slika 3.35 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



Lokacije meritev
Rezultati meritev
Dolgoročni trend doz

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.

4.2 Rezultati meritev

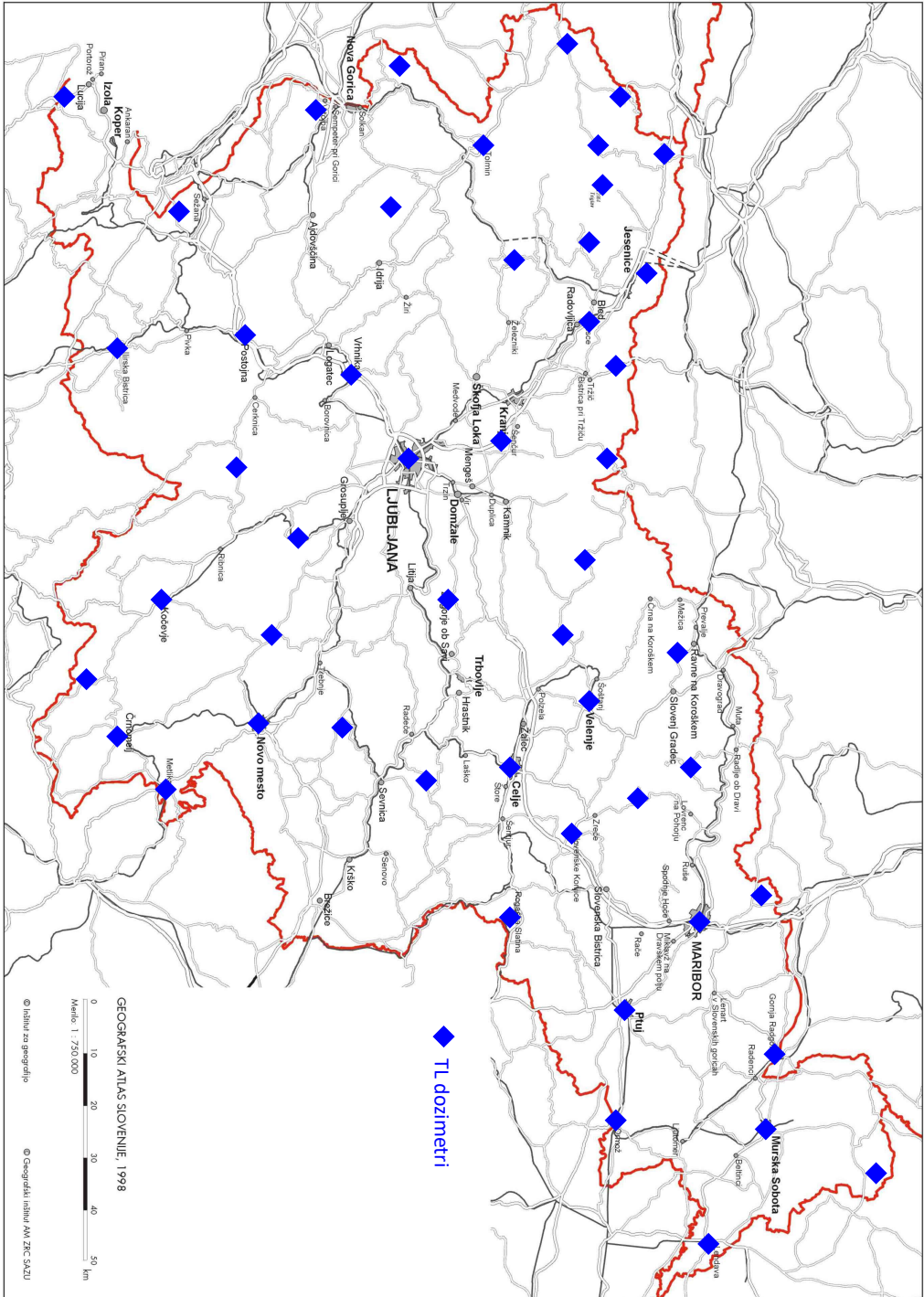
Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.22. Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2017 je bil $895 \pm 166 \mu\text{Sv}$, največji izmerjen okoliški ekvivalent doze je bil $1411 \pm 154 \mu\text{Sv}$ v Jelenji vasi, najnižji pa $580 \pm 64 \mu\text{Sv}$ v Bilju pri Novi Gorici. Povprečna mesečna vrednost okoliškega ekvivalenta doze zaradi zunanjega sevanja je bila $75 \pm 17 \mu\text{Sv}$, območje vrednosti pa od $48 \mu\text{Sv}$ do $118 \mu\text{Sv}$.

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 fotonski dozni ekvivalent (photon dose equivalent). Veličino so uporabljali predvsem v Nemčiji [51]. 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.

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.

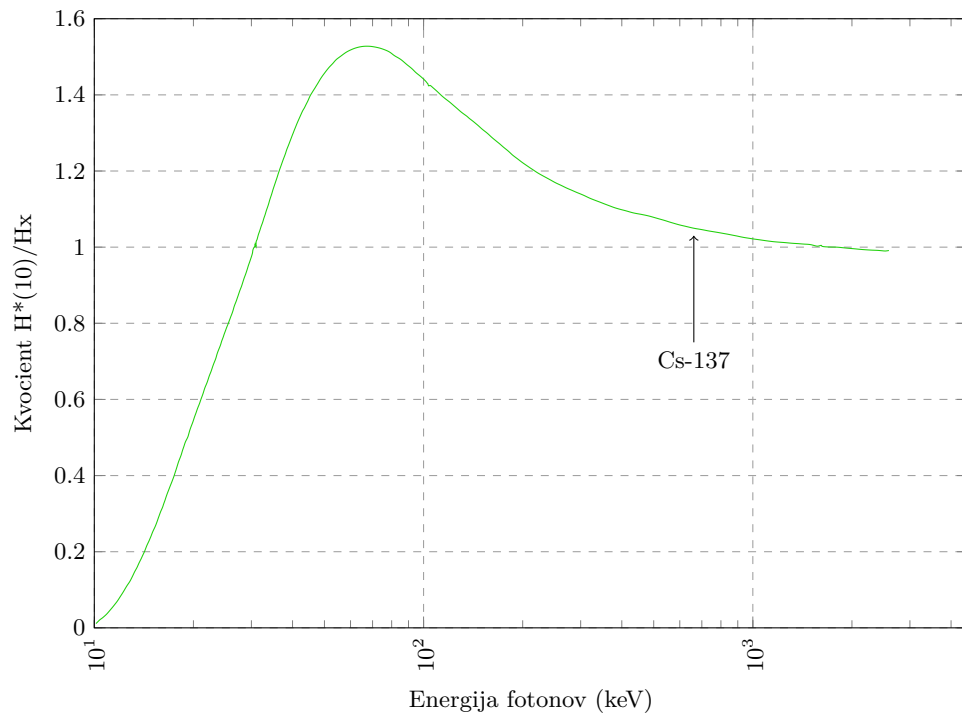
Termoluminiscentni dozimetri merijo okoliški ekvivalent zunanjega sevanja naravnih in umetnih radionuklidov, ki so prisotni v okolju. V letih po černobilski nesreči je predvsem Cs-137 znatno prispeval k obremenjenosti z zunanjim sevanjem, nato pa se je prispevek zaradi radioaktivnega razpada in difuzije radionuklida v globlje plasti zmanjšal.



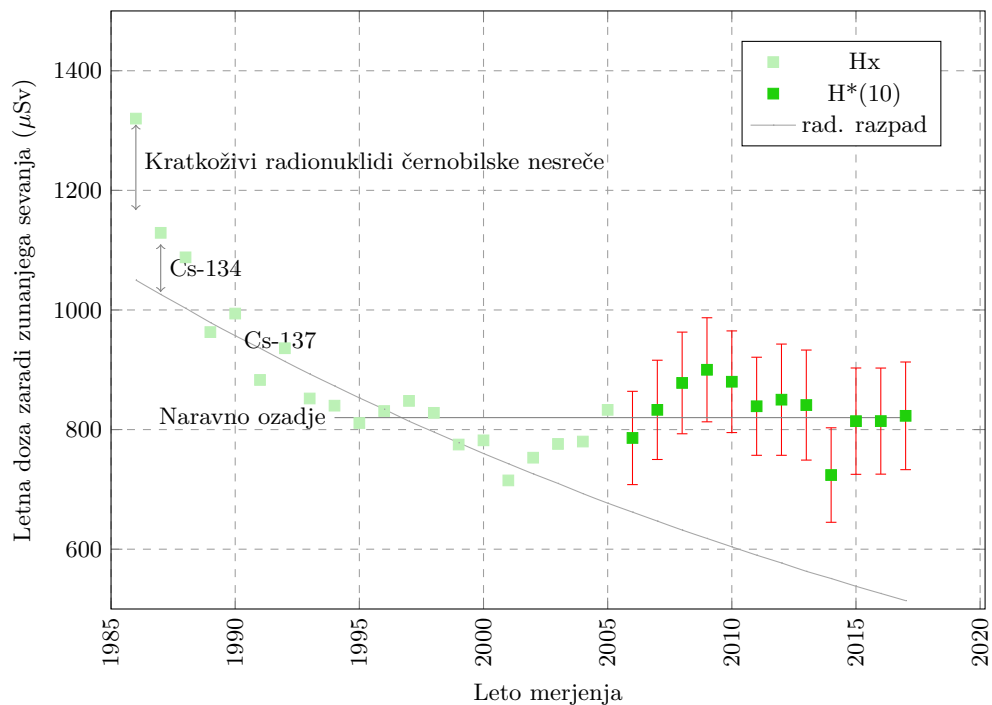
Slika 4.1 | Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanje sevanja.

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 (Plaç)	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	LJ-Bežigrad (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	Brnik (Aerodrom)	46°13'39" / 14°27'40"
28	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 (Kojško)	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)	45°33'40" / 14°51'28"
50	Kredarica	46°22'59" / 13°50'59"

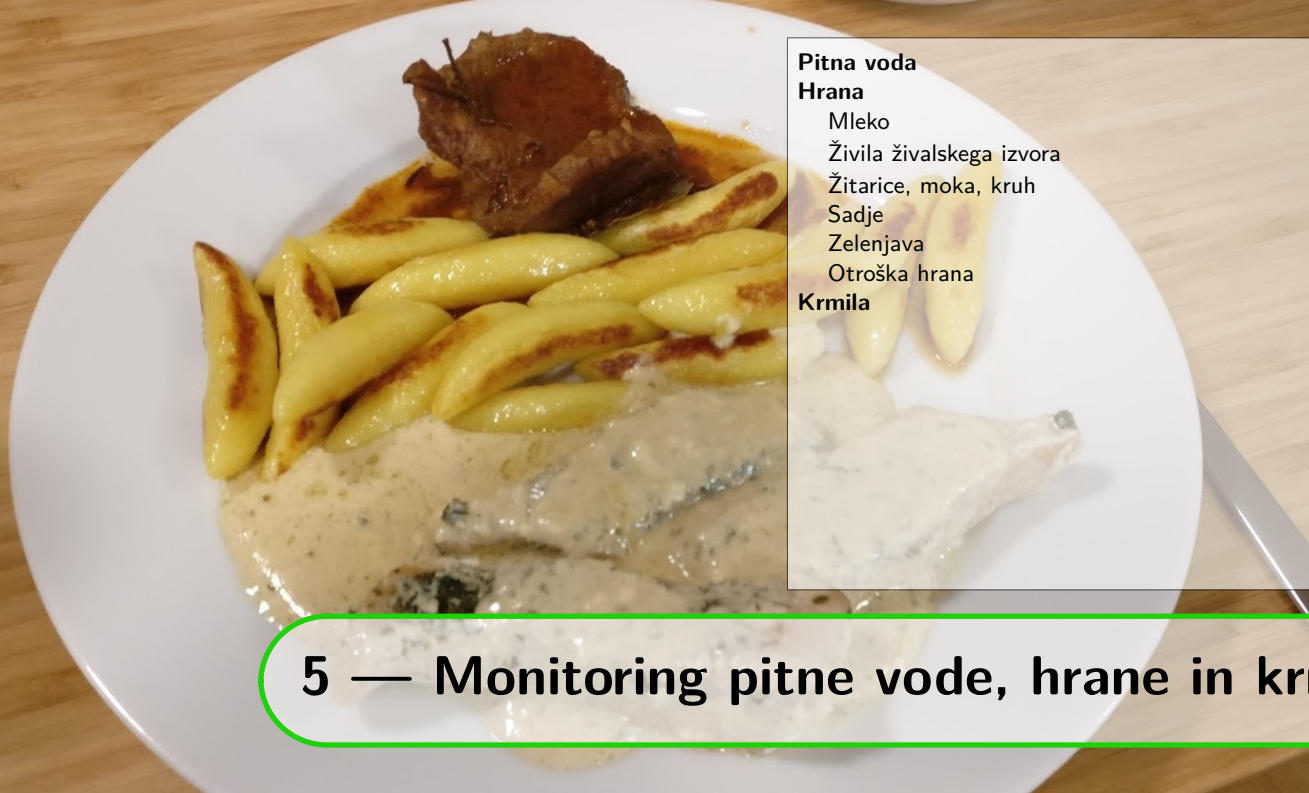


Slika 4.2 | Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalentna doze, $H^*(10)$, in fotonskega doznega ekvivalenta, H_x .



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

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. Nato še nekaj let prispevek bil poleg Cs-137 zaznaven še prispevek Cs-134, nato pa je ta že preveč razpadel.



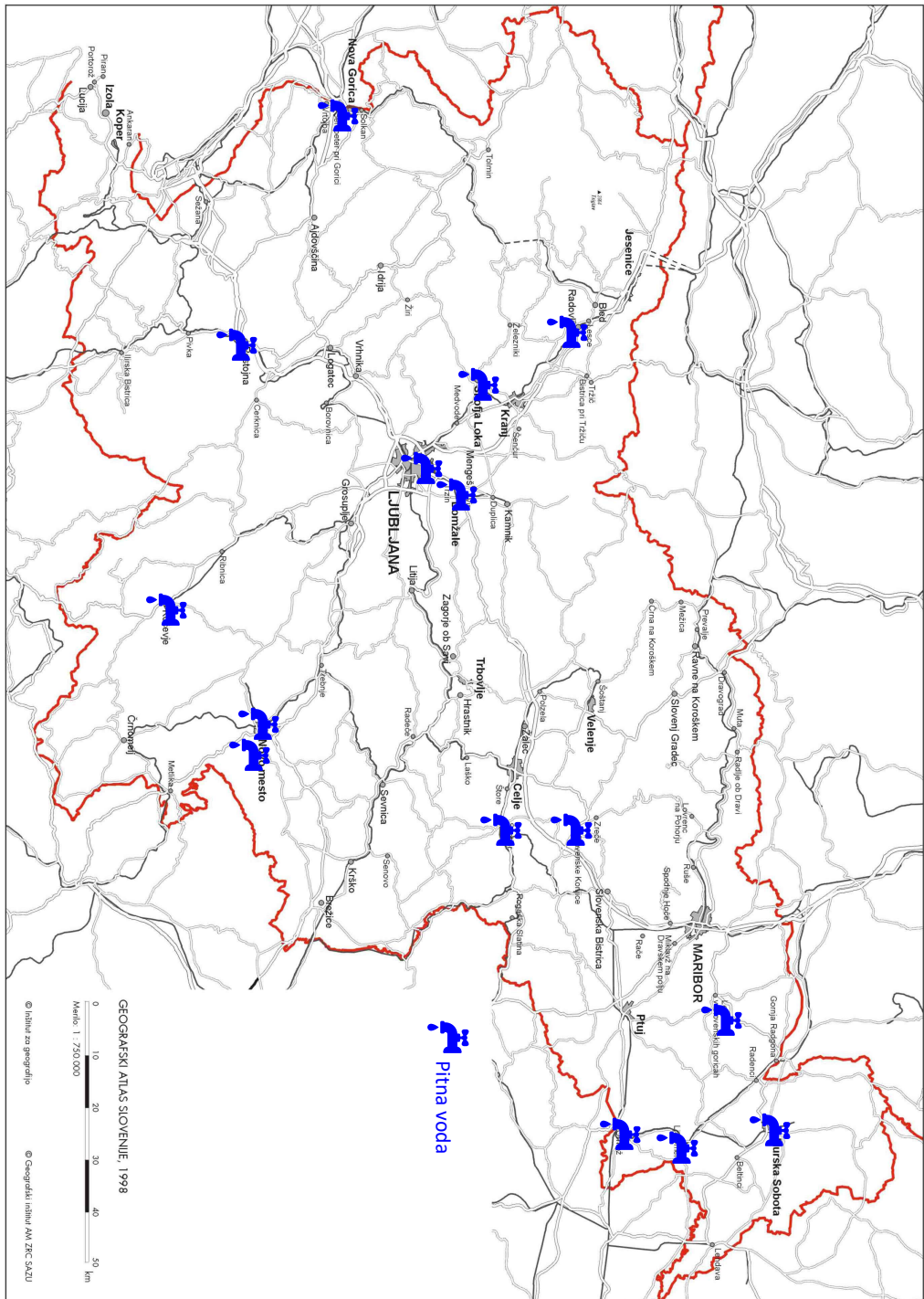
5 — Monitoring pitne vode, hrane in krme

5.1 Pitna voda

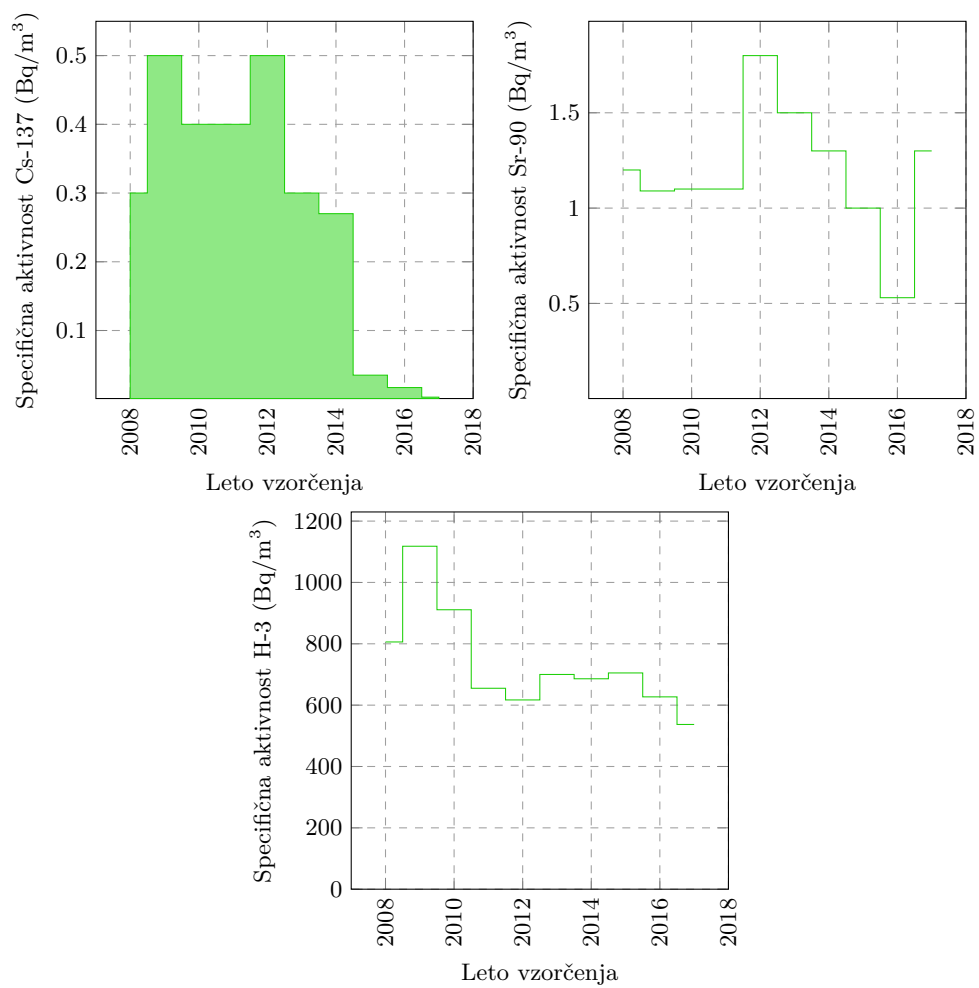
V letu 2017 je bilo odvzetih petnajst enkratnih vzorcev pitne vode iz javnih objektov kot so šole, vrtci, bolnišnice ali gostišča na naslednjih lokacijah: Kleče - Brest, Domžale - Trzin, Kočevje, Škofja Loka, Radovljica, Hubelj - Nova Gorica, Postojna - Pivka, Novo Mesto - Stopiče, zajetje Otok, Slovenske Konjice, Šentjur, Slovenske Gorice, Novo Mesto - Jezero, Murska Sobota in Ljutomer - Lukavci. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.1 na strani 72. 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 na meji detekcije, izmerjene vrednosti so bile $0,003 \pm 0,06 \text{ Bq/m}^3$. Povprečna vrednost specifičnih aktivnosti Sr-90 v vseh odvzetih vzorcih je $1,3 \pm 1,1 \text{ Bq/m}^3$, H-3 pa $537 \pm 138 \text{ Bq/m}^3$. 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 $3,6 \pm 3,6 \text{ Bq/m}^3$, Ra-226 $4,2 \pm 3,9 \text{ Bq/m}^3$, Pb-210 $3,1 \pm 6,3 \text{ Bq/m}^3$, Ra-228 $1,2 \pm 1,1 \text{ Bq/m}^3$, Th-228 $0,8 \pm 0,6 \text{ Bq/m}^3$ in K-40 $25 \pm 19 \text{ Bq/m}^3$ ter Be-7 $0,8 \pm 1,7 \text{ Bq/m}^3$.



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.

5.2.1 Mleko

V letu 2017 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 2017) 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 36 ± 6 mBq/kg in Sr-90 30 ± 8 mBq/kg, v Kobaridu Cs-137 60 ± 8 mBq/kg in Sr-90 51 ± 42 mBq/kg, v Bohinjski Bistrici Cs-137 49 ± 24 mBq/kg in Sr-90 33 ± 36 mBq/kg ter v Murski Soboti Cs-137 $0,42 \pm 0,12$ Bq/kg in Sr-90 $0,35 \pm 0,20$ Bq/kg. Slovensko povprečje za surovo mleko znaša za Cs-137 48 ± 15 mBq/kg in za Sr-90 38 ± 35 mBq/kg (brez mleka v prahu). Najvišje izmerjena vrednost Cs-137 je bila v vzorcu surovega mleka iz Bohinjske Bistrice v obdobju zbiranja marec-april, in sicer 80 ± 8 mBq/kg.

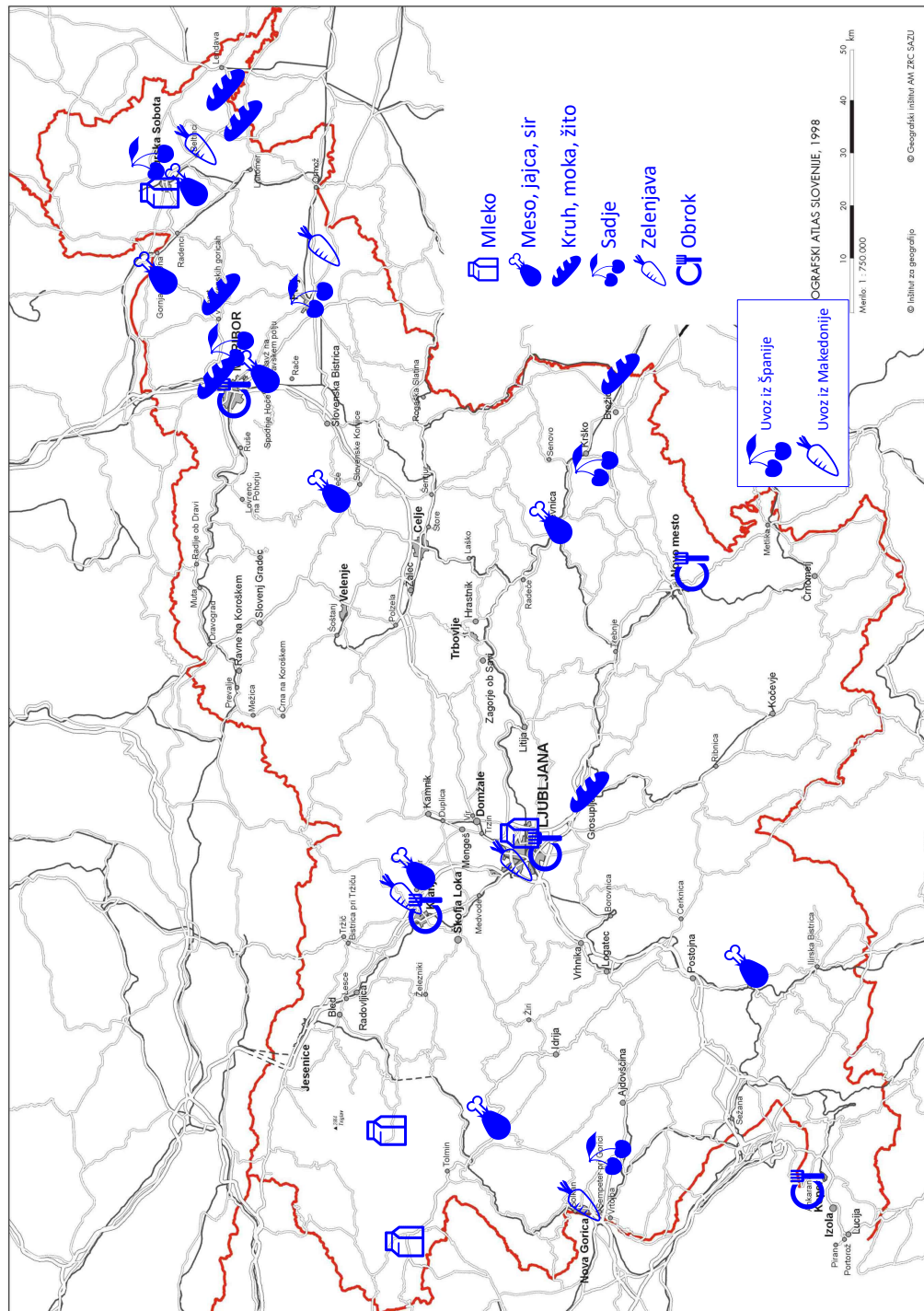
Na sliki 5.5, ki prikazuje specifične aktivnosti izotopov v dvomesečnih vzorcih mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice v splošnem ugotovimo v jesenskem obdobju porast aktivnosti Cs-137, kar lahko pripišemo pašni vzreji govedi v toplejših mesecih, kjer večje aktivnosti iz narave pridejo v 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

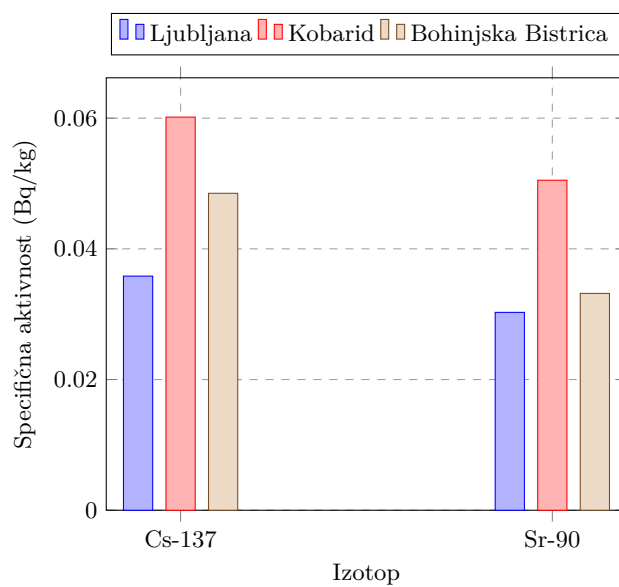
Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli 100 mm/m^2 padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko 100 kBq/m^2 [52]. Pašniki v okolici Kobarida in Bohinjske Bistrice ležijo v alpskem predelu Slovenije, 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.

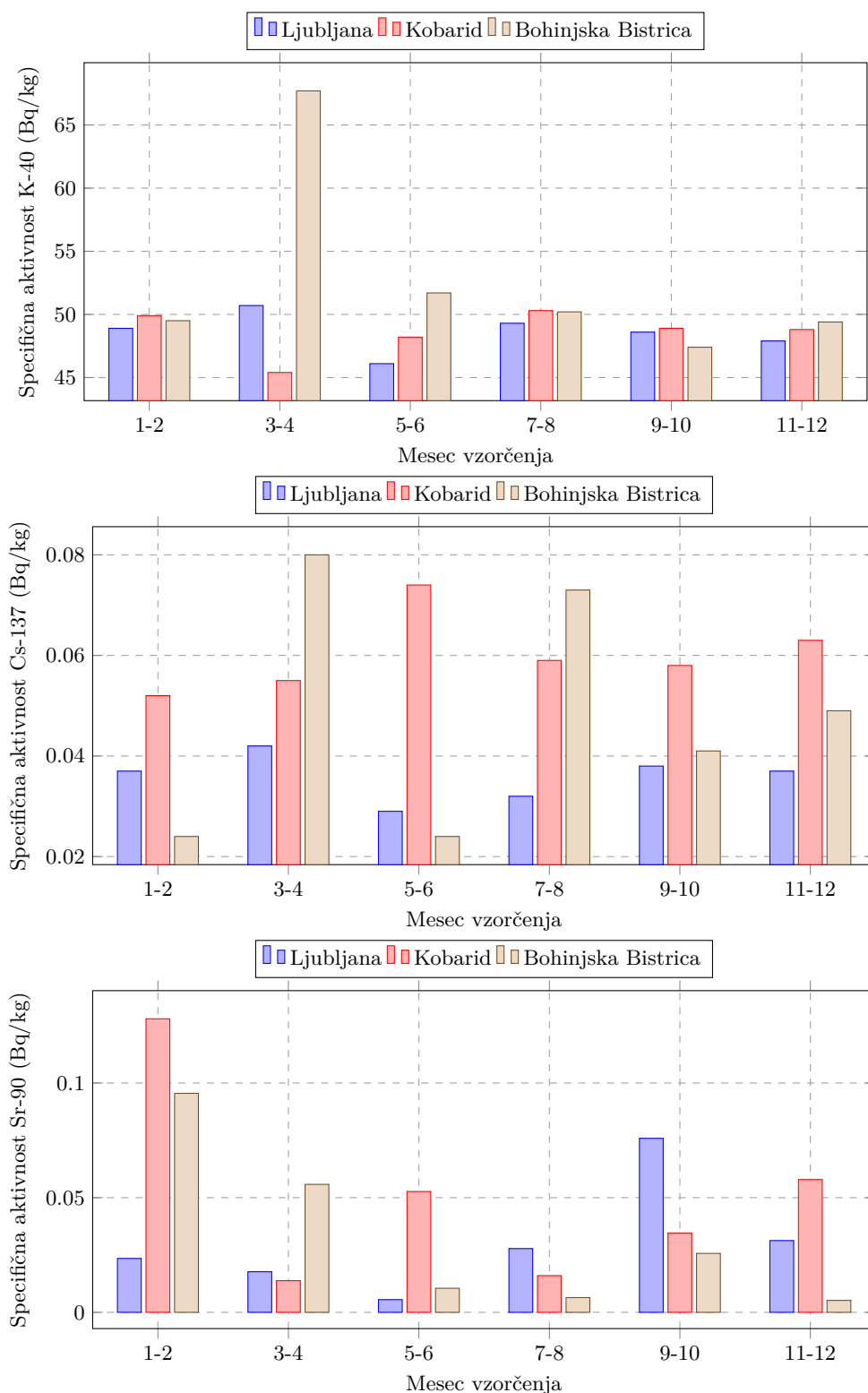
V grafih so sicer najvišje prikazane vrednosti za mleko v prahu iz Murske Sobote, kar je posledica koncentracije vzorca s sušenjem in posledično višje specifične aktivnosti ter zato vrednosti niso realno primerljive z vrednostmi v surovem mleku.



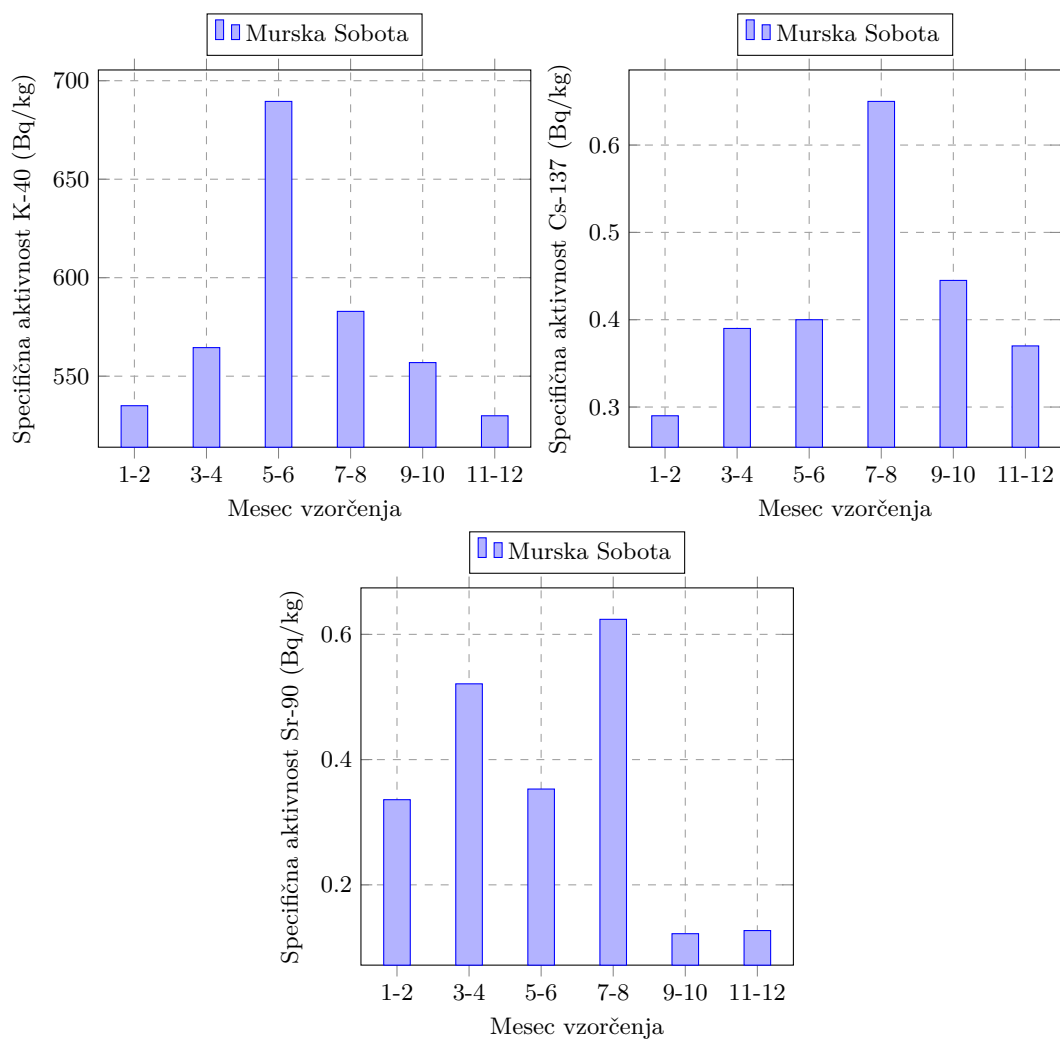
Slika 5.3 | Lokacije vzorčenja vzorcev živil.



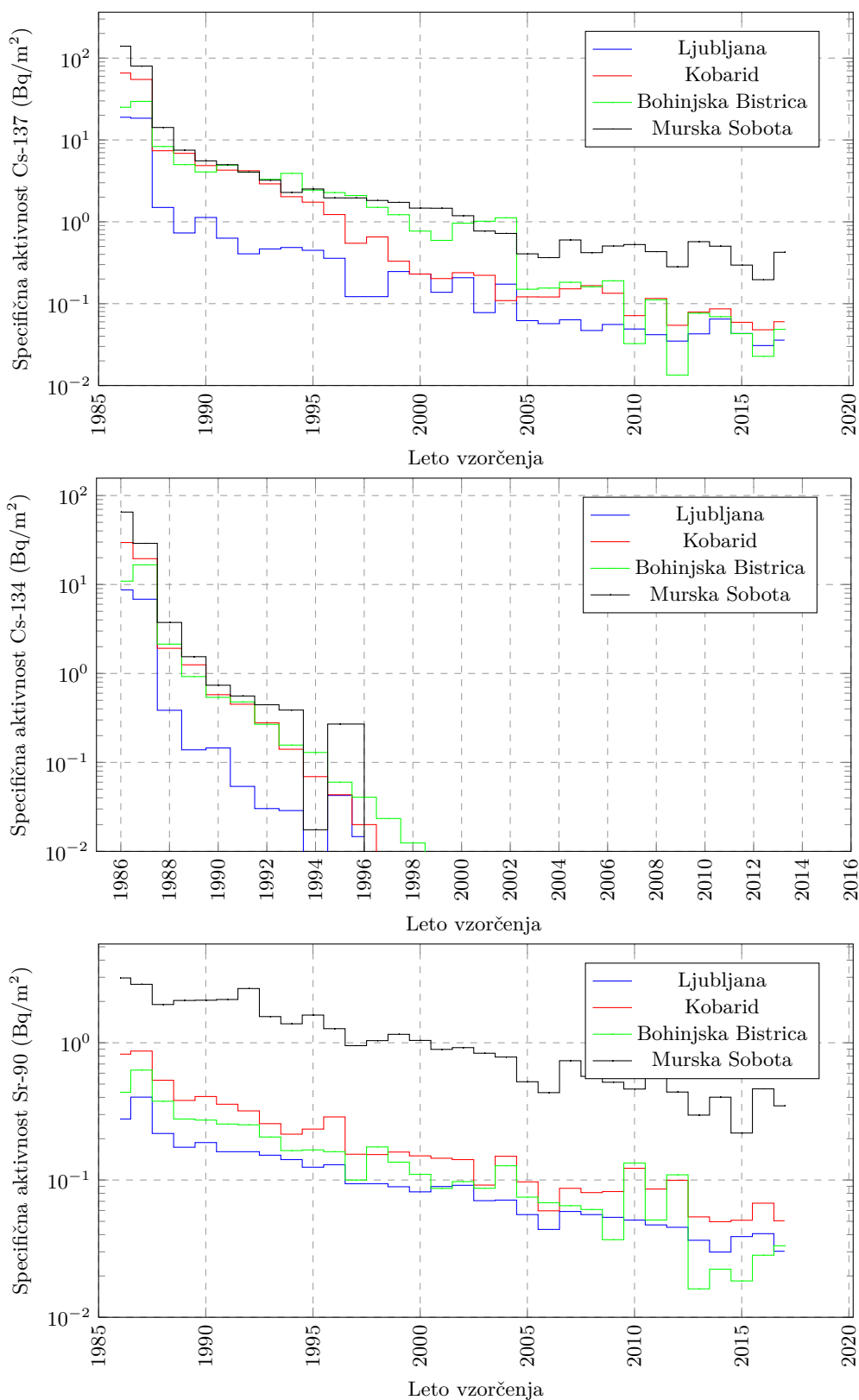
Slika 5.4 | Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2017.



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 2017 smo analizirali osem vzorcev živil živalskega izvora:

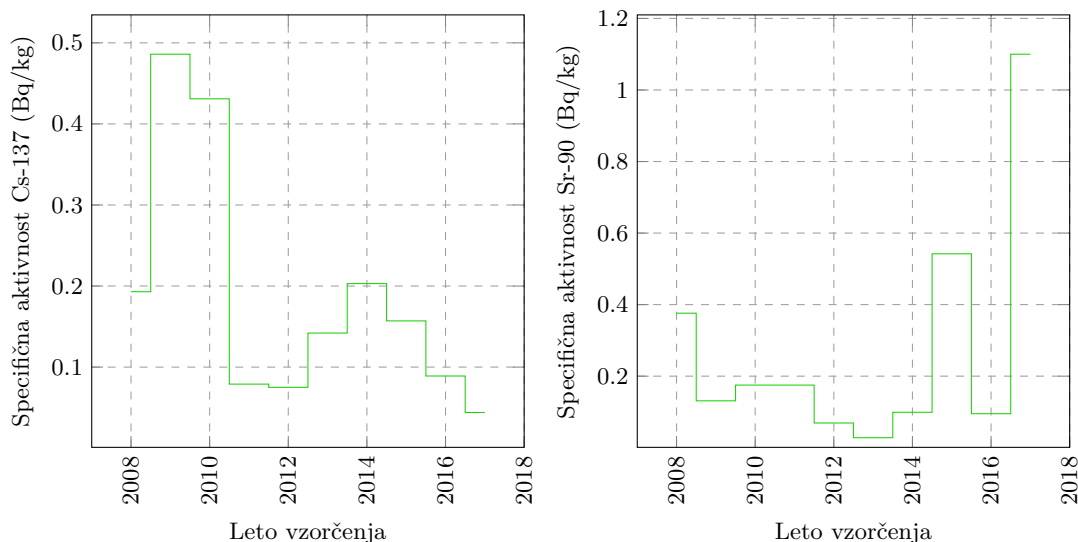
- svinjina (Cerklje na Gorenjskem),
- piščanec (Križevci),
- jajca (Pivka),
- sir mocarela (Maribor),
- kostanjev med (Apače),
- divjačina - srnjak (Zreče),
- goveje meso (Sevnica) in
- postrvi (Slap ob Idrijci).

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

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vseh vzorcih (razen divjačine) je $0,09 \pm 0,08$ Bq/kg in Sr-90 $0,95 \pm 0,98$ Bq/kg. Najvišja vsebnost Cs-137 je bila izmerjena v vzorcu medu oziroma divjačine (srnjak), ki imata za več velikostnih redov višjo aktivnost $1,8 \pm 0,1$ Bq/kg oziroma $1,0 \pm 0,1$ Bq/kg in ju 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. Prav tako v letnih povprečjih izločimo zelo specifične vzorce, kjer zaradi metabolizmov pride do večje akumulacije umetnih radionuklidov.



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

5.2.3 Žitarice, moka, kruh

Izmerili smo šest vzorcev žitaric in njihovih izdelkov:

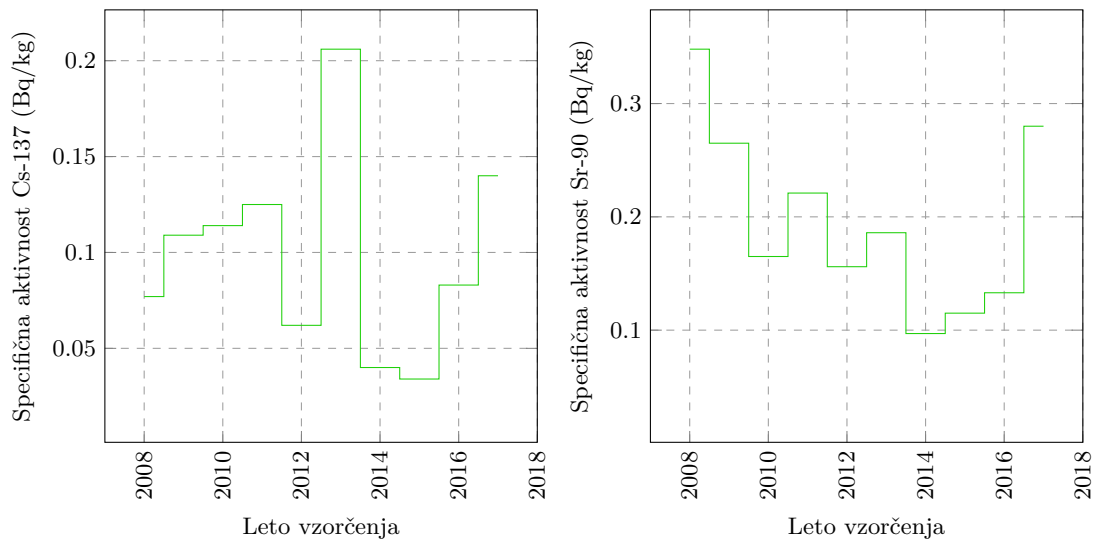
- polbeli kruh (Grosuplje),

- bela moka (Dobova),
- koruza (Črenšovci),
- ječmen (Hrastovec),
- rž (Maribor) in
- pšenica (Ormož).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.30. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 140 ± 96 mBq/kg in Sr-90 $0,28 \pm 0,27$ 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

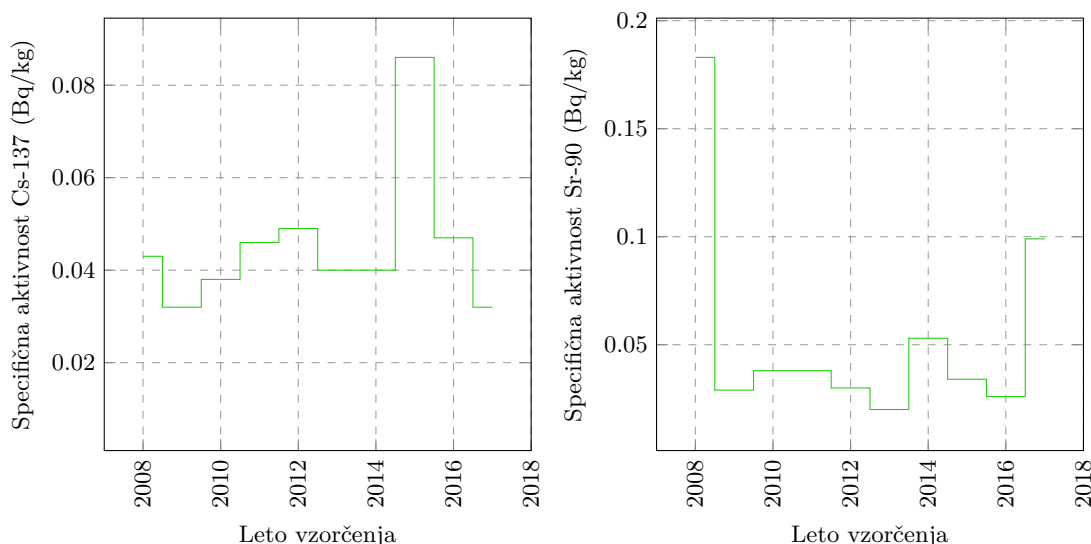
Izmerili smo šest vzorcev sadja:

- jagode (Podbočje),
- breskve (Šempas),
- grozdje (Murska Sobota),
- hruške (uvoz iz Španije),
- jabolka (Malečnik) in
- slive (Ptuj).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.31. Povprečna specifična aktivnost vseh Cs-137 v vseh vzorcih je 32 ± 10 mBq/kg in Sr-90 99 ± 150 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 so bile le v sledovih in praviloma zelo nizke v večini vzorcev. V letošnjih izbranih vzorcih ni bilo vzorcev z odstopajočimi vrednostmi (npr. gozdno jagodičevje).

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. Prav tako v letnih povprečjih izločimo zelo specifične vzorce, kjer zaradi metabolizmov pride do večje akumulacije umetnih radionuklidov.



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

5.2.5 Zelenjava

Izmerili smo šest vzorcev zelenjave:

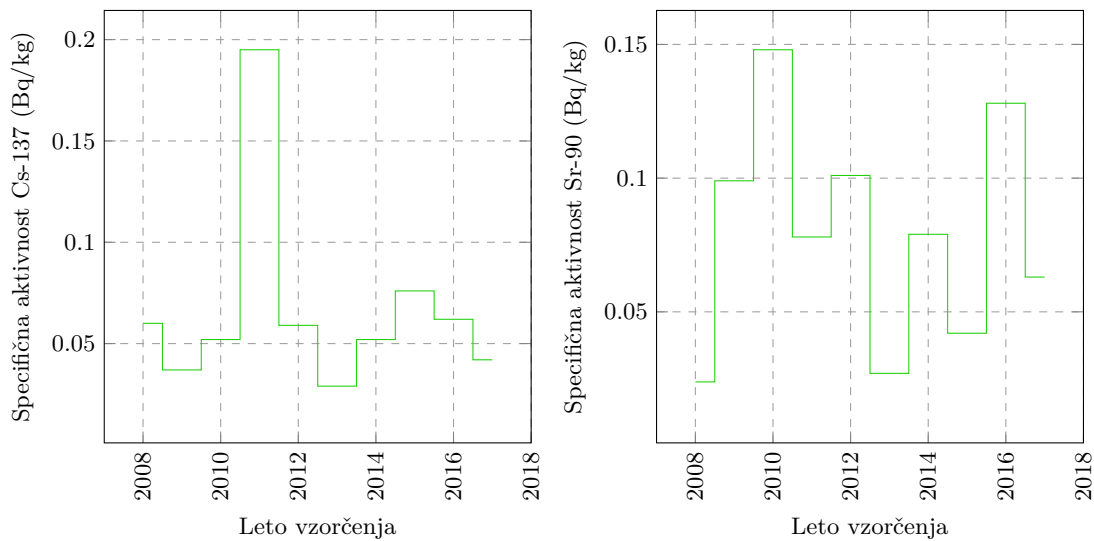
- solata kristalka (Ljubljana),
- lisičke (uvoz iz Makedonije),
- korenje (Gorišnica),
- paradižnik (Nova gorica),
- kumare (Beltinci) in
- krompir (Kranj).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.32. Povprečna specifična aktivnost v vseh vzorcih (razen gob) Cs-137 je 42 ± 30 mBq/kg in Sr-90 63 ± 70 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 so bile le v sledovih in praviloma zelo nizke v večini vzorcev. Izjema so le gobe lisičke iz Makedonije, ki imajo za več velikostnih redov višjo aktivnost $3,3 \pm 0,1$ 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 vzorčenj brez gob).

5.2.6 Otroška hrana

V letu 2008 smo začeli z analizo celotnega obroka otroške hrane. Tako smo v letu 2017 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 27 ± 23 mBq/kg in Sr-90 31 ± 21 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.

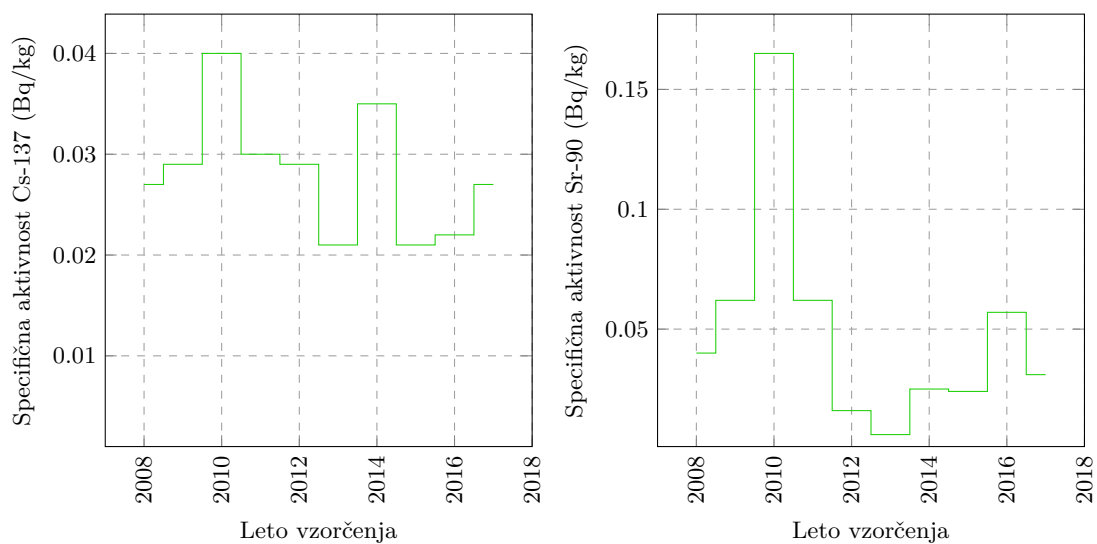
5.3 Krmila

V letu 2017 je bilo odvzetih deset vzorcev krme:

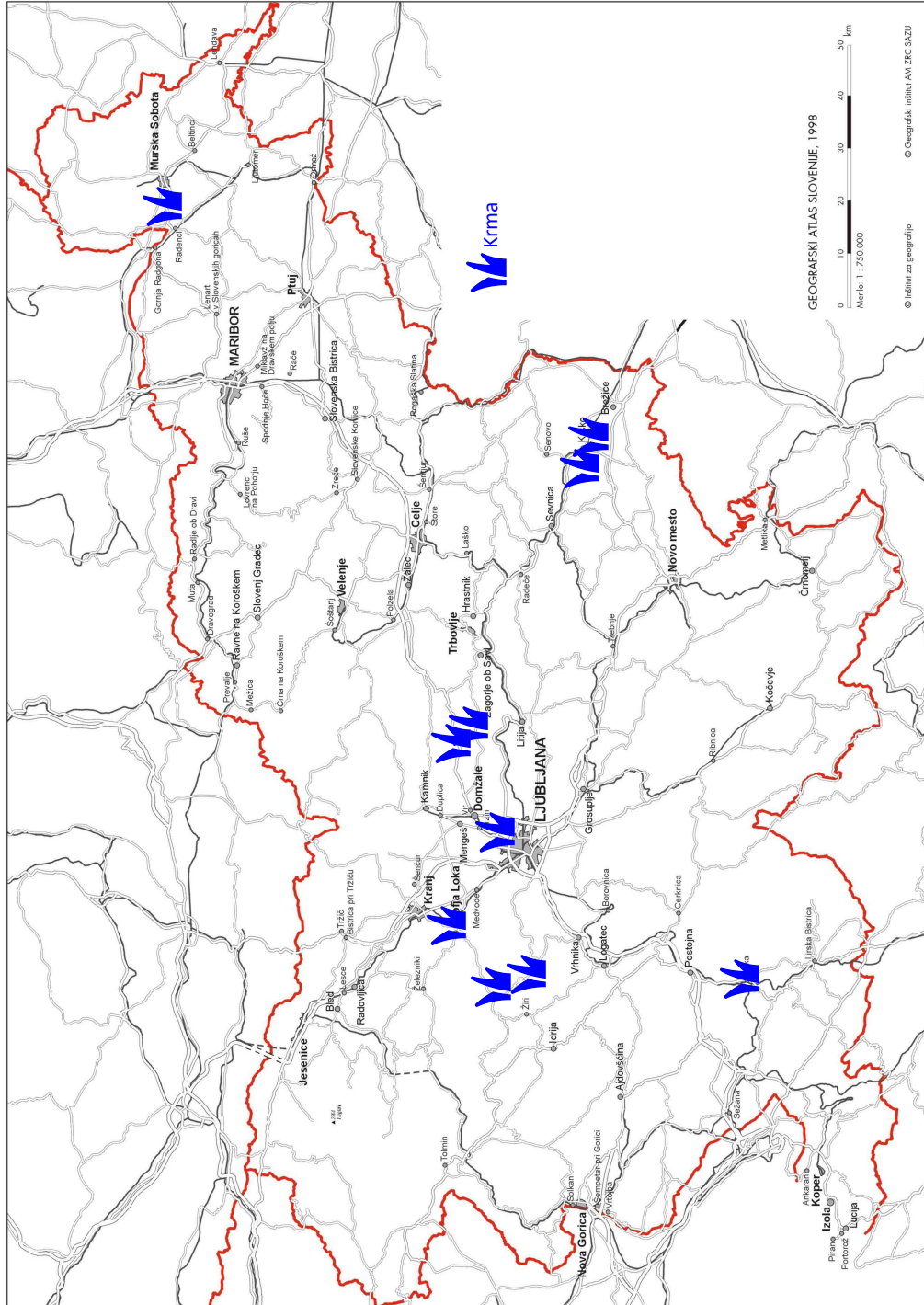
- 1 vzorec travne silaže,
- 1 vzorec koruzne silaže,
- 5 vzorcev sena,
- 1 vzorec sveže trave in
- 2 vzorca krmne mešanice.

Lokacije vzorčenja (Ljubljana, Zgornji Tuštanj (2x), Škofja Loka, Žirovski vrh (2x), Pivka, Brege (2x), Vučja vas) 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 $0,4 \pm 0,4$ Bq/kg in Sr-90 $2,5 \pm 3,7$ 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

6.1 Osnovne enačbe

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 (le-te tu ne ocenjujemo).

Efektivno dozo sevanja, E , za posameznika iz starostne skupine prebivalstva, g , sestavljata efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja zaradi radioaktivnega useda v zemlji¹, 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) ter vode, E_{ing} , in drugi predvidena efektivna doza zaradi vdihavanja radioaktivnih plinov in aerosolov (inhalacija), E_{inh} . Prenosne poti izpostavljenosti so shematsko prikazane na sliki 6.1. Efektivna doza E je torej

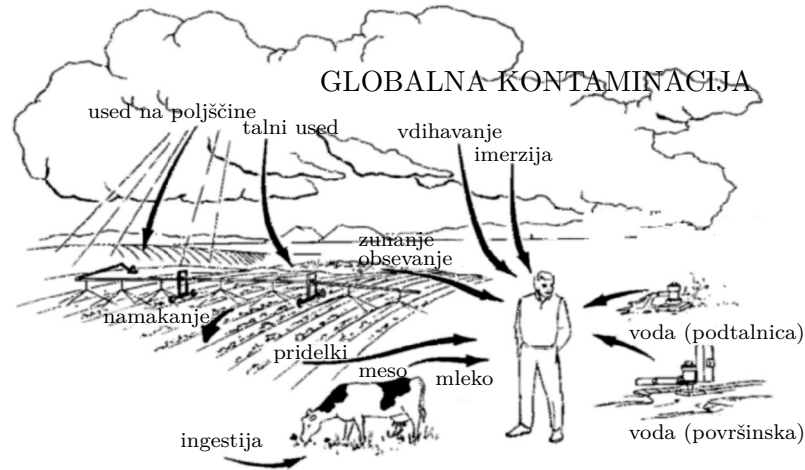
$$E = E_z + E_{ing} + E_{inh} \quad (6.1)$$

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

¹imerzijo v zraku lahko zanemarimo



Slika 6.1 | Shematski prikaz prenosnih poti za notranje in zunanje obsevanje.

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 vnese 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 vnese 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 vnese aktivnosti $A_{j,inh}$ (v Bq) posameznega radionuklida j in predvidene efektivne doze na enoto vnosa $h(g)_{j,ing}$ 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 vnese 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 učinkovitih 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. V letu 2017 smo zaradi prehoda radioaktivnega oblaka Ru-106 čez Evropo ocenili tudi prispevek tega radionuklida zaradi inhalacije. 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 [27].

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 nerepresentativno, 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 pretvorbenega 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 (v obliki adaptiranega kravjega mleka, če niso dojeni). 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 [53], 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 [54]. V primeru odraslih smo poleg statističnega povprečja upoštevali dve referenčni skupini prebivalstva, živčih 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 černobilsko 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 6.2, kjer so posamezne podmnožice prebivalstva Slovenije označene z oznakami od A1 do E3.

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

Slika 6.2 | 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 ter izjemoma Ru-106 – v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2017 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 2017

Izotop	Privzete specifične aktivnosti vzorcev (Bq/kg)							(Bq/m ³)	(mBq/m ³)
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	zrak
Cs-137	0,042	0,032	0,14	0,04	0,036	0,06	0,049	0,003	1,8E-03
Sr-90	0,063	0,099	0,28	1,1	0,03	0,051	0,033	1,3	0
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2E-01
H-3	0	0	0	0	0	0	0	537	0
Pb-210	0,28	0,19	0,66	0,11	0,11	0,086	0,091	3,11	0,551

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 6.2 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 črnoobilске nesreče. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje iz uredbe UV2 oziroma zbirke ICRP 119 [4, 55].

Ingestija.

V tabeli 6.3 so prikazane učinkovite doze zaradi ingestije posamezne vrste hrane in vode ter zaradi inhalacije dolgoživih črnoobilskih cepitvenih produktov – Cs-137 in Sr-90 (vpliv H-3 je zanemarljiv) – ter v letu 2017 izjemoma tudi Ru-106 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 2017 ocenjena na $3,2 \pm 2,6 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz omenjene tabele.

Učinkovite doze v letu 2017 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 [54], a se ti ne razlikujejo bistveno od starih.

Inhalacija.

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 2017 bistveno višje od

Tabela 6.3 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2017.

Izotop	vrsta vzorca						voda	zrak	
	zelenjava	sadje	moka	meso	mlekorj	mleko			mleko
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija (μSv)									
Cs-137	0,01	0,01	0,02	0,00	0,08	0,13	0,11	1,04E-05	1,01E-04
Sr-90	0,33	0,51	0,71	1,90	1,38	2,34	1,51	4,93E-02	0,00E+00
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	9,16E-02
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,67E-03	0,00E+00
Skupaj	0,34±0,36	0,52±0,78	0,73±0,68	1,90±2,59	1,45±0,37	2,47±1,93	1,62±1,65	0,06±0,04	9,2E-2±6,8E-2
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)									
Cs-137	0,03	0,01	0,08	0,03	0,03	0,04	0,04	1,40E-05	1,39E-04
Sr-90	0,29	0,22	0,94	4,75	0,13	0,22	0,14	3,63E-02	0
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	1,02E-01
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,74E-03	0
Skupaj	0,32±0,32	0,24±0,34	1,02±0,91	4,77±6,47	0,16±0,04	0,27±0,18	0,18±0,16	0,04±0,03	1,0E-1±7,6E-2
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)									
Cs-137	0,05	0,03	0,16	0,03	0,04	0,07	0,06	2,93E-05	1,65E-04
Sr-90	0,16	0,17	0,69	1,81	0,07	0,12	0,08	2,73E-02	0
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11E-01
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,25E-03	0
Skupaj	0,22±0,19	0,20±0,26	0,85±0,67	1,84±2,47	0,11±0,02	0,19±0,10	0,14±0,09	0,03±0,02	1,1E-1±8,2E-2
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)									
Cs-137	0,05	0,04	0,18	0,04	0,07	0,12	0,10	2,93E-05	1,65E-04
Sr-90	0,18	0,24	0,78	2,65	0,13	0,21	0,14	2,73E-02	0,00E+00
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11E-01
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,25E-03	0,00E+00
Skupaj	0,23±0,20	0,27±0,36	0,96±0,76	2,69±3,61	0,20±0,04	0,33±0,18	0,23±0,16	0,03±0,02	1,1E-1±8,2E-2
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)									
Cs-137	0,06	0,04	0,20	0,04	0,07	0,11	0,09	2,93E-05	1,65E-04
Sr-90	0,19	0,26	0,85	2,34	0,12	0,20	0,13	2,73E-02	0,00E+00
Ru-106	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11E-01
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,25E-03	0,00E+00
Skupaj	0,25±0,22	0,30±0,40	1,04±0,83	2,38±3,19	0,19±0,03	0,31±0,17	0,22±0,15	0,03±0,02	1,1E-1±8,2E-2

Tabela 6.4 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2017.

	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	52,9	35,9	61,0	6,9	184,2	144,0	152,4	4,3	5,5	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)									
Pb-210	40,6	13,6	70,0	15,0	15,3	11,9	12,6	4,3	6,3	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)									
Pb-210	18,0	8,3	39,8	4,5	6,6	5,2	5,5	1,6	7,3	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)									
Pb-210	19,3	11,1	45,1	6,5	11,4	8,9	9,4	1,6	7,3	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)									
Pb-210	21,3	12,5	49,2	5,8	10,8	8,4	8,9	1,6	7,3	

prejšnjih let zaradi vdihavanja radioaktivnega oblaka z Ru-106, in sicer $0,11 \pm 0,08 \mu\text{Sv}$, prispevek Cs-137 ke tej dozi je pa podoben kot v prejšnjih letih okrog 0,2 nSv.

Naravni radionuklidi (informativno).

Za naravne radionuklide v tabeli 6.4 le informativno podajamo efektivno dozo samo zaradi ingestije in inhalacije Pb-210, ki ima velik dozni pretvorbeni faktor. Najvišja vrednost je za dojenčke do enega leta starosti in znaša $719 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let znaša $211 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $108 \mu\text{Sv}$, kjer upoštevamo ingestijo mleka v Ljubljani.

Prispevki posameznih vrst hrane.

Na sliki 6.3 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 mesa in mleka (več kot polovico). Pri otrocih in odraslih v letu 2017 prevladuje prispevek mesa – posamezni prispevki k dozi delno variirajo z leti in je predvsem statistična posledica izbire različnih vzorcev po različnih lokacijah v Sloveniji.

Prispevki posameznih izotopov.

Če primerjamo prispevke po posameznih izotopih, k dozi največ prispeva Sr-90, delež H-3 je zanemarljiv (okrog 0,1%), preostalo gre na račun Cs-137 in v letu 2017 tudi Ru-106. Prispevek Sr-90 k dozi zaradi ingestije in inhalacije za dojenčke znaša v letu 2017 $\sim 96\%$, za otroke $\sim 96\%$ in za odrasle $\sim 88\%$, kot je tudi prikazano na sliki 6.4.

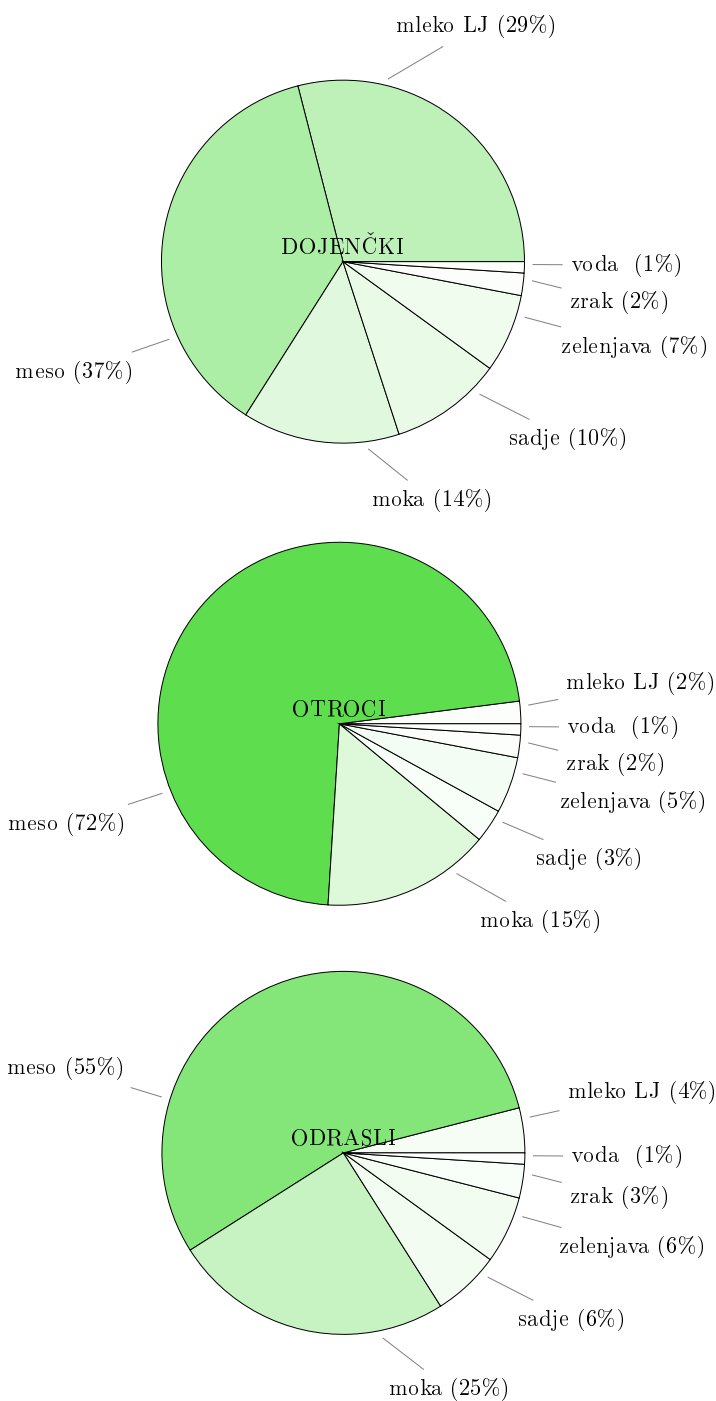
6.4 Doza zaradi zunanjega sevanja

Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2017 je bil $895 \mu\text{Sv}$. Ker je ocena černobilske doze zunanjega sevanja na osnovi meritev TL dozimetrov zelo konservativna in ker je negotovost podatkov izmerjenih pred letom 1986 velika, smo ocenili dozo zunanjega sevanja s pomočjo globinske porazdelitve černobilskega Cs-137 v zemlji [56]. 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 [57]. 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 zunanjega 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 6.5 | Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja

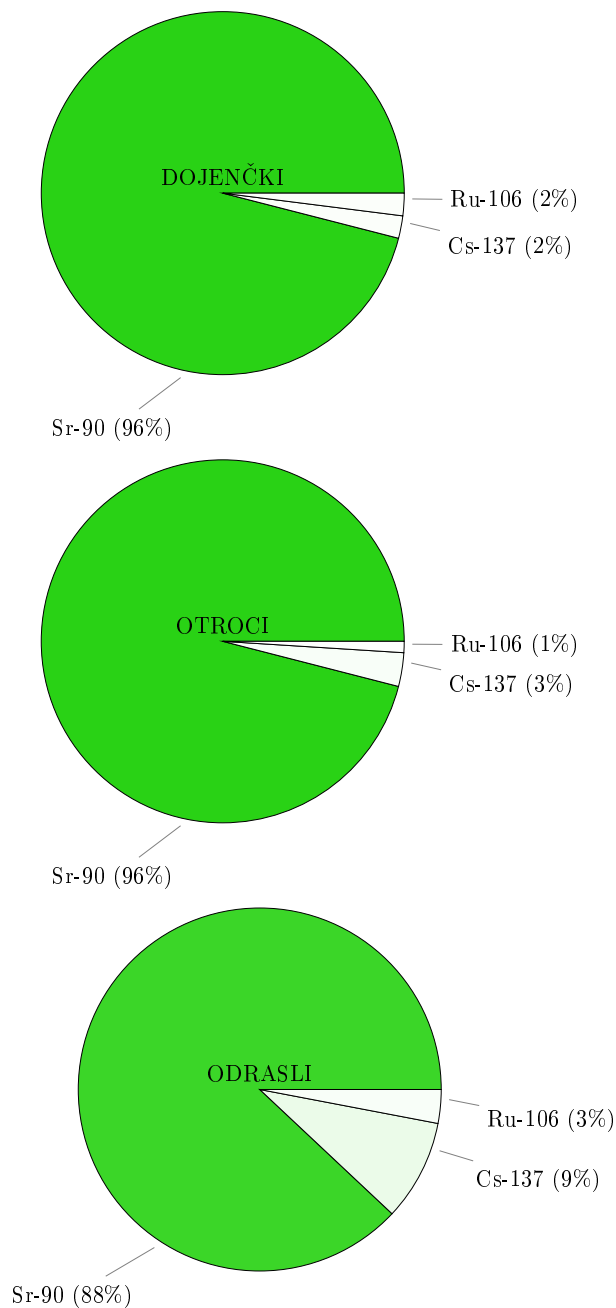
Lokacija	delež časa zadrževanja		faktor ščitenja v zaprtih prostorih
	v zaprtih prostorih	na prostem	
slovensko povprečje	0,8	0,2	0,9
urbana področja	0,8	0,2	0,95
ruralna področja	0,7	0,3	0,85

V tabeli 6.7 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi zunanjega obsevanja zaradi černobilskega Cs-137 v zemlji. Doza za odraslega prebivalca Slovenije je v letu 2017 ocenjena na $5,5 \pm 0,2 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih



Slika 6.3 | Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).

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 ICRU Report 57 lahko 20% nižji.



Slika 6.4 | Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)

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 černobilska kontaminacija precej

neenakomerna in da je lahko Cs-137 zaradi razgibanosti terena ter difuzijskih lastnosti zemlje difundiral do različnih globin 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
2016	6,1
2017	5,5

prikazane na sliki 6.2, 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 2017, 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.

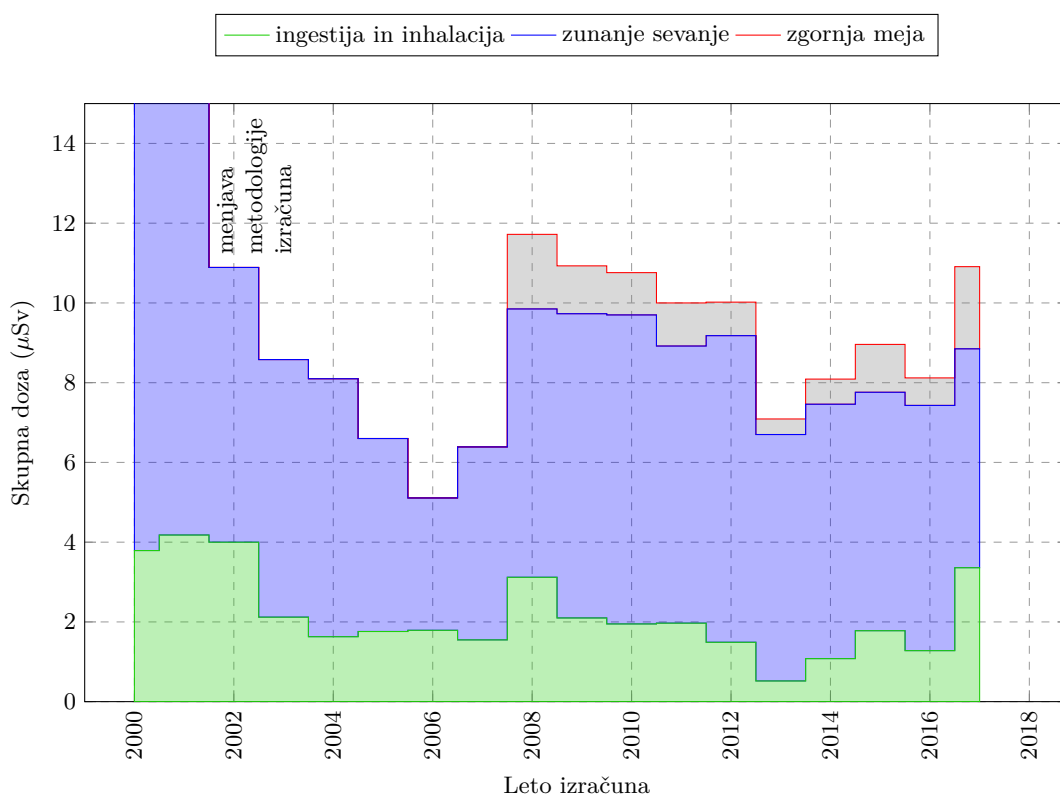
Izračun efektivnih doz smo naredili za različne referenčne skupine prebivalstva (slika 6.2), ki odražajo starostne skupine splošnih predstavnikov prebivalstva, kakor tudi specifične skupine bodisi zaradi lokalnih posebnosti, načinov prehranjevanja, bivanja ipd. Aktivnosti, zaužite s prehrano in vnesene 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 zunanjega obsevanja tal znaša $8,9 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 10,9 \mu\text{Sv}$ na leto za odrasle, $12,9 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 17,8 \mu\text{Sv}$ na leto za otroke od 7. do 12. leta starosti in $12,3 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 14,9 \mu\text{Sv}$ na leto za dojenčke. V hrani večji del doze prispeva Sr-90, k zunanjemu sevanju pa k dozi največ prispeva Cs-137. V letu 2017 je k dozi zaradi inhalacije največ prispeval Ru-106. Prispevek Ru-106 v letu 2017 k dozi zaradi ingestije in inhalacije je znašal okrog 3%, k skupni dozi (še zaradi zunanjega obsevanja) pa le okrog 1%.

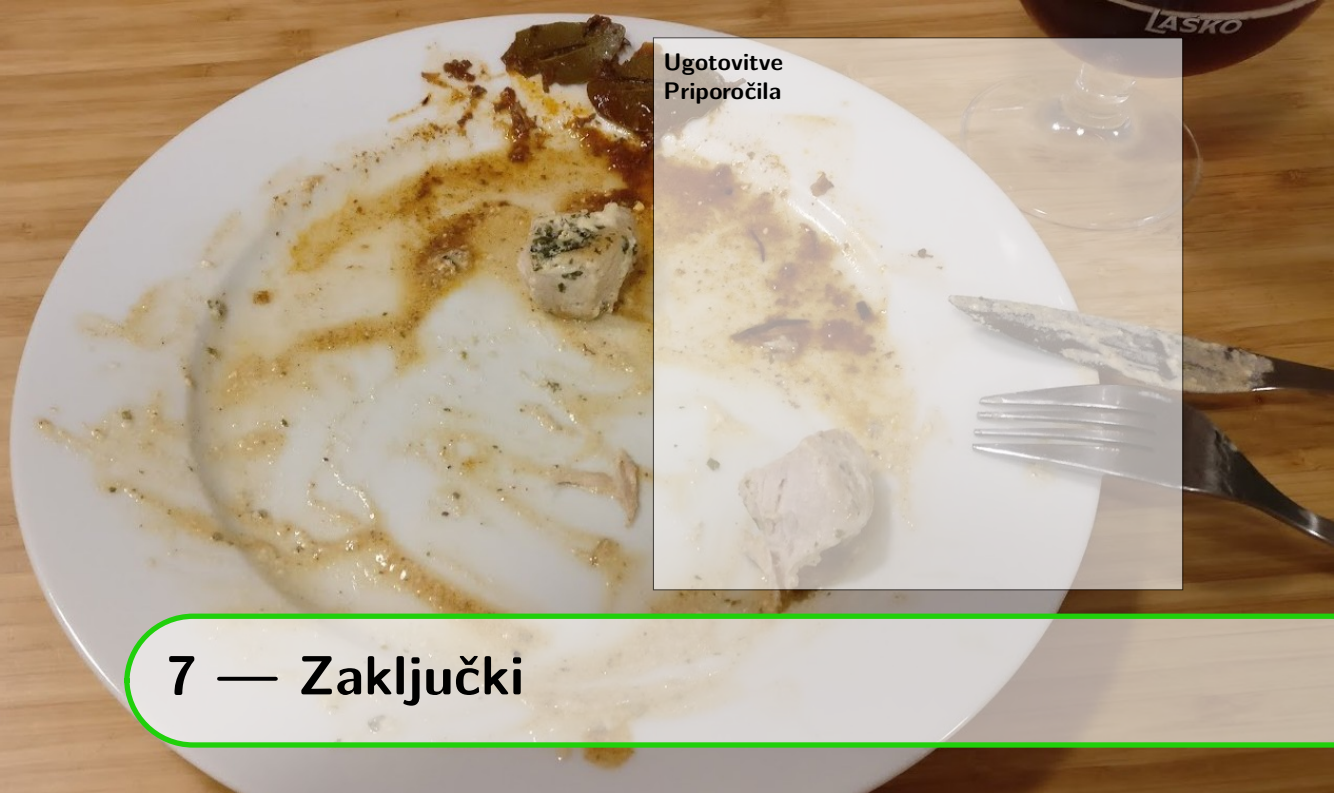
Na sliki 6.5 je prikazana časovna odvisnost ocenjenih efektivnih doz za odraslega prebivalca Slovenije za obdobje od leta 2000 dalje. Na grafu je prikazana ločena doza zaradi prispevkov ingestije in inhalacije oziroma zunanjega sevanja. Padec doze zunanjega obsevanja v letu 2002 je posledica spremenjene metodologije vrednotenja doz. Do leta 2001 se je namreč dozo zunanjega sevanja zaradi černobilske kontaminacije ocenjevalo iz odčitkov TL dozimetrov, kar je bilo obremenjeno z veliko negotovostjo meritve (ocenjeni vrednosti dozi zunanjega sevanja sta znašali $53,7 \mu\text{Sv}$ v letu 2000 in $50,0 \mu\text{Sv}$ v letu 2001).



Slika 6.5 | 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 | Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2017 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi ter zaradi radioaktivnega oblaka Ru-106

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



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. V letu 2017 je delno povišan prispevek k dozi zaradi prehoda radioaktivnega oblaka nad Evropo, ki je najverjetneje posledica izpusta zaradi nesreče v predelovalnem obratu izrabljenega jedrskega goriva nekje južno od Urala v Rusiji.

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. Ru-106 je bil merljiv v septembru, oktobru in delno v novembru 2017. Prispevek Ru-106 v letu 2017 k dozi zaradi ingestije in inhalacije je znašal okrog 3%, k skupni dozi (vključno z zunanjim obsevanjem) pa le okrog 1%.

Na podlagi meritev radioaktivnosti življenjskega okolja Republike Slovenije v letu 2017 ugotavljamo, da so bile specifične aktivnosti umetnih radionuklidov v hrani in zraku okrog 1% od mejnih vrednosti, predpisanih v uredbi UV2 [4].

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 [47] in UNSCEAR 2006 [58].

7.2 Priporočila

Zemlja.

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). Zaradi poznavanja dolgoročnega obnašanja in migracije radionuklidov v zemlji smo v preteklih poročilih predlagali, da bi bilo smiselno začeti tudi z vzorčenjem in analizo globljih plasti zemlje od 15 do 30 cm. Od leta 2018 dalje se bo začelo z vzorčenjem in meritvami zemlje do globine 40 cm.

Reke, voda.

Prav tako že več let zapored opazamo anomalijo s povečano vsebnostjo K-40 v vzorcih vode v reki Savinji na lokaciji pod Celjem in v Muri pri Petanjcih, ki za en do dva velikostna reda presega vrednosti v drugih rekah. Izmerjene visoke koncentracije K-40 so najverjetneje posledica bližine poljedeljsko intenzivnih območij in uporabe umetnih gnojil, ki imajo praviloma višje koncentracije K-40. Po nam dostopnih informacijah v marcu 2018, se pripravlja projektna naloga z izvedbo v letu 2018, kjer bi z dodatnim vzorčenjem (zemlja, vode na drugih lokacijah) pojasnili takšne anomalije.

Zrak.

Od leta 2013 izvajamo podrobnejšo analizo sezonskih variacij aktivnosti Cs-137 v zraku. Iz literature [17–21] 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. 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 sledeh oziroma so aktivnosti pod mejo detekcije. Po nam dostopnih informacijah v marcu 2018, se pripravlja projektna naloga z izvedbo v letu 2018, kjer bi s posebnim programom vzorčenja vzorcev lesa (drva, peleti, briketi) preverili in potrdili razloge za zgoraj omenjene sezonske variacije Cs-137.

Priporočilo 7.1 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. ■

V letu 2017 je nad Evropo v septembru in oktobru prešel radioaktivni oblak, kjer je bil izmerjen izotop Ru-106 (v nekaterih državah tudi Ru-103). Po ocenah tujih inštitutov je bil izpust konec septembra, nekje v Rusiji [15, 16]. Nad Evropo je bila glavnina oblaka ravno zadnje dneve septembra, zato so bili izpusti odkriti v začetku oktobra. V primeru zamika izpusta za nekaj dni bi v Sloveniji zaradi mesečne periodike vzorčenja in meritev zraka, radioaktivni oblak odkrili šele v začetku novembra.

Priporočilo 7.2 Predlagamo, da se preide z mesečne frekvence vzorčenja zraka na vsaj dvotedensko ali pogostejšo, saj bi le v takem primeru dovolj hitro odkrili morebitno kontaminacijo v zraku in bi lahko v primeru večjih izpustov državni organi izdali pravočasne zaščitne ukrepe. ■



Literatura

- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 76/2017, 2017.
- [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. 83/2016, 2016.
- [4] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji. Ur. list RS št. 18/2018, 2018.
- [5] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju januar – marec 2017. LMSAR-20170009-A-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2017.
- [6] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju april – junij 2017. LMSAR-20170009-B-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2017.
- [7] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju julij – september 2017. LMSAR-20170009-C-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2017.
- [8] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju oktober – december 2017. LMSAR-20170009-D-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [9] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. 60/2017, Institut "Jožef Stefan", 2017.
- [10] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2017 - faza 4 (sklop 1). LMSAR-137/2017-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2017.

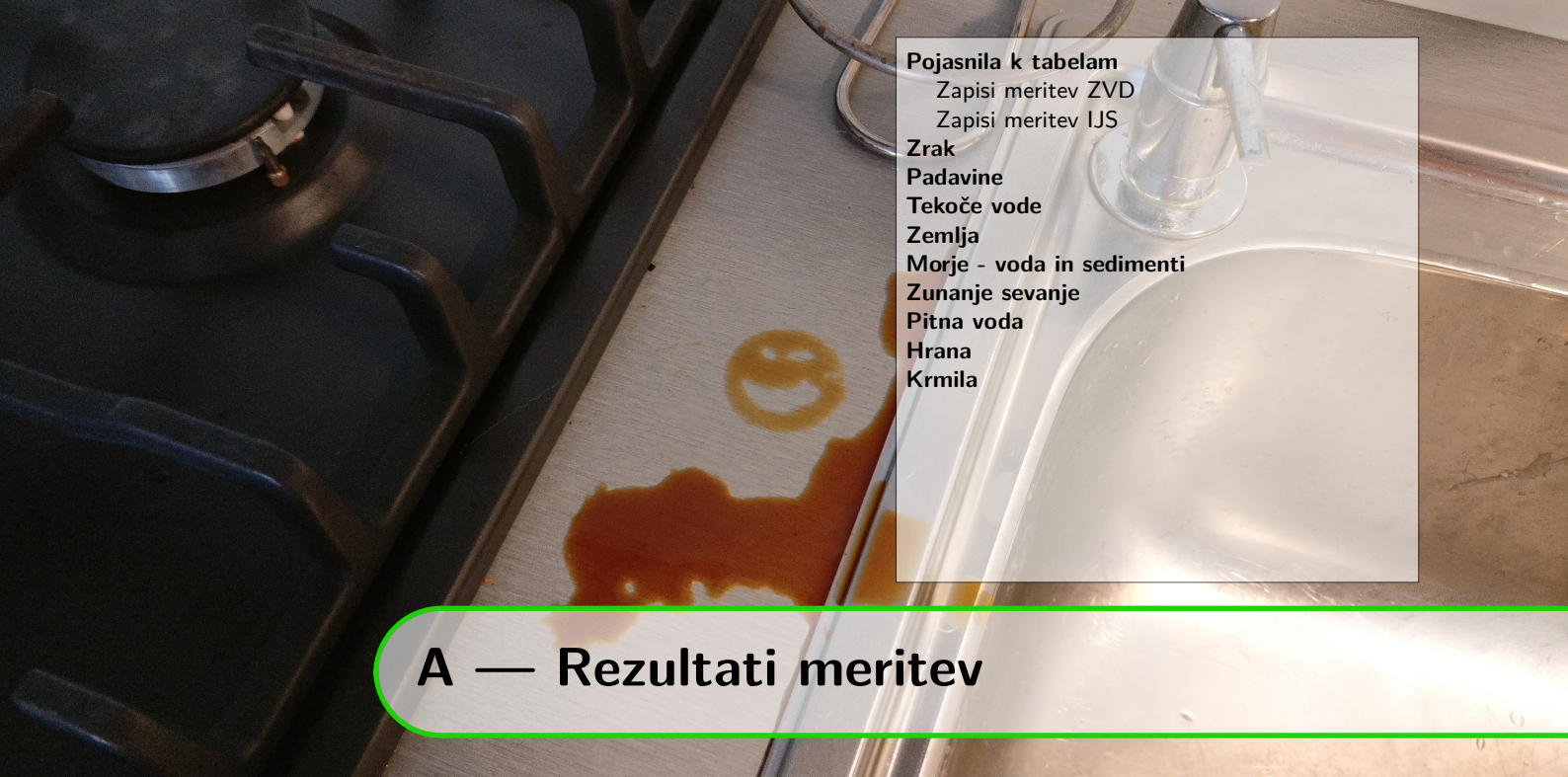
- [11] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2017 - faza 5 (sklop 1). LMSAR-158/2017-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2017.
- [12] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2017 - faza 6 (sklop 1. LMSAR-66/2018-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [13] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. 43/2017, Institut "Jožef Stefan", 2017.
- [14] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. 41/2017, Institut "Jožef Stefan", 2017.
- [15] Institut de Radioprotection et de Sûrete Nucléaire. Report on the IRSN's investigations following the widespread detection of Ru-106 in Europe early October 2017. http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_Report-on-IRSN-investigations-of-Ru-106-in-Europe-in-october-2017.pdf, 2018.
- [16] SCK-CEM Belgian Nuclear Research Centre. SCK-CEN publishes study on the presence of radioactive ruthenium-106 together with the RMI. http://www.sckcen.be/en/News/20171221_Ruthenium, 2018.
- [17] 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.
- [18] 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>.
- [19] 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.
- [20] 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](https://doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2). URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2>.
- [21] 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](https://doi.org/10.1051/radiopro/20095165). URL http://www.radioprotection.org/article_S0033845109051655.
- [22] Constantin Cosma, Andra Rada Iurian, Reka Incze, Tibor Kovacs, and Zora S. Žunić. The use of tree bark as long term biomonitor of ¹³⁷cs deposition. *Journal of Environmental Radioactivity*, 153:126–133, 3 2016. ISSN 0265-931X. doi: [10.1016/j.jenvrad.2015.12.019](https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.12.019).

- [23] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2013. LMSAR-20140003-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2014.
- [24] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2014. LMSAR-20150005-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [25] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2015. LMSAR-20160009-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2016.
- [26] ZVD. Letna poročila o radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije. od 1964 dalje, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 1964-.
- [27] IJS. Letna poročila o nadzoru radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško. od 2003 dalje, Institut "Jožef Stefan", 2003-.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2016. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec16_slo.pdf, 2017.
- [33] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2017. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_jan18_slo.pdf, 2018.
- [34] 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.
- [35] 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_-29CD7908_UID_-3F171EB0&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,5540;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=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23, 2017.

- [36] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=643, 2014.
- [37] Statistični urad RS. Podatkovni portal SI-STAT - končna poraba energije po vrsti energetskega vira (naravne enote), gospodinjstva, Slovenija, letno. http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1815404s&ti=&path=../Database/Okolje/18_energetika/07_18154_poraba_gospodinjstva/&lang=2, 2018.
- [38] Ukrainian arborist. Forest fires in the ukraine chernobyl exclusion zone. http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2016/07/20161707_ua-chernobyl.htm, 2016.
- [39] European Space Agency. The force that protects our planet. http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/05/The_force_that_protects_our_planet, 2014.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] National Academy of Sciences Space Studies Board, National Research Council. *Exploration of the Outer Heliosphere and the Local Interstellar Medium: A Workshop Report*. The National Academies Press, Washington, D.C., USA, 2004.
- [44] Space Weather Prediction Center U.S. Dept. of Commerce, NOAA. Recent solar indices. <http://www.swpc.noaa.gov/ftplib/weekly/RecentIndices.txt>, 2014.
- [45] National Aeronautics and Space Administration. Sunspots and solar flares. https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2201.html, 2017.
- [46] 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.
- [47] 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.
- [48] P. Guétat, C. Douche, and J.C. Hubinois. Le tritium et l’environnement: sources, mesures et transferts. *Radioprotection*, 43:547–569, 2008.
- [49] 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.

- [50] IAEA. *Heavy water reactors: status and projected development*. IAEA Technical Reports Series 407. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2002.
- [51] W. G. Alberts, P. Ambrosi, J. Böhm, G. Dietze, K. Hohlfeld, and W. Will. New dose quantities in radiation protection. PTB-Dos-23e, PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 1995.
- [52] P. Jovanovič. Radioaktivna kontaminacija alpskega predela slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov. , ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2004.
- [53] IAEA. *Assessment of doses to the public from ingested radionuclides*. IAEA Safety Reports Series 14. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1999.
- [54] 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.
- [55] International Commission on Radiological Protection. *Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60*, volume ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.) of *Annals of the ICRP*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2012.
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] 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.
- [59] 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 [59].

- 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	ZRJV0117	ZRJV0217	ZRJV0317	ZRJV0417	ZRJV0517	ZRJV0617	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum mer.	06.02.17	16.03.17	10.04.17	04.05.17	23.06.17	05.07.17	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	34190	35520	33620	35530	36720	35530	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	5,5E-6 ± 1,7E-6	5,7E-6 ± 1,9E-6		2,7E-6 ± 9,1E-7	1,9E-6 ± 1,8E-6	2,6E-6 ± 9,0E-7	3,7E-6
Ra-226*	1,5E-6 ± 1,5E-6	2,8E-6 ± 2,2E-7	3,6E-6 ± 4,3E-7	2,0E-6 ± 1,3E-7	3,4E-6 ± 2,6E-7	2,7E-6 ± 1,9E-7	2,7E-6
Pb-210	6,8E-4 ± 3,0E-5	5,3E-4 ± 2,3E-5	3,3E-4 ± 1,5E-5	2,6E-4 ± 1,1E-5	2,9E-4 ± 1,3E-5	3,2E-4 ± 1,4E-5	4,0E-4
Th (Ra-228)	1,7E-6 ± 6,5E-7	1,6E-6 ± 4,7E-7	9,0E-7 ± 8,9E-7	5,1E-7 ± 2,7E-7	1,4E-6 ± 4,4E-7		1,2E-6
Th-228	1,0E-6 ± 5,3E-7	2,7E-6 ± 2,6E-6	1,7E-6 ± 8,1E-7	6,1E-6 ± 3,0E-7		1,6E-6 ± 2,9E-7	2,6E-6
K-40	2,6E-4 ± 7,8E-6	2,4E-4 ± 6,6E-6	2,7E-4 ± 9,9E-6	2,4E-4 ± 5,8E-6	2,3E-4 ± 6,4E-6	2,3E-4 ± 6,3E-6	2,4E-4
Be-7	2,6E-3 ± 6,7E-5	2,4E-3 ± 6,6E-5	3,6E-3 ± 9,9E-5	4,1E-3 ± 1,1E-4	4,3E-3 ± 1,2E-4	5,2E-3 ± 1,4E-4	3,7E-3
I-131	< 6,0E-6	< 1,1E-5					8,7E-6
Cs-134							
Cs-137	2,0E-6 ± 1,7E-7	1,1E-6 ± 1,2E-7	4,9E-7 ± 1,7E-7	3,8E-7 ± 5,6E-8	< 8,4E-7	< 5,9E-7	8,9E-7
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							
Oznaka vzorca	ZRJV0717	ZRJV0817	ZRJV0917	ZRJV1017	ZRJV1117	ZRJV1217	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	Letno
Datum meritve	04.08.17	11.09.17	04.10.17	10.11.17	08.12.17	05.01.18	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	36620	36530	35670	37650	34550	36620	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	2,1E-6 ± 1,1E-6		2,1E-6 ± 2,9E-6	4,7E-6 ± 2,9E-6	7,5E-6 ± 3,6E-6	1,3E-6 ± 7,8E-7	3,6E-6
Ra-226*	1,3E-6 ± 1,7E-7	1,3E-6 ± 4,5E-7	2,4E-6 ± 3,9E-7	1,8E-6 ± 3,7E-7	2,5E-6 ± 4,5E-7	2,9E-6 ± 1,5E-7	2,4E-6
Pb-210	3,1E-4 ± 1,3E-5	4,8E-4 ± 2,1E-5	3,4E-4 ± 1,5E-5	6,7E-4 ± 2,9E-5	5,6E-4 ± 2,4E-5	3,8E-4 ± 1,7E-5	4,3E-4
Th (Ra-228)	1,7E-6 ± 2,9E-7			2,3E-6 ± 8,1E-7	1,7E-6 ± 1,1E-6		1,5E-6
Th-228	1,2E-5 ± 4,7E-7		1,4E-5 ± 9,9E-7		1,1E-6 ± 8,4E-7	1,2E-6 ± 2,4E-7	4,6E-6
K-40	2,3E-4 ± 5,9E-6	2,1E-4 ± 8,4E-6	2,6E-4 ± 8,9E-6	2,3E-4 ± 7,3E-6	2,6E-4 ± 9,2E-6	2,4E-4 ± 6,1E-6	2,4E-4
Be-7	4,6E-3 ± 1,2E-4	4,6E-3 ± 1,2E-4	2,1E-3 ± 5,8E-5	3,4E-3 ± 9,2E-5	2,4E-3 ± 6,5E-5	2,2E-3 ± 5,9E-5	3,5E-3
I-131							8,7E-6
Cs-134							
Cs-137	< 5,1E-7	< 1,4E-6	< 1,8E-6	2,6E-7 ± 3,7E-7	1,4E-6 ± 1,6E-7	1,7E-6 ± 9,7E-8	5,3E-7
Ru-106**			4,5E-4 ± 1,7E-5	2,7E-3 ± 5,4E-5	1,3E-5 ± 1,6E-6	< 4,4E-6	7,8E-4
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							
** Vrednost za september je preračunana na celotni vzorčeni volumen, v primeru upoštevanja vzorčenja 29.-30.9. znaša ocena koncentracije 6,7 ± 0,3 mBq/m ³							
Oznaka vzorca	ZRJV1017	ZRJV1017	ZRJV1017				
Datum vzorčenja	8.-16.10.2017	16.-22.10.2017	22.10.-1.11.2017				
Datum meritve	06.11.17	07.11.17	07.11.17				
Kol. vzorca (m ³)	9463	7082	12850				
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Ru-106	8,0E-5 ± 1,2E-5	3,7E-5 ± 1,1E-5	-				
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							

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

Oznaka vzorca	ZRPM0117	ZRPM0217	ZRPM0317	ZRPM0417	ZRPM0517	ZRPM0617	
Datum vzorčenja	januar	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum meritve	06.02.17	10.03.17	10.04.17	22.05.17	09.06.17	05.07.17	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	17520	8264	11840	10780	12640	12450	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	3,3E-6 ± 1,2E-6	2,0E-5 ± 8,2E-6					1,2E-5
Ra-226*	2,1E-6 ± 2,6E-7	4,9E-6 ± 1,0E-6	5,8E-6 ± 4,9E-7	1,4E-5 ± 2,4E-6	6,7E-6 ± 8,8E-7	8,9E-6 ± 9,5E-7	7,1E-6
Pb-210	2,9E-4 ± 1,3E-5	3,2E-4 ± 1,6E-5	3,7E-4 ± 1,6E-5	8,8E-4 ± 9,2E-5	2,8E-4 ± 1,4E-5	4,5E-4 ± 2,1E-5	4,3E-4
Th (Ra-228)	1,7E-6 ± 6,8E-7	2,8E-6 ± 2,1E-6			4,5E-6 ± 2,5E-6	4,8E-6 ± 2,2E-6	3,5E-6
Th-228	1,0E-6 ± 4,5E-7	3,3E-6 ± 2,0E-6	3,7E-6 ± 7,9E-7		3,9E-6 ± 1,7E-6		3,0E-6
K-40	4,8E-4 ± 1,2E-5	1,0E-3 ± 3,0E-5	6,8E-4 ± 1,9E-5	1,6E-3 ± 7,9E-5	6,6E-4 ± 2,3E-5	7,0E-4 ± 2,3E-5	8,5E-4
Be-7	2,5E-3 ± 6,8E-5	3,3E-3 ± 9,1E-5	4,4E-3 ± 1,2E-4	1,1E-2 ± 7,0E-4	4,2E-3 ± 1,2E-4	5,6E-3 ± 1,5E-4	5,2E-3
I-131	< 4,4E-6	< 3,1E-5					1,3E-5
Cs-134							
Cs-137	7,9E-7 ± 1,4E-7	< 5,3E-6	6,3E-7 ± 1,5E-7	< 1,1E-5	< 4,4E-6	< 4,1E-6	4,4E-6
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. * Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							
Oznaka vzorca	ZRPM0717	ZRPM0817	ZRPM0917	ZRPM1017	ZRPM1117	ZRPM1217	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	Letno
Datum meritve	07.08.17	06.09.17	11.10.17	10.11.17	12.12.17	05.01.18	mesečno
Kol. vzorca (m ³)	13550	13220	13410	15360	13090	9046	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)			2,2E-4 ± 3,7E-5	5,7E-6 ± 5,6E-6	1,2E-5 ± 8,9E-6		5,1E-5
Ra-226*	2,6E-6 ± 7,2E-7	7,3E-6 ± 1,3E-5	9,5E-6 ± 8,3E-7	4,2E-6 ± 7,2E-7	4,3E-6 ± 1,2E-6	1,8E-5 ± 9,8E-7	7,4E-6
Pb-210	4,1E-4 ± 1,9E-5	5,0E-4 ± 2,4E-5	4,3E-4 ± 2,0E-5	7,1E-4 ± 3,2E-5	3,1E-4 ± 1,6E-5	2,8E-4 ± 1,5E-5	4,4E-4
Th (Ra-228)			1,8E-5 ± 1,7E-6	4,2E-6 ± 2,8E-6	5,1E-6 ± 2,9E-6	7,1E-6 ± 2,0E-6	6,0E-6
Th-228	5,1E-6 ± 7,8E-7	2,7E-6 ± 1,7E-6	1,6E-5 ± 1,5E-6	3,8E-6 ± 1,4E-6	9,3E-6 ± 2,2E-6		5,5E-6
K-40	5,6E-4 ± 1,8E-5	5,6E-4 ± 2,1E-5	8,1E-4 ± 2,4E-5	5,5E-4 ± 1,6E-5	6,1E-4 ± 2,3E-5	9,3E-4 ± 2,6E-5	7,6E-4
Be-7	4,7E-3 ± 1,3E-4	5,3E-3 ± 1,5E-4	2,5E-3 ± 7,0E-5	4,3E-3 ± 1,2E-4	2,0E-3 ± 5,6E-5	2,6E-3 ± 7,3E-5	4,4E-3
I-131							1,8E-5
Cs-134							
Cs-137	< 2,0E-6	< 3,4E-6	< 4,0E-6	< 2,8E-6	< 3,6E-6	< 3,6E-6	6,3E-7
Ru-106			< 3,6E-5	2,8E-3 ± 6,5E-5	3,1E-5 ± 4,5E-6	3,5E-5 ± 4,8E-6	7,4E-4
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



Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	86223,2	111686,2	128377,5	130506,0	119399,9	135357,2	
Oznaka vzorca	RP17AE111	RP17AE121	RP17AE131	RP17AE141	RP17AE151	RP17AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22			2,5E-07 ± 3E-07 ‡		5,9E-07 ± 2E-07	8,1E-07 ± 2E-07	2,7E-07 ± 6E-08
U-238		1,3E-06 ± 5E-06 ‡	7,3E-06 ± 5E-06	1,5E-06 ± 6E-06 ‡	9,4E-07 ± 4E-06 ‡		1,8E-06 ± 2E-06
Ra-226							
Pb-210	9,7E-04 ± 7E-05	8,5E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 2E-05	4,9E-04 ± 2E-05	7,9E-04 ± 4E-05	7,1E-04 ± 2E-05
Ra-228	2,0E-06 ± 2E-06		4,5E-07 ± 1E-06 ‡	2,8E-07 ± 1E-06 ‡		5,9E-07 ± 7E-07 ‡	5,5E-07 ± 4E-07
Th-230							
Th-228	4,1E-06 ± 1E-06	1,1E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 6E-07	2,1E-06 ± 5E-07	1,1E-06 ± 5E-07	2,8E-06 ± 4E-07	2,1E-06 ± 3E-07
K-40	4,1E-05 ± 8E-05 ‡						6,8E-06 ± 1E-05
Be-7	4,0E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,8E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	6,8E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,6E-06 ± 5E-07	3,0E-06 ± 3E-07	1,6E-06 ± 2E-07	8,9E-07 ± 2E-07	5,6E-07 ± 1E-07	4,7E-07 ± 3E-07	1,8E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	125319,5	144536,5	122020,4	130497,6	137749,8	91890,5	
Oznaka vzorca	RP17AE171	RP17AE181	RP17AE191	RP17AE1AP**	RP17AE1BP**	RP17AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	6,9E-07 ± 3E-07						1,9E-07 ± 4E-08
U-238	6,0E-06 ± 5E-06	5,7E-06 ± 5E-06 ‡	6,5E-06 ± 5E-06 ‡	5,8E-06 ± 1E-05 ‡	4,3E-06 ± 5E-06 ‡	6,7E-07 ± 4E-06 ‡	3,3E-06 ± 2E-06
Ra-226							
Pb-210	6,9E-04 ± 3E-05	8,2E-04 ± 5E-05	6,1E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 8E-05	8,5E-04 ± 5E-05	9,9E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 1E-05
Ra-228	1,0E-06 ± 1E-06 ‡	9,5E-07 ± 8E-07	4,5E-06 ± 2E-06	1,2E-06 ± 3E-06 ‡	4,6E-08 ± 7E-07 ‡	5,6E-07 ± 1E-06 ‡	9,6E-07 ± 4E-07
Th-230							
Th-228	2,6E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 8E-07	7,2E-05 ± 2E-05	5,3E-06 ± 1E-06	2,6E-06 ± 6E-07	8,2E-06 ± 2E-06
K-40							3,4E-06 ± 7E-06
Be-7	5,5E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,7E-07 ± 4E-07	6,6E-09 ± 6E-08 ‡	5,1E-08 ± 2E-07 ‡	1,4E-06 ± 7E-07	1,8E-06 ± 4E-07	3,9E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106			3,0E-03 ± 1E-04	2,6E-03 ± 1E-04			4,7E-04 ± 1E-05
Sb-125							

**Mesečni vzorec je bil izračunan kot z volumnom prečrpanega zraka uteženo povprečje posameznih meritev v tem mesecu

A.3 Padavine

ZVD

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

Oznaka vzorca	FALI0117	FALI0217	FALI0317	FALI0417	FALI0517	FALI0617	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	13.04.2017	6.03.2017	5.04.2017	5.05.2017	19.06.2017	7.07.2017	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	Polletna vsota
Kol. vzorca (kg)							
Višina padavin #	56,3 mm	114,0 mm	33,8 mm	153,2 mm	71,6 mm	149,5 mm	578,4 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)		2,0E-1 ± 1,6E-1		2,6E-1 ± 1,9E-1	4,8E-1 ± 2,8E-1	2,8E-1 ± 1,5E-1	1,2E+0 ± 4,0E-1
Ra-226	2,6E-2 ± 2,5E-2			1,6E-1 ± 2,5E-2	6,9E-2 ± 3,3E-2		2,6E-1 ± 4,8E-2
Pb-210	1,6E+1 ± 5,5E-1	5,5E+0 ± 4,6E-1	3,5E+0 ± 3,5E-1	9,1E+0 ± 7,5E-1	4,6E+0 ± 4,6E-1	1,1E+1 ± 8,7E-1	5,0E+1 ± 1,5E+0
Th (Ra-228)				1,7E-1 ± 6,2E-2			1,7E-1 ± 6,2E-2
Th-228		8,8E-2 ± 5,2E-2	9,6E-2 ± 6,5E-2			1,2E-1 ± 5,3E-2	3,0E-1 ± 9,9E-2
K-40	4,9E-1 ± 3,2E-1		1,1E+0 ± 4,3E-1		5,2E-1 ± 4,4E-1	7,5E-1 ± 3,6E-1	2,8E+0 ± 7,8E-1
Be-7	1,6E+1 ± 5,5E-1	1,2E+1 ± 4,3E-1	1,1E+1 ± 3,8E-1	5,8E+1 ± 1,8E+0	4,0E+1 ± 1,4E+0	9,3E+1 ± 2,7E+0	2,3E+2 ± 3,6E+0
Cs-134							
Cs-137	5,0E-2 ± 1,1E-2	< 1,2E-1	< 6,3E-2	3,7E-2 ± 1,6E-2	< 2,0E-1	< 9,3E-2	5,6E-1 ± 1,9E-2
I-131							
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #							
U (Th-234)		1,7E+0 ± 1,4E+0		1,7E+0 ± 1,2E+0	6,7E+0 ± 3,9E+0	1,9E+0 ± 9,7E-1	2,0E+0
Ra-226	4,6E-1 ± 4,5E-1			1,1E+0 ± 1,6E-1	9,7E-1 ± 4,6E-1		4,1E-1
Pb-210	2,9E+2 ± 9,9E+0	4,8E+1 ± 4,1E+0	1,0E+2 ± 1,0E+1	5,9E+1 ± 4,9E+0	6,4E+1 ± 6,4E+0	7,0E+1 ± 5,8E+0	1,1E+2
Th (Ra-228)				1,1E+0 ± 4,0E-1			1,9E-1
Th-228		7,7E-1 ± 4,6E-1	2,8E+0 ± 1,9E+0			7,9E-1 ± 3,5E-1	7,3E-1
K-40	8,7E+0 ± 5,6E+0		3,1E+1 ± 1,3E+1		7,3E+0 ± 6,2E+0	5,0E+0 ± 2,4E+0	8,7E+0
Be-7	2,9E+2 ± 9,9E+0	1,1E+2 ± 3,8E+0	3,3E+2 ± 1,1E+1	3,8E+2 ± 1,1E+1	5,6E+2 ± 1,9E+1	6,2E+2 ± 1,8E+1	3,8E+2
Cs-134							
Cs-137	8,8E-1 ± 1,9E-1	< 1,1E+0	< 1,9E+0	2,4E-1 ± 1,0E-1	< 2,8E+0	< 6,2E-1	1,2E+0
I-131							
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
Oznaka vzorca	FALI0717	FALI0817	FALI0917	FALI1017	FALI1117	FALI1217	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	4.08.2017	12.09.2017	9.10.2017	15.11.2017	13.12.2017	11.01.2018	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	Letna vsota
Kol. vzorca (kg)							
Višina padavin #	73,0 mm	60,3 mm	343,6 mm	53,8 mm	203,9 mm	218,1 mm	1531,1 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)				1,3E-1 ± 1,2E-1			1,3E+0 ± 4,2E-1
Ra-226	1,8E-1 ± 2,6E-2	2,0E-1 ± 4,2E-2	1,1E-1 ± 1,2E-1	8,3E-2 ± 3,3E-2	9,5E-2 ± 5,1E-2	8,0E-2 ± 8,5E-2	1,0E+0 ± 1,7E-1
Pb-210	3,0E+0 ± 3,1E-1	1,0E+1 ± 8,9E-1	8,3E+0 ± 6,5E-1	1,6E+0 ± 1,6E-1	9,4E+0 ± 7,7E-1	5,8E+0 ± 5,8E-1	8,8E+1 ± 2,1E+0
Th (Ra-228)	1,9E-1 ± 1,1E-1	9,7E-2 ± 9,1E-2	3,1E-1 ± 5,6E-2			3,4E-1 ± 1,6E-1	1,1E+0 ± 2,3E-1
Th-228						1,4E+0 ± 5,1E-1	1,7E+0 ± 5,2E-1
K-40	1,0E+0 ± 3,5E-1					1,4E+0 ± 6,5E-1	5,2E+0 ± 1,1E+0
Be-7	2,4E+1 ± 8,0E-1	6,9E+1 ± 2,2E+0	9,3E+1 ± 2,6E+0	7,2E+0 ± 2,9E-1	4,8E+1 ± 1,5E+0	1,9E+1 ± 7,2E-1	4,9E+2 ± 5,3E+0
Cs-134							
Cs-137	< 1,4E-1					< 2,4E-1	9,4E-1 ± 1,9E-2
I-131							5,6E-1 ± 1,9E-2
Ru-106			4,7E-1 ± 4,1E-2	1,9E+0 ± 1,6E-1	< 1,5E+0		3,9E+0 ± 1,7E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #							
U (Th-234)				2,3E+0 ± 2,2E+0			1,2E+0
Ra-226	2,4E+0 ± 3,6E-1	3,4E+0 ± 7,0E-1	3,1E-1 ± 3,4E-1	1,5E+0 ± 6,2E-1	4,7E-1 ± 2,5E-1	3,7E-1 ± 3,9E-1	9,1E-1
Pb-210	4,2E+1 ± 4,2E+0	1,7E+2 ± 1,5E+1	2,4E+1 ± 1,9E+0	3,0E+1 ± 2,9E+0	4,6E+1 ± 3,8E+0	2,7E+1 ± 2,6E+0	8,2E+1
Th (Ra-228)	2,7E+0 ± 1,5E+0	1,6E+0 ± 1,5E+0	9,1E-1 ± 1,6E-1			1,6E+0 ± 7,3E-1	6,6E-1
Th-228						6,6E+0 ± 2,4E+0	9,2E-1
K-40	1,4E+1 ± 4,8E+0					6,3E+0 ± 3,0E+0	6,1E+0
Be-7	3,3E+2 ± 1,1E+1	1,1E+3 ± 3,7E+1	2,7E+2 ± 7,7E+0	1,3E+2 ± 5,4E+0	2,4E+2 ± 7,5E+0	8,5E+1 ± 3,3E+0	3,7E+2
Cs-134							
Cs-137	< 2,0E+0					< 1,1E+0	8,7E-1
I-131							6,2E-1
Ru-106			1,4E+0 ± 1,2E-1	3,6E+1 ± 3,0E+0	< 7,4E+0		3,7E+0
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							

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

ZVD

Oznaka vzorca	FALJK117	FALJK217	FALJK317	FALJK417
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec
Datum mer.	18.05.2017	25.08.2017	15.11.2017	30.01.2018
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25
Kol. vzorca (kg)				
Višina padavin #	204,1 mm	374,3 mm	476,9 mm	475,8 mm
	Letna vsota			
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)			
Sr-90	< 2,8E-2	< 2,7E-2	< 5,7E-2	< 3,5E-2
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #			
Sr-90	< 1,4E-1	< 7,1E-2	< 1,2E-1	< 7,3E-2
	Letno povpr.			
				1,0E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Oznaka vzorca ZVD	FALJ0117	FALJ0217	FALJ0317	FALJ0417	FALJ0517	FALJ0617
Oznaka vzorca IJS						
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij
Datum mer.	24.02.2017	30.03.2017	2.07.2017	23.05.2017	28.06.2017	19.07.2017
Kol. vzorca (kg)	1,0	1,0	-	1,0	1,0	1,0
Višina padavin #	56,3 mm	114,0 mm	33,8 mm	153,2 mm	71,6 mm	149,5 mm
	Letno povprečje					
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
H-3	4,9E+2 ± 6,8E+1	6,0E+2 ± 7,5E+1		8,4E+2 ± 7,8E+1	8,8E+2 ± 8,3E+1	9,3E+2 ± 7,5E+1
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
H-3	1,1E+3 ± 8,1E+1	1,0E+3 ± 7,8E+1	3,5E+2 ± 8,6E+1	5,5E+2 ± 6,3E+1	5,0E+2 ± 8,4E+1	2,7E+2 ± 7,9E+1
	Letno povprečje					
						6,3E+2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. V mesecu marcu ni bilo dovolj padavin za analizo vzorca

Rezultati, označeni s # in odebeljeni, niso akreditirani

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

ZVD

Oznaka vzorca	FANMK117	FANMK217	FANMK317	FANMK417
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec
Datum mer.	13.04.2017	14.07.2017	13.10.2017	10.01.2018
Dat. mer. Sr-90	29.05.2017	25.08.2017	15.11.2017	30.01.2018
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25
Kol. vzorca (kg)	12,3	40,0	33,7	97,1
Višina padavin #	136,2 mm	186,1 mm	385,2 mm	369,9 mm
	Letna vsota			
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)			
U (Th-234)				
Ra-226		8,2E-1 ± 1,5E-1	1,3E-1 ± 3,5E-2	7,6E-2 ± 3,2E-2
Pb-210	8,0E+0 ± 7,3E-1	3,9E+1 ± 3,0E+0	1,7E+1 ± 1,4E+0	1,0E+0 ± 1,6E-1
Th (Ra-228)	2,1E-1 ± 1,1E-1	4,2E-1 ± 1,6E-1		6,4E+1 ± 3,4E+0
Th-228			1,1E+0 ± 3,3E-1	6,3E-1 ± 1,9E-1
K-40	6,2E-1 ± 6,3E-1	2,7E+0 ± 5,2E-1	1,5E+0 ± 4,1E-1	1,1E+0 ± 3,3E-1
Be-7	1,1E+1 ± 6,2E-1	3,2E+2 ± 9,1E+0	3,9E+2 ± 1,1E+1	7,5E+0 ± 1,0E+0
Cs-134				7,9E+2 ± 1,5E+1
Cs-137	< 2,4E-1	5,3E-2 ± 1,7E-2	4,5E-2 ± 1,3E-2	7,9E+2 ± 1,5E+1
I-131				4,8E-1 ± 2,1E-2
Ru-106			< 8,3E-1	2,2E+0 ± 2,1E-1
Sr-90	3,1E-1 ± 3,6E-2	< 2,9E-2	3,1E-1 ± 3,6E-2	2,2E+0 ± 2,1E-1
	Letno povpr.			
	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #			
U (Th-234)				
Ra-226		4,4E+0 ± 8,0E-1	3,5E-1 ± 9,1E-2	2,1E-1 ± 8,6E-2
Pb-210	5,9E+1 ± 5,3E+0	2,1E+2 ± 1,6E+1	4,5E+1 ± 3,5E+0	1,6E+0
Th (Ra-228)	1,5E+0 ± 8,2E-1	2,3E+0 ± 8,4E-1		1,0E+2
Th-228			2,9E+0 ± 8,7E-1	1,9E+0
K-40	4,5E+0 ± 4,6E+0	1,5E+1 ± 2,8E+0	4,0E+0 ± 1,1E+0	2,9E+0
Be-7	7,8E+1 ± 4,5E+0	1,7E+3 ± 4,9E+1	1,0E+3 ± 2,9E+1	7,5E+0
Cs-134				7,5E+2
Cs-137	< 1,8E+0	2,8E-1 ± 9,3E-2	1,2E-1 ± 3,3E-2	7,5E+2
I-131				6,3E-1
Ru-106			< 2,1E+0	2,9E+0
Sr-90	2,3E+0 ± 2,6E-1	< 1,6E-1	8,1E-1 ± 9,3E-2	7,0E-1 ± 5,1E-2
	Letno povpr.			
				8,4E-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	FAMSK117	FAMSK217	FAMSK317	FAMSK417	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	14.04.2017	24.07.2017	17.10.2017	12.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	18.05.2017	25.08.2017	15.11.2017	30.01.2018	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	22,6	46,4	49,3	45,6	Letna vsota
Višina padavin #	83,4 mm	220,2 mm	381,2 mm	213,5 mm	898,3 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)					
Ra-226		1,2E-1 ± 4,9E-2	2,5E-1 ± 5,0E-2	7,5E-2 ± 3,3E-2	4,4E-1 ± 7,7E-2
Pb-210	9,9E+0 ± 8,1E-1	2,7E+1 ± 1,3E+0	1,7E+1 ± 8,4E-1	6,9E+0 ± 6,1E-1	6,1E+1 ± 1,8E+0
Th (Ra-228)	3,4E-1 ± 1,0E-1	3,1E-1 ± 9,2E-2	5,5E-1 ± 1,0E-1	3,4E-1 ± 9,7E-2	1,5E+0 ± 2,0E-1
Th-228	7,5E-2 ± 5,2E-2	2,5E-1 ± 9,2E-2			3,2E-1 ± 1,1E-1
K-40	2,3E+0 ± 3,9E-1	1,4E+1 ± 8,0E-1	1,1E+1 ± 8,0E-1	7,8E+0 ± 7,2E-1	3,5E+1 ± 1,4E+0
Be-7	1,0E+1 ± 4,0E-1	8,2E+1 ± 2,5E+0	1,3E+2 ± 3,7E+0	4,3E+1 ± 1,5E+0	2,6E+2 ± 4,7E+0
Cs-134					
Cs-137	< 9,5E-2	1,0E-1 ± 2,3E-2	5,1E-2 ± 2,3E-2		2,5E-1 ± 3,2E-2
I-131					
Ru-106				1,1E+0 ± 2,2E-1	1,1E+0 ± 2,2E-1
Sr-90	< 5,4E-2	3,4E-1 ± 3,5E-2	< 5,4E-2	2,3E-1 ± 9,0E-2	6,9E-1 ± 9,7E-2
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
U (Th-234)					Letno povpr.
Ra-226		5,2E-1 ± 2,2E-1	6,6E-1 ± 1,3E-1	3,5E-1 ± 1,6E-1	5,1E-1
Pb-210	1,2E+2 ± 9,7E+0	1,2E+2 ± 5,9E+0	4,6E+1 ± 2,2E+0	3,2E+1 ± 2,9E+0	7,9E+1
Th (Ra-228)	4,1E+0 ± 1,2E+0	1,4E+0 ± 4,2E-1	1,4E+0 ± 2,6E-1	1,6E+0 ± 4,5E-1	2,1E+0
Th-228	9,0E-1 ± 6,3E-1	1,1E+0 ± 4,2E-1			1,0E+0
K-40	2,8E+1 ± 4,7E+0	6,2E+1 ± 3,6E+0	2,9E+1 ± 2,1E+0	3,7E+1 ± 3,4E+0	3,9E+1
Be-7	1,3E+2 ± 4,8E+0	3,7E+2 ± 1,2E+1	3,4E+2 ± 9,7E+0	2,0E+2 ± 7,0E+0	2,6E+2
Cs-134					
Cs-137	< 1,1E+0	4,6E-1 ± 1,0E-1	1,3E-1 ± 6,0E-2		5,8E-1
I-131					
Ru-106				5,0E+0 ± 1,0E+0	5,0E+0
Sr-90	< 6,5E-1	1,6E+0 ± 1,6E-1	< 1,4E-1	1,1E+0 ± 4,2E-1	8,6E-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	FABOK117	FABOK217	FABOK317	FABOK417	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	13.04.2017	14.07.2017	11.10.2017	12.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	29.05.2017	23.08.2017	15.11.2017	30.01.2018	
Kol. vzorca (m ²)	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kol. vzorca (kg)	43,7	83,7	73,7	62,6	Letna vsota
Višina padavin #	460,2 mm	849,1 mm	673,0 mm	811,1 mm	2793,4 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)	9,7E-1 ± 7,1E-1				9,7E-1 ± 7,1E-1
Ra-226					
Pb-210	9,4E+1 ± 7,3E+0	5,4E+1 ± 4,4E+0	9,6E+1 ± 7,5E+0	1,1E+2 ± 8,3E+0	3,5E+2 ± 1,4E+1
Th (Ra-228)	4,2E-1 ± 1,8E-1	5,2E-1 ± 1,9E-1	1,1E+0 ± 3,2E-1	6,1E-1 ± 3,3E-1	2,6E+0 ± 5,3E-1
Th-228	5,7E-1 ± 1,8E-1				5,7E-1 ± 1,8E-1
K-40	4,7E+0 ± 1,2E+0	7,6E+0 ± 1,5E+0	6,4E+0 ± 1,7E+0	6,1E+0 ± 2,2E+0	2,5E+1 ± 3,4E+0
Be-7	2,3E+2 ± 6,6E+0	5,2E+2 ± 1,5E+1	5,6E+2 ± 1,7E+1	4,6E+2 ± 1,4E+1	1,8E+3 ± 2,7E+1
Cs-134					
Cs-137	5,7E-1 ± 4,5E-2	6,4E-1 ± 5,9E-2	4,5E-1 ± 7,3E-2	6,7E-1 ± 1,1E-1	2,3E+0 ± 1,5E-1
I-131					
Ru-106			< 5,5E+0	7,0E+0 ± 1,0E+0	1,2E+1 ± 1,0E+0
Sr-90	2,4E-1 ± 1,7E-1	< 1,2E-1	1,9E+0 ± 2,1E-1	< 1,8E-1	2,4E+0 ± 2,7E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³) #					
U (Th-234)	2,1E+0 ± 1,5E+0				2,1E+0
Ra-226					
Pb-210	2,0E+2 ± 1,6E+1	6,3E+1 ± 5,2E+0	1,4E+2 ± 1,1E+1	1,3E+2 ± 1,0E+1	1,4E+2
Th (Ra-228)	9,2E-1 ± 3,9E-1	6,1E-1 ± 2,3E-1	1,6E+0 ± 4,8E-1	7,6E-1 ± 4,1E-1	9,8E-1
Th-228	1,2E+0 ± 3,9E-1				1,2E+0
K-40	1,0E+1 ± 2,7E+0	8,9E+0 ± 1,8E+0	9,6E+0 ± 2,5E+0	7,5E+0 ± 2,7E+0	9,1E+0
Be-7	5,0E+2 ± 1,4E+1	6,2E+2 ± 1,8E+1	8,4E+2 ± 2,5E+1	5,7E+2 ± 1,7E+1	6,3E+2
Cs-134					
Cs-137	1,2E+0 ± 9,7E-2	7,6E-1 ± 6,9E-2	6,6E-1 ± 1,1E-1	8,3E-1 ± 1,3E-1	8,7E-1
I-131					
Ru-106			< 8,2E+0	8,6E+0 ± 1,2E+0	5,6E+0
Sr-90	5,3E-1 ± 3,7E-1	< 1,4E-1	1,2E-1 ± 3,1E-1	< 2,2E-1	2,5E-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



Vzorč. mesto	Sava Laze		Polletno povprečje (za celo leto)
	6. 3. 2017	5. 10. 2017	
Datum vzor.	6. 3. 2017	5. 10. 2017	Polletno povprečje (za celo leto)
Pretok (m ³ /s)***	77,2	74,2	
Kol. vzorca (L)	52,86	50,36	
Koda vzorca	RP17SN131	RP17SN1A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	2,7E+00 ± 3E+00 ‡	3,5E+00 ± 5E+00 ‡	3,1E+00 ± 3E+00
Ra-226	1,9E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,0E+00 ± 3E+00 ‡	8,6E-01	9,4E-01 ± 8E-02 x
Ra-228	1,2E+00 ± 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	8,6E-01 ± 2E-01
Th-228	7,5E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Be-7	8,8E+00 ± 9E-01	3,3E+00 ± 7E-01	6,1E+00 ± 6E-01
I-131	2,9E-01 ± 2E-01 ‡	5,6E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 2E-01
Cs-134			
Cs-137	2,3E-01 ± 8E-02		1,1E-01 ± 4E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106		1,9E+00 ± 8E-01	9,4E-01 ± 4E-01
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,7E+00 ± 2E-01 #	2,8E+00 ± 2E-01 #	2,8E+00 ± 1E-01 #
H-3	5,1E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 8E+01



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

Vzorč. mesto	Savinja pod Celjem		Polletno povprečje (za celo leto)
	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Datum vzor.	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	54	26,6	
Kol. vzorca (L)	53,99	49,84	
Koda vzorca	RP17SN331	RP17SN391	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,2E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 1E+00 #	3,5E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,8E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01
Pb-210	3,3E-01 #	2,8E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	1,7E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	4,8E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 9E-02	5,1E-01 ± 1E-01
Th-230		1,0E+01 ± 5E+00 #	5,0E+00 ± 3E+00
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01
Be-7	9,3E-01 ± 2E+00 ‡	1,3E+01 ± 1E+00	7,0E+00 ± 1E+00
I-131	1,1E+00 ± 5E-01	9,1E-01 ± 1E-01	9,8E-01 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137		2,1E-01 ± 6E-02	1,1E-01 ± 3E-02
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

Vzorč. mesto	Soča Solkan		Polletno povprečje (za celo leto)
	6. 4. 2017	27. 9. 2017	
Datum vzor.	6. 4. 2017	27. 9. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	145	125	
Kol. vzorca (L)	52,52	50,25	
Koda vzorca	RP17SN541	RP17SN591	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238			
Ra-226	1,5E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	2,3E+00 ± 1E+00 #	2,8E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	8,1E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 5E-01 ‡	6,9E-01 ± 3E-01
Th-228	1,6E-01 ± 3E-01 ‡	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-01 ± 2E-01
Th-230		5,1E+00 ± 7E+00 ‡,#	2,5E+00 ± 4E+00
K-40	1,4E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 2E+00
Be-7	2,9E+00 ± 6E-01	1,0E+01 ± 1E+00	6,6E+00 ± 7E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137		3,1E-03 ± 5E-02 ‡,#	1,6E-03 ± 2E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106		3,7E-01 ± 2E+00 ‡	1,8E-01 ± 8E-01 ‡
Sb-125			

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



Vzorč. mesto	Krka - Otočec		Polletno povprečje (za celo leto)
	5. 4. 2017	10. 10. 2017	
Datum vzor.	5. 4. 2017	10. 10. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	7,2	20,8	
Kol. vzorca (L)	50,89	49,41	
Koda vzorca	RP17SN82241	RP17SN822A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,3E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	6,2E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 3E-01	4,1E+00 ± 6E-01
Pb-210	5,4E+00 ± 4E+00	7,2E+00 ± 6E-01	6,3E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Th-228	1,7E+00 ± 2E-01	4,1E-01 ± 7E-02	1,1E+00 ± 1E-01
Th-230		2,7E+00 ± 4E+00	1,4E+00 ± 2E+00
K-40	3,3E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00
Be-7	3,4E+00 ± 7E-01	1,3E+01 ± 1E+00	8,3E+00 ± 6E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106		7,2E-01 ± 6E-01	3,6E-01 ± 3E-01
Sb-125			

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



Vzorč. mesto	Sava - Brežice		Polletno povprečje (za celo leto)
	5. 4. 2017	10. 10. 2017	
Datum vzor.	5. 4. 2017	10. 10. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	104	230	
Kol. vzorca (L)	51,28	51,58	
Koda vzorca	RP17SN82541	RP17SN825A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	1,9E+00 ± 3E+00	1,7E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,0E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 6E-01
Pb-210	4,1E-01 ± 1E+00	4,5E-01 ± 1E+01	4,3E-01 ± 6E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01
Th-228	1,1E+00 ± 5E-01	2,0E-01 ± 6E-01	6,6E-01 ± 4E-01
Th-230			
K-40	4,3E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 3E+00
Be-7	1,1E+00 ± 9E-01	1,1E+01 ± 1E+00	6,0E+00 ± 7E-01
I-131	8,7E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 3E-01	6,0E+00 ± 6E-01
Cs-134			
Cs-137	1,5E-01 ± 9E-02		7,5E-02 ± 5E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106		3,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E-01
Sb-125			
H-3	5,5E+02 ± 6E+01	6,7E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 6E+01



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

Vzorč. mesto	Vinica - Kolpa		Polletno povprečje (za celo leto)
	10. 4. 2017	28. 9. 2017	
Datum vzor.	10. 4. 2017	28. 9. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	9,4	58,5	
Kol. vzorca (L)	51,48	52,68	
Koda vzorca	RP17SN83441	RP17SN83491	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	2,7E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,0E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 4E-01
Pb-210	8,8E-03 ± 9E-02 #,#	4,9E+00 ± 4E+00	2,5E+00 ± 2E+00
Ra-228	9,0E-01 ± 4E-01	6,3E-01 ± 4E-01	7,6E-01 ± 3E-01
Th-228	7,1E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	1,3E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 2E+00
Be-7	1,2E+00 ± 6E-01	5,7E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 8E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	3,2E-02 ± 8E-02 #,#		1,6E-02 ± 4E-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

Vzorč. mesto	Drava pri meji - Dravograd		Polletno povprečje (za celo leto)
	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Datum vzor.	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	240	368	
Kol. vzorca (L)	50,16	50,13	
Koda vzorca	RP17SN2331	RP17SN2391	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	7,5E+00 ± 1E+00	7,7E+00 ± 2E+00	7,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,9E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 3E-01
Pb-210	9,9E+00 ± 5E+00	1,5E+00	5,7E+00 ± 4E+00 x
Ra-228	2,9E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Th-228	1,3E+00 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01
Th-230			
K-40	6,0E+01 ± 6E+00	4,3E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 4E+00
Be-7	1,2E+01 ± 9E-01	3,9E+00 ± 7E-01	8,2E+00 ± 6E-01
I-131	2,1E+00 ± 2E-01		1,1E+00 ± 1E-01
Cs-134			
Cs-137	1,1E+00 ± 1E-01	5,5E-01 ± 9E-02	8,1E-01 ± 7E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,5E+00 ± 1E-01 #	1,6E+00 ± 1E-01 #	1,5E+00 ± 8E-02 #
H-3	6,4E+02 ± 6E+01	7,4E+02 ± 8E+01	6,9E+02 ± 5E+01

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



Vzorč. mesto	Mura pri meji - Petanjci		Polletno povprečje (za celo leto)
	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Datum vzor.	7. 3. 2017	11. 9. 2017	
Pretok (m ³ /s)***	85,8	139	
Kol. vzorca (L)	51,48	49,02	
Koda vzorca	RP17SN931	RP17SN991	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	5,5E+00 ± 3E+00	3,5E+00 ± 4E+00 ‡	4,5E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,5E+00 ± 7E-01 #	2,4E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,7E-01 ± 1E+00 ‡,#	3,6E-01 #	2,7E-01 ± 9E-02 x
Ra-228	2,3E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 3E-01
Th-228	8,1E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	7,4E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	9,5E+01 ± 9E+00	6,2E+01 ± 6E+00	7,8E+01 ± 6E+00
Be-7	6,3E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 9E-01
I-131	1,2E+00 ± 3E-01		5,9E-01 ± 2E-01
Cs-134			
Cs-137	6,7E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 1E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,4E+00 ± 2E-01 #	2,0E+00 ± 1E-01 #	2,2E+00 ± 1E-01 #
H-3	8,8E+02 ± 8E+01	9,4E+02 ± 1E+02	9,1E+02 ± 7E+01

A.5 Zemlja



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

Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	5. 6. 2017			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	33,4	40,1	43,1	116,7
Oznaka vzorca	RP17ZN1A61	RP17ZN1B61	RP17ZN1C61	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)			
U-238	1,8E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 2E+02	6,1E+03 ± 4E+02
Ra-226	2,3E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	2,7E+03 ± 3E+02	7,8E+03 ± 4E+02
Pb-210	3,4E+02	1,0E+03 ± 1E+03 ‡	8,8E+02 ± 6E+02	2,2E+03 ± 1E+03 x
Ra-228	2,0E+03 ± 6E+01	2,4E+03 ± 7E+01	2,5E+03 ± 7E+01	6,9E+03 ± 1E+02
Th-228	2,0E+03 ± 5E+01	2,3E+03 ± 6E+01	2,4E+03 ± 6E+01	6,7E+03 ± 1E+02
Th-230				
K-40	2,5E+04 ± 2E+03	3,0E+04 ± 3E+03	3,1E+04 ± 3E+03	8,6E+04 ± 5E+03
Be-7	5,6E+02 ± 7E+01			5,6E+02 ± 7E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,9E+03 ± 8E+01	2,3E+03 ± 7E+01	2,8E+03 ± 1E+02	7,0E+03 ± 1E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	4,3E+01 ± 3E+00 #	5,1E+01 ± 4E+00 #	5,6E+01 ± 4E+00 #	1,5E+02 ± 7E+00 #

Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	10. 11. 2017			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	41,1	37,7	41,3	120,1
Oznaka vzorca	RP17ZN1AB1	RP17ZN1BB1	RP17ZN1CB1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)			
U-238	2,4E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 3E+02	6,8E+03 ± 4E+02
Ra-226	2,7E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	8,1E+03 ± 4E+02
Pb-210	3,3E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 5E+02	1,0E+03 ± 1E+03 ‡	6,9E+03 ± 1E+03
Ra-228	2,3E+03 ± 7E+01	2,1E+03 ± 6E+01	2,4E+03 ± 7E+01	6,8E+03 ± 1E+02
Th-228	2,4E+03 ± 6E+01	2,1E+03 ± 6E+01	2,3E+03 ± 6E+01	6,8E+03 ± 1E+02
Th-230	5,5E+03 ± 9E+02		1,1E+03 ± 3E+03 ‡	6,6E+03 ± 3E+03
K-40	2,9E+04 ± 3E+03	2,5E+04 ± 2E+03	2,9E+04 ± 3E+03	8,4E+04 ± 5E+03
Be-7	5,6E+02 ± 7E+01			5,6E+02 ± 7E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,5E+03 ± 8E+01	2,6E+03 ± 9E+01	3,2E+03 ± 1E+02	8,3E+03 ± 2E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	5,3E+01 ± 4E+00 #	5,5E+01 ± 4E+00 #	7,1E+01 ± 5E+00 #	1,8E+02 ± 8E+00 #

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



Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	5. 6. 2017			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	33,4	40,1	43,1	116,7
Oznaka vzorca	RP17ZN1A61	RP17ZN1B61	RP17ZN1C61	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)			
U-238	5,2E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 4E+00
Ra-226	7,0E+01 ± 7E+00	6,9E+01 ± 6E+00	6,4E+01 ± 6E+00	6,7E+01 ± 4E+00
Pb-210	1,0E+01	2,5E+01 ± 3E+01 ‡	2,0E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 1E+01 x
Ra-228	6,1E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 2E+00	5,9E+01 ± 1E+00
Th-228	5,9E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 1E+00	5,5E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 8E-01
Th-230				
K-40	7,6E+02 ± 7E+01	7,4E+02 ± 7E+01	7,1E+02 ± 7E+01	7,3E+02 ± 4E+01
Be-7	1,7E+01 ± 2E+00			4,8E+00 ± 6E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,7E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 2E+00	6,4E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 1E+00
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 1E-01 #	1,3E+00 ± 1E-01 #	1,3E+00 ± 1E-01 #	1,3E+00 ± 6E-02 #

Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	10. 11. 2017			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ²)	41,1	37,7	41,3	120,1
Oznaka vzorca	RP17ZN1AB1	RP17ZN1BB1	RP17ZN1CB1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)			
U-238	5,8E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	5,9E+01 ± 7E+00	5,6E+01 ± 3E+00
Ra-226	6,6E+01 ± 6E+00	6,5E+01 ± 6E+00	7,1E+01 ± 7E+00	6,8E+01 ± 4E+00
Pb-210	7,9E+01 ± 5E+00	7,0E+01 ± 1E+01	2,5E+01 ± 2E+01 ‡	5,6E+01 ± 1E+01
Ra-228	5,7E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 9E-01
Th-228	5,8E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 9E-01
Th-230	1,3E+02 ± 2E+01		2,7E+01 ± 6E+01 ‡	4,8E+01 ± 2E+01
K-40	7,1E+02 ± 7E+01	6,7E+02 ± 6E+01	7,1E+02 ± 7E+01	7,0E+02 ± 4E+01
Be-7	1,4E+01 ± 2E+00			3,9E+00 ± 5E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,1E+01 ± 2E+00	6,8E+01 ± 2E+00	7,8E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 2E+00
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 1E-01 #	1,5E+00 ± 1E-01 #	1,7E+00 ± 1E-01 #	1,5E+00 ± 6E-02 #

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

Oznaka vzorca	ZKO050517	ZKO100517	ZKO150517	ZKO050917	ZKO100917	ZKO150917
Datum vzorčenja	20.05.17	20.05.17	20.05.17	23.09.17	23.09.17	23.09.17
Datum meritve	24.05.17	24.05.17	26.05.17	03.10.17	03.10.17	04.10.17
Datum mer. Sr-90	09.08.17	09.08.17	09.08.17	20.11.17	20.11.17	20.11.17
Kol. vzorca (m ²)	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02
Kol. vzorca (kg)	7,04E-01	5,87E-01	5,80E-01	5,35E-01	5,80E-01	5,05E-01
Globina vzorčenja	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 ± 6E+0	3,7E+1 ± 7E+0	6,9E+1 ± 1E+1	3,4E+1 ± 6E+0	5,3E+1 ± 6E+0	7,3E+1 ± 1E+1
Ra-226*	2,4E+1 ± 5E-1	2,8E+1 ± 5E-1	3,1E+1 ± 6E-1	2,6E+1 ± 6E-1	3,3E+1 ± 9E-1	3,3E+1 ± 1E+0
Pb-210	1,6E+2 ± 1E+1	1,4E+2 ± 1E+1	1,2E+2 ± 1E+1	2,0E+2 ± 2E+1	1,5E+2 ± 1E+1	1,1E+2 ± 1E+1
Th (Ra-228)	3,5E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 9E-1	3,8E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 2E+0
Th-228	3,1E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 1E+0	3,1E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 2E+0	3,4E+1 ± 2E+0
K-40	4,0E+2 ± 2E+1	4,0E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 3E+1
Be-7	2,7E+1 ± 2E+0			4,0E+1 ± 2E+0		
Cs-134						
Cs-137	1,4E+2 ± 4E+0	1,5E+2 ± 4E+0	1,4E+2 ± 4E+0	1,5E+2 ± 4E+0	1,7E+2 ± 4E+0	1,6E+2 ± 4E+0
Sr-90	5,3E+0 ± 5E-1	6,3E+0 ± 6E-1	4,0E+0 ± 4E-1	3,8E+0 ± 4E-1	4,6E+0 ± 4E-1	4,0E+0 ± 4E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
U (Th-234)	7,6E+2 ± 1E+2	7,0E+2 ± 1E+2	1,3E+3 ± 2E+2	7,5E+2 ± 1E+2	1,0E+3 ± 1E+2	1,4E+3 ± 2E+2
Ra-226*	5,4E+2 ± 1E+1	5,2E+2 ± 9E+0	5,8E+2 ± 1E+1	5,7E+2 ± 1E+1	6,1E+2 ± 2E+1	6,0E+2 ± 2E+1
Pb-210	3,6E+3 ± 3E+2	2,6E+3 ± 2E+2	2,2E+3 ± 2E+2	4,5E+3 ± 4E+2	2,9E+3 ± 2E+2	2,0E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	7,9E+2 ± 2E+1	6,9E+2 ± 2E+1	7,1E+2 ± 2E+1	7,9E+2 ± 2E+1	7,1E+2 ± 3E+1	7,0E+2 ± 3E+1
Th-228	6,9E+2 ± 3E+1	6,3E+2 ± 2E+1	6,9E+2 ± 2E+1	7,0E+2 ± 3E+1	6,7E+2 ± 3E+1	6,2E+2 ± 4E+1
K-40	8,9E+3 ± 5E+2	7,5E+3 ± 4E+2	7,6E+3 ± 4E+2	9,1E+3 ± 5E+2	7,7E+3 ± 4E+2	7,6E+3 ± 5E+2
Be-7	6,1E+2 ± 4E+1			9,0E+2 ± 5E+1		
Cs-134						
Cs-137	3,2E+3 ± 8E+1	2,8E+3 ± 7E+1	2,6E+3 ± 7E+1	3,4E+3 ± 8E+1	3,2E+3 ± 8E+1	2,9E+3 ± 8E+1
Sr-90	1,2E+2 ± 1E+1	1,2E+2 ± 1E+1	7,4E+1 ± 7E+0	8,5E+1 ± 9E+0	8,7E+1 ± 8E+0	7,3E+1 ± 7E+0

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

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

Oznaka vzorca	ZMS050517	ZMS100517	ZMS150517	ZMS050917	ZMS100917	ZMS150917
Datum vzorčenja	06.05.17	06.05.17	06.05.17	16.09.17	16.09.17	16.09.17
Datum meritve	18.05.17	18.05.17	21.05.17	25.09.17	25.09.17	25.09.17
Datum mer. Sr-90	26.06.17	26.06.17	26.06.17	17.11.17	20.11.17	20.11.17
Kol. vzorca (m ²)	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02	3,14E-02
Kol. vzorca (kg)	8,21E-01	8,48E-01	9,34E-01	8,88E-01	9,94E-01	9,12E-01
Globina vzorčenja	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 ± 1E+1	5,6E+0 ± 1E+0	2,5E+1 ± 5E+0	4,8E+1 ± 7E+0	4,1E+1 ± 9E+0	3,9E+1 ± 8E+0
Ra-226*	4,5E+1 ± 1E+0	3,0E+1 ± 5E-1	3,0E+1 ± 6E-1	3,3E+1 ± 2E+0	3,4E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 8E-1
Pb-210	8,0E+1 ± 8E+0	2,2E+1 ± 2E+0	2,9E+1 ± 3E+0	6,1E+1 ± 8E+0	4,3E+1 ± 7E+0	4,9E+1 ± 5E+0
Th (Ra-228)	5,3E+1 ± 2E+0	3,7E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	4,2E+1 ± 2E+0	3,9E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 2E+0
Th-228	4,7E+1 ± 2E+0	3,4E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 2E+0	4,1E+1 ± 2E+0	3,9E+1 ± 2E+0
K-40	5,7E+2 ± 2E+1	4,0E+2 ± 2E+1	4,0E+2 ± 2E+1	5,2E+2 ± 3E+1	5,0E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	4,1E+1 ± 3E+0	2,8E+1 ± 7E-1	1,8E+1 ± 6E-1	1,7E+1 ± 9E-1	1,7E+1 ± 8E-1	1,9E+1 ± 8E-1
Sr-90	7,9E-1 ± 2E-1	2,6E+0 ± 3E-1	5,5E-1 ± 2E-1	6,0E-1 ± 3E-1	1,2E+0 ± 2E-1	3,3E+0 ± 3E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
U (Th-234)	1,3E+3 ± 3E+2	1,5E+2 ± 3E+1	7,4E+2 ± 1E+2	1,3E+3 ± 2E+2	1,1E+3 ± 2E+2	1,2E+3 ± 2E+2
Ra-226*	1,2E+3 ± 3E+1	8,1E+2 ± 1E+1	9,0E+2 ± 2E+1	8,5E+2 ± 4E+1	9,3E+2 ± 3E+1	1,0E+3 ± 3E+1
Pb-210	2,1E+3 ± 2E+2	6,0E+2 ± 5E+1	8,7E+2 ± 9E+1	1,6E+3 ± 2E+2	1,2E+3 ± 2E+2	1,5E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	1,4E+3 ± 5E+1	1,0E+3 ± 3E+1	1,1E+3 ± 3E+1	1,1E+3 ± 5E+1	1,1E+3 ± 5E+1	1,3E+3 ± 5E+1
Th-228	1,2E+3 ± 6E+1	9,3E+2 ± 3E+1	1,0E+3 ± 4E+1	1,0E+3 ± 6E+1	1,1E+3 ± 6E+1	1,2E+3 ± 5E+1
K-40	1,5E+4 ± 7E+2	1,1E+4 ± 6E+2	1,2E+4 ± 7E+2	1,4E+4 ± 8E+2	1,4E+4 ± 8E+2	1,5E+4 ± 9E+2
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	1,1E+3 ± 7E+1	7,4E+2 ± 2E+1	5,3E+2 ± 2E+1	4,4E+2 ± 2E+1	4,6E+2 ± 2E+1	5,6E+2 ± 2E+1
Sr-90	2,1E+1 ± 4E+0	7,1E+1 ± 7E+0	1,6E+1 ± 5E+0	1,7E+1 ± 1E+1	3,7E+1 ± 8E+0	9,6E+1 ± 9E+0

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

A.6 Morje - voda in sedimenti

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



Vzorč. mesto	Piranski zaliv
Datum vzor.	27. 9. 2017
Kol. vzorca (L)	50,00
Koda vzorca	RP17VM63391
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)
U-238	
Ra-226	
Pb-210	
Ra-228	
Th-228	
Th-230	
K-40	
Be-7	
I-131	
Cs-134	
Cs-137	1,3E+00 ± 2E-01
Co-58	
Co-60	
Cr-51	
Mn-54	
Zn-65	
Nb-95	
Ru-106	
Sb-125	

Vzorč. mesto	Piranski zaliv
Datum vzor.	27. 9. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,51
Koda vzorca	RP17SD63391
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)
U-238	5,9E+00 ± 2E+00
Ra-226	9,8E+00 ± 1E+00
Pb-210	5,4E+00
Ra-228	5,4E+00 ± 2E-01
Th-228	6,0E+00 ± 2E-01
Th-230	
K-40	9,5E+01 ± 9E+00
Be-7	2,5E+01 ± 1E+00
I-131	
Cs-134	
Cs-137	1,6E-01 ± 8E-02
Co-58	
Co-60	
Cr-51	
Mn-54	
Zn-65	
Nb-95	
Ru-106	
Sb-125	

A.7 Zunanje sevanje



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

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza $H^*(10)$ (mSv) v obdobju		Letna doza $H^*(10)$ (mSv) v 2017	Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v obdobju		Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v 2017
		od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017	od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018		od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017	od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018	
1	KOČEVJE	0,456 ± 0,070	0,511 ± 0,079	0,967 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,465 ± 0,072	0,505 ± 0,078	0,970 ± 0,106	0,078 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,568 ± 0,087	0,615 ± 0,095	1,182 ± 0,129	0,095 ± 0,015	0,102 ± 0,016	0,099 ± 0,021
4	DRAŠIČI METLIKA	0,416 ± 0,064	0,457 ± 0,070	0,873 ± 0,095	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016
5	NOVO MESTO	0,342 ± 0,053	0,348 ± 0,054 *	0,691 ± 0,075	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009 *	0,058 ± 0,013
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,372 ± 0,057	0,301 ± 0,046	0,673 ± 0,074	0,063 ± 0,010	0,050 ± 0,008	0,056 ± 0,012
7	LISCA	0,365 ± 0,056	0,385 ± 0,059	0,750 ± 0,082	0,061 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014
8	CELJE	0,416 ± 0,064	0,460 ± 0,071	0,876 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016
9	ROGAŠKA SLATINA	0,414 ± 0,064	0,412 ± 0,064	0,826 ± 0,090	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015
10	SLOVENSKE KONJICE	0,395 ± 0,061	0,404 ± 0,062	0,798 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,014
11	ROGLA	0,517 ± 0,080	0,588 ± 0,091	1,105 ± 0,121	0,087 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,092 ± 0,020
12	MARIBOR	0,390 ± 0,060	0,438 ± 0,068	0,828 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015
13	PTUJ	0,451 ± 0,069	0,485 ± 0,075	0,935 ± 0,102	0,076 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,078 ± 0,017
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,383 ± 0,059	0,436 ± 0,067	0,819 ± 0,089	0,064 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,068 ± 0,015
15	LENDAVA	0,438 ± 0,067	0,349 ± 0,054	0,787 ± 0,086	0,074 ± 0,011	0,058 ± 0,009	0,066 ± 0,014
16	MURSKA SOBOTA	0,392 ± 0,060	0,432 ± 0,067	0,824 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015
17	VELIKI DOLENCI	0,459 ± 0,071	0,503 ± 0,077	0,961 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,017
18	GORNJA RADGONA	0,403 ± 0,062 *	0,410 ± 0,063	0,812 ± 0,088	0,068 ± 0,010 *	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,015
19	SVEČINA PLAČ	0,453 ± 0,070	0,497 ± 0,076	0,950 ± 0,104	0,076 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,079 ± 0,017
20	RIBNICA NA POHORJU	0,450 ± 0,069	0,463 ± 0,071	0,913 ± 0,099	0,076 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,076 ± 0,017
21	KOTLJE	0,478 ± 0,074	0,546 ± 0,084	1,024 ± 0,112	0,080 ± 0,012	0,090 ± 0,014	0,085 ± 0,019
22	VELENJE	0,435 ± 0,067	0,462 ± 0,071	0,897 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,075 ± 0,016
23	NAZARJE MOZIRJE	0,414 ± 0,064	0,459 ± 0,071	0,873 ± 0,095	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016
24	LUČE OB SAVINJI	0,424 ± 0,065	0,436 ± 0,067	0,860 ± 0,094	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,016
25	VAČE	0,443 ± 0,068	0,450 ± 0,069	0,893 ± 0,097	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,016
26	LIUBLJANA BEŽIGRAD	0,390 ± 0,060	0,433 ± 0,067	0,823 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015
27	BRNIK AERODROM	0,506 ± 0,078	0,607 ± 0,093	1,113 ± 0,122	0,085 ± 0,013	0,100 ± 0,015	0,093 ± 0,020
28	JEZERSKO	0,531 ± 0,082	0,548 ± 0,084	1,079 ± 0,118	0,089 ± 0,014	0,091 ± 0,014	0,090 ± 0,020
29	PODLJUBELI	0,412 ± 0,063	0,437 ± 0,067	0,849 ± 0,092	0,069 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,015
30	LEŠCE	0,412 ± 0,064	0,419 ± 0,065 *	0,832 ± 0,091	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011 *	0,069 ± 0,015
31	PLANINA POD GOLICO	0,483 ± 0,074	0,526 ± 0,081	1,009 ± 0,110	0,081 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,084 ± 0,018
32	ZDENSKA VAS	0,475 ± 0,073	0,498 ± 0,077	0,973 ± 0,106	0,080 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,081 ± 0,018
33	RATEČE	0,457 ± 0,070	0,493 ± 0,076	0,950 ± 0,104	0,077 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,079 ± 0,017
34	TRENTA	0,298 ± 0,046	0,315 ± 0,049	0,612 ± 0,067	0,050 ± 0,008	0,052 ± 0,008	0,051 ± 0,011
35	LOG POD MANGARTOM	0,462 ± 0,071	0,507 ± 0,078	0,969 ± 0,106	0,078 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018
36	BOVEC	0,357 ± 0,055	0,393 ± 0,061	0,750 ± 0,082	0,060 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,062 ± 0,014
37	TOLMIN	0,364 ± 0,056	0,404 ± 0,062	0,768 ± 0,084	0,061 ± 0,009	0,067 ± 0,010	0,064 ± 0,014
38	BILJE NOVA GORICA	0,254 ± 0,039	0,326 ± 0,050	0,580 ± 0,064	0,043 ± 0,007	0,054 ± 0,008	0,048 ± 0,011
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,559 ± 0,086	0,417 ± 0,064	0,976 ± 0,107	0,094 ± 0,014	0,069 ± 0,011	0,081 ± 0,018
40	LOKEV PRI LIPICI	0,503 ± 0,078	0,536 ± 0,083	1,039 ± 0,113	0,085 ± 0,013	0,089 ± 0,014	0,087 ± 0,019
41	SEČOVLJE AERODROM	0,341 ± 0,053	0,364 ± 0,056	0,705 ± 0,077	0,057 ± 0,009	0,060 ± 0,009	0,059 ± 0,013
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,393 ± 0,061	0,421 ± 0,065	0,815 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,015
43	ZALOG POSTOJNA	0,432 ± 0,067	0,467 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,568 ± 0,087	0,596 ± 0,092	1,163 ± 0,127	0,095 ± 0,015	0,098 ± 0,015	0,097 ± 0,021
45	VRHNIKA	0,642 ± 0,099	0,670 ± 0,103	1,311 ± 0,143	0,108 ± 0,017	0,111 ± 0,017	0,109 ± 0,024
46	VOJSKO	0,437 ± 0,067	0,465 ± 0,072	0,903 ± 0,098	0,074 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016
47	SORICA	0,374 ± 0,058	0,385 ± 0,059	0,759 ± 0,083	0,063 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014
48	STARA FUŽINA	0,306 ± 0,047	0,331 ± 0,051	0,638 ± 0,069	0,051 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,053 ± 0,012
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,646 ± 0,099	0,765 ± 0,118	1,411 ± 0,154	0,109 ± 0,017	0,126 ± 0,019	0,118 ± 0,026
50	KREDARICA	0,361 ± 0,056	0,367 ± 0,056 *	0,727 ± 0,079	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009 *	0,061 ± 0,013
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50
Povprežje - merila mesta		0,434 ± 0,079	0,461 ± 0,092	0,895 ± 0,166	0,073 ± 0,013	0,076 ± 0,015	0,075 ± 0,017
Najvišja doza		0,646 ± 0,099 ⁽⁴⁹⁾	0,765 ± 0,118 ⁽⁴⁹⁾	1,411 ± 0,154 ⁽⁴⁹⁾	0,109 ± 0,017 ⁽⁴⁹⁾	0,126 ± 0,019 ⁽⁴⁹⁾	0,118 ± 0,026 ⁽⁴⁹⁾
Najnižja doza		0,254 ± 0,039 ⁽³⁸⁾	0,301 ± 0,046 ⁽³⁸⁾	0,580 ± 0,064 ⁽³⁸⁾	0,043 ± 0,007 ⁽³⁸⁾	0,050 ± 0,008 ⁽³⁸⁾	0,048 ± 0,011 ⁽³⁸⁾

* Dozimeter je bil izgubljen oz. ukraden; vrednosti so dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

** Negotovost rezultatov meritev podajamo za interval zaupanja 95 %.

A.8 Pitna voda

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



Vzorč. mesto	Kleče - Brest	Domžale - Trzin	Kočevje	Škofja Loka
Datum vzor.	11. 4. 2017	13. 4. 2017	23. 3. 2017	13. 4. 2017
Kol. vzorca (L)	49,46	50,62	52,06	50,95
Koda vzorca	RP17VD100041	RP17VD123641	RP17VD133231	RP17VD422041
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	2,7E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 8E-01	5,0E-01 ± 5E+00 ‡
Ra-226	2,2E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 5E-01	4,0E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 7E-01
Pb-210	2,1E+00 ± 5E+00 ‡	1,1E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 5E-01	2,3E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	7,9E-01 ± 3E-01	3,5E-01 ± 2E-01	
Th-228	1,1E+00 ± 2E-01	4,3E-02 ± 8E-02 ‡	7,2E-01 ± 8E-02	1,8E+00 ± 2E-01
Th-230				
K-40	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	6,4E+00 ± 1E+00	1,5E+01 ± 3E+00
Be-7	3,9E-01 ± 9E-01 ‡			
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	9,0E-02 †	9,1E-02 †	3,9E+00 ± 2E-01	3,8E-01 ± 6E-02
H-3	4,5E+02 ± 6E+01	4,7E+02 ± 6E+01	5,8E+02 ± 6E+01	2,9E+02 ± 6E+01

Vzorč. mesto	Radovljica	Hubelj - Nova Gorica	Postojna - Pivka	Novo Mesto - Stopiče
Datum vzor.	13. 4. 2017	20. 3. 2017	11. 4. 2017	23. 3. 2017
Kol. vzorca (L)	50,55	51,12	51,30	52,84
Koda vzorca	RP17VD424041	RP17VD529231	RP17VD625741	RP17VD800031
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	1,3E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 7E-01	4,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,8E+00 ± 5E-01	3,3E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,0E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,7E-01 †	1,5E+00 †	9,0E-01 †	3,3E-01 ± 3E+00 ‡
Ra-228	3,9E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 5E-01		8,9E-01 ± 4E-01
Th-228	4,5E-01 ± 8E-02	1,3E+00 ± 2E-01	8,3E-01 ± 2E-01	2,5E-01 ± 1E-01
Th-230				
K-40	8,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 4E+00
Be-7		3,5E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 8E-01	5,7E-01 ± 6E-01 ‡
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	1,6E+00 ± 1E-01	2,0E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 1E-01	4,7E-01 ± 8E-02
H-3	4,6E+02 ± 7E+01	3,9E+02 ± 6E+01	5,5E+02 ± 8E+01	5,9E+02 ± 7E+01



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

Vzorč. mesto	Zajetje Otok	Slovenske Konjice	Šentjur	Slovenske Gorice
Datum vzor.	9. 5. 2017	22. 5. 2017	25. 5. 2017	9. 5. 2017
Kol. vzorca (L)	51,73	52,26	52,17	52,30
Koda vzorca	RP17VD227551	RP17VD321551	RP17VD323051	RP17VD223051
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)			
U-238	5,6E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	8,4E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 2E+00
Ra-226	5,9E+00 ± 1E+00	1,5E+01 ± 2E+00	9,2E+00 ± 3E+00	3,9E+00 ± 6E-01
Pb-210	3,1E+00 ± 2E+00	2,1E-01 ± 3E+00 ‡	2,7E-01 †	1,8E+00 ± 2E+00 ‡
Ra-228	2,4E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 6E-01
Th-228	1,5E+00 ± 2E-01	7,4E-01 ± 2E-01	9,4E-01 ± 4E-01	1,0E-01 ± 3E-01 ‡
Th-230				
K-40	5,1E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	6,5E+01 ± 7E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137				3,3E-03 ± 6E-02 ‡
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	2,4E+00 ± 2E-01	7,9E-02 †	6,0E-01 ± 8E-02	1,3E+00 ± 1E-01
H-3	5,6E+02 ± 9E+01	6,9E+02 ± 1E+02	4,8E+02 ± 7E+01	6,4E+02 ± 8E+01

Vzorč. mesto	Novo Mesto - Jezero	Murska Sobota	Ljutomer - Lukavci
Datum vzor.	23. 3. 2017	9. 5. 2017	9. 5. 2017
Kol. vzorca (L)	53,06	52,84	52,10
Koda vzorca	RP17VD835131	RP17VD900051	RP17VD924051
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,4E+00 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00 ‡
Ra-226	5,8E-01 ± 8E-01 ‡	2,4E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 4E-01
Pb-210	4,1E-01 ± 6E-01 ‡	6,3E+00 ± 8E-01	5,0E+00 ± 2E+00
Ra-228	9,0E-01 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01
Th-228	9,1E-01 ± 8E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E-01	4,4E-01 ± 3E-01
Th-230		2,2E+00 ± 4E+00 ‡	
K-40	1,4E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 3E+00
Be-7		5,5E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 1E+00
I-131			
Cs-134			
Cs-137	4,0E-03 ± 6E-02 ‡		
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 1E-01	8,3E-02 †
H-3	6,8E+02 ± 7E+01	6,9E+02 ± 6E+01	4,0E+02 ± 4E+01

A.9 Hrana

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

ZVD

Oznaka vzorca	MLLJ0217	MLLJ0417	MLLJ0617	MLLJ0817	MLLJ1017	MLLJ1217	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	7.03.2017	16.05.2017	12.07.2017	5.09.2017	9.11.2017	8.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	24.04.2017	29.05.2017	23.08.2017	14.10.2017	15.12.2017	24.01.2018	
Kol. vzorca (g)	10872	10780	10795	10468	10842	10852	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	1,7E-1 ± 4E-2						1,7E-1
²²⁶ Ra*	2,0E-2 ± 6E-3	2,8E-2 ± 7E-3	9,6E-3 ± 3E-3			4,4E-2 ± 6E-3	2,5E-2
²¹⁰ Pb		1,2E-1 ± 6E-2		9,8E-2 ± 7E-2			1,1E-1
Th (²²⁸ Ra)	2,7E-2 ± 2E-2						2,7E-2
²²⁸ Th			8,6E-3 ± 7E-3				8,6E-3
⁴⁰ K	4,9E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	4,6E+1 ± 2E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 3E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	3,7E-2 ± 4E-3	4,2E-2 ± 5E-3	2,9E-2 ± 3E-3	3,2E-2 ± 6E-3	3,8E-2 ± 4E-3	3,7E-2 ± 4E-3	3,6E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	2,4E-2 ± 5E-3	1,8E-2 ± 5E-3	< 5,5E-3	2,8E-2 ± 4E-3	7,6E-2 ± 8E-3	3,1E-2 ± 6E-3	3,0E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

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

ZVD

Oznaka vzorca	MLKO0217	MLKO0417	MLKO0617	MLKO0817	MLKO1017	MLKO1217	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	14.03.2017	15.05.2017	24.07.2017	8.09.2017	10.11.2017	10.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	19.04.2017	2.06.2017	24.08.2017	14.10.2017	15.12.2017	24.01.2018	
Kol. vzorca (g)	9934	9595	10406	10378	9969	10496	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	5,0E-1 ± 1E-1		4,2E-2 ± 3E-2				2,7E-1
²²⁶ Ra*		2,8E-2 ± 9E-3	2,3E-2 ± 5E-3	3,0E-2 ± 3E-3	6,8E-3 ± 6E-3	2,0E-2 ± 4E-3	2,2E-2
²¹⁰ Pb			8,6E-2 ± 4E-2				
Th (²²⁸ Ra)	4,0E-2 ± 3E-2	9,5E-2 ± 3E-2	1,4E-2 ± 1E-2		3,5E-2 ± 2E-2		4,6E-2
²²⁸ Th			2,0E-1 ± 5E-2	1,3E-2 ± 6E-3	1,4E-2 ± 1E-2		7,6E-2
⁴⁰ K	5,0E+1 ± 3E+0	4,5E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	5,2E-2 ± 7E-3	< 5,5E-2	7,4E-2 ± 4E-3	5,9E-2 ± 3E-3	5,8E-2 ± 5E-3	6,3E-2 ± 4E-3	6,0E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	1,3E-1 ± 1E-2	1,4E-2 ± 4E-2	5,3E-2 ± 7E-3	1,6E-2 ± 6E-3	3,5E-2 ± 5E-3	5,8E-2 ± 7E-3	5,1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

ZVD

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

Oznaka vzorca	MLBB0217	MLBB0417	MLBB0617	MLBB0817	MLBB1017	MLBB1217	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	13.03.2017	16.05.2017	24.07.2017	8.09.2017	8.11.2017	8.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	19.04.2017	6.06.2017	24.08.2017	14.10.2017	15.12.2017	24.01.2018	
Kol. vzorca (g)	9462	10116	9535	9584	9446	9679	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	1,9E-1 ± 5E-2		5,0E-2 ± 2E-2	7,5E-2 ± 6E-2			
²²⁶ Ra*	4,0E-2 ± 6E-3	6,1E-2 ± 8E-3	1,4E-2 ± 4E-3	4,2E-2 ± 7E-3			3,9E-2
²¹⁰ Pb	8,9E-2 ± 4E-2	1,3E-1 ± 1E-1				5,5E-2 ± 5E-2	9,1E-2
Th (²²⁸ Ra)			4,5E-2 ± 7E-3				4,5E-2
²²⁸ Th		4,4E-2 ± 2E-2	1,3E-2 ± 7E-3			1,8E-2 ± 1E-2	2,5E-2
⁴⁰ K	5,0E+1 ± 3E+0	6,8E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,7E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,3E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	2,4E-2 ± 4E-3	8,0E-2 ± 8E-3	2,4E-2 ± 3E-3	7,3E-2 ± 5E-3	4,1E-2 ± 5E-3	4,9E-2 ± 7E-3	4,9E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	9,6E-2 ± 1E-2	5,6E-2 ± 7E-3	1,1E-2 ± 4E-3	< 6,4E-3	2,6E-2 ± 5E-3	5,2E-3 ± 5E-3	3,3E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

ZVD

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

Oznaka vzorca	MLMS0217	MLMS0417	MLMS0617	MLMS0817	MLMS1017	MLMS1217	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	6.03.2017	4.05.2017	7.07.2017	5.09.2017	3.11.2017	5.01.2018	
Dat. mer. Sr-90	24.04.2017	29.05.2017	23.08.2017	14.10.2017	15.12.2017	24.01.2018	
Kol. vzorca (g)	500	500	596	500	500	475	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	6,7E-1 ± 3E-1		8,8E-1 ± 8E-1				7,8E-1
²²⁶ Ra*	1,4E-1 ± 3E-2	2,4E-1 ± 7E-2	3,2E-1 ± 8E-2	1,9E-1 ± 1E-1	5,3E-1 ± 1E-1		2,8E-1
²¹⁰ Pb		7,5E-1 ± 7E-1	9,1E-1 ± 6E-1				8,3E-1
Th (²²⁸ Ra)		4,7E-1 ± 2E-1	4,8E-1 ± 3E-1		5,2E-1 ± 3E-1	4,7E-1 ± 3E-1	4,9E-1
²²⁸ Th		2,8E-1 ± 1E-1					2,8E-1
⁴⁰ K	5,4E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 4E+1	6,9E+2 ± 4E+1	5,8E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 4E+1	5,8E+2
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	2,9E-1 ± 3E-2	3,9E-1 ± 5E-2	4,0E-1 ± 6E-2	< 6,5E-1	4,5E-1 ± 6E-2	3,7E-1 ± 6E-2	4,2E-1
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	3,4E-1 ± 7E-2	5,2E-1 ± 8E-2	3,5E-1 ± 6E-2	6,2E-1 ± 7E-2	< 1,2E-1	< 1,3E-1	3,5E-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

ZVD

Oznaka vzorca	MS010317	MS020417	MS030417	MS040417	MS050517
Vzorec	jajca	svinjsko meso	piščanec	kostanjev med	goveje meso
Kraj vz.:	Pivka	Cerklje na Gor.	Križevci	Apače	Sevnica
Datum vzor.	30.03.2017	3.04.2017	10.04.2017	4.04.2017	3.05.2017
Datum merj.	12.04.2017	12.04.2017	18.04.2017	21.04.2017	12.05.2017
Dat mer. Sr-90	18.05.2017	18.05.2017	18.05.2017	31.05.2017	16.08.2017
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)				
U (²³⁴ Th)					
²²⁶ Ra*	4,1E-2 ± 9E-3	2,0E-2 ± 2,E-02		6,7E-2 ± 1E-2	4,6E-2 ± 1E-2
²¹⁰ Pb	1,7E-1 ± 4E-2		2,2E-1 ± 5E-2	1,1E-1 ± 1,E-01	1,1E-1 ± 9E-2
Th (²²⁸ Ra)	8,3E-2 ± 2E-2			2,3E-01 ± 1,E-01	
²²⁸ Th				4,7E-2 ± 3E-2	
⁴⁰ K	4,1E+1 ± 2E+0	9,5E+1 ± 5E+0	1,0E+2 ± 6E+0	7,0E+1 ± 4E+0	7,9E+1 ± 4E+0
⁷ Be					
¹³⁴ Cs					
¹³⁷ Cs	< 3,4E-2	6,9E-2 ± 1E-2	2,9E-2 ± 5E-3	1,9E+0 ± 6E-2	6,0E-2 ± 9E-3
¹³¹ I					
⁹⁰ Sr	< 2,9E-2	2,0E-1 ± 3E-2	< 3,3E-2 #	4,6E-1 ± 5E-2	< 2,4E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MS060517	MS070617	MS080617	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	meso srnjaka	postrvi	sir mocarella	
Kraj vz.:	Zreče	Slap ob Idrijci	Maribor	
Datum vzor.	15.05.2017	1.06.2017	12.06.2017	
Datum merj.	24.05.2017	9.06.2017	21.06.2017	
Dat. mer. Sr-90	18.08.2017	18.08.2017	18.08.2017	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)				
²²⁶ Ra*	3,4E-2 ± 2,E-02	8,2E-2 ± 2E-2	3,8E-2 ± 1E-2	4,7E-02
²¹⁰ Pb	1,9E-1 ± 1E-1	2,5E-1 ± 1E-1	1,7E-1 ± 8E-2	1,7E-01
Th (²²⁸ Ra)	7,8E-02 ± 6,E-02		4,8E-2 ± 4E-2	1,1E-01
²²⁸ Th	6,0E-2 ± 4,E-02		3,3E-2 ± 2E-2	4,7E-02
⁴⁰ K	7,3E+1 ± 4E+0	1,2E+2 ± 7E+0	3,3E+0 ± 3E-1	7,3E+01
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	1,0E+0 ± 4E-2	5,2E-2 ± 1E-2	1,8E-2 ± 6E-3	3,9E-01
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	< 2,7E-2	5,6E-2 ± 2E-2	3,0E-2 ± 2E-2	1,1E-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

Oznaka vzorca	MO010417	MO020417	MO030817	MO040917
Vzorec	kruh polbeli	bela moka	koruza	pšenica
Kraj vz.:	Grosuplje	Dobova	Črenšovci	Ormož
Datum vzor.	4.04.2017	25.04.2017	22.08.2017	4.09.2017
Datum merj.	10.04.2017	5.5.17.	28.08.2017	8.09.2017
Dat. mer. Sr-90	18.05.2017	9.08.2017	13.09.2017	19.10.2017
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)				
²²⁶ Ra*	3,5E-2 ± 1E-2	5,3E-2 ± 5,E-03	1,8E-1 ± 2E-2	1,5E+0 ± 6E-2
²¹⁰ Pb	2,6E-1 ± 9E-2	8,0E-2 ± 4E-2	4,5E-1 ± 2E-1	
Th (²²⁸ Ra)	3,9E-2 ± 3E-2	5,1E-02 ± 2,E-02	8,0E-2 ± 5E-2	3,4E-01 ± 1,E-01
²²⁸ Th		5,3E-2 ± 1,E-02	1,4E-1 ± 5E-2	1,5E-1 ± 1E-1
⁴⁰ K	4,8E+1 ± 3E+0	4,5E+1 ± 3E+0	2,3E+2 ± 1E+1	8,3E+1 ± 5E+0
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 6,8E-2	< 2,4E-2	< 9,5E-2	< 2,2E-1
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	5,6E-2 ± 2E-2	5,4E-2 ± 7E-3	7,1E-1 ± 8E-2	< 5,7E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MO050917	MO060917	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	ječmen	rž	
Kraj vz.:	Hrastovec	Maribor	
Datum vzor.	5.09.2017	11.09.2017	
Datum merj.	15.09.2017	15.09.2017	
Dat. mer. Sr-90	19.10.2017	19.10.2017	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)	5,5E-1 ± 2E-1		5,5E-1
²²⁶ Ra*	9,7E-1 ± 4E-2	4,6E-1 ± 2,E-02	5,2E-1
²¹⁰ Pb	2,3E+0 ± 3E-1	2,6E-1 ± 9E-2	6,6E-1
Th (²²⁸ Ra)	1,0E+0 ± 6E-2	9,0E-02 ± 2,E-02	2,7E-1
²²⁸ Th	9,8E-1 ± 7E-2	1,4E-01 ± 3,E-02	2,9E-1
⁴⁰ K	1,4E+2 ± 8E+0	1,7E+2 ± 9E+0	1,2E+2
⁷ Be	6,8E+0 ± 3E-1	3,8E-1 ± 6E-2	3,6E+0
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	2,8E-1 ± 2E-2	1,7E-1 ± 1E-2	1,4E-1
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	4,4E-1 ± 5E-2	3,4E-1 ± 5E-2	2,8E-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

ZVD

Oznaka vzorca	SS010417	SS020717	SS030817	SS040817
Vzorec	jagode	hruške	breskve	grozdje
Kraj vz.:	Podbočje	Španija	Šempas	Murska Sobota
Datum vzor.	24.04.2017	20.07.2017	17.08.2017	22.08.2017
Datum merj.	3.05.2017	26.07.2017	23.08.2017	28.08.2017
Dat. mer. Sr-90	31.05.2017	18.08.2017	13.09.2017	27.09.2017
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)		5,0E-2 ± 4,E-02		
²²⁶ Ra*	7,3E-2 ± 6E-3	3,0E-2 ± 5,E-03	1,4E-1 ± 9E-3	1,3E-1 ± 7E-3
²¹⁰ Pb	9,0E-2 ± 5E-2		2,6E-1 ± 9E-2	
Th (²²⁸ Ra)	3,9E-2 ± 2E-2		4,1E-2 ± 2E-2	5,2E-02 ± 2,E-02
²²⁸ Th			1,1E-1 ± 2E-2	
⁴⁰ K	5,3E+1 ± 3E+0	4,1E+1 ± 2E+0	6,0E+1 ± 3E+0	2,1E+1 ± 1E+0
⁷ Be		3,5E-1 ± 4E-2	1,2E+0 ± 6E-2	
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 3,2E-2		< 3,4E-2	1,9E-2 ± 5E-3
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	7,8E-2 ± 1E-2	< 6,2E-3	< 1,7E-2	< 8,6E-3

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SS050817	SS060917	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	jabolka Elstar	slive	
Kraj vz.:	Malečnik	Ptuj	
Datum vzor.	31.08.2017	4.09.2017	
Datum merj.	11.09.2017	12.09.2017	
Dat. mer. Sr-90	13.10.2017	7.11.2017	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		(Bq/kg)
U (²³⁴ Th)			5,0E-2
²²⁶ Ra*	3,3E-2 ± 2E-2	3,6E-2 ± 8,E-03	7,4E-2
²¹⁰ Pb	3,8E-1 ± 1E-1	< 3,0E-2	1,9E-1
Th (²²⁸ Ra)			4,4E-2
²²⁸ Th		4,8E-02 ± 2,E-02	7,9E-2
⁴⁰ K	5,5E+1 ± 3E+0	8,4E+1 ± 5E+0	5,2E+1
⁷ Be		2,3E-1 ± 4E-2	5,9E-1
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs		< 4,2E-2	3,2E-2
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	8,2E-2 ± 1E-2	4,0E-1 ± 5E-2	9,9E-2

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	SZ010417	SZ020717	SZ030717	SZ040817
Vzorec	solata kristalka	lisičke	korenje rumeno	paradižnik
Kraj vz.:	Ljubljana	Makedonija	Gorišnica	Nova Gorica
Datum vzor.	4.04.2017	10.07.2017	20.07.2017	17.08.2017
Datum merj.	11.04.2017	25.07.2017	26.07.2017	25.08.2017
Dat. mer. Sr-90	31.05.2017	18.08.2017	18.08.2017	27.09.2017
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)		1,7E-1 ± 1,E-01		7,1E-2 ± 5E-2
²²⁶ Ra*		7,4E-2 ± 1,E-02	7,2E-2 ± 1E-2	1,0E-2 ± 6E-3
²¹⁰ Pb		8,6E-1 ± 2E-1	1,6E-1 ± 1E-1	4,5E-2 ± 4E-2
Th (²²⁸ Ra)	5,9E-2 ± 3E-2		2,1E-1 ± 3E-2	
²²⁸ Th		1,2E-1 ± 3,E-02	6,5E-2 ± 3E-2	1,6E-2 ± 1E-2
⁴⁰ K	8,8E+1 ± 5E+0	1,7E+2 ± 8E+0	7,4E+1 ± 4E+0	5,5E+1 ± 3E+0
⁷ Be		2,6E+0 ± 1E-1		2,3E-1 ± 3E-2
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	9,1E-2 ± 7E-3	3,3E+0 ± 8E-2	3,2E-2 ± 7E-3	< 3,0E-2
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	7,0E-2 ± 8E-3	7,0E-2 ± 1E-2	1,9E-1 ± 2E-2	< 7,2E-3

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SZ050817	SZ060817	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	kumare	krompir	
Kraj vz.:	Beltinci	Kranj	
Datum vzor.	22.08.2017	17.08.2017	
Datum merj.	30.08.2017	30.08.2017	
Dat. mer. Sr-90	27.09.2017	27.09.2017	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)			1,2E-1
²²⁶ Ra*		4,8E-2 ± 4,E-03	5,1E-2
²¹⁰ Pb	3,9E-2 ± 3E-2		2,8E-1
Th (²²⁸ Ra)	1,9E-2 ± 8E-3		9,6E-2
²²⁸ Th		2,5E-02 ± 8,E-03	5,7E-2
⁴⁰ K	3,4E+1 ± 2E+0	1,4E+2 ± 8E+0	9,4E+1
⁷ Be	1,3E-1 ± 1E-2	1,5E-1 ± 2E-2	7,8E-1
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	1,1E-2 ± 3E-3	4,7E-2 ± 4E-3	5,9E-1
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	1,7E-2 ± 6E-3	1,8E-2 ± 1E-2	6,3E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

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

Oznaka vzorca	OHUJ0217	OHMB0317	OHNM0317	OHKP0317	OHKJ0417	Letno povprečje (Bq/kg)
Vzorec	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	
Kraj vz.:	Ljubljana	Maribor	Novo mesto	Koper	Kranj	
Datum vzor.	20. - 24.2.2017	27.2. - 3.3.2017	6.3. - 10.3.17	20.3. - 24.3.17	3.4. - 7.4.17	
Datum merj.	10.03.2017	14.03.2017	17.03.2017	3.04.2017	14.04.2017	
Dat mer. Sr-90	10.04.2017	10.04.2017	10.04.2017	10.04.2017		
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)					
U (²³⁴ Th)	1,8E-1 ± 4E-2		1,5E-2 ± 1E-2		1,3E-1 ± 6E-2	1,1E-1
²²⁶ Ra*	1,5E-2 ± 4E-3	4,6E-2 ± 4,E-03	5,7E-3 ± 1E-3		7,5E-2 ± 4E-2	3,5E-2
²¹⁰ Pb	5,3E-2 ± 4E-3		3,1E-2 ± 1E-2	4,5E-2 ± 1,E-02	1,0E-1 ± 5E-2	5,7E-2
Th (²²⁸ Ra)	2,0E-2 ± 1E-2		1,2E-2 ± 5E-3		3,2E-2 ± 1E-2	2,1E-2
²²⁸ Th	1,8E-2 ± 1E-2	3,2E-2 ± 8,E-03	4,8E-3 ± 3,E-03			1,8E-2
⁴⁰ K	4,5E+1 ± 2E+0	7,5E+1 ± 4E+0	2,8E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 2E+0	4,9E+1 ± 3E+0	4,8E+1
⁷ Be						
¹³⁴ Cs						
¹³⁷ Cs	1,9E-2 ± 3E-3	6,7E-2 ± 4E-3	1,2E-2 ± 1E-3	9,8E-3 ± 1E-3	2,6E-2 ± 4E-3	2,7E-2
¹³¹ I						
⁹⁰ Sr	1,1E-2 ± 7E-3	6,1E-2 ± 1E-2	2,3E-2 ± 7E-3	1,4E-2 ± 5E-3	4,4E-2 ± 1E-2	3,1E-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

Vzorč. mesto	Jata Emona	Zgornji Tuštanj	Zgornji Tuštanj	Puštal, Škofja Loka	Gorenja vas (Žirovski Vrh)
Vrsta vzorca	Krмна mešanica	Koruzna silaža	Travná silaža	Seno	Seno
Datum vzor.	16. 5. 2017	7. 6. 2017	7. 6. 2017	19. 7. 2017	13. 6. 2017
Kol.vzorca (kg)	0,3354	0,1675	0,1581	0,1329	0,1031
Odstotek suhe snovi	91,0	45,8	65,1	95,1	87,5
Koda vzorca	RP17KRM10051	RP17KRMKS125161	RP17KRMTS125161	RP17KRMS422071	RP17KRMS422461
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,5E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 7E-01		4,4E+00 ± 4E+00 †
Ra-226	6,0E+00 ± 3E+00	9,3E-01 ± 7E-01	8,1E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 3E+00
Pb-210	9,1E+00 ± 2E+00	9,3E+00 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 6E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 4E-01		3,9E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 9E-01
Th-228	1,4E+00 ± 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01	3,4E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01
Th-230					
K-40	4,7E+02 ± 4E+01	1,3E+02 ± 1E+01	4,8E+02 ± 5E+01	4,2E+02 ± 4E+01	7,4E+02 ± 7E+01
Be-7			7,2E+00 ± 9E-01	1,3E+02 ± 9E+00	3,4E+02 ± 1E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,3E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 7E-02	1,2E+00 ± 1E-01	5,5E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	6,3E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 1E-02	1,7E+00 ± 9E-02	1,0E+01 ± 5E-01	8,6E+00 ± 4E-01

Vzorč. mesto	Sveti Urban (Žirovski Vrh)	Pivka Perutninarstvo	Brege	Brege	Vučja vas
Vrsta vzorca	Seno	Krмна mešanica (Ca-fosfat)	Seno	Trava	Travná silaža
Datum vzor.	13. 6. 2017	19. 5. 2017	15. 6. 2017	15. 6. 2017	5. 7. 2017
Kol.vzorca (kg)	0,1293	0,4631	0,1061	0,1493	0,1721
Odstotek suhe snovi	91,2	91,0	97,6	18,8	45,4
Koda vzorca	RP17KRMS4224B61	RP17KRM625751	RP17KRM827561	RP17KRM827T61	RP17KRMTS924271
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,8E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 1E+00	1,3E+00 ± 2E+00 †	1,3E-01 ± 3E-01 †	
Ra-226	3,2E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 1E+00 †	1,1E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 1E+00
Pb-210	3,7E+01 ± 3E+00	1,6E+00 ± 2E+00 †	1,4E+01 ± 2E+00	4,8E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 5E+00 †
Ra-228	9,7E-01 ± 5E-01	1,3E+00 ± 3E-01	4,5E-01 ± 7E-01 †	4,4E-01 ± 9E-02	1,4E+00 ± 5E-01
Th-228	1,3E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01		4,7E-01 ± 4E-02	1,4E+00 ± 2E-01
Th-230					
K-40	4,7E+02 ± 5E+01	3,2E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 5E+01	2,1E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 5E+01
Be-7	2,3E+02 ± 2E+01		9,0E+01 ± 7E+00	3,5E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,0E-01 ± 2E-01		3,9E-02 ± 2E-01 †	2,9E-01 ± 4E-02	2,6E-02 ± 7E-02 †
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 9E-02	1,8E-01 ± 1E-02	8,1E-01 ± 6E-02	4,6E-01 ± 3E-02	6,2E-01 ± 4E-02

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehrambne 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 okolje in prostor, 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 2017 za dojenčke $< 14,9 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 17,8 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 10,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju. V letu 2017 je delno povišan prispevek k dozi zaradi prehoda radioaktivnega oblaka nad Evropo, ki je najverjetneje posledica izpusta zaradi nesreče v predelovalnem obratu izrabljenega jedrskega goriva nekje južno od Urala v Rusiji. Ru-106 je bil merljiv v septembru, oktobru in delno v novembru 2017. Prispevek Ru-106 v letu 2017 k dozi zaradi ingestije in inhalacije je znašal okrog 3%, k skupni dozi (vključno z zunanjim obsevanjem) pa le okrog 1%.

