



Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev
Slovenije v letu 2019

Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2019



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

Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

© 2020 ZVD d.o.o.

Poročilo vsebuje skupaj 137 strani ter ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Izdal: ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.O.O., LJUBLJANA, marec 2020

Slika na naslovnici: Grapa potoka Zala, Žirovski vrh, © Marko Giacomelli

Slika na zadnji strani: Terenske meritve, Mangartsko sedlo, © 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



Zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Naslov poročila:	Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2019
Izdelovalec:	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-20200009-MG
Datum poročila:	31.03.2020
Naročnik:	Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ajdovščina 4, 1000 Ljubljana
Številka pogodbe:	C2717-20-232001
Skrbnika pogodbe:	dr. Tomaž Šutej (URSVS), dr. Gregor Omahen (ZVD)
Program:	Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije v letu 2019 Radioactivity in the living environment of Slovenia in the year 2019
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 izvzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2019 za dojenčke $9,5 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 10,8 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $7,8 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 8,6 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $6,4 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 6,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

In the present report the collected results of radioactivity measurements for manmade and natural radionuclides in the biosphere and in the particular elements of the food chain are analyzed and commented. Radioactivity of the environment is a consequence of the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl and Fukushima accidents. The contribution of the Fukushima accident in Slovenia is negligible. Based on the results of radioactivity measurement performed within the frameworks of various monitoring performed under the auspices of Ministry of Health and Ministry of Agriculture and the Environment we have assessed the doses to members of the public due to exposure to long-lived anthropogenic radionuclides (natural excluded). We have estimated doses for important exposure pathways. Dose estimates for infants, children for 7 up to 12 years and adults for manmade radionuclides in the year 2019 are $9,5 \mu\text{Sv}$ or $< 10,8 \mu\text{Sv}$, $7,8 \mu\text{Sv}$ or $< 8,6 \mu\text{Sv}$ and $6,4 \mu\text{Sv}$ or $< 6,9 \mu\text{Sv}$, respectively. These values represent approximately 1 % of the annual dose limit for the long term exposure of the individuals from the population, exposed to the man made sources of ionizing radiation.

Ključne besede / Keywords

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

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



Kazalo

	Povzetek / Abstract	5
	Ključne besede / Keywords	6
1	Uvod	17
1.1	Zakonodajne podlage	17
1.2	Okvirni program meritev	17
1.3	Obseg poročila	18
2	Program in metodologija meritev	19
2.1	Vrste meritev	19
2.2	Lokacije vzorčenja	19
2.3	Metodologija meritev	23
2.4	Akreditirane meritve	23
2.4.1	Originalna poročila z meritvami	24
2.5	Izračuni specifičnih aktivnosti	24
3	Okoljski monitoring	27
3.1	Zrak	27
3.1.1	Vzorčenje in rezultati meritev	27
3.1.2	Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137	27
3.1.3	Sezonske variacije Cs-137	29
3.1.4	Lesna kuriva	35
3.1.5	Sezonske variacije Be-7 in Pb-210	39
3.1.6	Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210	43

3.2	Padavine	48
3.2.1	Vzorčenje in rezultati meritev	48
3.2.2	Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90	48
3.2.3	Specifična aktivnost H-3	54
3.2.4	Specifična aktivnost kozmogenega Be-7	55
3.3	Tekoče vode	59
3.3.1	Vzorčenje in rezultati meritev	59
3.3.2	Dolgoročni trendi	59
4	Monitoring zemlje in zunanjega sevanja	63
4.1	Zemlja	63
4.1.1	Vzorčenje in rezultati meritev	63
4.1.2	Dolgoročni trendi	66
4.2	TL dozimetri zunanjega sevanja	71
4.2.1	Lokacije meritev	71
4.2.2	Rezultati meritev	71
4.2.3	Dolgoročni trend doz	71
5	Monitoring pitne vode, hrane in krme	75
5.1	Pitna voda	75
5.2	Mleko	78
5.2.1	Dolgoročni trendi	78
5.3	Hrana	84
5.3.1	Živila živalskega izvora	84
5.3.2	Žitarice in žitni izdelki	84
5.3.3	Zelenjava	86
5.3.4	Sadje	87
5.3.5	Otroška hrana	88
5.4	Krmila	88
6	Ocena prejetih doz sevanja	91
6.1	Osnovne enačbe	91
6.2	Uporabljeni podatki in predpostavke	93
6.2.1	Umetni radionuklidi	93
6.2.2	Naravni radionuklidi	93
6.2.3	Starostne skupine	93
6.2.4	Prehranjevalne predpostavke	93
6.2.5	Privzete specifične aktivnosti	94
6.3	Doza zaradi ingestije in inhalacije	94
6.4	Doza zaradi zunanjega sevanja	99
6.5	Skupna ocena doze	102

7	Zaključki	105
7.1	Ugotovitve	105
7.2	Priporočila	105
	Literatura	107
A	Rezultati meritev	113
A.1	Pojasnila k tabelam	113
A.1.1	Zapisi meritev ZVD	113
A.1.2	Zapisi meritev IJS	113
A.2	Zrak	115
A.3	Lesna kuriva	118
A.4	Padavine	119
A.5	Tekoče vode	121
A.6	Zemlja	125
A.7	Morje - voda in sedimenti	130
A.8	Zunanje sevanje	131
A.9	Pitna voda	132
A.10	Hrana	134
A.11	Krmila	137



Slike

3.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.	28
3.2	Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje	29
3.3	Različni viri prašnih delcev PM ₁₀ (za leto 2016).	30
3.4	Temperaturna korelacija prašnih delcev PM ₁₀ za preteklo leto na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.	31
3.5	Zgodovinski pregled temperaturne korelacije prašnih delcev PM ₁₀ na lokaciji v Ljubljani.	32
3.6	Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	33
3.7	Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	34
3.8	Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma OVE za ogrevanje (EUROSTAT).	35
3.9	Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU).	36
3.10	Lokacije vzorčenja ali lokacija izvora vzorcev lesnih kuriv.	37
3.11	Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.	39
3.12	S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz); slika: ESA/ATG medialab.	40
3.13	Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2019 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčenja.	41
3.14	Vetrovne razmere na lokacijah vzorčenja zraka ali v neposredni bližini.	42
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).	43
3.16	V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.	44

3.17	Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA.	45
3.18	Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje zadnjih 13 mesecev.	45
3.19	Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.	46
3.20	Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin.	47
3.21	Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.	49
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)	51
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.	52
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.	53
3.25	Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.	54
3.26	Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.	56
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.	57
3.28	Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2019).	58
3.29	Lokacije vzorčenja tekočih vod.	60
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.	61
4.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.	64
4.2	Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji	65
4.3	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	67
4.4	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	69
4.5	Specifične aktivnosti — depozit – Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	70
4.6	Lokacije TL dozimetrom za meritve letne doze zunanjega sevanja.	72
4.7	Doza zaradi zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.	74
4.8	Energijska odvisnost razmerja okoljskega, $H^*(10)$, in fotonskega doznega ekvivalenta, Hx.	74
5.1	Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.	76
5.2	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzorčenih vzorcev).	77
5.3	Lokacije vzorčenja vzorcev mleka.	79
5.4	Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2019.	80
5.5	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.	81

5.6	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote.	82
5.7	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.	83
5.8	Lokacije vzorčenja vzorcev živil.	85
5.9	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).	86
5.10	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	86
5.11	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev brez gob).	87
5.12	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	88
5.13	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).	89
5.14	Lokacije vzorčenja vzorcev krme.	90
6.1	Shematski prikaz prenosnih poti za notranje in zunanje obsevanje.	92
6.2	Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.	95
6.3	Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).	99
6.4	Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)	100
6.5	Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje	104

Meritve

Lokacija meritve (kraj, opis, GPS koordinate, oddaljenost merilnika, višina nad tlemi)		dH*(10)/dt (μSv/h) izmerjena/odčitek merilnika	dH*(10)/dt (μSv/h) izračunana iz kalibracijskih faktorjev
Št. 1	GORENJI LEVART (99) Kontakt tal <input type="checkbox"/> Višina: 1 m <input checked="" type="checkbox"/> GPS koordinate: 45,9298458° 15,5733035	0,10 v <input checked="" type="checkbox"/> β+v <input type="checkbox"/>	
Št. 1	TIF (135) Kontakt tal <input type="checkbox"/> Višina: 1 m <input checked="" type="checkbox"/> GPS koordinate:	0,8 v <input type="checkbox"/> β+v <input checked="" type="checkbox"/>	
Št. 2	ČRPALEČE GLOGOV BRON (99) Kontakt tal <input type="checkbox"/> Višina: 1 m <input checked="" type="checkbox"/> GPS koordinate:	0,02 v <input checked="" type="checkbox"/> β+v <input type="checkbox"/>	
Št. 2	(135) TIF Tabele Kontakt tal <input type="checkbox"/> Višina: 1 m <input checked="" type="checkbox"/> GPS koordinate: 45,9375054 15,5883477	2,0 v <input type="checkbox"/> β+v <input checked="" type="checkbox"/>	
Št.	CD STARU GATA		

2.1	Program meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Sloveniji v 2019 . . .	20
2.2	Program meritev radioaktivnosti v živil, pitne vode in krmil v Sloveniji v 2019	21
2.3	Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide . . .	25
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)	50
3.2	Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, \bar{A} , radionuklidov v vzorcih tekočih vod	59
4.1	Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami	73
6.1	Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine	94
6.2	Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2019	96
6.3	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2019.	97
6.4	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2019.	98
6.5	Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja	101
6.6	Ocenjene doze zaradi zunanjega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih	101
6.7	Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2019 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi	103
A.1	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana *IJS	116
A.2	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Murska Sobota ZVD	117
A.3	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja ZVD . .	117
A.4	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih lesa in lesnih kuriv ZVD *IJS	118
A.5	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto ZVD	119
A.6	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota ZVD	119
A.7	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec ZVD . . .	119
A.8	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana ZVD .	120

A.9	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava	♣IJS	121
A.10	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja	♣IJS	122
A.11	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča	♣IJS	122
A.12	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka	♣IJS	123
A.13	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa	♣IJS	123
A.14	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava	♣IJS	124
A.15	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura	♣IJS	124
A.16	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	♣IJS	126
A.17	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	♣IJS	127
A.18	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid	ZVD	128
A.19	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota	ZVD	129
A.20	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov	♣IJS	130
A.21	Izmerjene vrednosti zunanlega sevanja s TL dozimetri	♣IJS	131
A.22	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	♣IJS	132
A.23	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode – nadaljevanje	♣IJS	133
A.24	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana	ZVD	134
A.25	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid	ZVD	134
A.26	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica	ZVD	134
A.27	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota	ZVD	135
A.28	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora	ZVD	135
A.29	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric	ZVD	135
A.30	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja	ZVD	136
A.31	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave	ZVD	136
A.32	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane	ZVD	136
A.33	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme	♣IJS	137

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. in 159. 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 posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (SV5) [3] in Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji (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 merjenja 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 zunanjšega sevanja, radioaktivne kontaminacije zraka, vode, tal, živil, kmetijskih proizvodov, hrane in krme.

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

- enkratni vzorci (npr. vzorci živil),
- vzorci, ki se sprotno posamično odvezajo, 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, padavin).

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 in pri rednih obhodih mobilnih enot v okolici NEK.

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 naravnih ali 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 obstoječe 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 2019 podoben kot v prejšnjih letih, dodane so bile nove globine vzorčenja zemlje (30 - 40 cm in 40 - 50 cm). 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 2019 je prikazan v tabelah 2.1 in 2.2. V posebnem stolpcu so označene meritve, ki ji je opravil bodisi ZVD bodisi IJS.

Stalen nadzor nad kontaminacijo okolja s sevalci gama, Sr-90, I-131 in H-3 je tudi v letu 2019 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 zunanega sevanja so ostala v splošnem enaka kot v prejšnjih letih in so prikazane v na zemljevidih v posameznih pripadajočih poglavjih, in sicer:

- zrak – slika 3.1 na strani 28
- lesna kuriva – slika 3.10 na strani 37
- padavine – slika 3.21 na strani 49
- tekoče vode – slika 3.29 na strani 60
- zemlja – slika 4.1 na strani 64
- zunanje sevanje – slika 4.6 na strani 72
- pitna voda – slika 5.1 na strani 76
- hrana – slika 5.8 na strani 85
- krma – slika 5.14 na strani 90

Tabela 2.1 | Program meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Sloveniji v 2019

Vrsta in opis meritev	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
ZRAK - partikulati				
VL spektrom. gama	Ljubljana	kontinuirano črpanje skozi filter	mesečno, 12	IJS
	Murska Sobota		mesečno, 12	ZVD
	Predmeja		mesečno, 12	ZVD
LESNA KURIVA				
VL spektrom. gama	različni dobavitelji	peleti, briketi, drva	letno, 8	ZVD, IJS
TRDE IN TEKOČE PADAVINE				
VL spektrom. gama	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	mesečno, 12	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specif. analiza Sr-90	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
	Bovec		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
REKE, MORJE				
VL spektrom. 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

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 | – nadaljevanje s prejšnje strani

Vista	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
	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
Specif. analiza Sr-90	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Maribor)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
ZEMLJIŠČE - neobdelano zemljišče v različnih globinah				
VL spektrom. gama	Ljubljana	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	IJS
	Kobarid	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	ZVD
	Murska Sobota	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	ZVD
Specif. analiza Sr-90	Ljubljana	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	IJS
	Kobarid	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	ZVD
	Murska Sobota	0-10-20-30-40-50 cm	polletno, 10	ZVD
ZUNANJE SEVANJE				
TLD	50 lokacij po Sloveniji	H*(10)	polletno, 100	IJS

Tabela 2.2 | Program meritev radioaktivnosti v živil, pitne vode in krmil v Sloveniji v 2019

Vista in opis meritev	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
PITNA VODA				
VL spektrom. 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
Specif. analiza Sr-90	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.2 | – nadaljevanje s prejšnje strani

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

2.3 Metodologija meritev

Meritve v okviru rednega monitoringa življenjskega okolja v Republiki Sloveniji v letu 2019 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 zunanega sevanja smo uporabljali TL dozimetre (IJS).

Vzorci zraka, padavin, neobdelane zemlje ter hrane rastlinskega in živalskega porekla smo v letu 2019 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 2019 izvajal meritve radioaktivnosti tekočih vod, pitnih vod, sedimenta, zemlje in zraka v Ljubljani in krmil ter zunanega sevanja. Vzorci 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 zunanega 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 113 naprej) so zbrane in predstavljene tabele z rezultati meritev monitoringa radioaktivnosti v okolju. Meritve označene z znakom # in v **odebeljenem tisku** 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 [5, 6]
- Monitoring radioaktivnosti živil [7]
- Monitoring radioaktivnosti pitne vode [8]
- Monitoring radioaktivnosti živalske krme [9]

2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zraka podajamo v Bq/m³, v vzorcih tekočih in pitnih vod v Bq/m³, v vzorcih padavin bodisi kot radioaktivni used na enoto prestrezne površine v Bq/m² bodisi preračunano na količino padavin v Bq/m³. V vzorcih zemlje podajamo specifične aktivnosti radionuklidov bodisi v Bq/kg bodisi preračunane na enoto površine v Bq/m². Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih hrane (mleko, meso, sadje, zelenjava in močnati izdelki) podajamo v Bq/kg. Doze zaradi zunanjšega 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. Izračun povprečij ZVD poteka po internem navodilu ND-LMSAR-06 oziroma na naslednji način: neizmerjena vrednost v danem obdobju k povprečju prispeva vrednost 0; poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva polovico njene vrednosti, če je vsaj ena meritev v letu bila poročana nad mejo detekcije; poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva vrednost 0, če v letu ni bila poročana nobena vrednost nad mejo detekcije. 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.

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

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

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

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 2.3 so prikazane orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide za metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama.

Tabela 2.3 | 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
Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137
Sezonske variacije Cs-137
Lesna kuriva
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

3 — Okoljski monitoring

3.1 Zrak

3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve so se v letu 2019 izvajale na lokacijah Ljubljana¹, Predmeja in Murska Sobota². 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 $1,5 \pm 0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na lokaciji vzorčenja v Murski Soboti $1,0 \pm 0,4 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in na lokaciji vzorčenja na Predmeji³ $3,8 \pm 2,4 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

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:

- v Ljubljani za Be-7 $4,9 \pm 0,7 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,86 \pm 0,02 \text{ mBq}/\text{m}^3$,
- v Murski Soboti za Be-7 $4,4 \pm 1,7 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,50 \pm 0,12 \text{ mBq}/\text{m}^3$ in
- na Predmeji za Be-7 $4,6 \pm 1,5 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,46 \pm 0,31 \text{ mBq}/\text{m}^3$.

3.1.2 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137

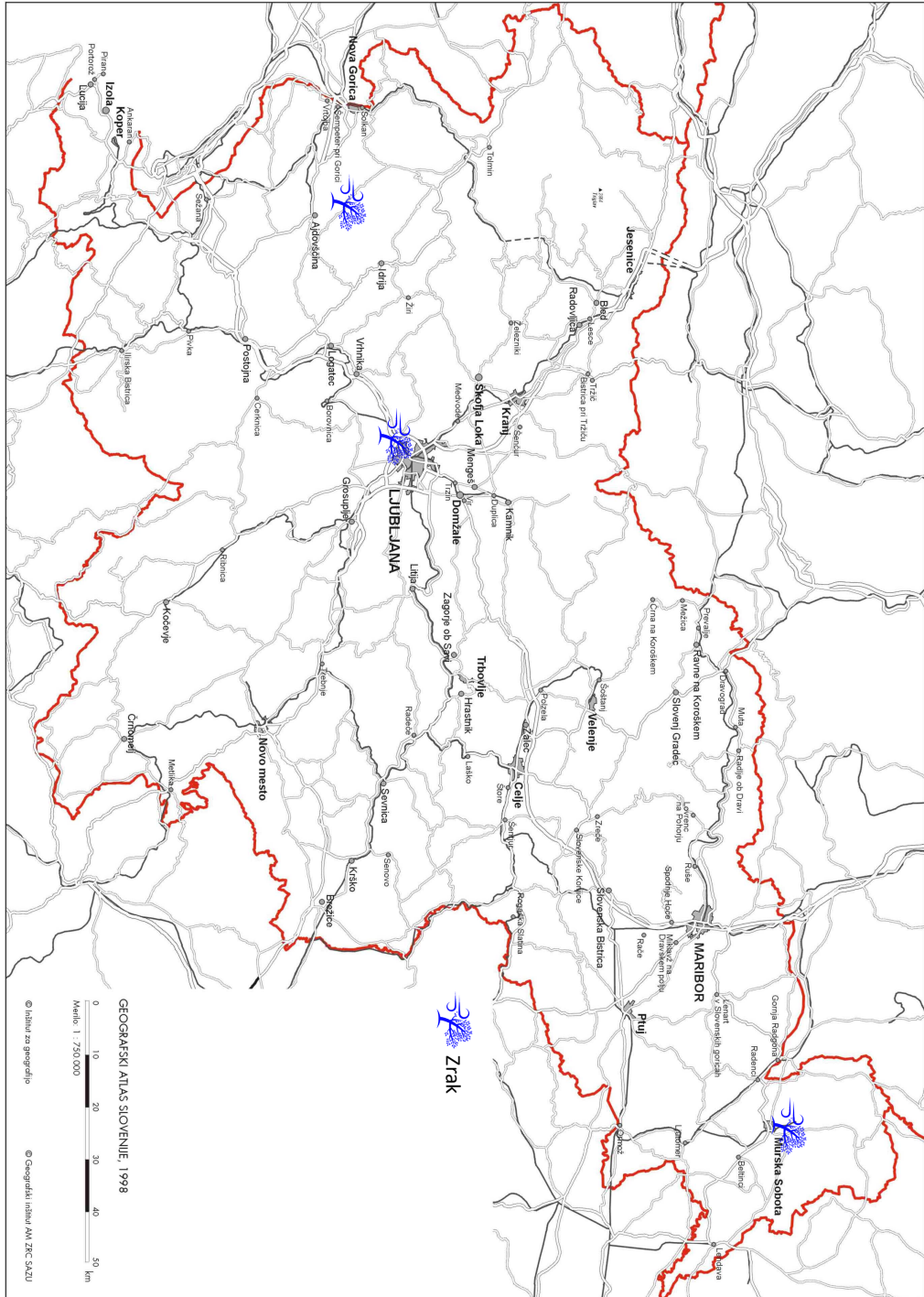
Na spodnji sliki 3.2 so prikazane povprečne mesečne specifične aktivnosti za Cs-137 za Ljubljano za obdobje od leta 1981 dalje.

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

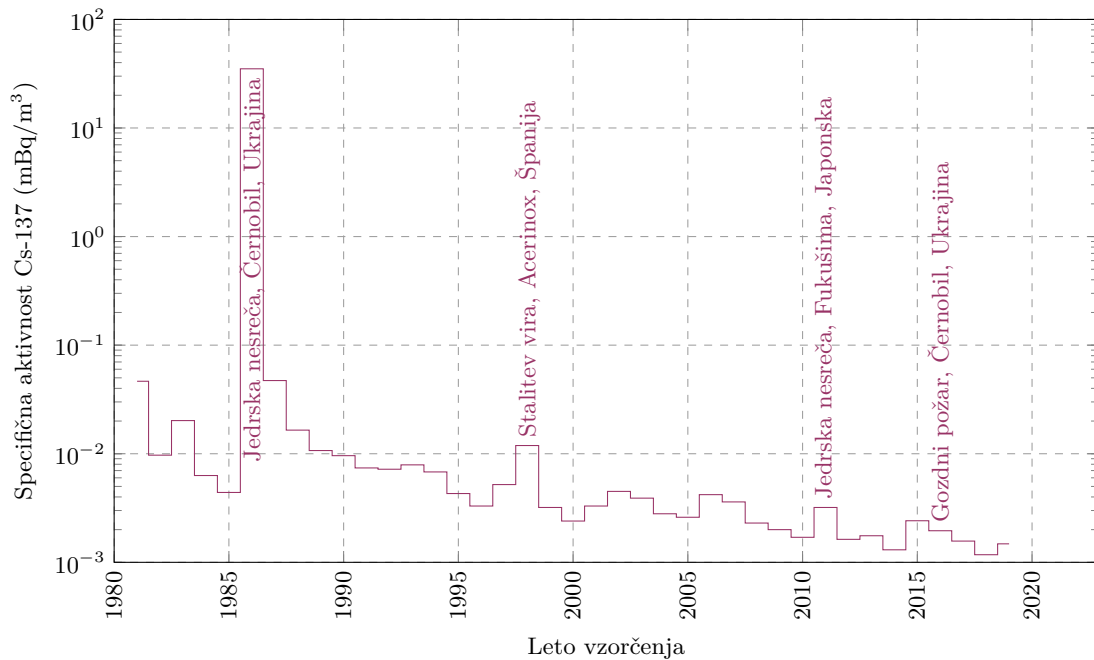
¹Od avgusta 2009 se vzorčenje v Ljubljani namesto na lokaciji Reaktorskega centra Podgorica izvaja na lokaciji IJS na Jamovi cesti

²Namesto lokacije na Jareninskem vrhu pri Mariboru od leta 2018 dalje poteka vzorčenje zraka v Murski Soboti (Rakičan)

³Večina meritev Cs-137 na Predmeji je bila pod mejo detekcije, ki je zaradi manjše kapacitete črpalke, precej višja kot na ostalih lokacijah. Skladno s postopki izračuna povprečij so le-ta nerealno visoka.



Slika 3.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.

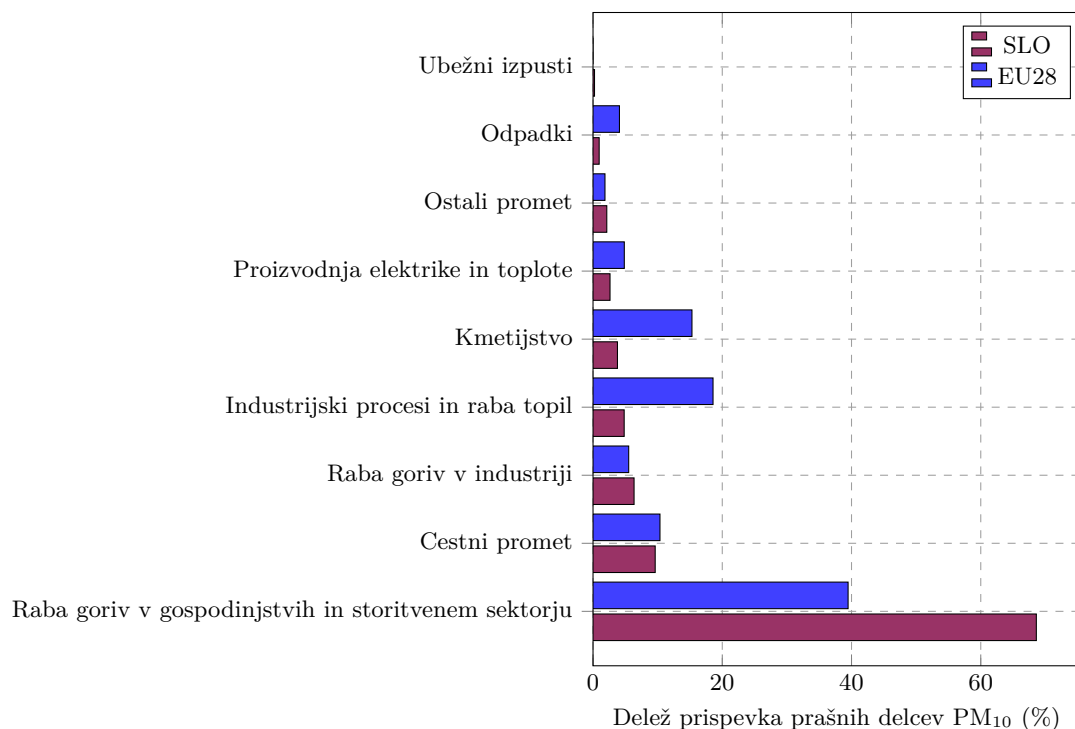


Slika 3.2 | Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje

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 [10]. Požar je bil pogašen v enem dnevu, bistvenih vplivov na Evropo ni bilo, z meritvami nismo zaznali nikakršnega odstopanja. Letno povprečje mesečnih koncentracij Cs-137 v letu 2019 je na nivoju vrednosti letnih povprečij v preteklih letih (z izjemo 2011).

3.1.3 Sezonske variacije Cs-137

Nekatera tuja literatura navaja pojav izmerkov povišane koncentracije Cs-137, ki so bile do tedaj pod mejami detekcije, kar pripisujejo povišani uporabi drv in lesne biomase (peleti, briketi), ki vsebujejo višje aktivnosti Cs-137 zaradi kontaminacije po černobilski nesreči [11]. V literaturi [11–16] je moč najti potrditve, 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 smo potrdili, da 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 PM₁₀ (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod $10 \mu\text{m}$) [17–19]. Tako na izmerjenih podatkih povprečnih mesečnih koncentracij Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk na lokaciji v Ljubljani, kjer je kapaciteta zračne črpalke največja in s tem zanesljivost merskih podatkov velika (meja detekcije je dovolj nizka, da dobimo izmerke tudi v poletnih mesecih), potrdimo, da je uporaba lesne biomase glavni vir Cs-137 v zraku v zimskih mesecih, ne pa resuspenzija Cs-137 iz zemlje, kot se je smatralo pred letom 2013 [20, 21] in ki prispeva glavnino Cs-137 v poletnih mesecih.



Slika 3.3 | Različni viri prašnih delcev PM₁₀ (za leto 2016).

Prašni delci PM₁₀.

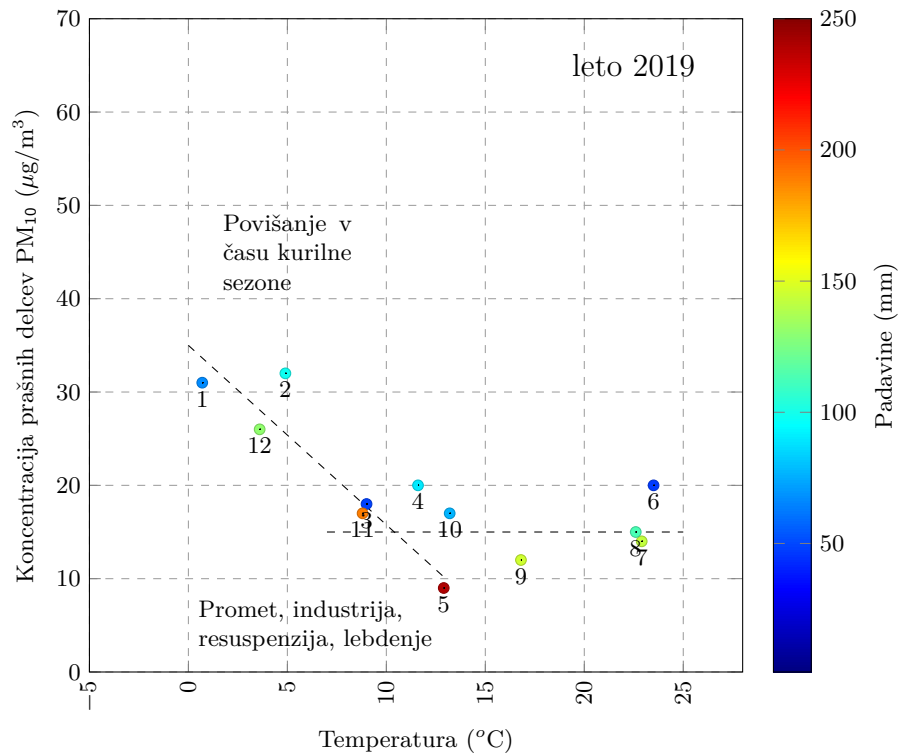
Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM₁₀ [22]. Deleži posameznih prispevkov so prikazani na sliki 3.3, za primerjavo pa so dodani še podatki povprečja vseh držav EU, kjer je razvidno, da k onesnaženju 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 PM₁₀ tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [23–29]. To je tudi razvidno na slikah 3.4 in 3.5, kjer primerjamo koncentracije prašnih delcev PM₁₀ in povprečne mesečne temperature za več zaporednih let. Tako je med kurilno sezono lepo viden dvig koncentracij PM₁₀, v toplih mesecih izven kurilne sezone so koncentracije dokaj stalne zaradi ostalih omenjenih virov PM₁₀. Velik vpliv na koncentracijo delcev imajo vremenske razmere in, ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin (izpiranje zaradi dežja), tako v grafu na slikah 3.4 in 3.5 dodatna barvna oznaka odraža količino padavin v posameznem mesecu.

Odvisnost koncentracij aktivnosti od prašnih delcev oziroma temperature.

Na slikah 3.6 in 3.7 smo primerjali odvisnost izmerjenih aktivnosti nekaterih radionuklidov v zraku (Cs-137, Th-228, Pb-210) od povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev.

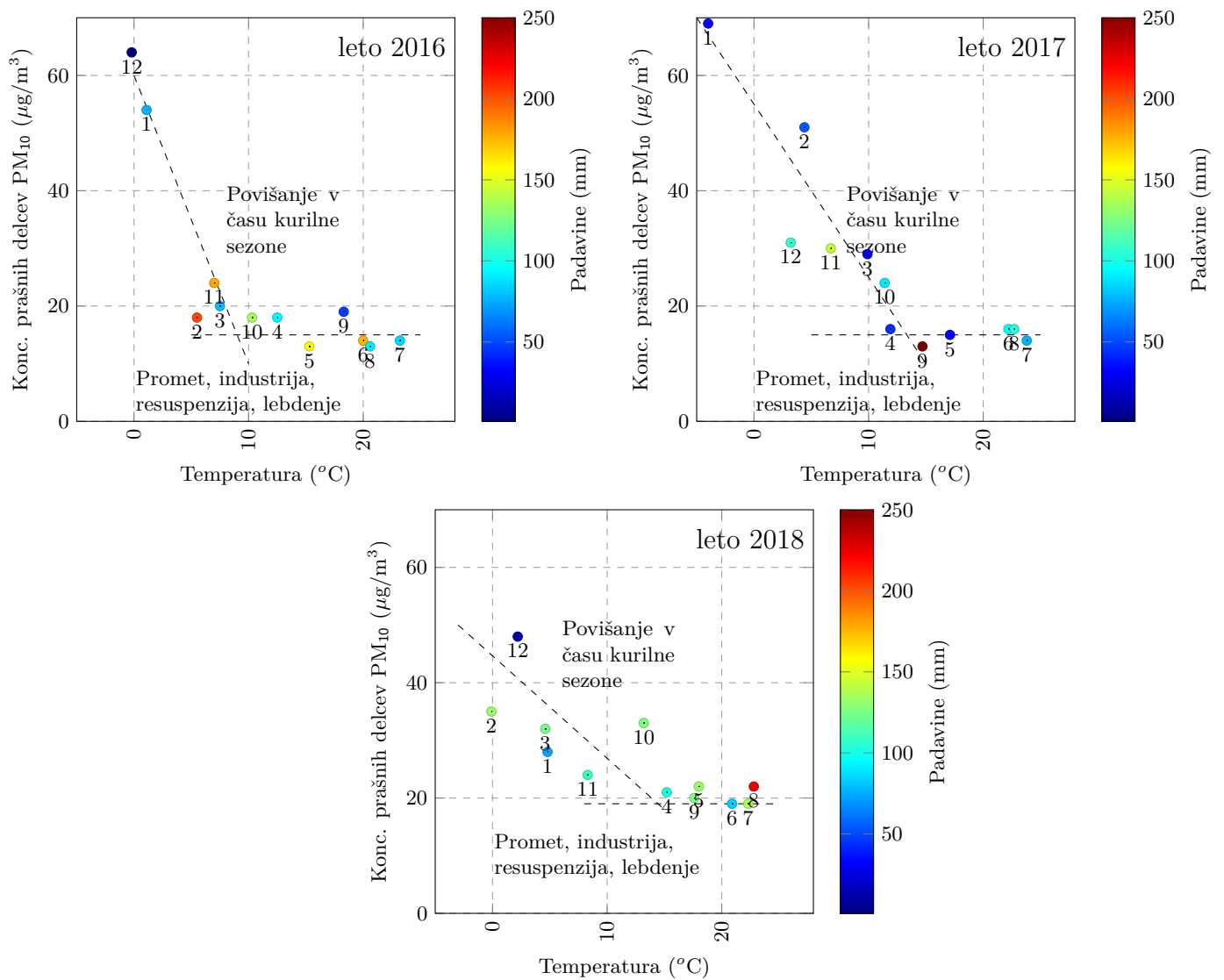
Predvsem za koncentracije aktivnosti Cs-137 lahko ugotovimo močno variacijo med oziroma izven kurilne sezone, tj. korelacijo s koncentracijami prašnih delcev oziroma močno antikorelacijo s temperaturo (kot indikator za kurilno sezono) (glej sliko 3.6). Korelacija je precej manj izrazita za naravni radionuklid Pb-210 ali pa le-ta sploh ni prisotna za izotop Th-228, kot je razvidno na sliki 3.7. Iz zgornjih ugotovitev izhaja, da je se zaradi uporabe lesnih kuriv s Cs-137 v hladnih mesecih povišajo vrednosti



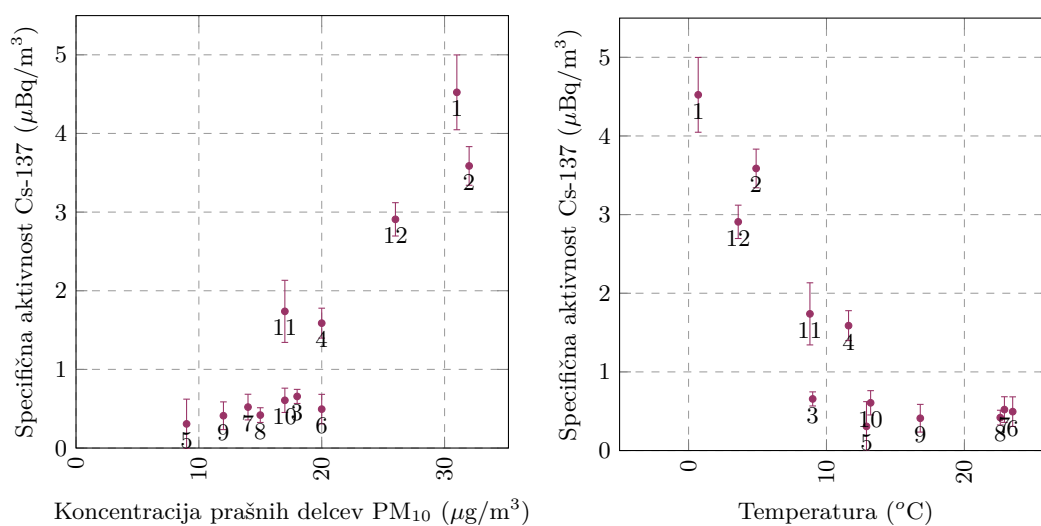
Slika 3.4 | Temperaturna korelacija prašnih delcev PM₁₀ za preteklo leto na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.

Cs-137 tudi v ozračju. To potrjujejo tudi meritve, kjer so aktivnosti Cs-137 izmerjene v hladnejših mesecih lahko tudi za velikostni red višje od vrednosti v toplejših mesecih, na nekaterih merilnih postajah pa so te velikokrat celo pod mejo detekcije. Ugibamo lahko, da so mehanizmi vezave radionuklidov na aerosole (prašne delce) različni, in sicer se Cs-137 veže močno, Pb-210 manj, medtem ko Th-228 skoraj nič oziroma je le-ta v zraku posledica drugih virov in ne lesnih kuriv.

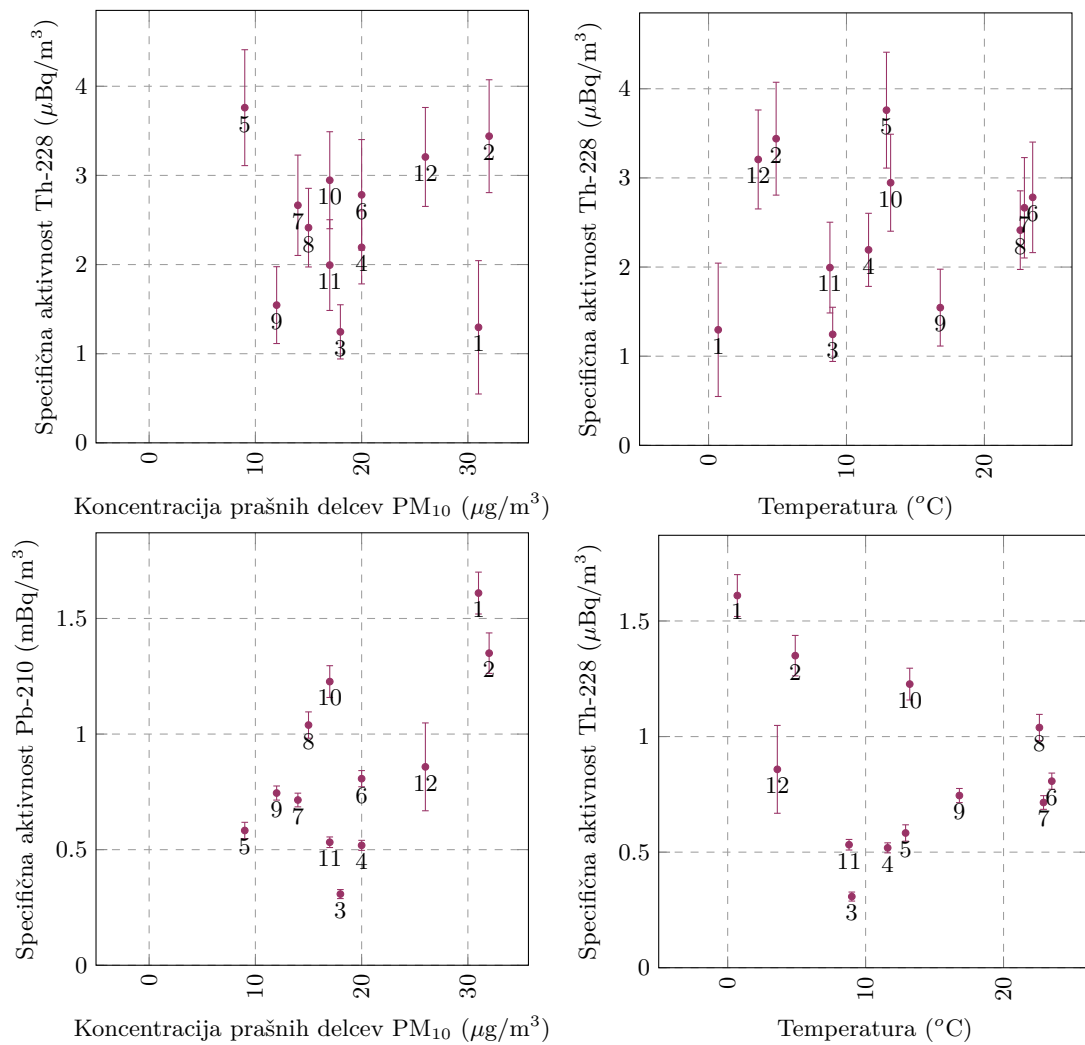
Iz tega lahko zaključimo, da je prispevek k specifični aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplih mesecih pa je prispevek manj izrazit in je najverjetneje posledica več faktorjev, v prvi meri zaradi resuspenzije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



Slika 3.5 | Zgodovinski pregled temperaturne korelacije prašnih delcev PM₁₀ na lokaciji v Ljubljani.



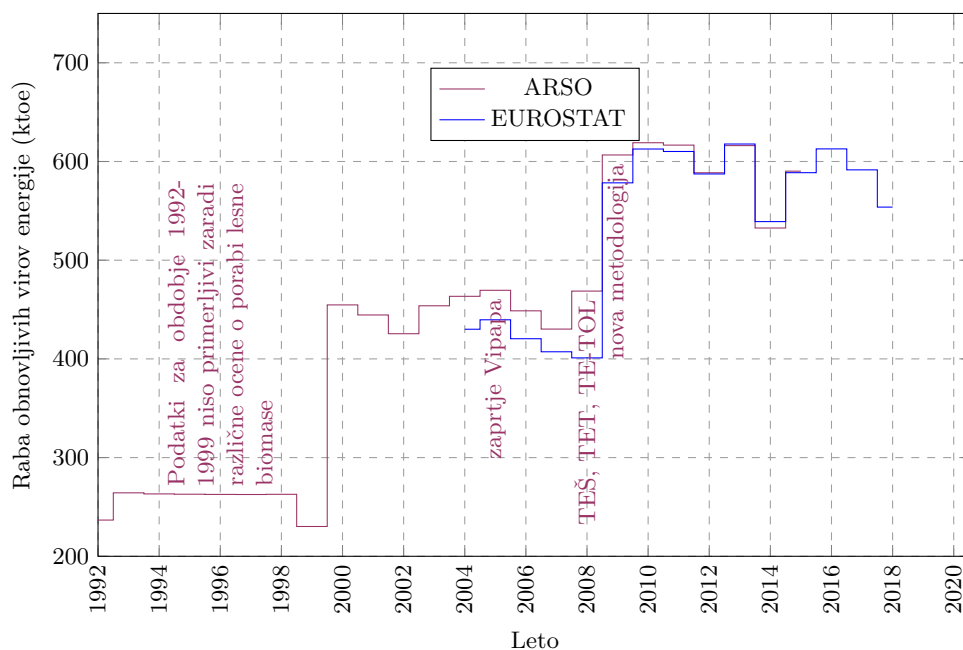
Slika 3.6 | Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



Slika 3.7 | Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.

3.1.4 Lesna kuriva

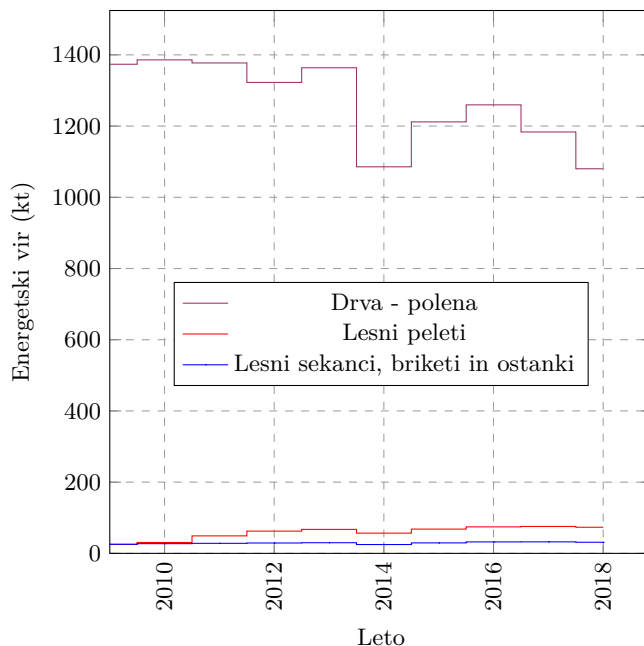
Visoka rabe lesne biomase v Sloveniji je glede na veliko pokritost z gozdovi pričakovana in smotrna. Poleg lesa trdna biomasa zajema tudi kostno moko in maščobe, papirni mulj ter lužnico, ki se uporabljajo v industriji. Les je leta 2011 predstavljal 98 % rabe trdne biomase. Največ trdne biomase se porabi v gospodinjstvih (leta 2011 415 kt⁴), sledita industrija s 50 kt⁴ in pridobivanje energije s 46 kt⁴, poraba je po letih prikazana na sliki 3.8 [30, 31]. Leta 2009 se je raba v gospodinjstvih navidezno 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 [30, 31]. 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 [32].



Slika 3.8 | Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma OVE za ogrevanje (EUROSTAT).

Statistični urad RS spremlja končna poraba energije v gospodinjstvih po vrsti energetskega vira (naravne enote) od leta 2009 dalje [33]. 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 3.9 [33]. 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).

⁴kilotonne of oil equivalent



Slika 3.9 | Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU).

Meritve in analiza specifičnih aktivnosti

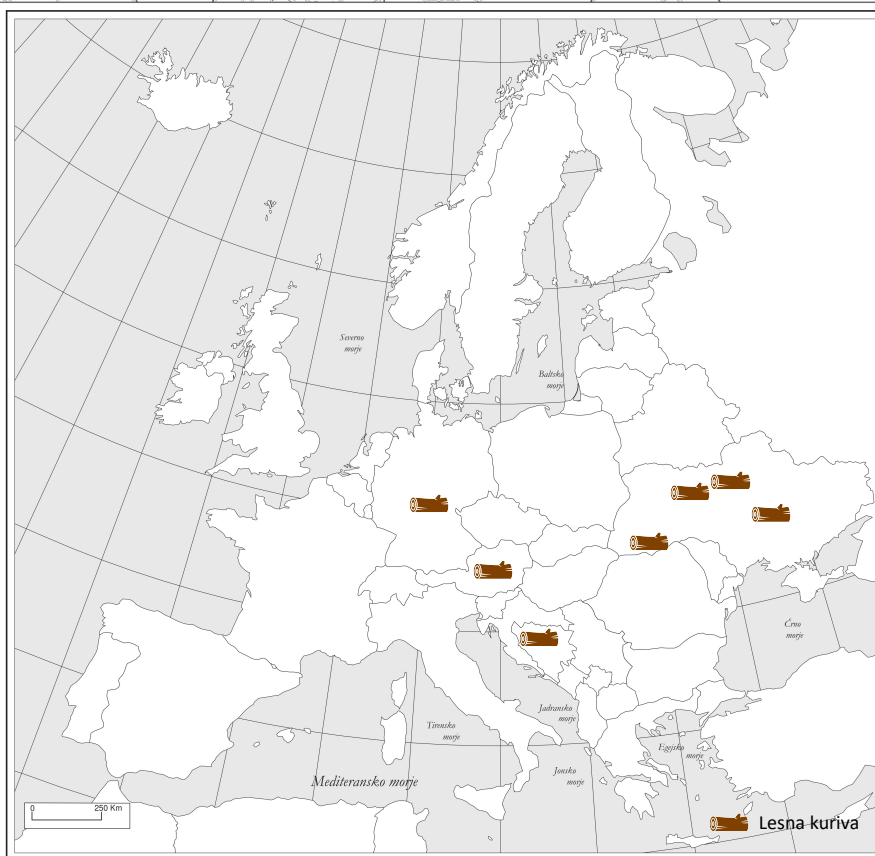
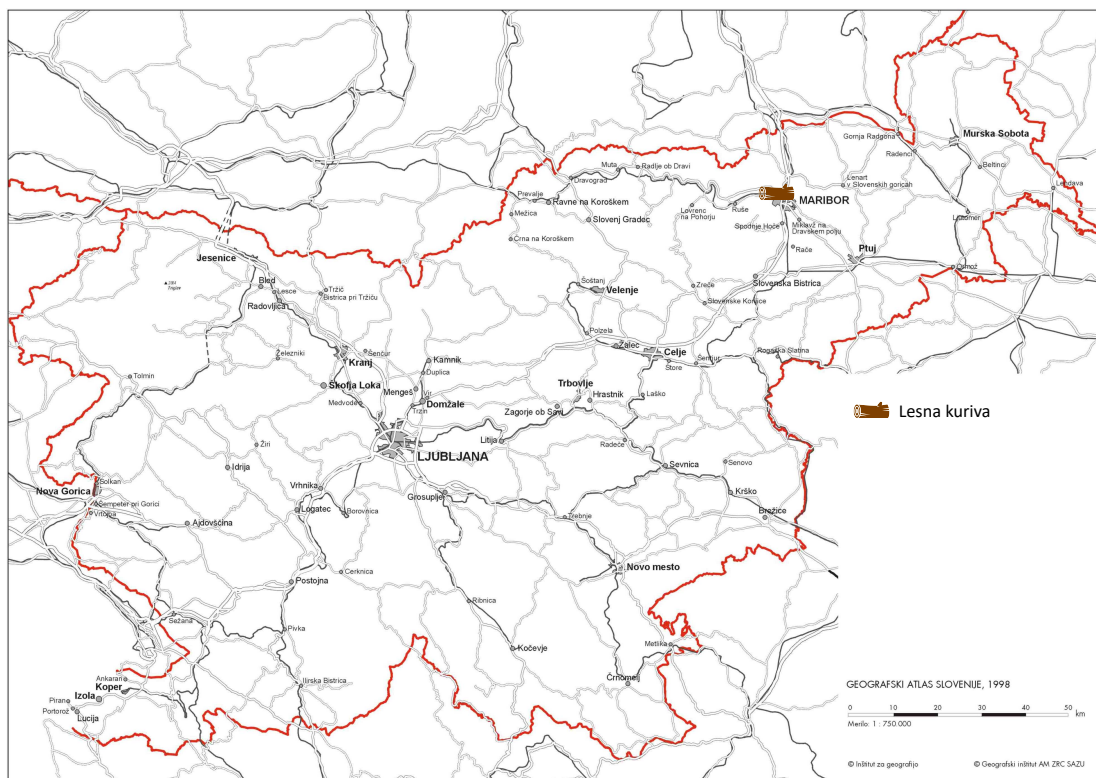
V preteklem letu smo vzorčili in analizirali osem vzorcev lesa oziroma lesnih kuriv:

- 7 vzorcev lesnih peletov in
- 1 vzorec lesnih briketov.

Lokacije vzorčenja domačih peletov oziroma briketov ali iz uvoza (Ukrajina, Nemčija, Avstrija, Bosna in Hercegovina) so prikazane na zemljevidu na sliki 3.10.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.4, specifične aktivnosti Cs-137 so bile od 0,7 Bq/kg do 9,8 Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v lesnih kurivih je $4,6 \pm 1,0$ Bq/kg. Za leto 2019 še ni dostopnih podatkov o porabi lesnih kuriv. Povprečje letne porabe v obdobju zadnjih 5 let do leta 2018 znaša 1264 kt (skupaj polen, peletov in sekancev ter briketov), tako lahko z linearno ekstrapolacijo podatkov ocenimo, da je bilo v letu 2019 verjetno porabljenih 1209 kt lesnih kuriv (v oceni ni upoštevana odvisnost od različnih faktorjev, kot na primer od zunanje temperature, toplotnih sanacij stavb, menjave kurišč ipd.). Ob upoštevanju povprečne vrednosti specifične aktivnosti Cs-137 je bilo v letu 2019 bilo v zrak izpuščena ocenjena skupna aktivnost 5,6 GBq Cs-137. Če to vrednost primerjamo z izpusti Cs-137 skozi oddušnik Nuklearne elektrarne Krško, ugotovimo, da so te bistveno nižje: v letu 2019 je bilo izpuščeno 870 Bq, v letu 2018 ni bilo izpustov Cs-137, v letu 2017 je bilo izpuščeno 1 kBq Cs-137 in v letu 2016 0,7 MBq Cs-137.

Iz podatkov o vsebnosti Cs-137 v lesnih kurivih lahko informativno ocenimo koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku v bližini kurišč (do 500 m). V Sloveniji se približno četrtina (23%) od okrog 825.000 gospodinjstev ogreva z lesno biomaso. Pri zgoraj ocenjeni letni porabi lesne biomase, znaša povprečna letna poraba slovenskega gospodinjstva, ki se ogreva le z lesno biomaso, 6376 kg v letu 2019. Skupna letna izpuščena povprečna aktivnost na gospodinjstvo znaša 29,3 kBq. Ob zelo grobih predpostavkah, da se v okolje izpusti celotna količina Cs-137 pri zgorevanju lesa v peči in če informativno upo-

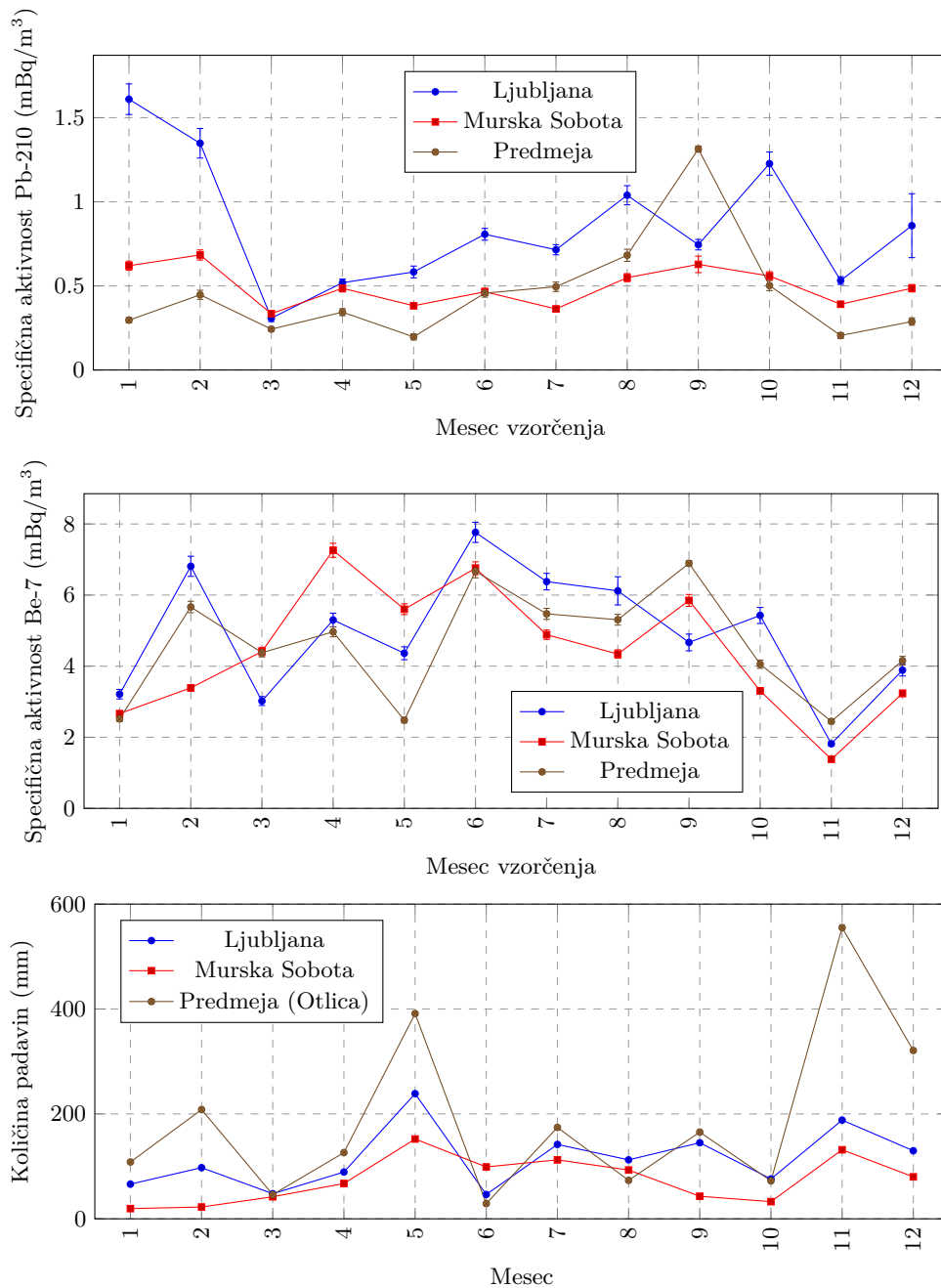


Slika 3.10 | Lokacije vzorčenja ali lokacija izvora vzorcev lesnih kuriv.

rabimo arbitrarno vrednost razredčitvenega faktorja na razdalji 500 m $\chi/Q = 10^{-4} \text{ s/m}^3$ (talni izpust) [34] ter upoštevamo konstantni izpust s povprečno hitrostjo izpuščene aktivnosti 3,8 mBq/s (predpostavili smo, da se kuriva skurijo v 3 mesecih), dobimo oceno za koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku okrog 0,38 $\mu\text{Bq/m}^3$ v bližini hiše, kjer se za ogrevanje uporablja peč na lesno biomaso. Ta vrednost je nižja od povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137, 2,9 $\mu\text{Bq/m}^3$, v zraku v Ljubljani za tri zimske mesece v letu 2019. Če upoštevamo prispevke nekaj gospodinjestev hkrati, pa dobimo že zelo primerljive vrednosti enakega velikostnega reda. Pri tej oceni je veliko neznank in gre za grobo vrednost, v prihodnje bi bilo smiselno uporabiti realne razredčitvene faktorje, reprezentativno porabo lesne biomase, bližina in število kurišč v bližini vzorčevalne postaje ipd.

3.1.5 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210

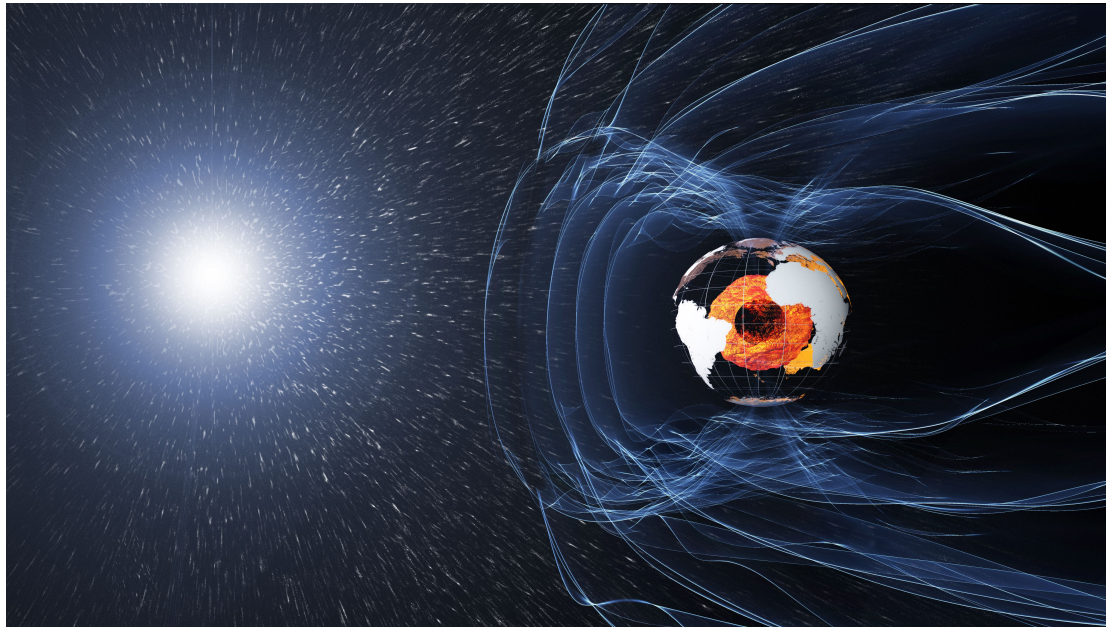
Analizirali smo sezonske variacije specifičnih aktivnosti Be-7 v letu 2019, ki so prikazane na sliki 3.11.



Slika 3.11 | Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.

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 [35]). 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 [36]. 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 [36–38]:

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

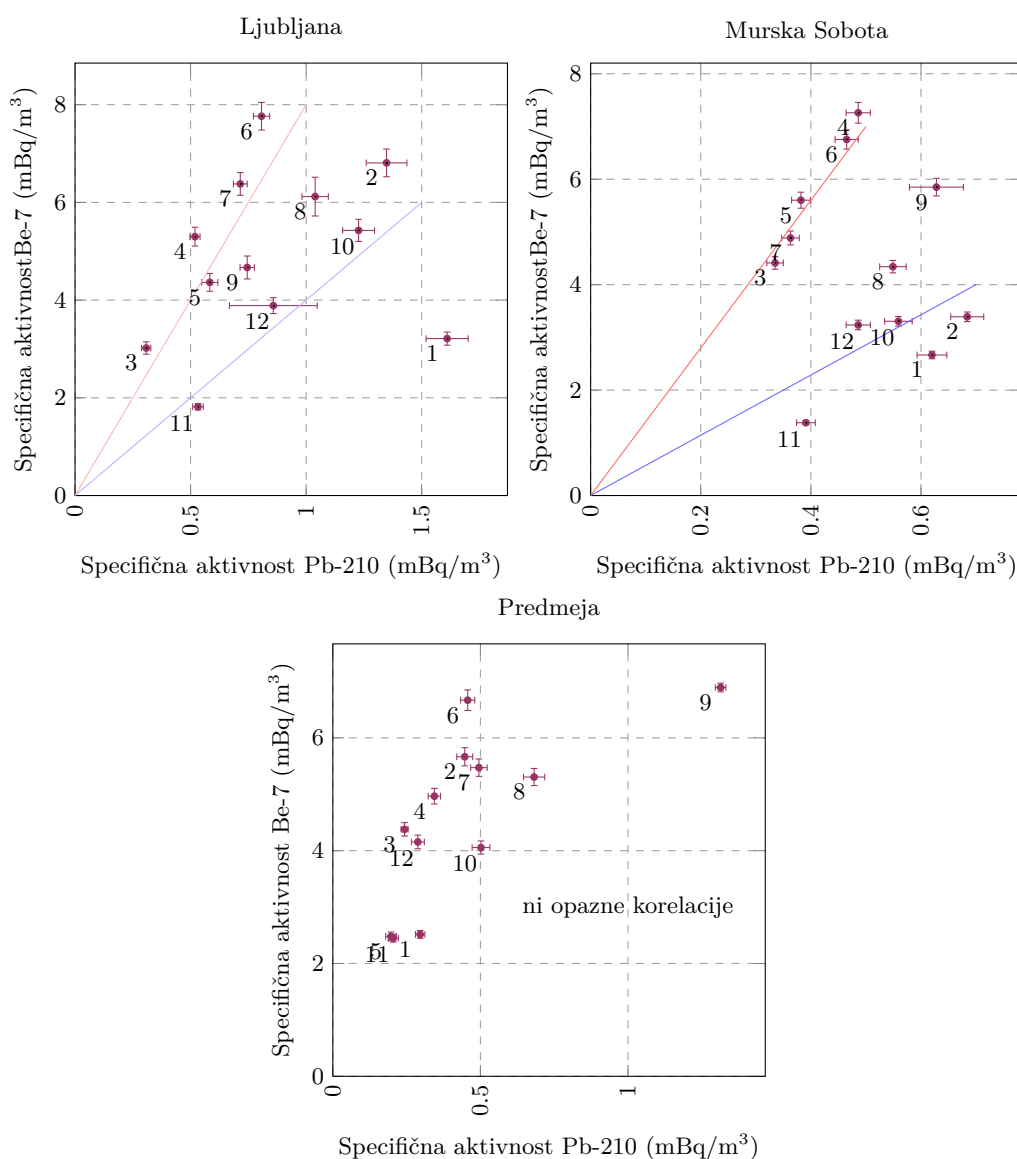
Izpiranje Be-7 s pomočjo padavin je dobro vidno na sliki 3.11, kjer so prikazane mesečne vrednosti aktivnosti Be-7 v zraku, dodatno pa za primerjavo še količina padavin v Ljubljani. Lepo je tudi vidna korelacija med količino padavin in mesečnim usedom Be-7 v padavinah na sliki 3.28 v poglavju 3.2.4.

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.

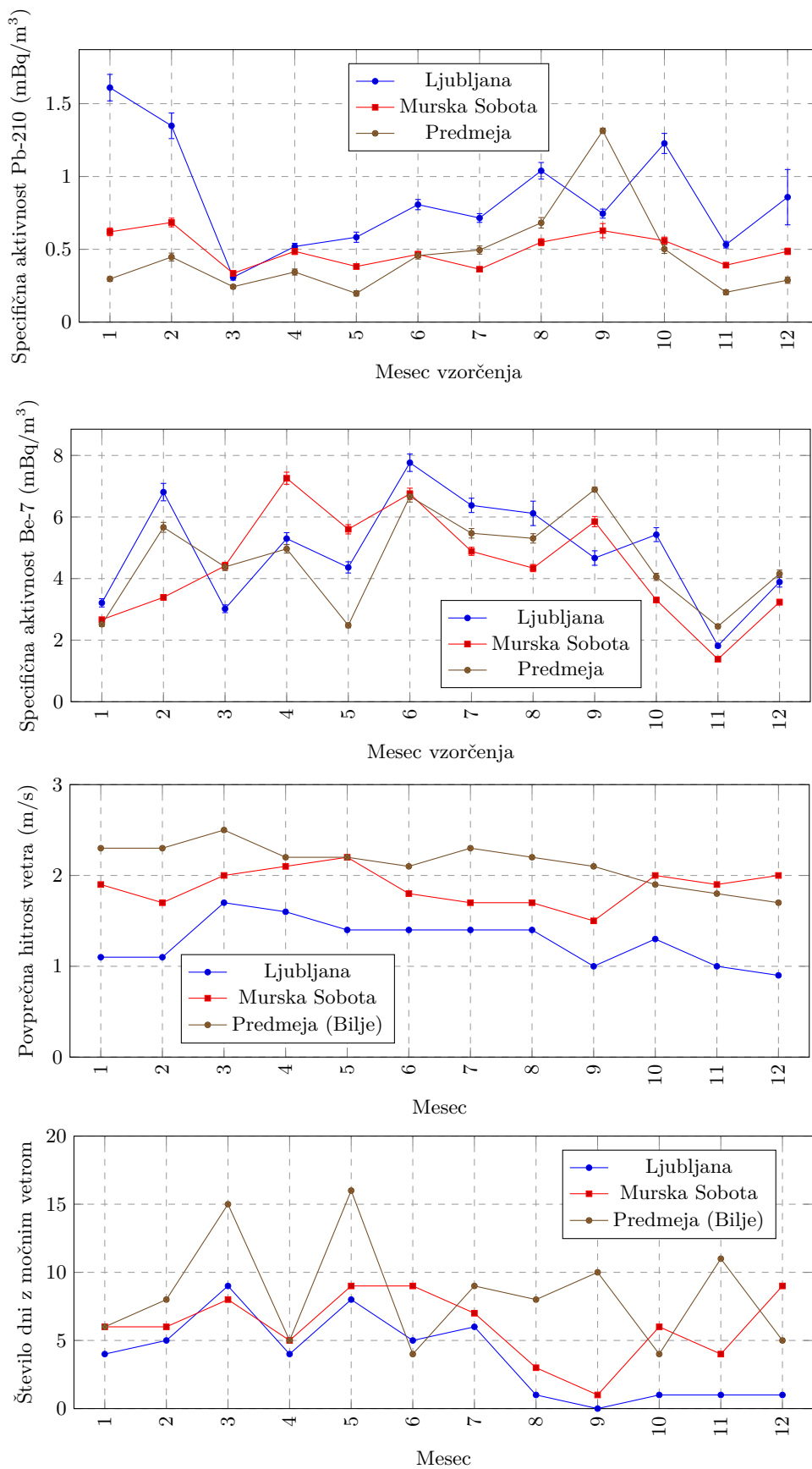
Na sliki 3.11 podrobneje analiziramo sezonske variacije, kjer poleg Be-7 analiziramo tudi koncentracije Pb-210. Oba radionuklida sta v literaturi uporabljena kot dobra sledilca atmosferskih gibanj zraka, Pb-210 za aerosole v nizkih višinah atmosfere (saj izhaja iz tal), Be-7 pa za aerosole na visokih 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 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 Murska Sobota na sliki 3.13. Odstopanja od te dvojne korelacije so predvsem posledica padavin in vetrovnih razmer z večjim mešanjem zraka. Lokacija v Predmeji je izpostavljena stalnim vetrovom, zato ta dvojna korelacija praktično ni opazna. Vetrovne razmere na lokacijah vzorčenja ali najbližji možni lokaciji so predstavljene na sliki 3.14 za Ljubljano, Mursko Soboto in Bilje pri Novi Gorici (najbližja Predmeji), kjer prikazujemo povprečno hitrost vetra in število dni v mesecu z močnim vetrom (nad 6 bf oziroma nad 11 m/s).



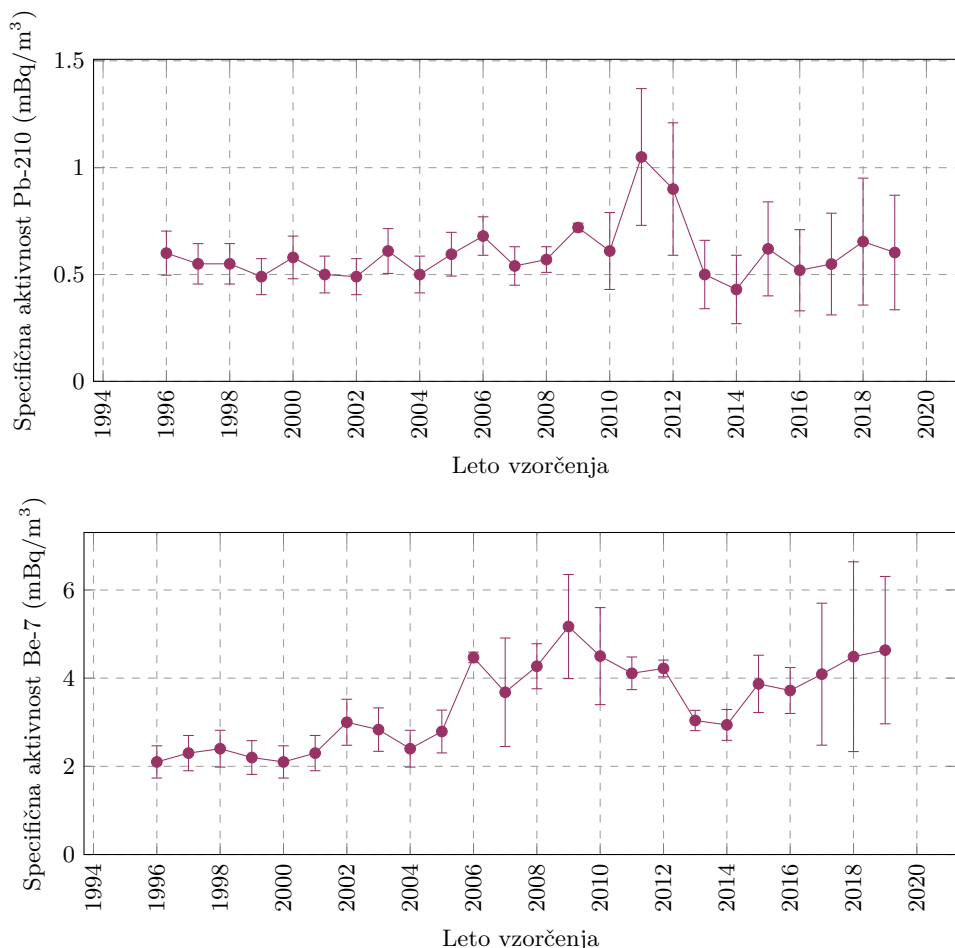
Slika 3.13 | Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2019 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčenja.



Slika 3.14 | Vetrovne razmere na lokacijah vzorčenja zraka ali v neposredni bližini.

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 $0,6 \text{ mBq/m}^3$. Izjema sta leti 2011 in 2012, kjer je specifična aktivnost skoraj dvakrat višja od povprečja. Ustrezne razlage nimamo,⁵ 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 $2,1\text{-}5,1 \text{ mBq/m}^3$. 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.

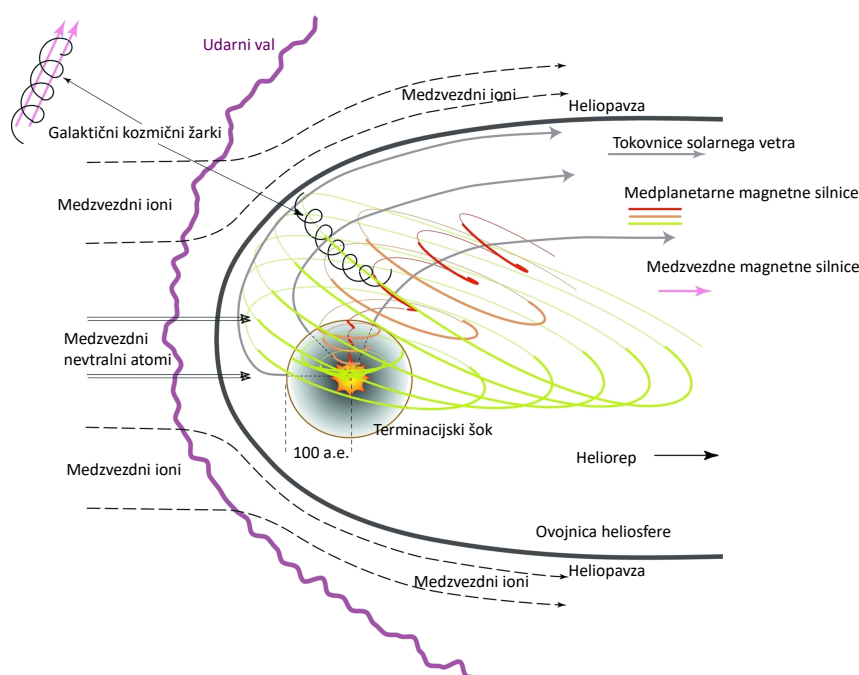
Podoben trend je možno opaziti tudi pri vrednostih Be-7 v vzorcih padavin (prikazane na sliki 3.26), kjer je tudi opazno povišanje koncentracij v letih 2006-2011 v primerjavi s preteklimi leti. Potrebno pa se je zavedati, da je vsebnost Be-7 v padavinah v kratkih vzorčevalnih obdobjih (npr. mesečnih) antikorelirana z vsebnostjo Be-7 v zraku, v letnih

⁵Višja vrednost je predvsem posledica nekaterih višjih mesečnih vrednosti na lokaciji Jareninski vrh

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.

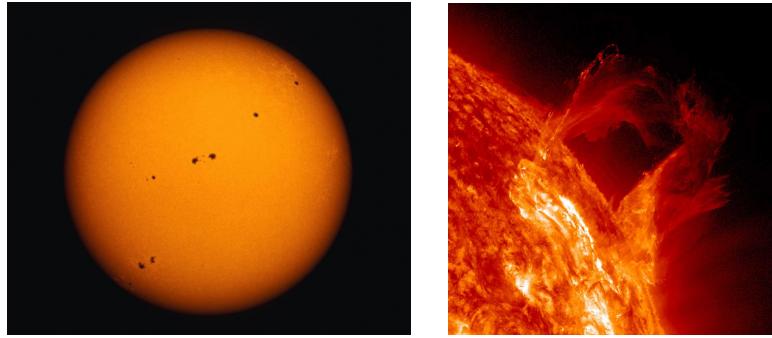
Galaktični kozmični žarki prihajajo tipično izven našega osončja iz medzvezdnega prostora naše galaksije. To so visoko energijski nabiti delci – protoni, elektroni in popolnoma ionizirana jedra lahkih elementov. Ko se galaktični kozmični žarki približajo našemu osončju, v heliosferi lahko izgubijo precejšen del svoje energije in posledično v manjši meri prodrejo v Zemljino atmosfero (slika 3.16 [39]). V tem primeru je verjetnost nastajanja kozmogenega Be-7 zmanjšana.



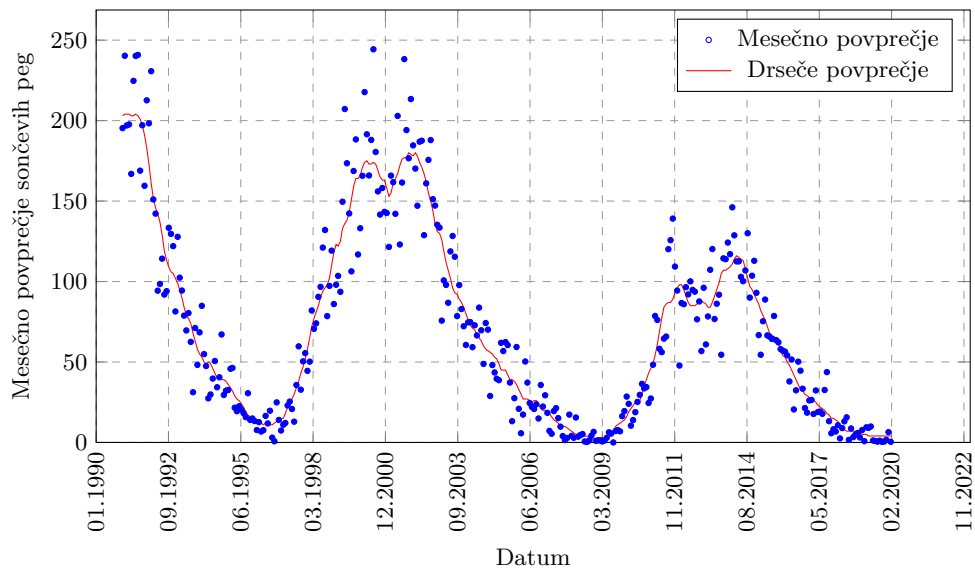
Slika 3.16 | V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.

Sončeva aktivnost ima svoj tipični 11-letni cikel [40]. Odraž aktivnosti je viden kot povečanje ali zmanjšanje števila sončevih peg (slika 3.17 [41]). 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 [40].

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 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 je začel nov sončev



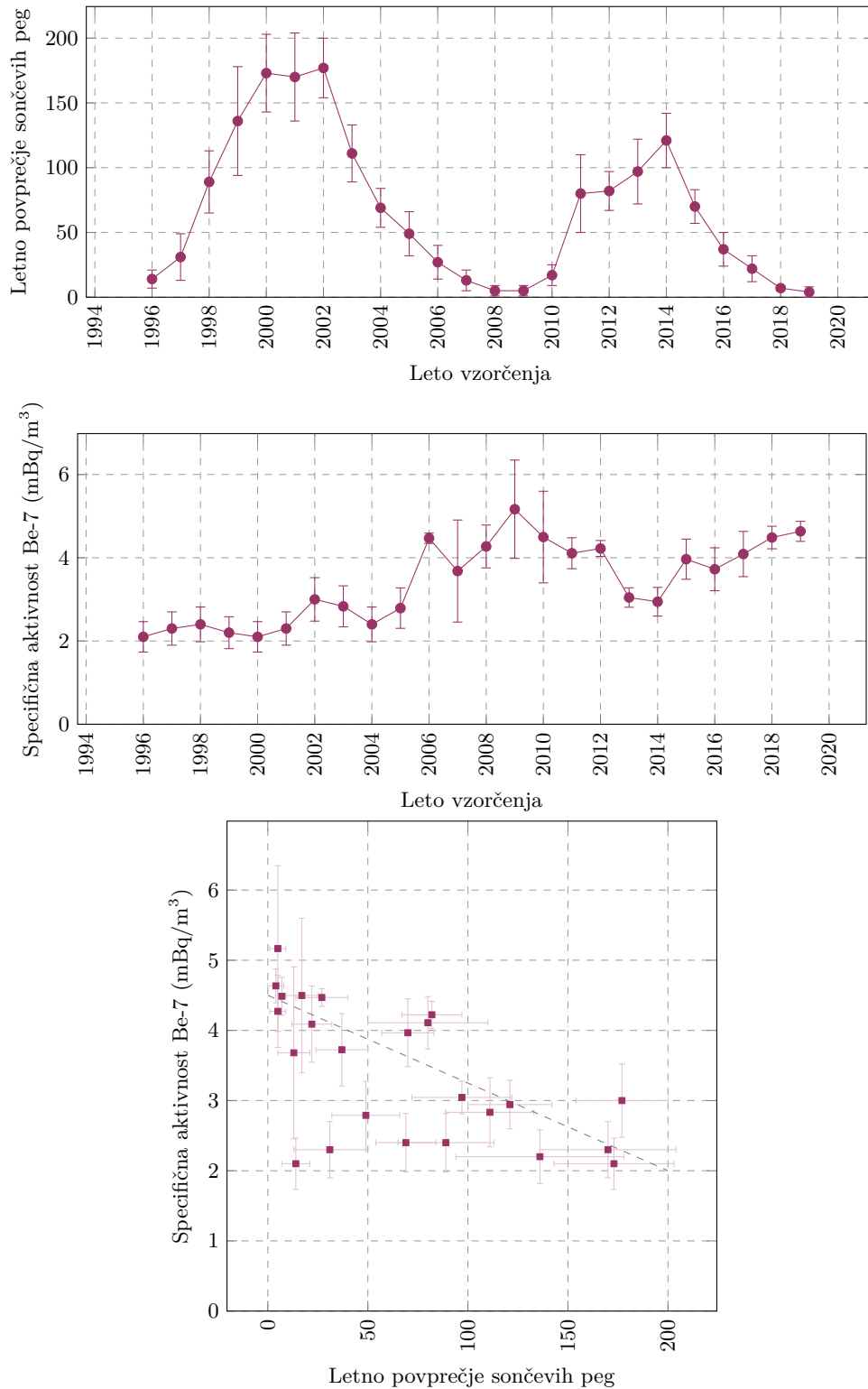
Slika 3.17 | Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA.



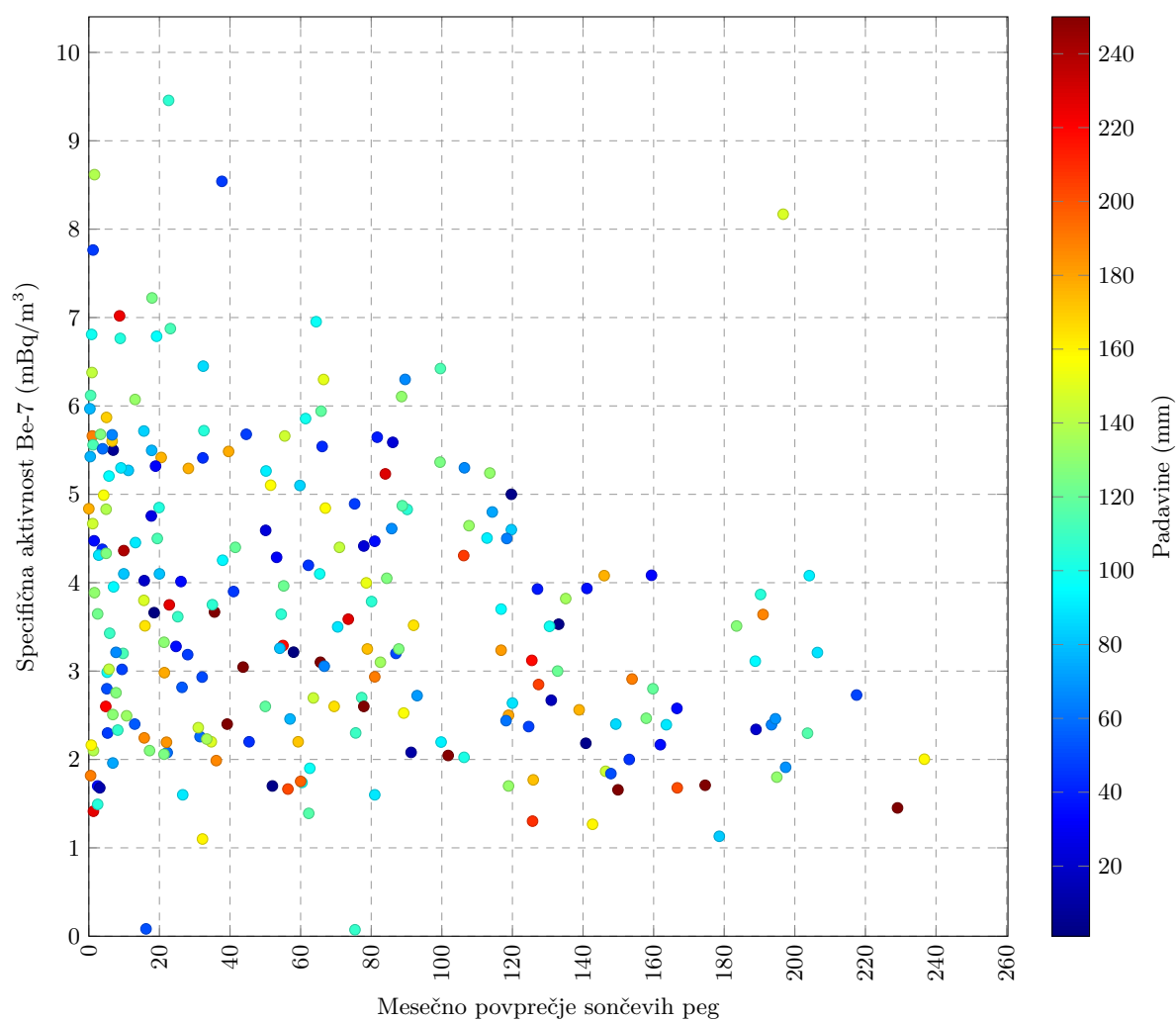
Slika 3.18 | Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje zadnjih 13 mesecev.

maksimum, zato so pričakovano koncentracije Be-7 v zraku nižje (glej sliko 3.15) do okrog leta 2016. Po letu 2016 že prehajamo v sončev minimum, zato so koncentracije Be-7 v zraku višje, kar bodo po pričakovanju še nekaj let, nato pa ponovno padle, ko preidemo v nov sončev maksimum.

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 v Ljubljani, Murski Soboti, Bovcu in Novem mestu, kjer v Ljubljani merimo mesečni kompozitni vzorec, na ostalih lokacijah pa merimo trimesečni kompozitni vzorec.

Rezultati meritev so zbrani v prilogi A v tabelah od A.5 do A.8.

Letna količina padavin v letu 2019 v Ljubljani je bila 1379 mm, v Bovcu 2704 mm, v Novem mestu 1209 mm in v Murski Soboti 895 mm. Poleg umetnih radionuklidov Cs-137, Sr-90 in H-3 smo določali tudi naravne radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228, K-40 ter kozmogeni Be-7.

Primerjava rezultatov 2019 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.

Od umetnih radionuklidov sta dolgoročno opazna samo Cs-137 in Sr-90, vendar so specifične aktivnosti večkrat na meji detekcije, tako da so negotovosti pri meritvah precej velike. Najvišji letni used Cs-137 je bil izmerjen v Bovcu $1,3 \pm 0,9$ Bq/m², v Ljubljani pa $0,84 \pm 0,55$ Bq/m². Najvišji letni used Sr-90 je bil izmerjen v Bovcu $1,7 \pm 2,3$ Bq/m².

Od naravnih radionuklidov naj omenimo še skupne vrednosti kozmogenega Be-7, katerega rezultati znašajo od 404 Bq/m² v Murski Soboti do 824 Bq/m² v Novem mestu.

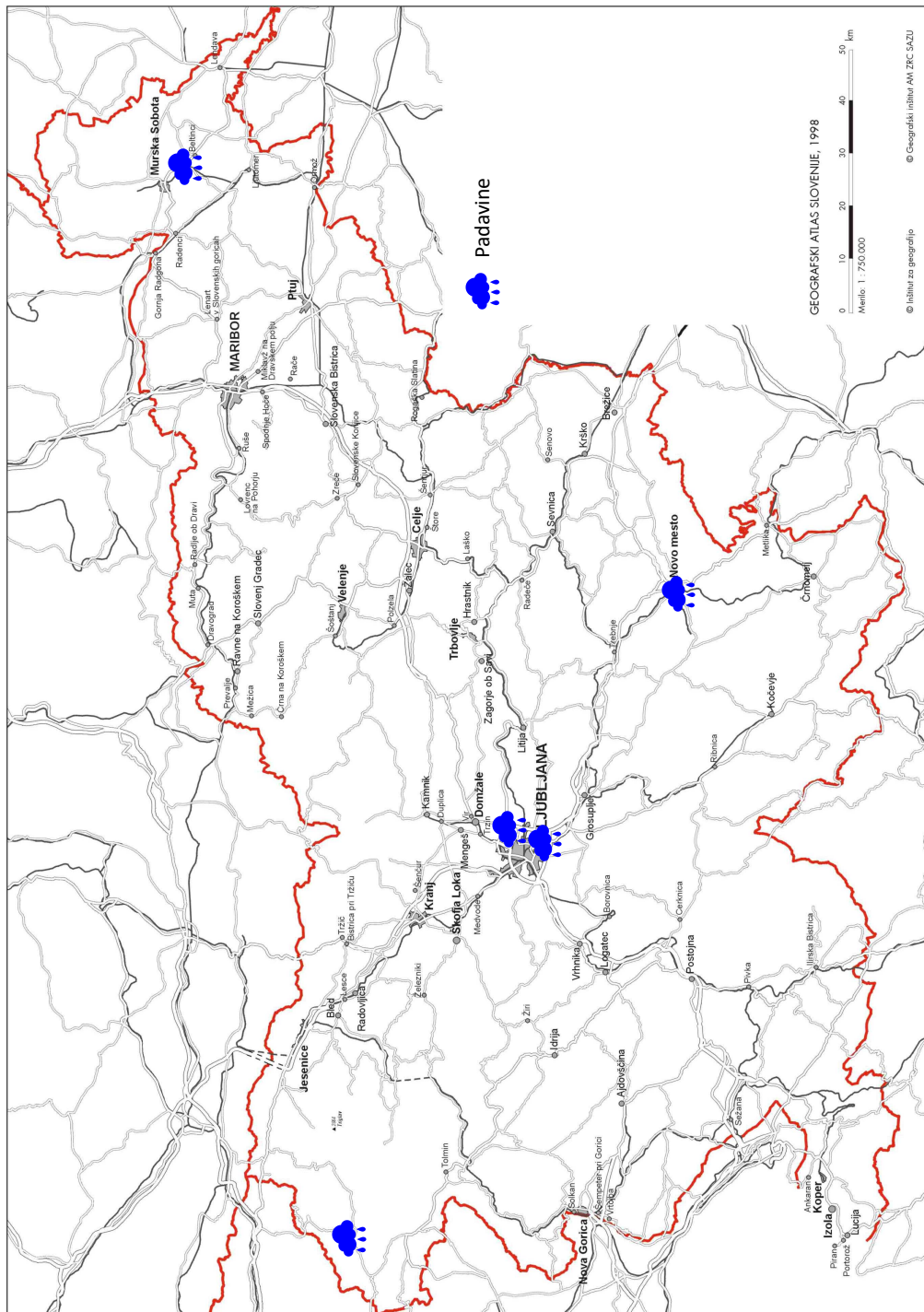
3.2.2 Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90

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 oziroma Pb-210, katerih koncentracija v zraku je višja (sploh v zimskih mesecih) oziroma bistveno višja.

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

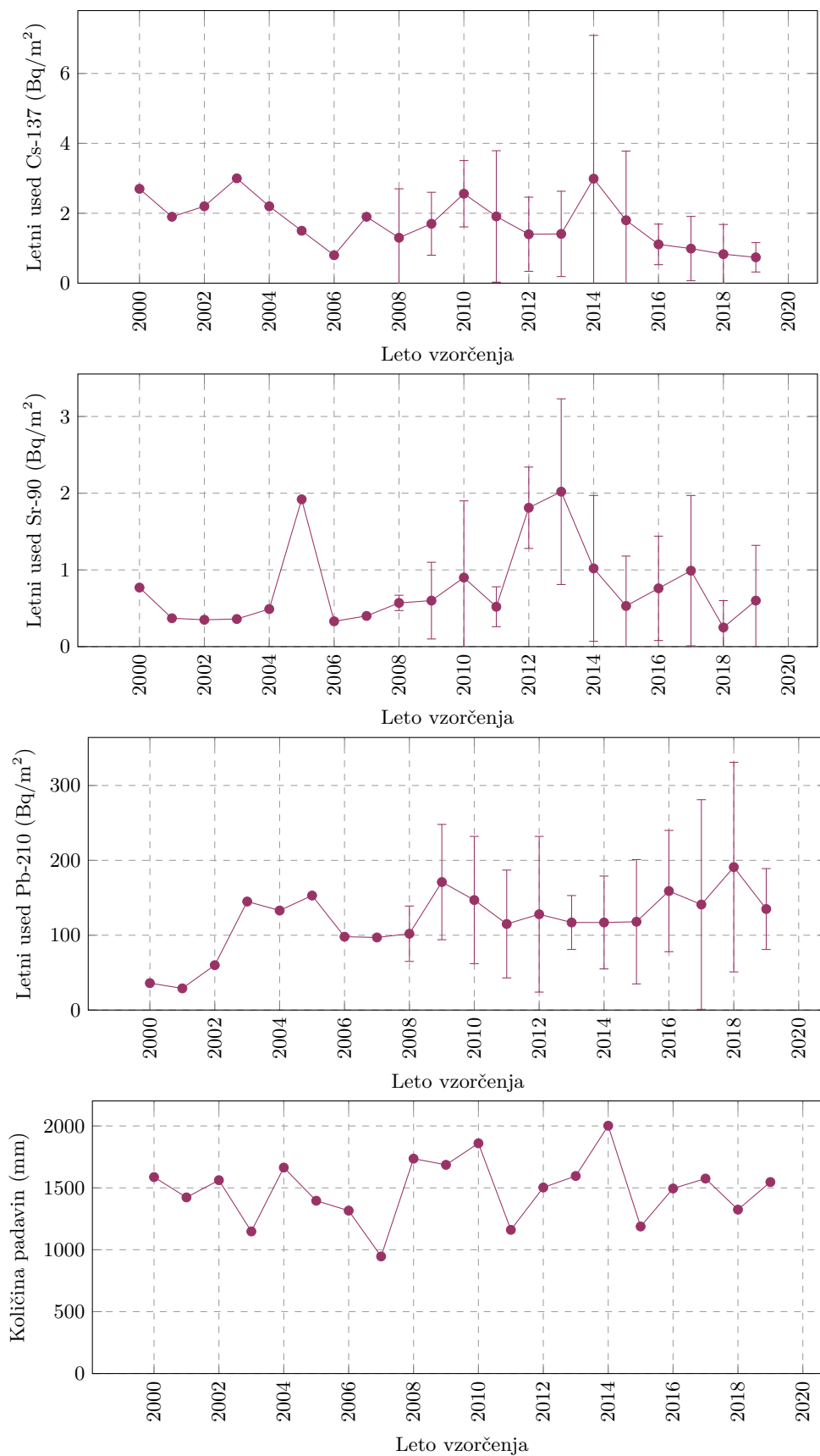
Največja odstopanja v rezultatih po posameznih trimesečjih povzročajo zimski meseci, ki so lahko zelo suhi ali pa obilni s padavinami (glej tabele z rezultati meritev od A.5 do A.8 v prilogi A).



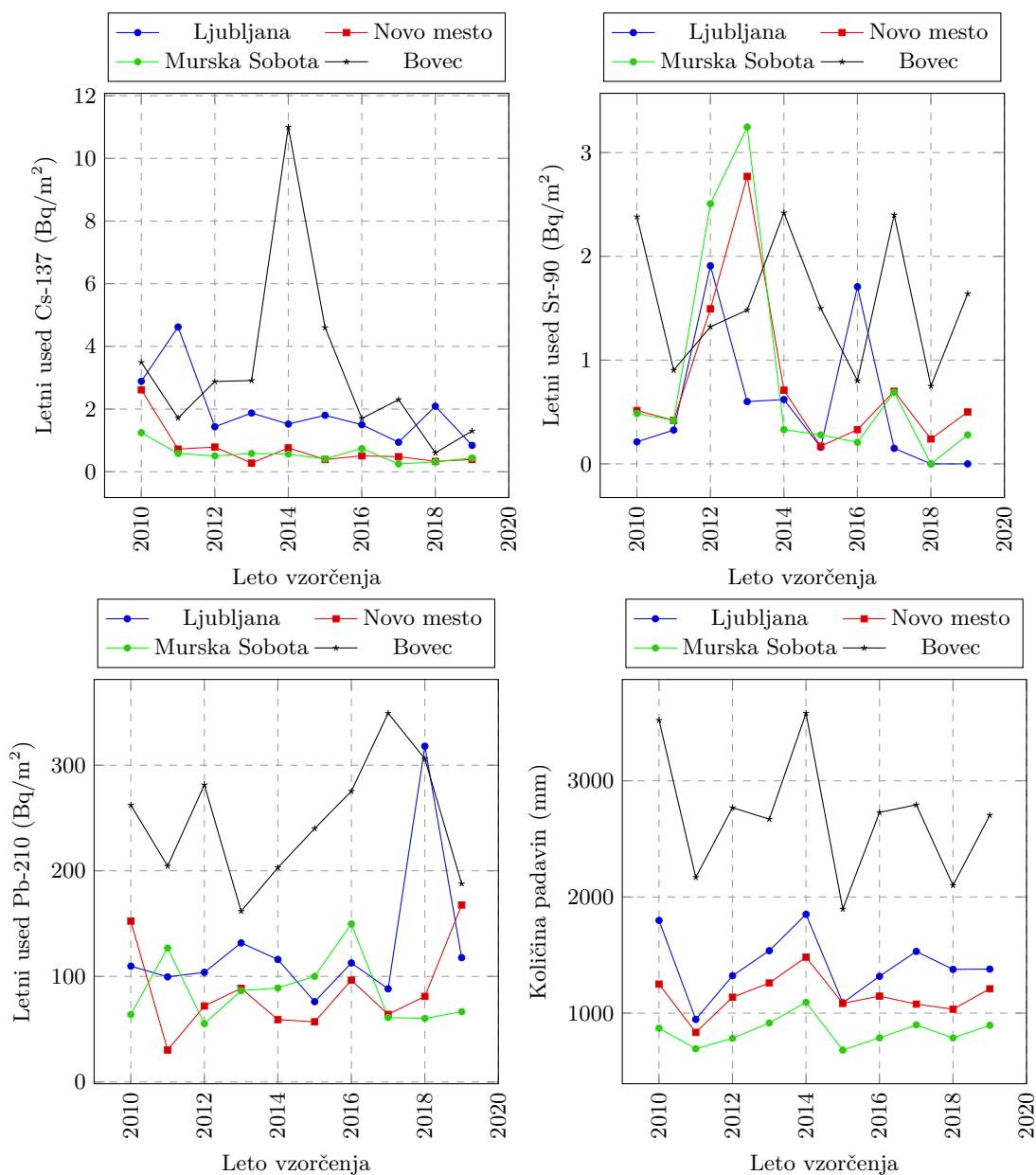
Slika 3.21 | Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.

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)

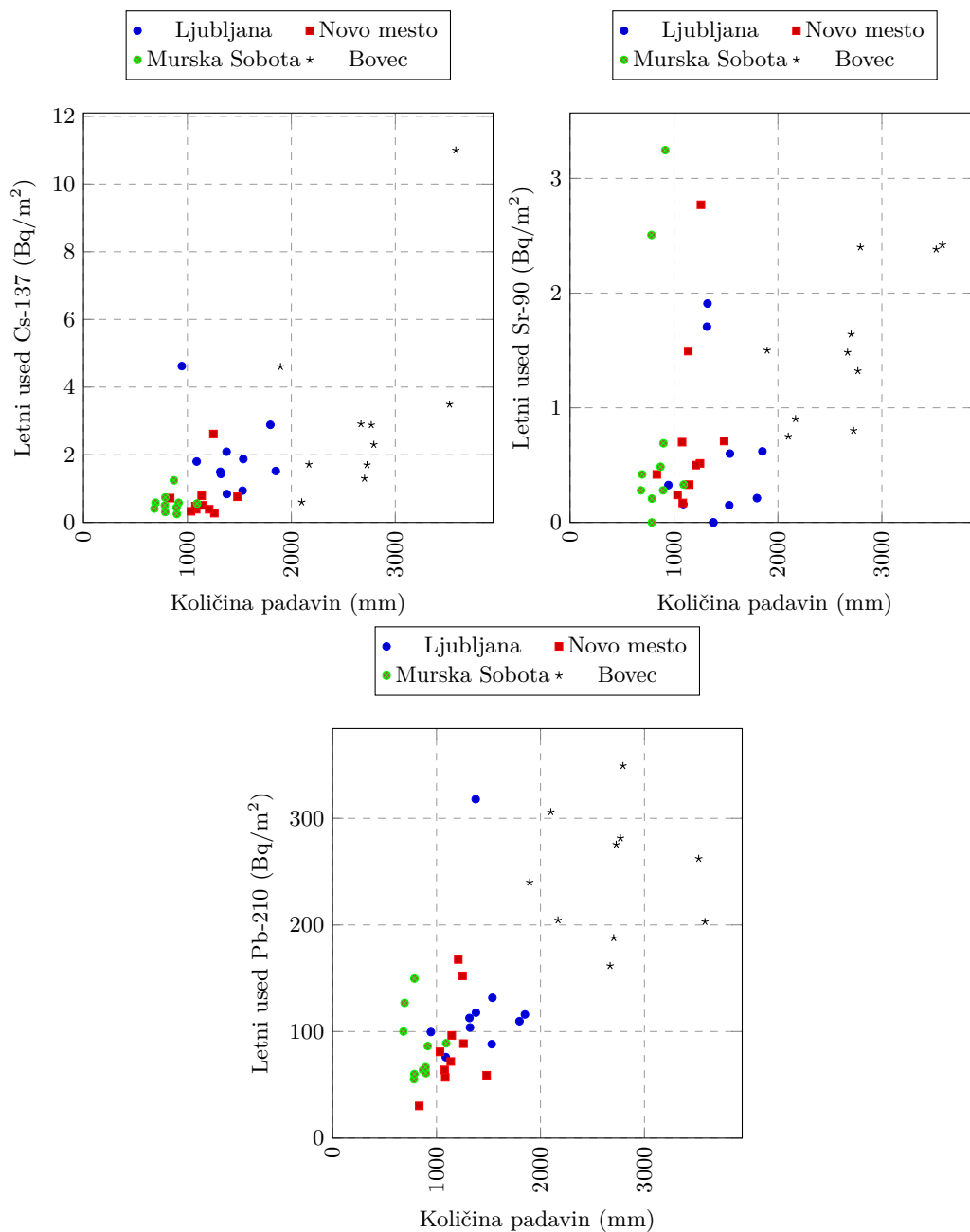
Leto	Radionuklid			Količina padavin (mm)
	Sr-90	Cs-137	Pb-210	
	Letni used (Bq/m ²)			
2000	0,77	2,7	36	1587
2001	0,37	1,9	29	1423
2002	0,35	2,2	60	1562
2003	0,36	3,0	145	1148
2004	0,49	2,2	133	1664
2005	1,92	1,5	153	1396
2006	0,33	0,8	98	1316
2007	0,40	1,9	97	946
2008	0,57 ± 0,10	1,3 ± 1,4	102 ± 37	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
2018	0,25 ± 0,35	0,83 ± 0,85	191 ± 140	1324 ± 571
2019	0,60 ± 0,72	0,74 ± 0,42	135 ± 54	1547 ± 797



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.

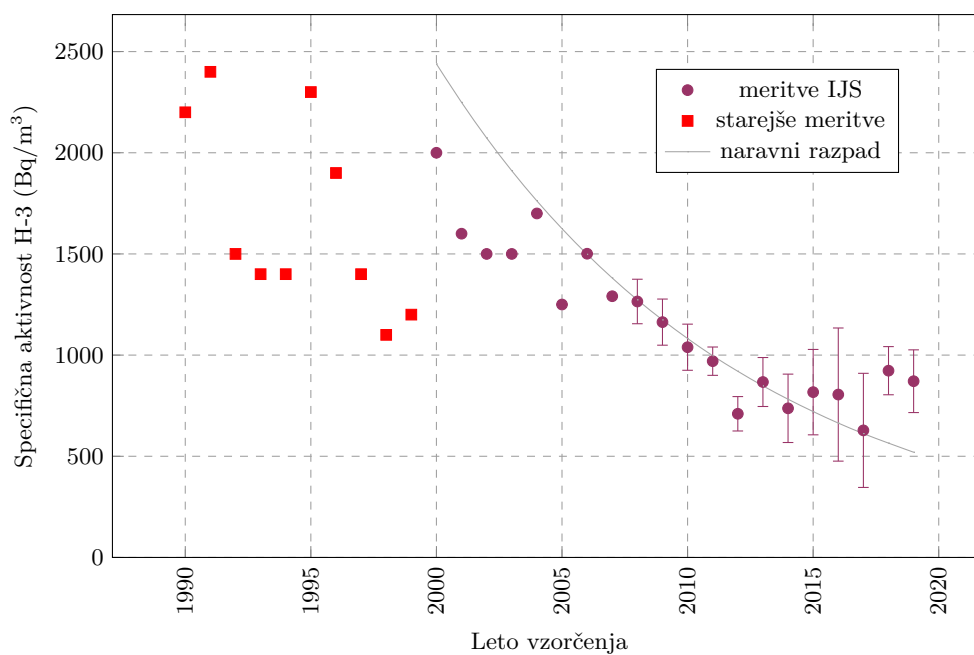


Slika 3.24 | Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.

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 2019 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 2019 je znašala 871 ± 155 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. V letu 2019 so vrednosti sicer višje od pričakovanih po trendu radioaktivnega razpada, kar lahko delno pojasnimo z minimumom sončevega cikla (večje nastajanje kozmogenega H-3) ter korelacijo izpustov H-3 iz NEK in padavin. Vrednosti pred letom 2000 so nižje od pričakovane ekstrapolacije za nazaj, vendar je to lahko posledica nezanesljivih meritev, kar delno potrди tudi zgornje odstopanje izmerkov med dvema laboratorijema.



Slika 3.25 | 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 [42]. 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 [43, 44].

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 [45], od tega znaša delež težkovodnih reaktorjev okrog 5 % [46].

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 [42].

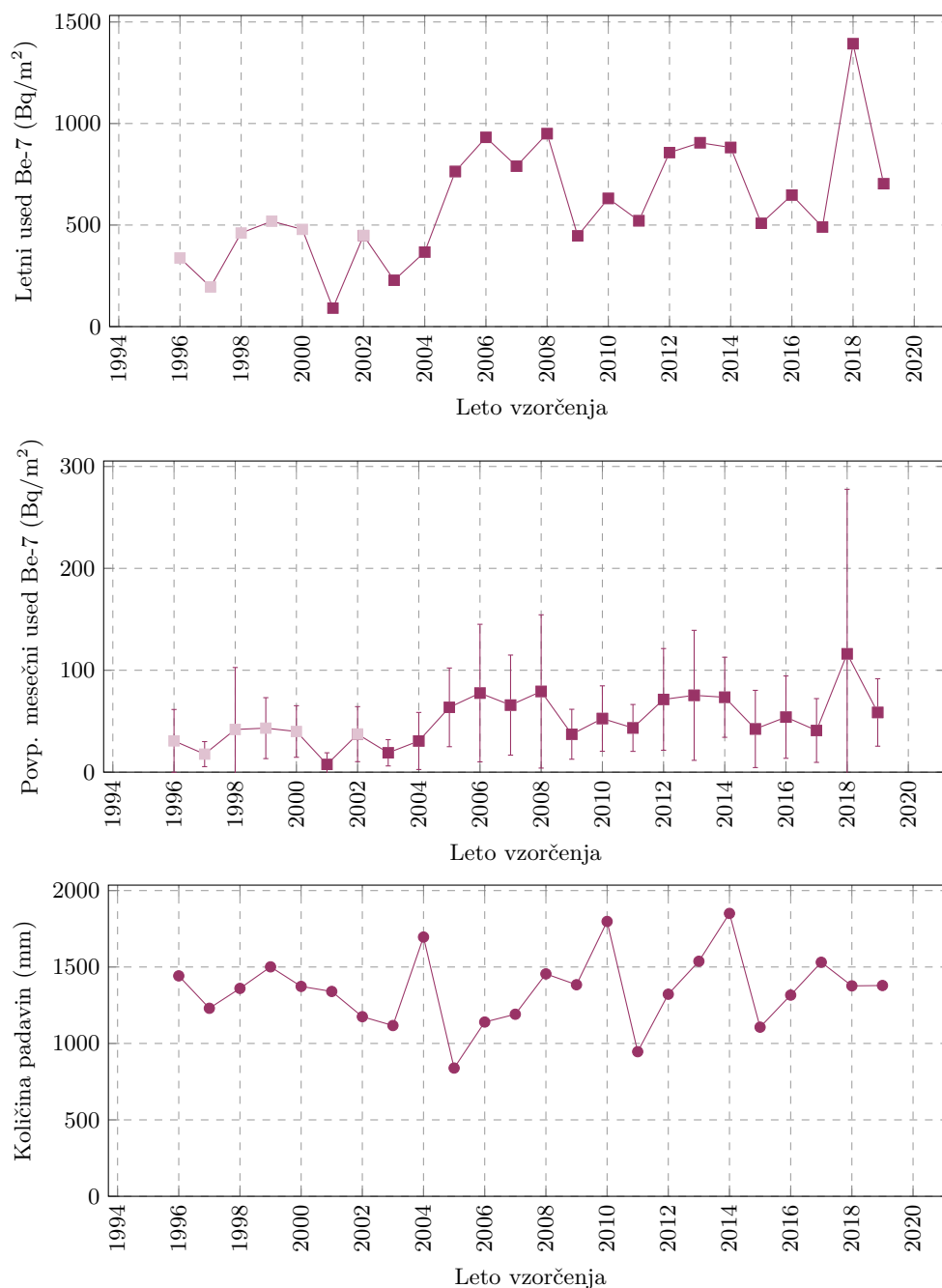
3.2.4 Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

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 in v letu 2018 so opazne višje koncentracije Be-7 glede na prejšnja leta, in sicer približno za polovico. Podobno kot za vzorce zraka, lahko takšno povečanje pojasnimo s sončevim ciklusom, ki je podrobno opisan že v podpoglavju 3.1.2.

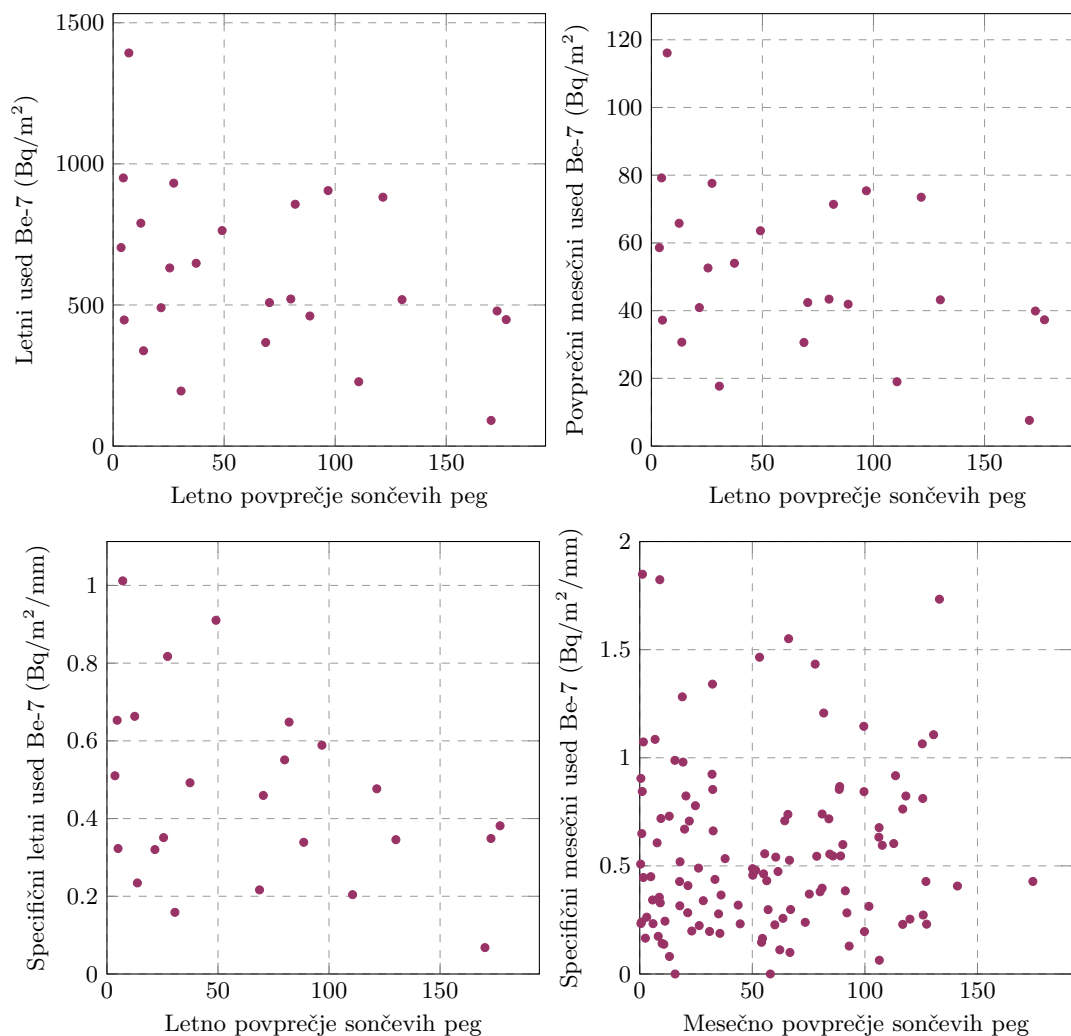
Odvisnost useda Be-7 v padavinah od sončeve aktivnosti je vidna na sliki 3.27, kjer je zgoraj prikazana medsebojna odvisnost letnega oziroma povprečnega mesečnega useda od števila sončevih peg. Used je jasno neposredno odvisen od količine padavin, ki izpirajo Be-7 iz zraka, zato je smiselno takšno izpiranje 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



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

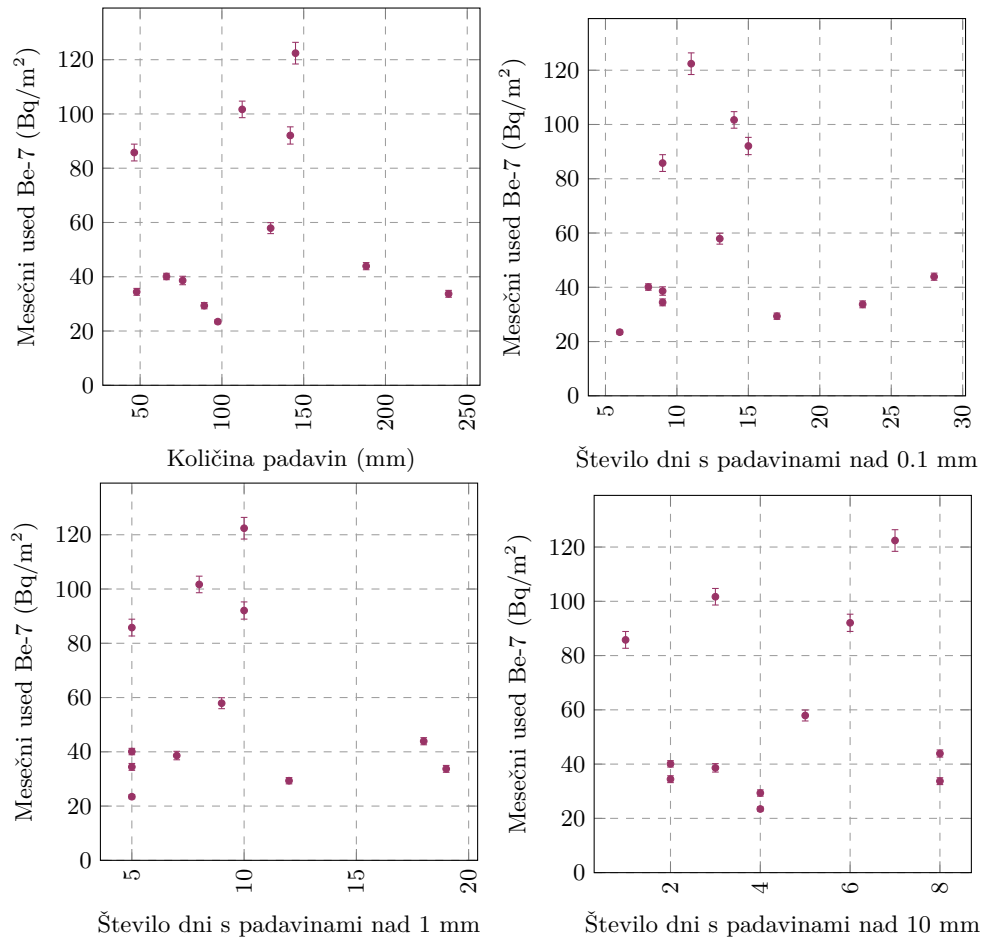
spodaj. Antikorelacija teh specifičnih usedov je le delno vidna le na letnem nivoju, ni pa tako izrazita kot pri zraku (slika 3.19). Razliko lahko pojasnimo s samo dinamiko izpiranja, saj v primeru obilnih padavin, lahko kmalu pride do popolnega izpiranja Be-7 iz zraka, preračun specifičnega useda pa 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 dnevni



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.

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 3.28 | Korelacija izmerjenega mesečnega usoda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2019).

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.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah od A.9 do A.15.

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, in sicer izpusti iz Onkološkega instituta in Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana v Savo, bolnice v Celovcu⁶ v Dravo in bolnice v Gradcu⁷ v Muro. 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	2,2	Drava	0,25 ± 0,0
Sr-90	2,7	Mura	2,0 ± 0,2
I-131	11	Sava - Brežice	1,8 ± 0,2
H-3	826	Mura	643 ± 75
Pb-210	9	Drava	2,5 ± 2,1
K-40	349	Savinja	76 ± 6
Be-7	18	Sava - Brežice	4,7 ± 1,4

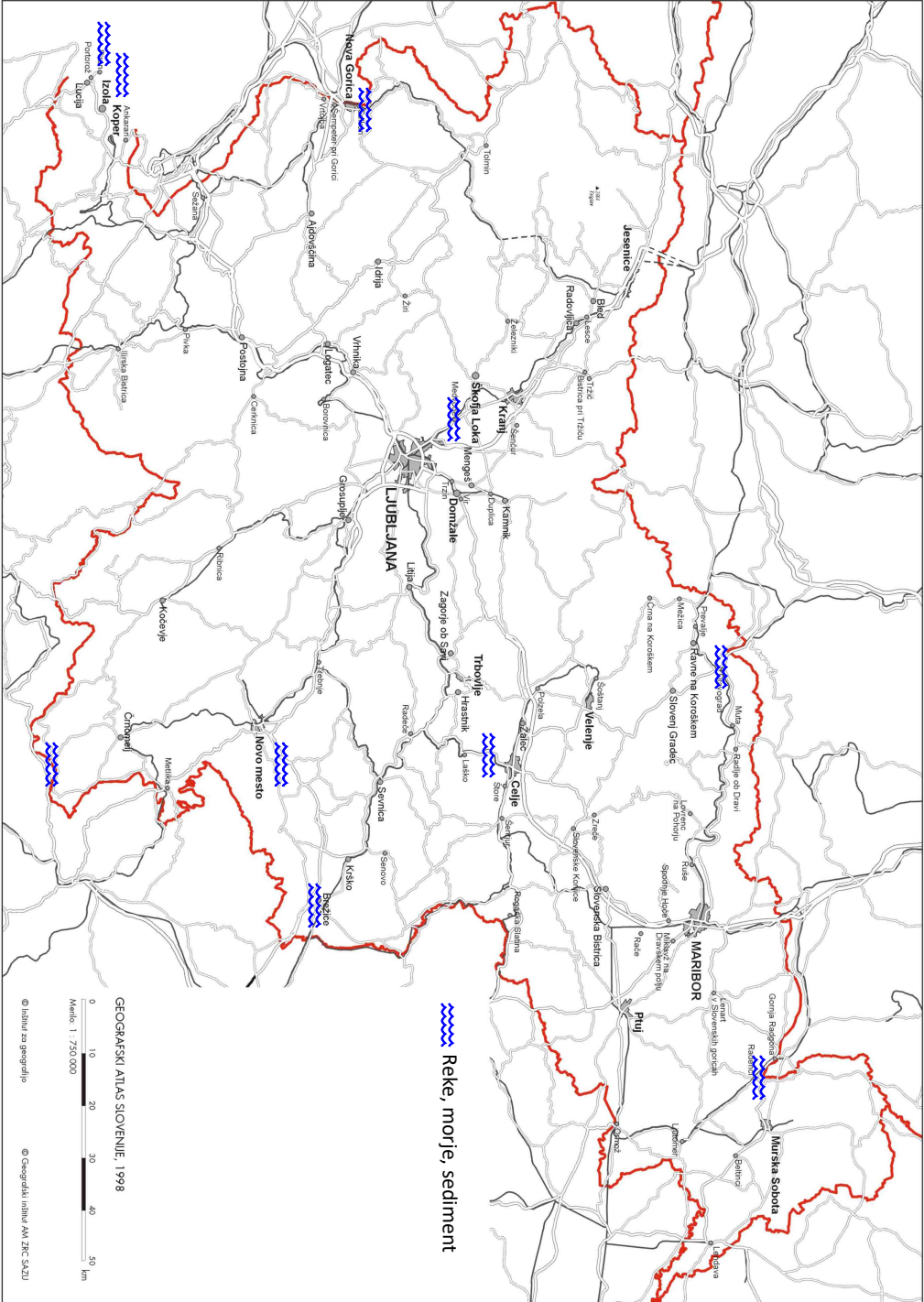
Iz tabele meritev A.10 vidimo, da je koncentracija K-40 v Savinji pri Celju in v Muri pri Petanjcih za približno en velikostni red višja kot na drugih mestih. Z meritvami potrjene razlage za to ni, najverjetneje je posledica uporabe izdelkov v poljedelstvu (npr. umetnih gnojil), ki vsebujejo večje količine 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

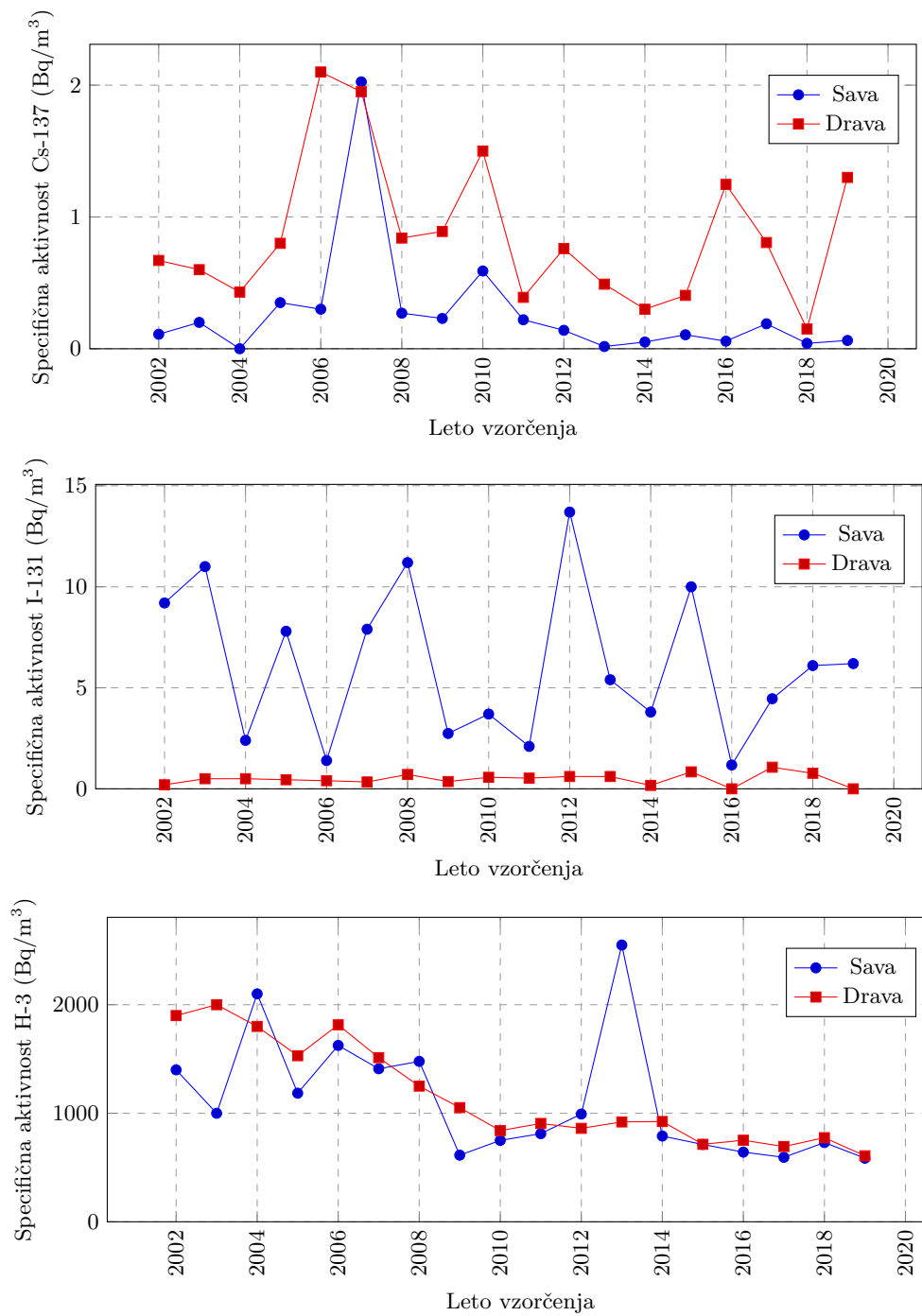
⁶Klinikum Klagenfurt am Wörthersee

⁷Steiermärkische Krankenanstalten-GmbH, LKH-Univ. Klinikum Graz



Slika 3.29 | Lokacije vzorčenja tekočih vod.

je zaradi narave izvajanja terapevtskih postopkov in le dveh letnih meritev enkratnih vzorcev težko podati.



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.



Zemlja

Vzorčenje in rezultati meritev

Dolgoročni trendi

TL dozimetri zunanjega sevanja

Lokacije meritev

Rezultati meritev

Dolgoročni trend doz

4 — Monitoring zemlje in zunanjega sevanja

4.1 Zemlja

4.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Zemljo smo v letu 2019 vzorčili v spomladanskem in jesenskem obdobju na petih globinah 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, in sicer na lokacijah Ljubljana (IJS), Kobarid in Murska Sobota (obe ZVD). Do leta 2017 smo vzorčili na teh istih lokacijah ampak na drugačnih globinah, in sicer 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, leta 2018 pa na globinah 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. 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.16 do A.19 ter na sliki 4.2.

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

Ljubljana.

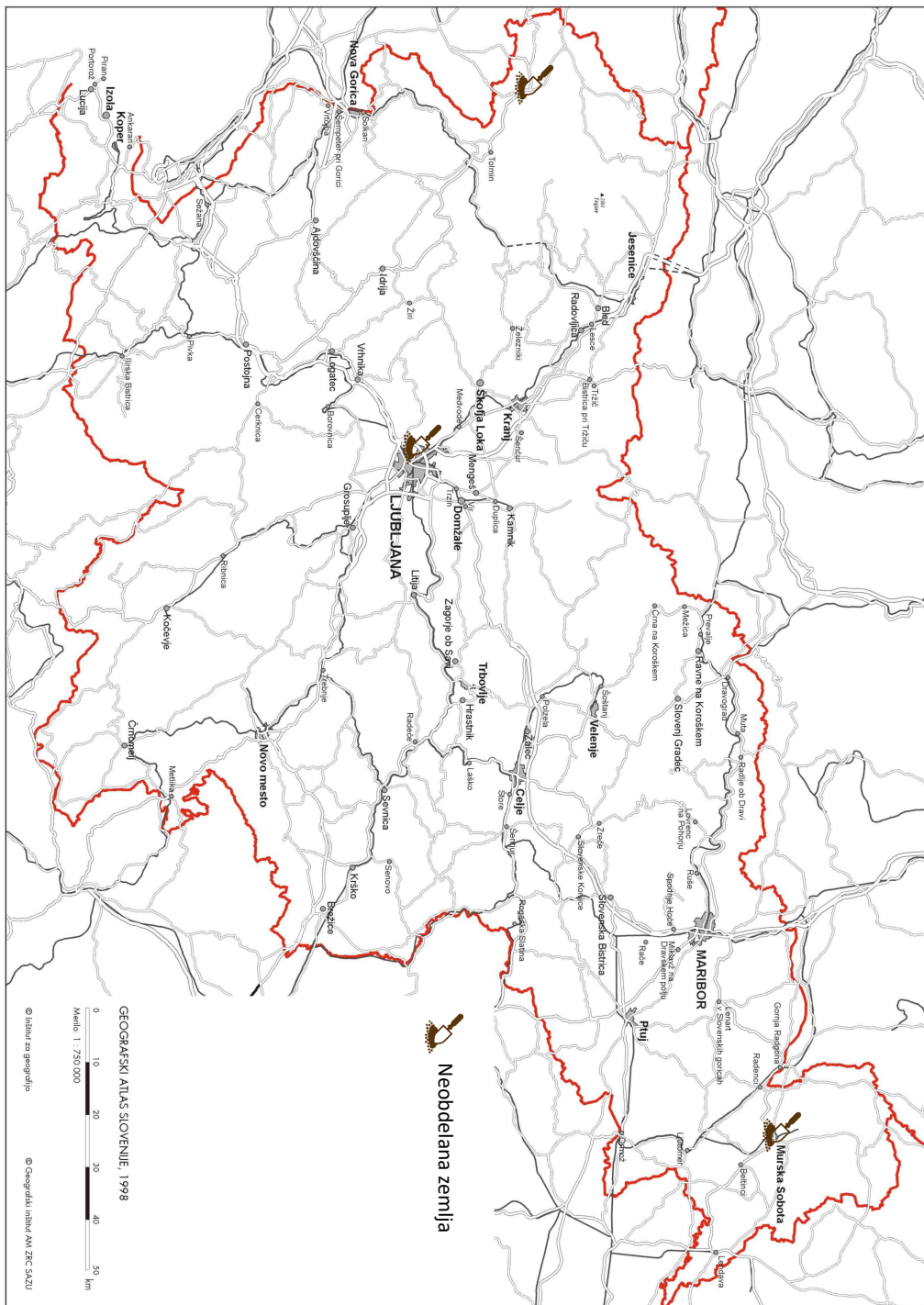
V vzorcih zemlje iz Ljubljane je bilo povprečje specifične aktivnosti v vseh petih plasteh 29 ± 25 Bq/kg Cs-137 in $1,3 \pm 0,5$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 v globljih plasteh nižja, vsebnost Sr-90 pa z globino narašča in nato spet pada.

Kobarid.

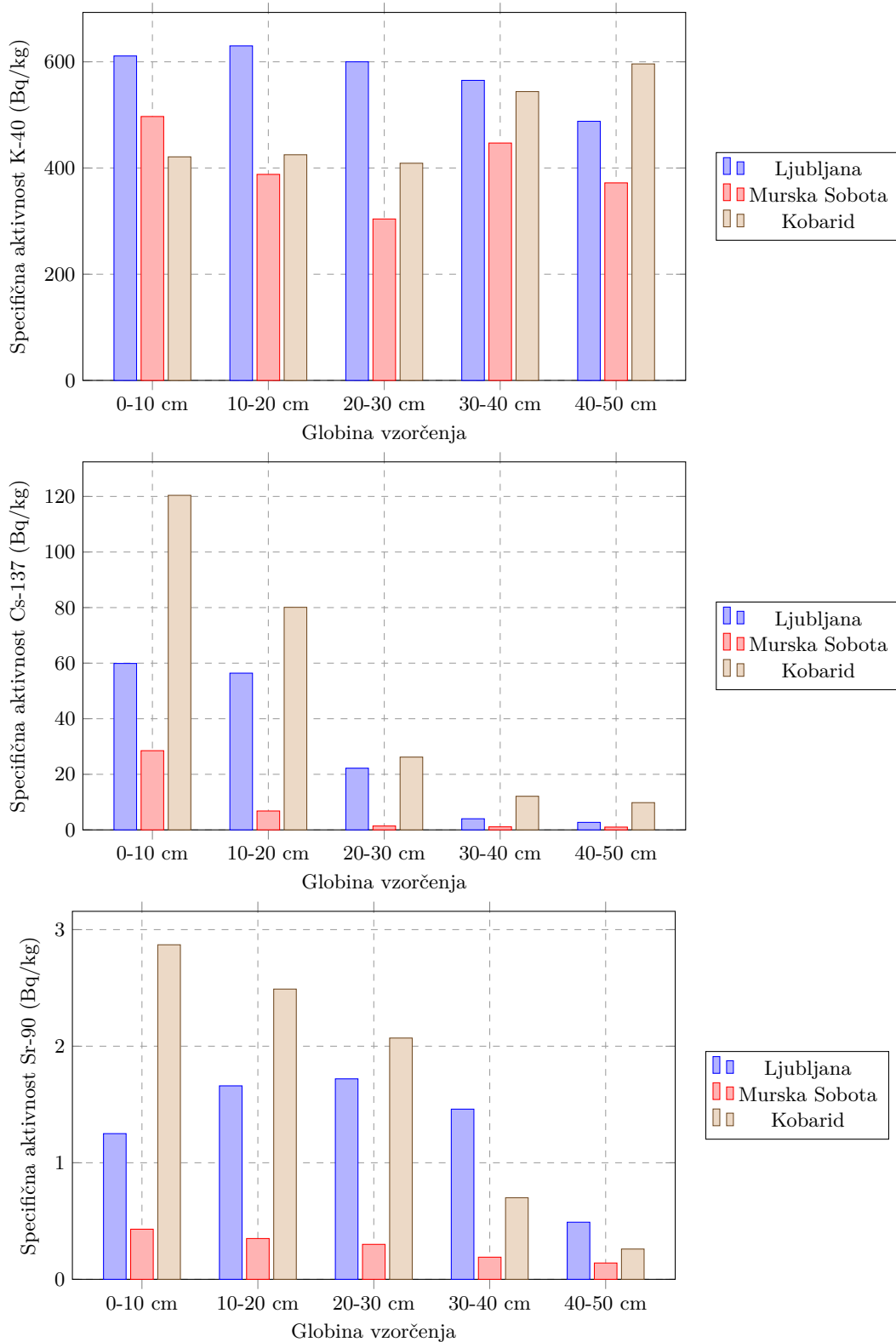
V vzorcih zemlje iz Kobarida je bilo povprečje specifične aktivnosti 50 ± 46 Bq/kg Cs-137 in $1,7 \pm 1,2$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh nižja.

Murska Sobota.

V vzorcih zemlje iz Murske Sobote je bilo povprečje specifične aktivnosti Cs-137 $7,6 \pm 1,1$ Bq/kg in Sr-90 $0,27 \pm 0,27$ Bq/kg, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh nižja.



Slika 4.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.



Slika 4.2 | Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji

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.

Menjava vzorčevalnih globin.

Z menjavo globin vzorčenja zemlje smo v letu 2018 prešli z 0–5 cm, 5–10 cm in 10–15 cm na 0–10 cm, 10–20 cm in 20–30 cm, v letu 2019 pa sta bili dodani še plasti na globinah 30–40 cm in 40–50 cm. Prejšnja leta smo ugotavljali vedno nižje koncentracije v zgornjih plasteh, kjer je najverjetneje že prišlo do prehajanja radionuklidov v globlje plasti. Z novimi meritvami smo to tudi potrdili.

4.1.2 Dolgoročni trendi

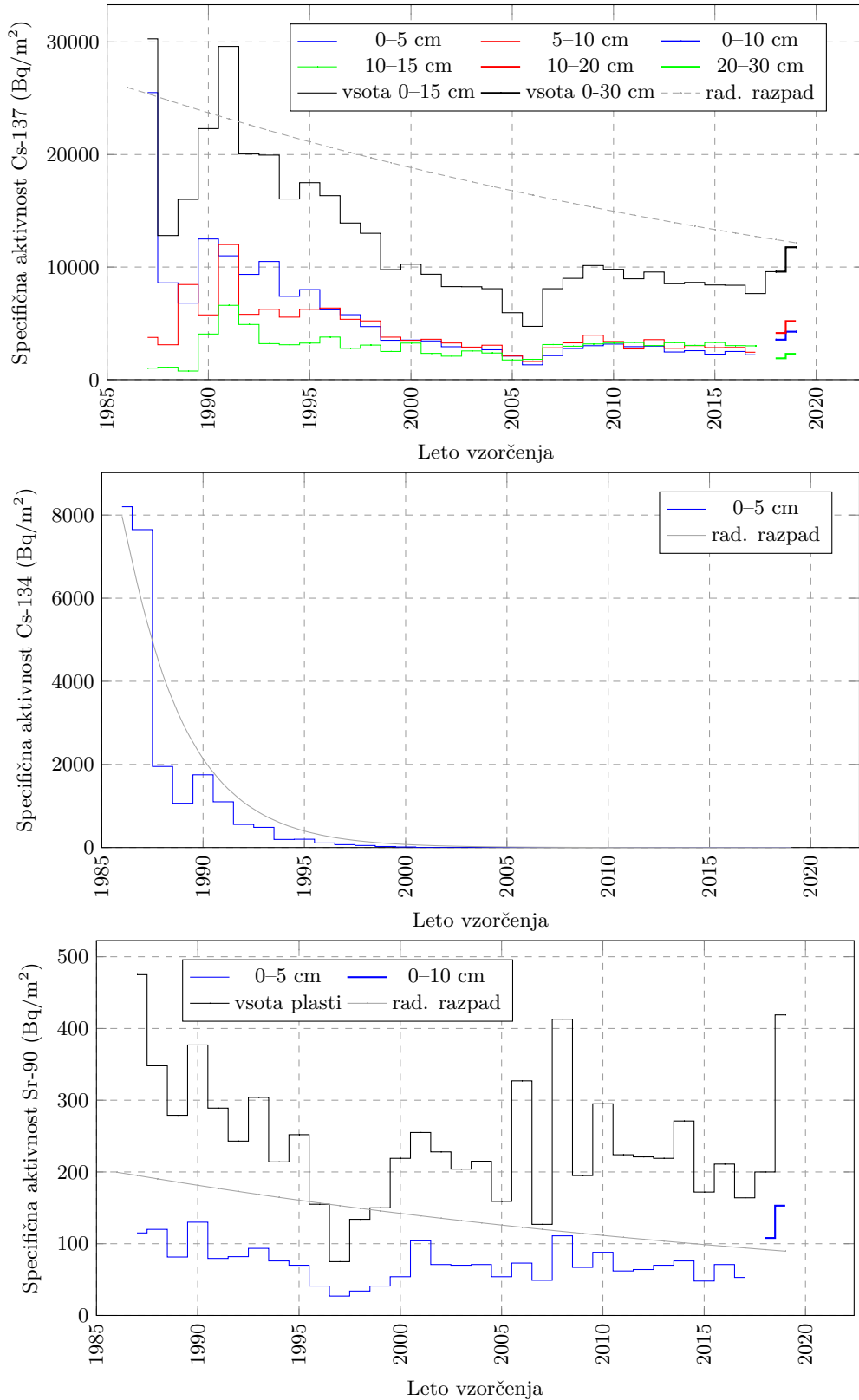
Na slikah 4.3, 4.4 in 4.5 so do vključno leta 2017 prikazane časovne odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v plasti 0–5 cm za Ljubljano, Kobarid in Mursko Soboto za obdobje od leta 1986 dalje (za izotop Cs-137 so prikazane vse plasti 0–5 cm, 5–10 cm in 10–15 cm). Poleg povprečnih letnih 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, kar smo potrdili z meritvami v letu 2018, ko smo začeli vzorčiti zemljo z globin 0–10 cm, 10–20 cm in 20–30 cm, in v letu 2019, ko smo dodali še globini 30–40 cm in 40–50 cm. Te meritve na večjih globinah do 30 cm so na slikah 4.4 in 4.5 posebej označene, a jih je težko kvalitativno primerjati s starejšimi meritvami. Upoštevajoč vrednosti za radioaktivni used (Bq/m^2) je količina vzorca zaradi podvojenih debelin plasti približno dvakrat večja, pri večjih globinah je globinski profil drugačen ipd.

Iz slik 4.3, 4.4 in 4.5 je razviden trend padanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 zaradi migracije v druge plasti in radioaktivnega razpada. Pri izotopu Cs-134 zaradi krajšega razpolovnega časa, procesov migracije ni opaziti, saj je npr. v Murski Soboti tako rekoč ostal le v prvi plasti in tam razpadel (pod mejo detekcije). Za zemljo v Murski Soboti podobno velja tudi za Sr-90, saj specifična aktivnost sledi zmanjševanju zaradi naravnega radioaktivnega razpada. Na slikah od 4.3 do 4.5, kjer posebej analiziramo obnašanje Cs-137, lahko iz primerjave njegove aktivnosti v različnih plasteh pri meritvah do leta 2017 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. V letu 2019 vzorčimo v globljih plasteh in meritve potrjujejo prehajanje radionuklidov v te plasti.

Zaradi migracije radionuklida Cs-137 v globlje plasti, je smiselna primerjava celotnega depozita v vsej globini vzorčenja do leta 2017 torej od 0 do 15 cm oziroma od leta 2018 dalje od 0 do 30 cm, in ne le depozita v zgornji plasti 5 cm.

V prvih letih po črnobilski 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 črnobilске nesreče, saj so radionuklidi sproščeni ob poskusih razstrelitev jedrskih bomb že migrirali v plasti v globini 30 cm in več.

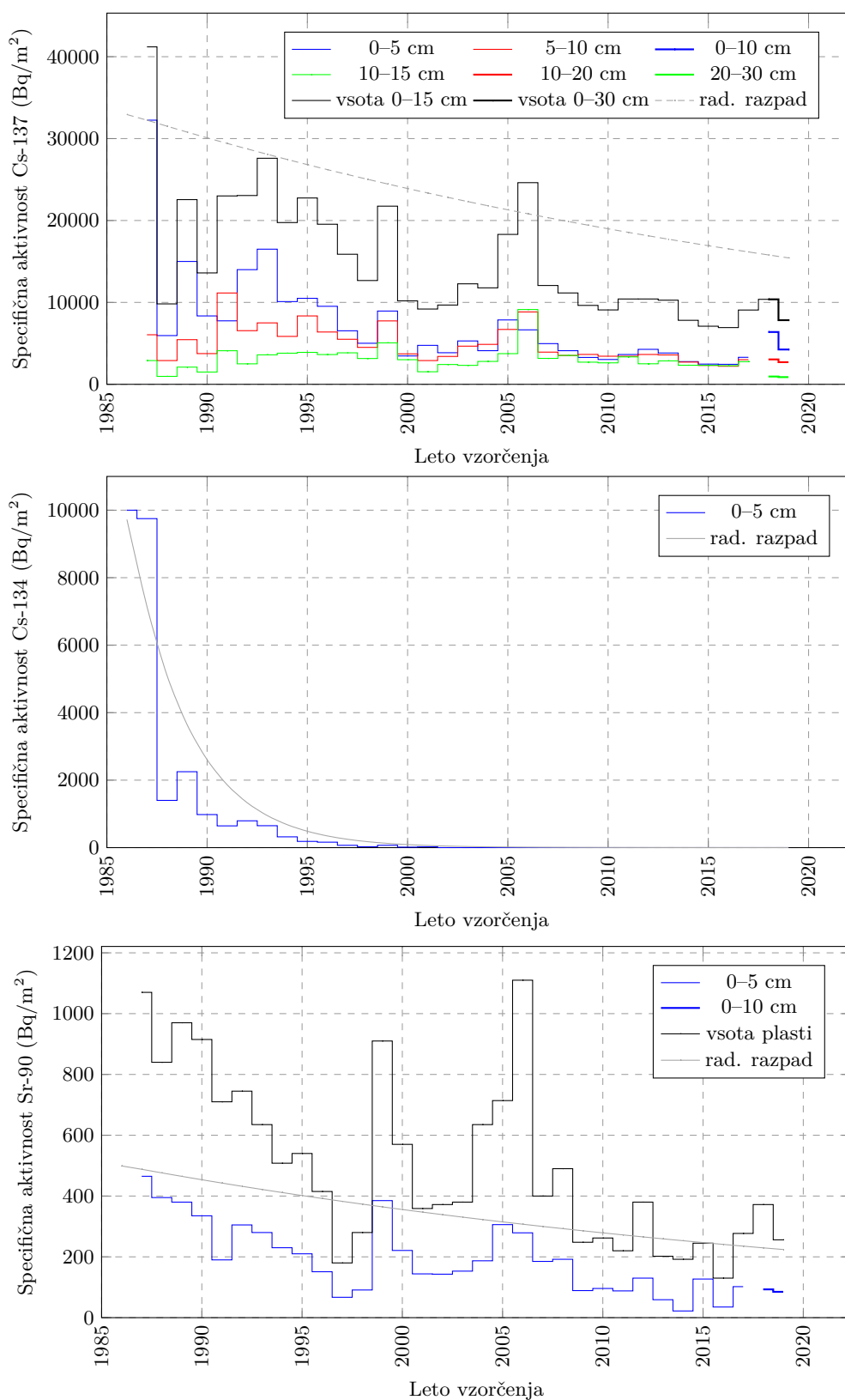
V Ljubljani, Murski Soboti in Kobaridu lahko tudi za depozit črnobilске nesreče že lahko rečemo, da prehaja v globlje plasti, zato smo v letu 2018 začeli tudi z vzorčenjem plasti zemlje iz globine do 30 cm in v 2019 z vzorčenjem iz globin do 50 cm.



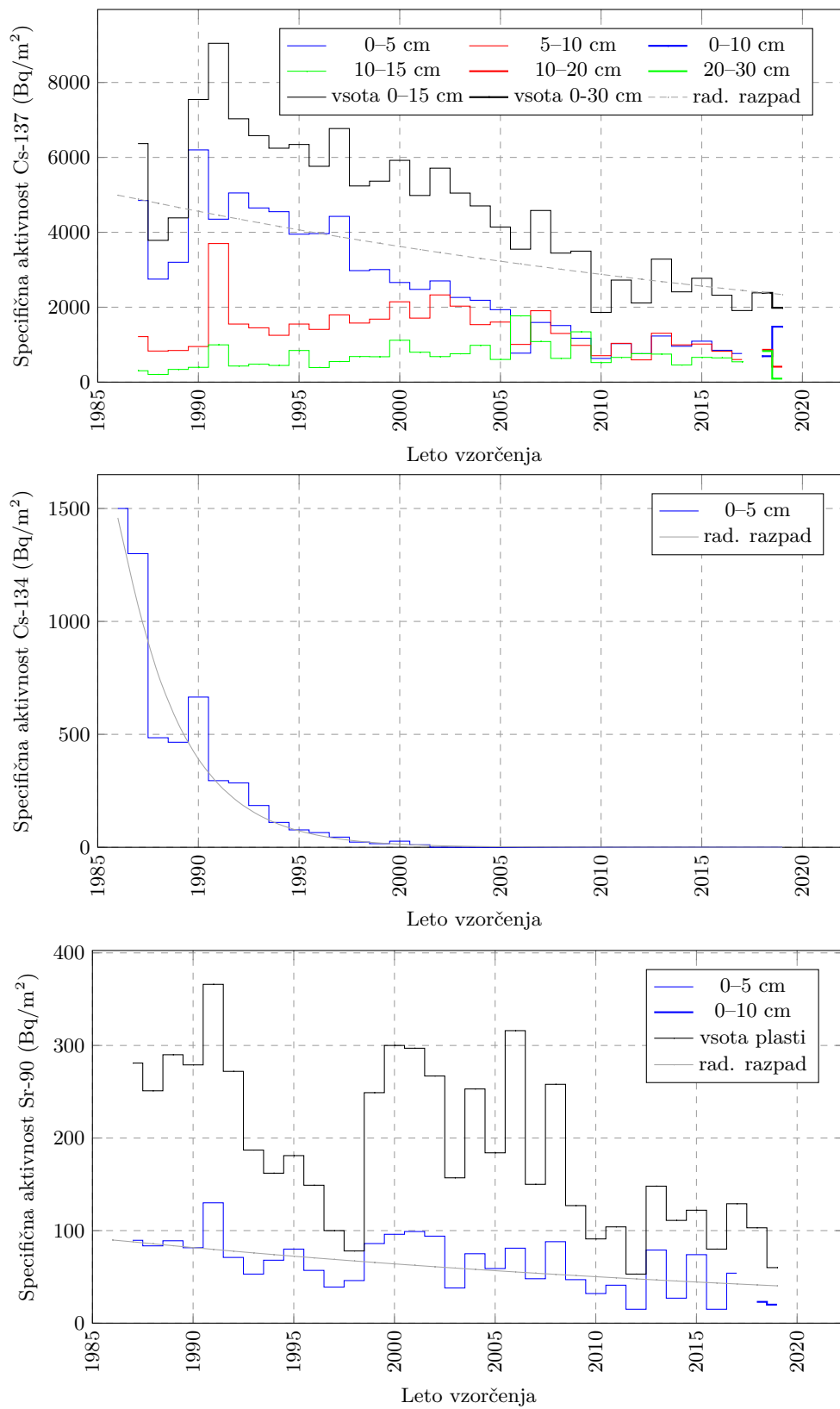
Slika 4.3 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

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

V letu 2011 je bilo moč zaznati delno povišane vrednosti Cs-137 v zgornji plasti glede na prejšnja leta, kar je vpliv posledic nesreče v elektrarni v Fukušimi na Japonskem. Vendar je povišanje na letni ravni v povprečju komaj opazno, prav tako ni vidno na grafih v slikah od 4.3 do 4.5.



Slika 4.4 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



Slika 4.5 | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

4.2 TL dozimetri zunanjega sevanja

4.2.1 Lokacije meritev

Doze zaradi zunanjega sevanja se merijo na petdesetih različnih lokacijah po Sloveniji s termoluminiscenčnimi (TL) dozimetri, ki so prikazane na sliki 4.6, podrobnosti o merskih lokacijah pa so podane v tabeli 4.1.

4.2.2 Rezultati meritev

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.21. Povprečni letni okoljski ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2019 je bil $910 \pm 161 \mu\text{Sv}$, največji izmerjen okoliški ekvivalent doze je bil $1432 \pm 157 \mu\text{Sv}$ v Jelenji vasi (Iskrba), najnižji pa $653 \pm 71 \mu\text{Sv}$ v Trenti. Povprečna mesečna vrednost okoliškega ekvivalenta doze zaradi zunanjega sevanja je bila $76 \pm 17 \mu\text{Sv}$, območje vrednosti pa od $54 \mu\text{Sv}$ do $119 \mu\text{Sv}$.

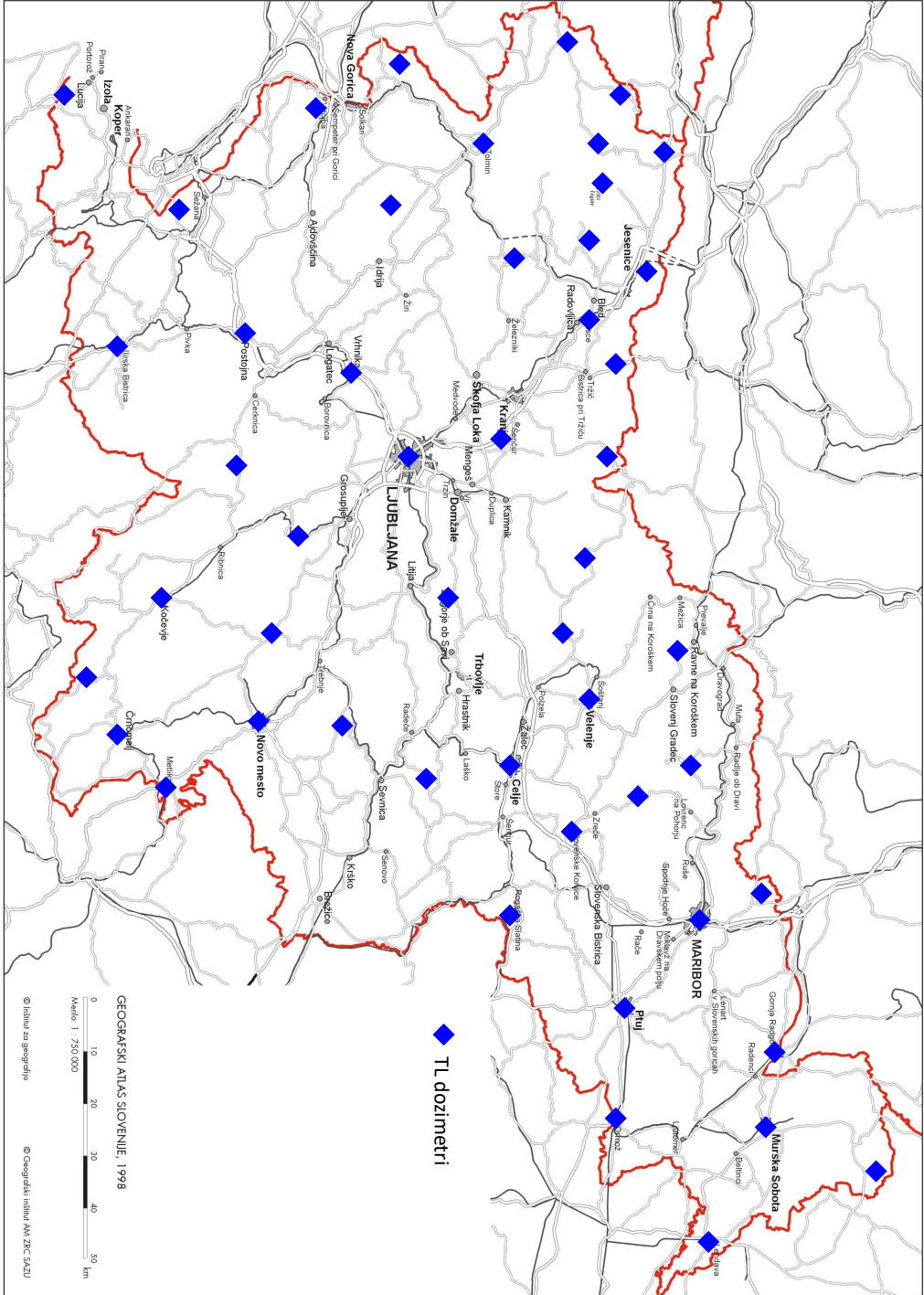
4.2.3 Dolgoročni trend doz

Na sliki 4.7 je prikazan dolgoročni trend doz na lokaciji Ljubljana izmerjenih s TL dozimetri. Do leta 2005 so izmerjene veličine H_x , od takrat pa $H^*(10)$. 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 4.7 prikazujemo na skupnem grafu. Kot sledi v pojasnilih o H_x , lahko upoštevamo približni pretvorbeni faktor 1.05, s katerim so na grafu že pomnoženi izmerki H_x .

Termoluminiscenčni dozimetri merijo okoliški ekvivalent zunanjega sevanja naravnih in umetnih radionuklidov, ki so prisotni v okolju. V letih po črnobilski 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. Trenutni prispevek Cs-137 k celotni dozi zunanjega sevanja je manj kot 1%. Iz slike 4.7 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 H_x s $H^*(10)$). V letu 1986 so k dozi zunanjega sevanja prispevali tudi številni drugi sevalci gama, ki so bili posledica useda zaradi črnobilске 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.

Pojasnila o merski veličini H_x .

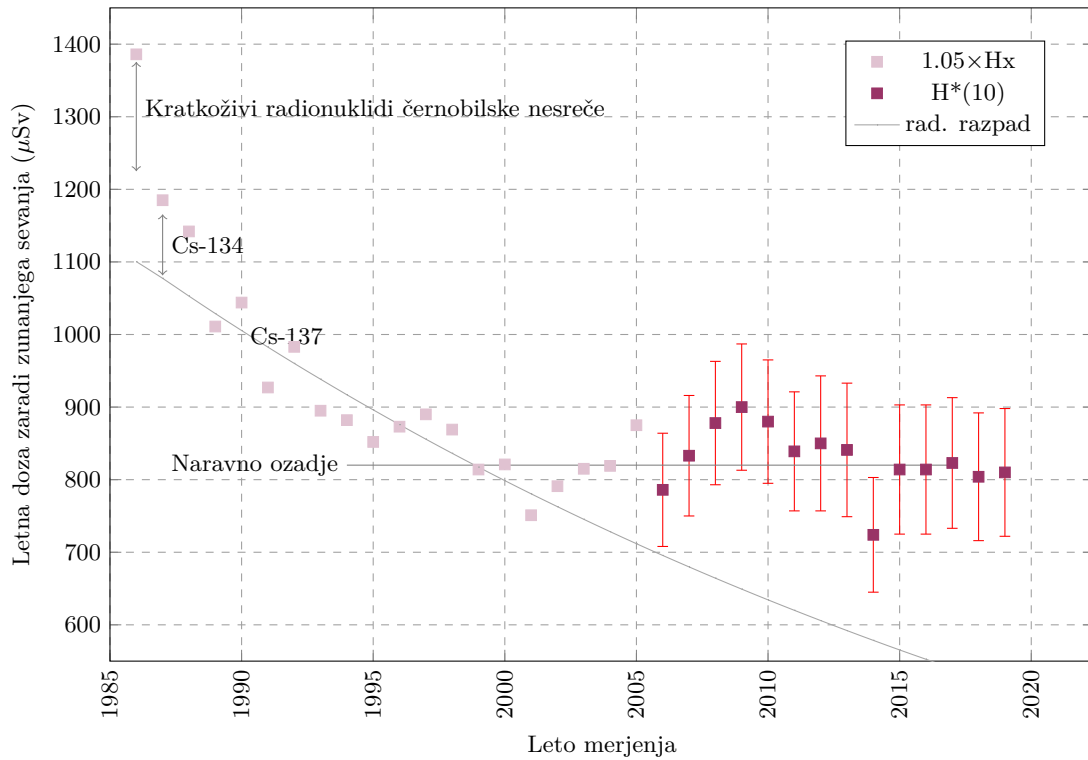
Veličina H_x je fotonski dozni ekvivalent (photon dose equivalent). Veličino so uporabljali predvsem v Nemčiji [47]. V Sloveniji je sekundarni dozimetrični laboratorij na Inštitutu Jožef Stefan v preteklosti izvajal umerjanja TL dozimetrov v tej veličini. Veličini nista povsem primerljivi. Pri energijah 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 4.8.



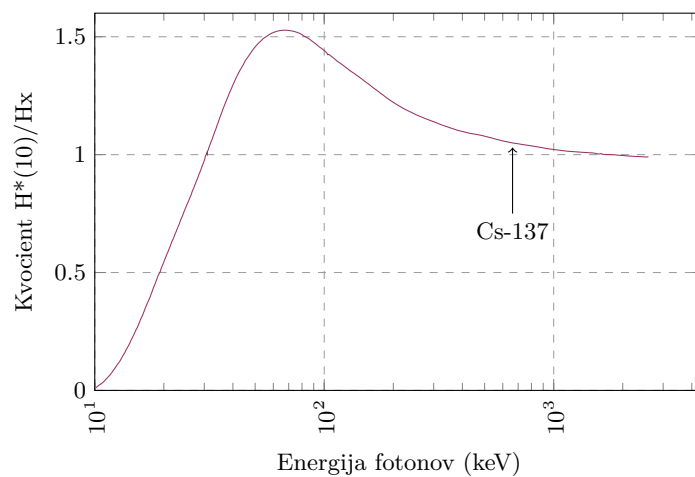
Slika 4.6 | Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanje sevanja.

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

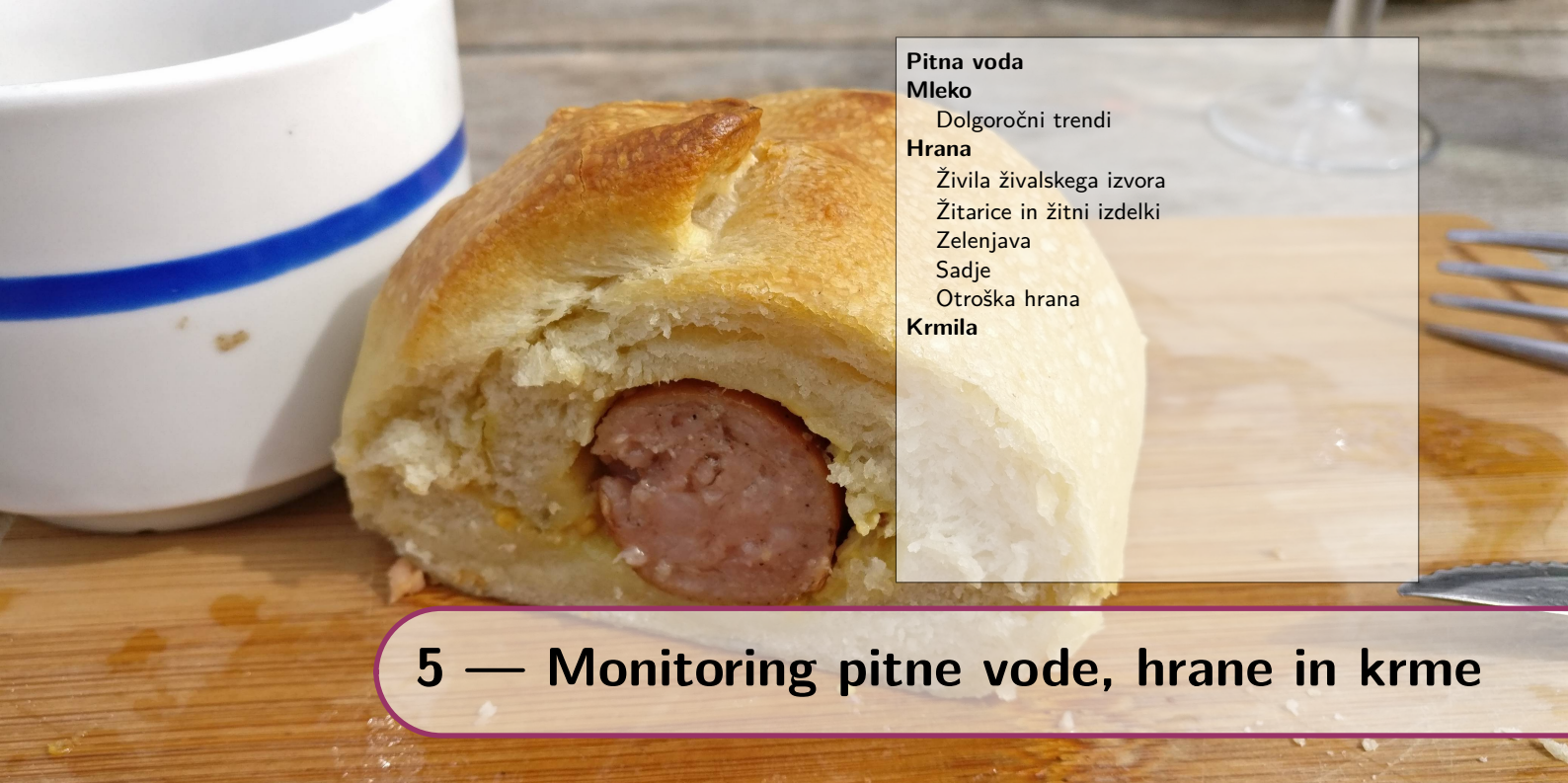
Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	Kočevje	45°38'47" / 14°51'02"
2	Dvor pri Žužemberku	45°48'30" / 14°57'42"
3	Dobliče (Črnomelj)	45°33'36" / 15°08'46"
4	Drašiči (Metlika)	45°39'55" / 15°22'34"
5	Novo mesto	45°48'07" / 15°10'39"
6	Mokronog	45°56'29" / 15°09'01"
7	Lisca	46°04'04" / 15°17'06"
8	Celje	46°14'11" / 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 (Plač)	46°39'49" / 15°35'29"
20	Ribnica na Pohorju	46°32'30" / 15°17'30"
21	Kotlje	46°31'17" / 14°58'54"
22	Velenje	46°21'51" / 15°07'11"
23	Nazarje (Mozirje)	46°19'23" / 14°56'58"
24	Luče Ob Savinji	46°21'15" / 14°44'48"
25	Vače	46°07'06" / 14°50'23"
26	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 4.7 | Doza zaradi zunanje sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.



Slika 4.8 | Energijska odvisnost razmerja okoljskega, $H^*(10)$, in fotonskega doznega ekvivalenta, H_x .



Pitna voda

Mleko

Dolgoročni trendi

Hrana

Živila živalskega izvora

Žitarice in žitni izdelki

Zelenjava

Sadje

Otroška hrana

Krmila

5 — Monitoring pitne vode, hrane in krme

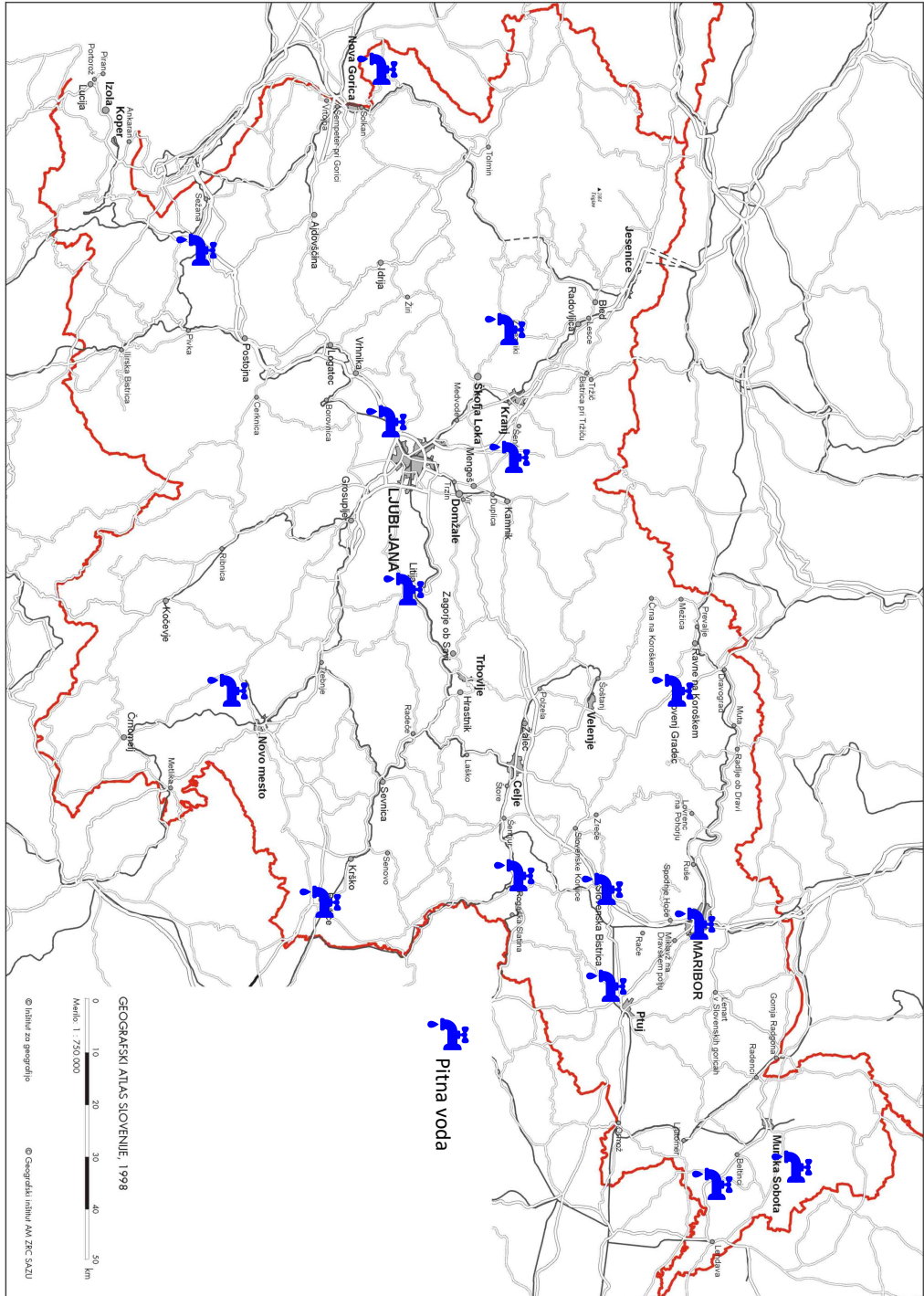
5.1 Pitna voda

V letu 2019 je bilo odvzetih petnajst enkratnih vzorcev pitne vode iz javnih objektov kot so šole, vrtci, bolnišnice ali gostišča na naslednjih lokacijah: Brezovica, Maribor, Stoperce, Slovenska Bistrica, Slovenj Gradec, Šmarje pri Jelšah, Prosenjakovci, Odranci, Litija, Cerklje na Gorenjskem, Železniki, Brda, Divača, Brežice in Dolenjske Toplice, ki se zaradi reprezentativnosti menjavajo vsako leto in so izbrane tako, da večinoma pokrijejo celotno področje Slovenije. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.1 na strani 76.

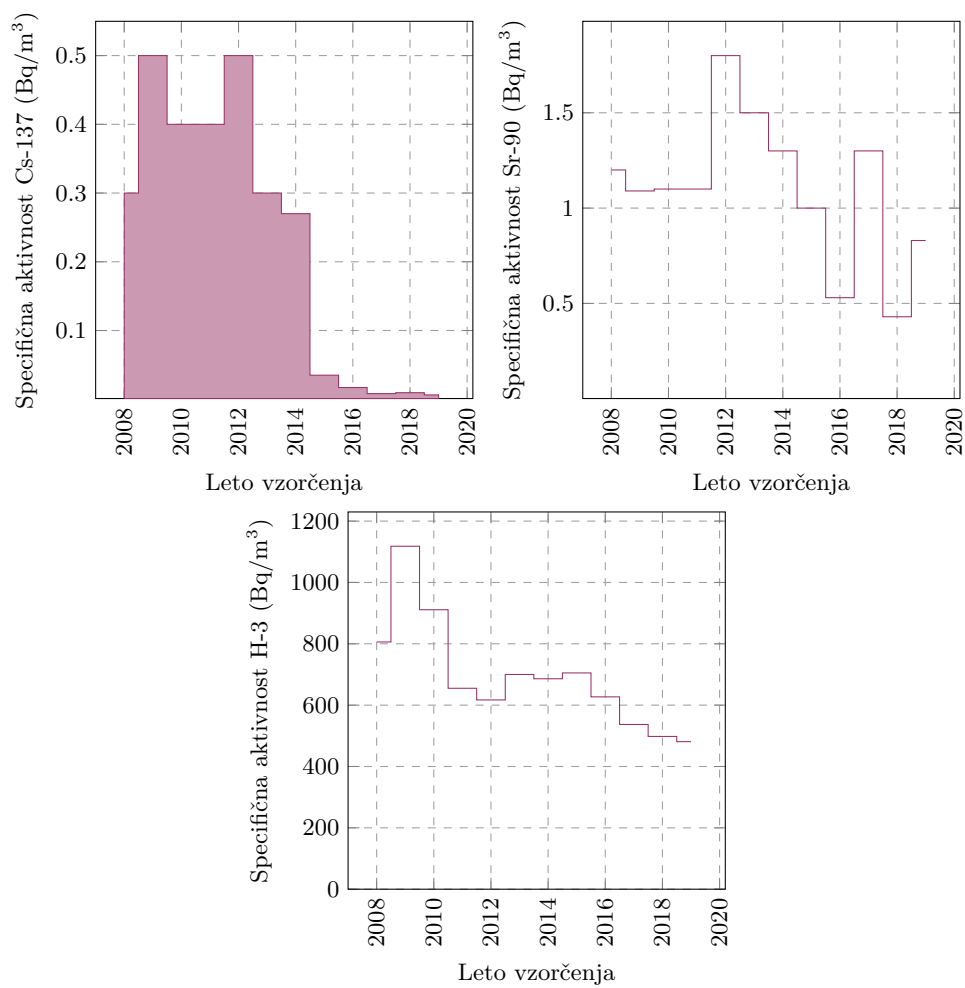
Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah A.22 in A.23. Izotop cezija, Cs-137, je bilo opaziti večinoma le v sledih ali pa so vrednosti izredno nizke in na meji detekcije, izmerjene vrednosti so bile $0,0063 \pm 0,033 \text{ Bq/m}^3$. Povprečna vrednost specifičnih aktivnosti Sr-90 v vseh odvzetih vzorcih je $0,83 \pm 0,81 \text{ Bq/m}^3$, H-3 pa $481 \pm 182 \text{ Bq/m}^3$. Trendi povprečne vrednosti omenjenih radionuklidov so za večjo preglednost prikazane v grafih na spodnji sliki 5.2 za leta od 2008 naprej. Vrednost v grafu predstavlja povprečno aktivnost vseh odvzetih vzorcev pitnih vod, v primeru aktivnosti Cs-137 pa zgornjo vrednost, saj so izmerjene aktivnosti večinoma pod mejo detekcije.

Poleg umetnih radionuklidov so se določale tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov in kozmogenega Be-7. Povprečne vrednosti so za

- U-238 $3,1 \pm 2,8 \text{ Bq/m}^3$,
- Ra-226 $5,0 \pm 6,1 \text{ Bq/m}^3$,
- Pb-210 $1,0 \pm 1,7 \text{ Bq/m}^3$,
- Ra-228 $1,0 \pm 1,9 \text{ Bq/m}^3$,
- Th-228 $0,6 \pm 0,4 \text{ Bq/m}^3$ in
- K-40 $28 \pm 17 \text{ Bq/m}^3$ ter
- Be-7 $0,3 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$.



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 Mleko

V letu 2019 smo analizirali vzorce surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice ter mleka v prahu iz Murske Sobote (glej zemljevid na sliki 5.3). Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mleka za vse lokacije vzorčenja so prikazani v prilogi A v tabelah od A.24 do A.27.

Na sliki 5.4 so prikazane letne povprečne vrednosti (za preteklo leto) 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 32 ± 36 mBq/kg in Sr-90 22 ± 20 mBq/kg, v Kobaridu Cs-137 49 ± 20 mBq/kg in Sr-90 32 ± 20 mBq/kg, v Bohinjski Bistrici Cs-137 28 ± 10 mBq/kg in Sr-90 21 ± 50 mBq/kg ter v Murski Soboti Cs-137 $0,39 \pm 0,13$ Bq/kg in Sr-90 $0,27 \pm 0,10$ Bq/kg. Slovensko povprečje za surovo mleko znaša za Cs-137 36 ± 11 mBq/kg in za Sr-90 29 ± 6 mBq/kg (brez mleka v prahu). Najvišje izmerjena vrednost Cs-137 je bila v vzorcu surovega mleka iz Kobarida v obdobju zbiranja januar-februar, in sicer 72 ± 6 mBq/kg.

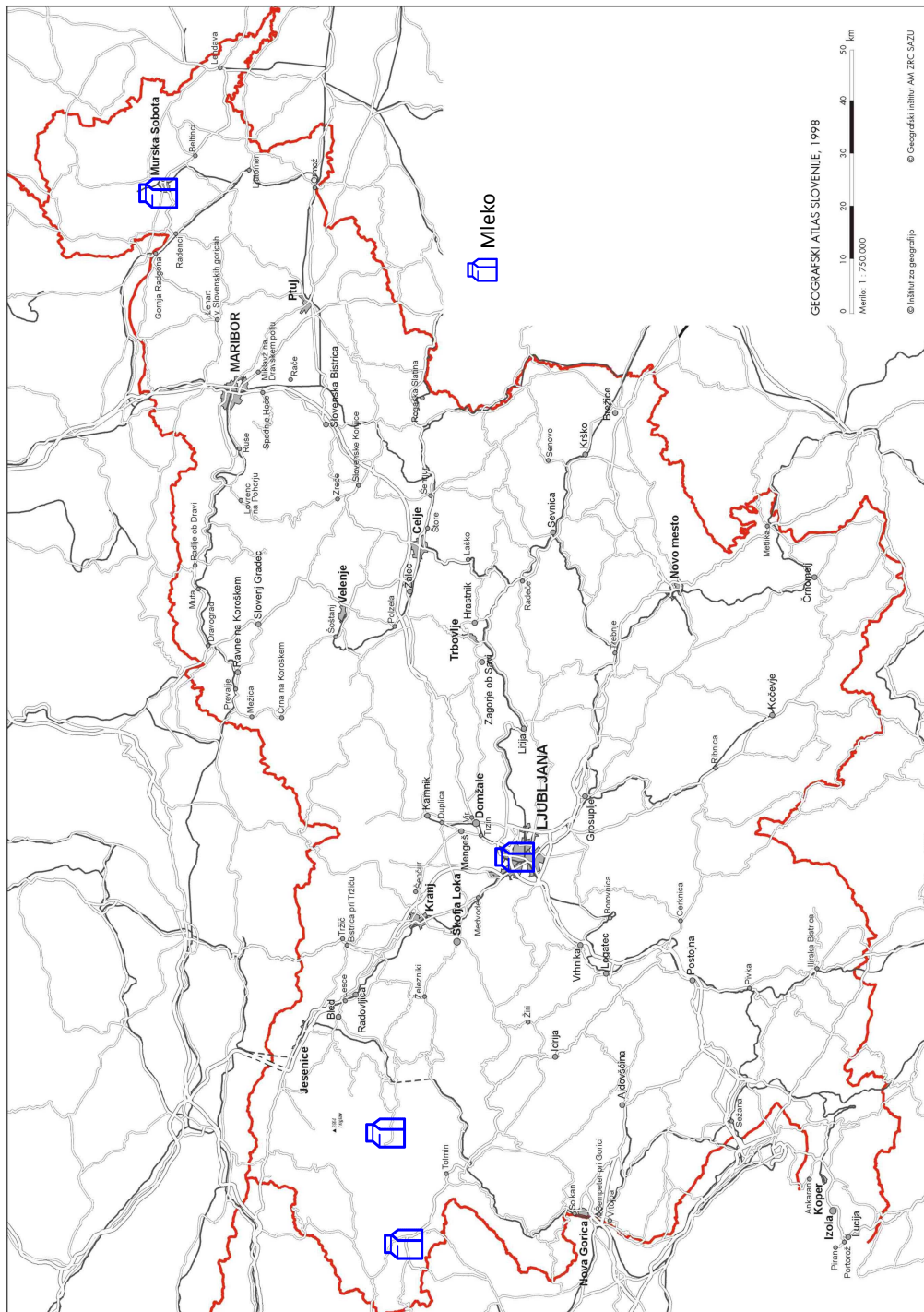
Na sliki 5.5, ki prikazuje specifične aktivnosti izotopov v dvomesečnih vzorcih mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice v splošnem ugotovimo v jesenskem obdobju porast aktivnosti Cs-137, kar lahko pripišemo pašni vzreji govedi v toplejših mesecih, kjer večje aktivnosti iz narave pridejo v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

5.2.1 Dolgoročni trendi

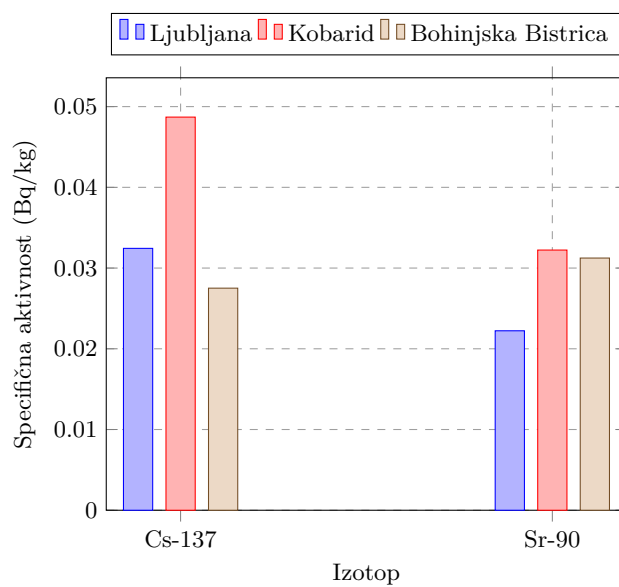
Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli 100 mm/m^2 padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko 100 kBq/m^2 [48]. 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.

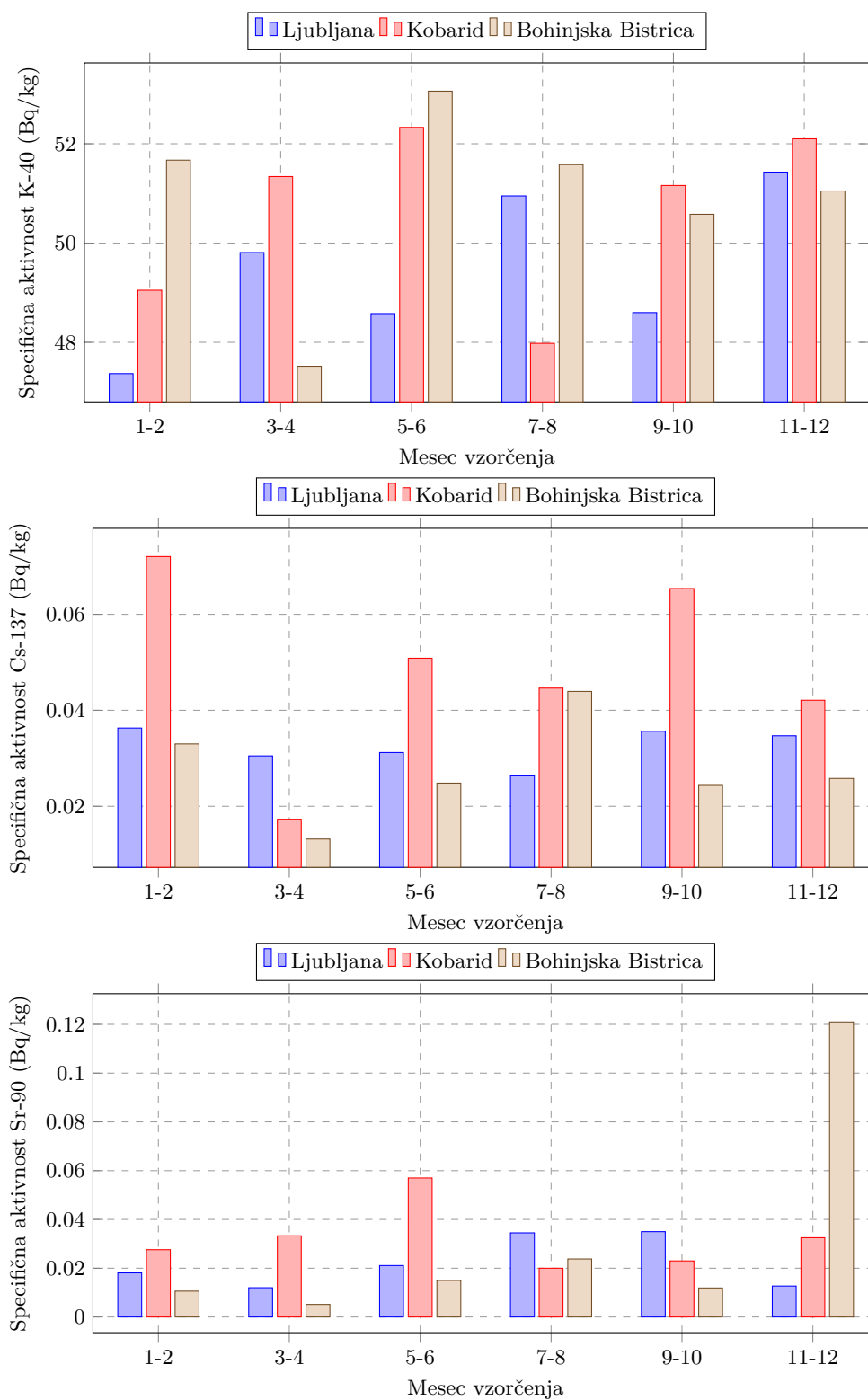
V grafih so sicer najvišje prikazane vrednosti za mleko v prahu iz Murske Sobote, kar je posledica koncentracije vzorca s sušenjem in posledično višje specifične aktivnosti ter zato vrednosti niso realno primerljive z vrednostmi v surovem mleku.



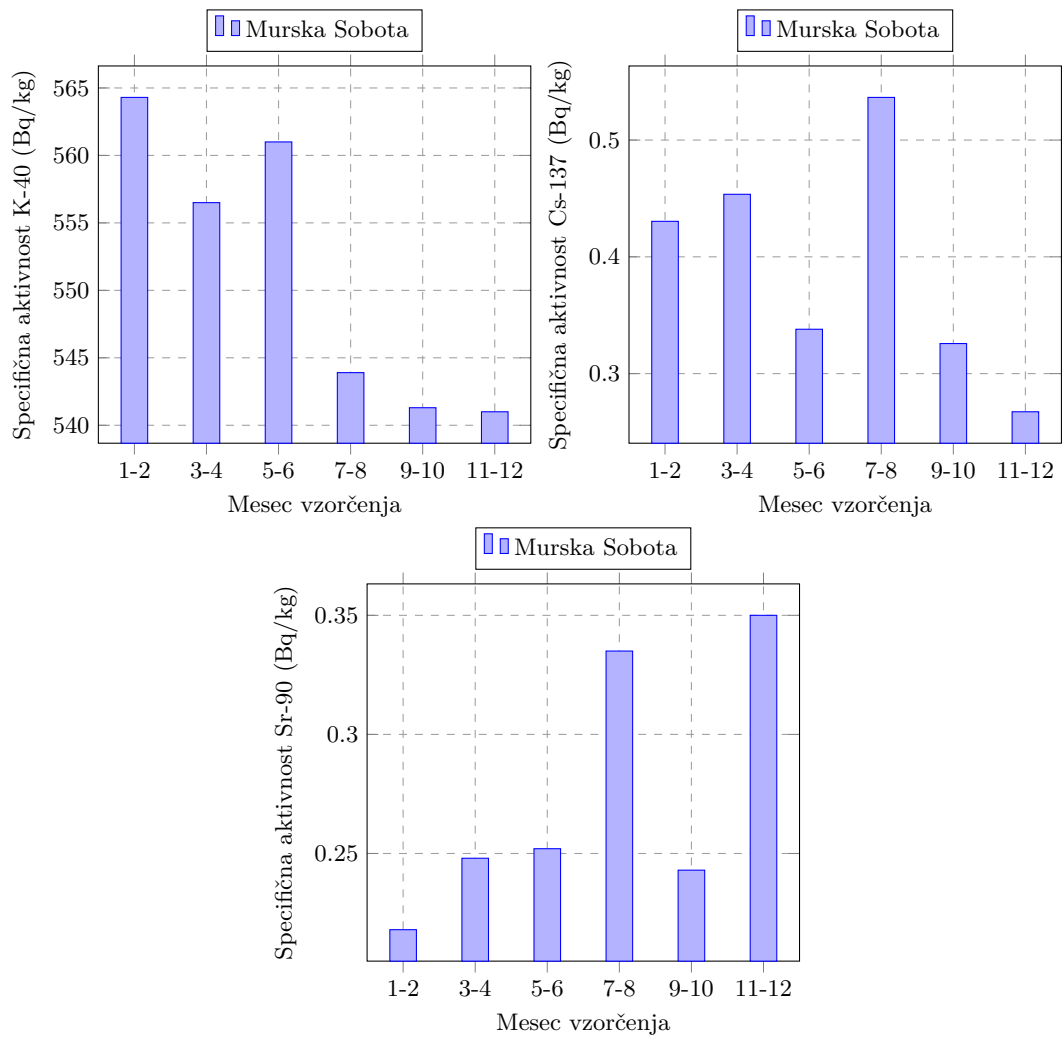
Slika 5.3 | Lokacije vzorčenja vzorcev mleka.



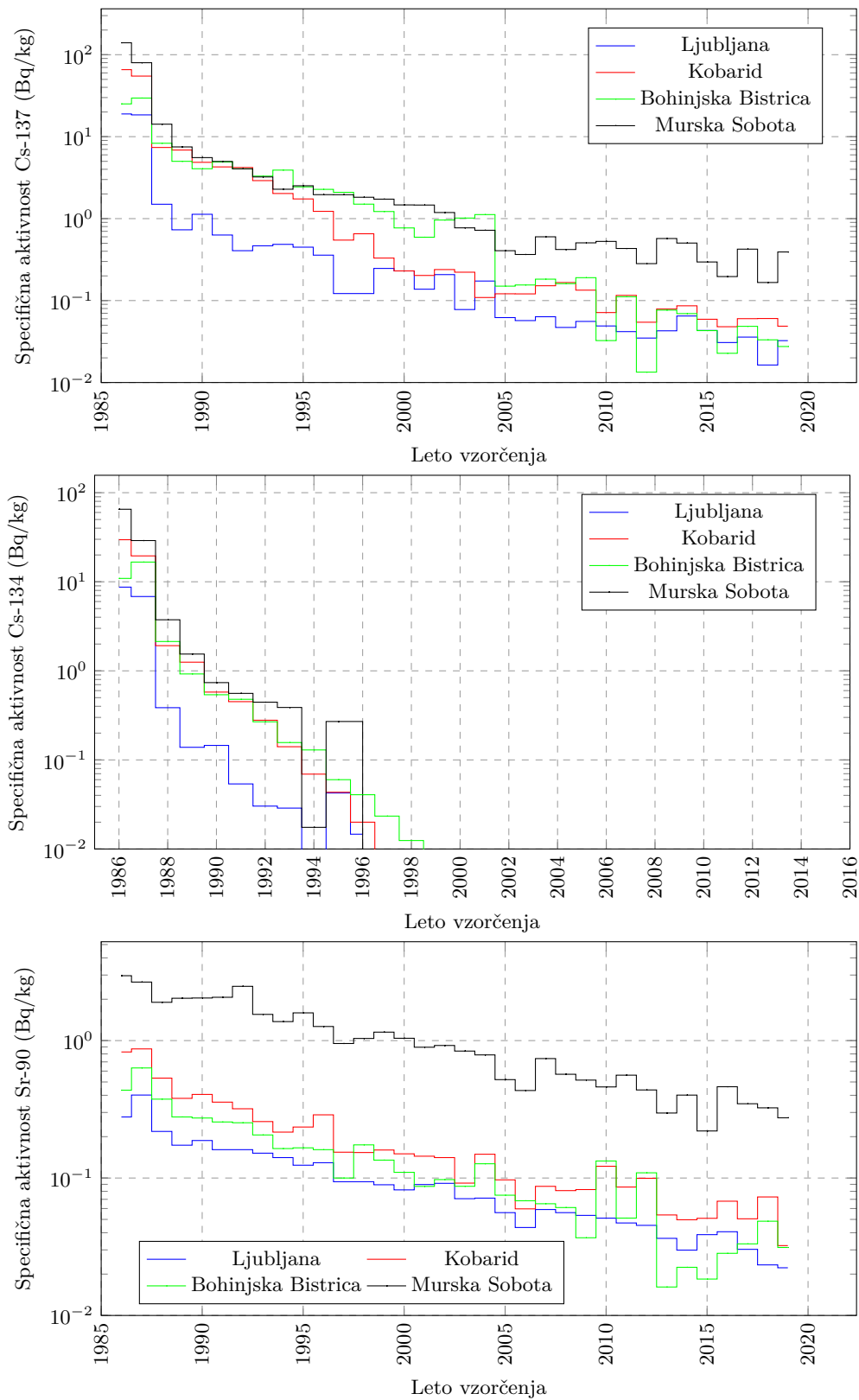
Slika 5.4 | Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2019.



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.

5.3 Hrana

Program meritev radioaktivnosti v vzorcih hrane je bil v letu 2019 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 5.8. V letu 2008 smo začeli tudi z analizo celotnega obroka otroške hrane v vrtcih večjih mest.

5.3.1 Živila živalskega izvora

V preteklem letu smo vzorčili in analizirali osem vzorcev živil živalskega izvora:

- jajca (Šmarje),
- svinjsko meso (Leskovec pri krškem),
- goveje meso (Gomilsko),
- postrvi (Cerklje na Gorenjskem),
- piščančje meso (Ptuj),
- med (Starše),
- divjačina – srnjak (Kojsko) in
- kravji sir (Studenc).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.28.

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vseh vzorcih je $0,20 \pm 0,38$ Bq/kg in Sr-90 $0,05 \pm 0,07$ Bq/kg. Najvišja vsebnost Cs-137 oziroma Sr-90 je bila izmerjena v vzorcu medu oziroma jajcih, in sicer $1,1 \pm 0,1$ Bq/kg oziroma $0,22 \pm 0,05$ 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. Prav tako v letnih povprečjih izločimo zelo specifične vzorce, kjer zaradi metabolizmov pride do večje akumulacije umetnih radionuklidov.

5.3.2 Žitarice in žitni izdelki

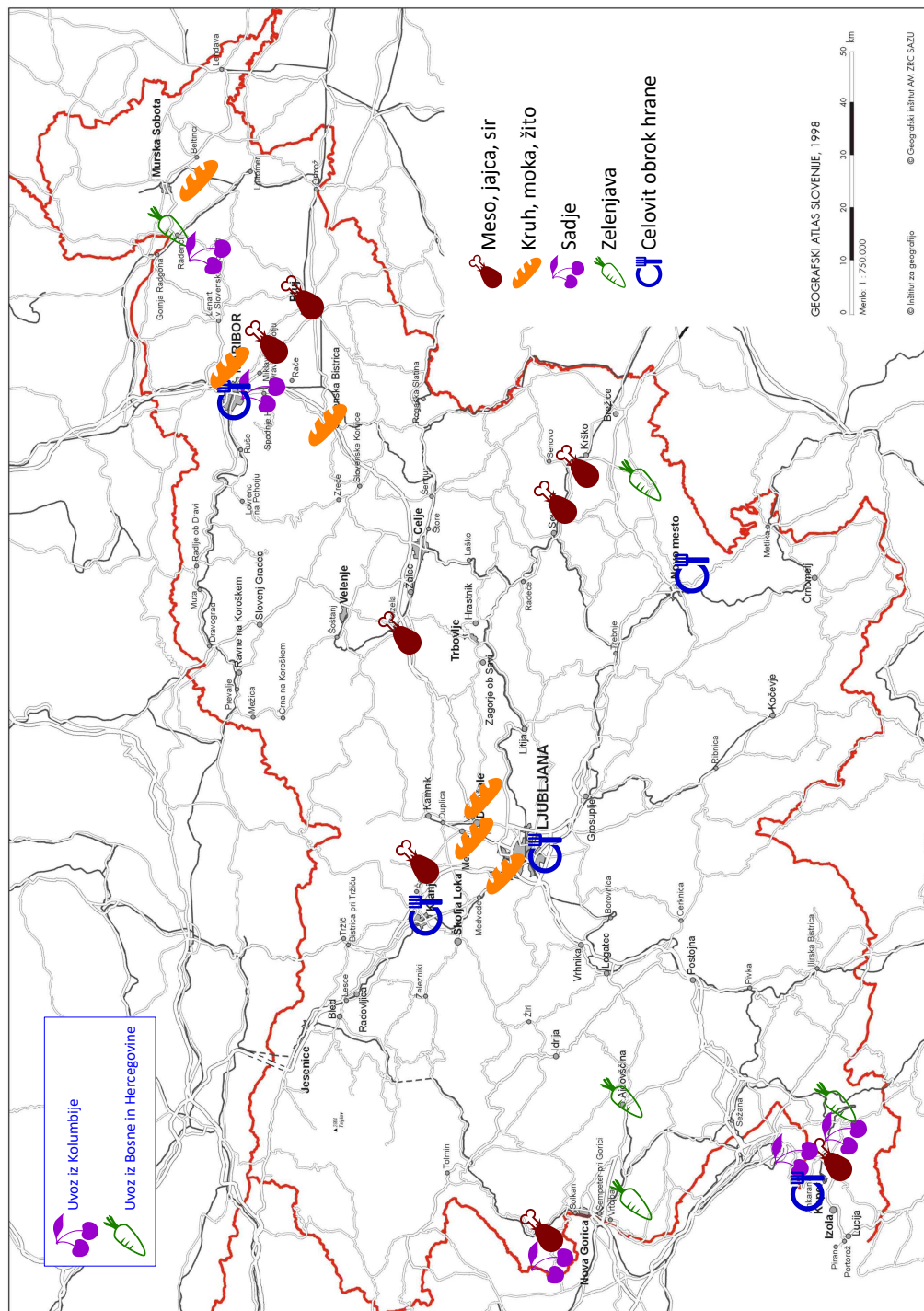
V preteklem letu smo vzorčili in analizirali šest vzorcev žitaric in žitnih izdelkov:

- črna moka (Radomlje),
- bela moka (Domžale),
- beli kruh (Ljubljana),
- ajda (Slovenska Bistrica),
- pšenica (Maribor) in
- koruza (Veržej).

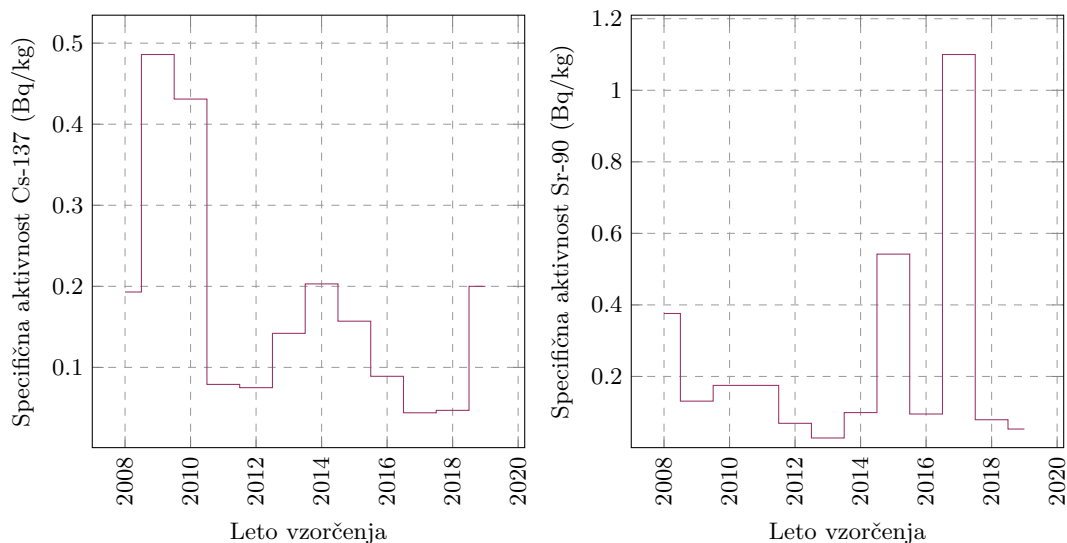
Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.29. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 110 ± 140 mBq/kg in Sr-90 35 ± 35 mBq/kg.

Dolgoročni trendi

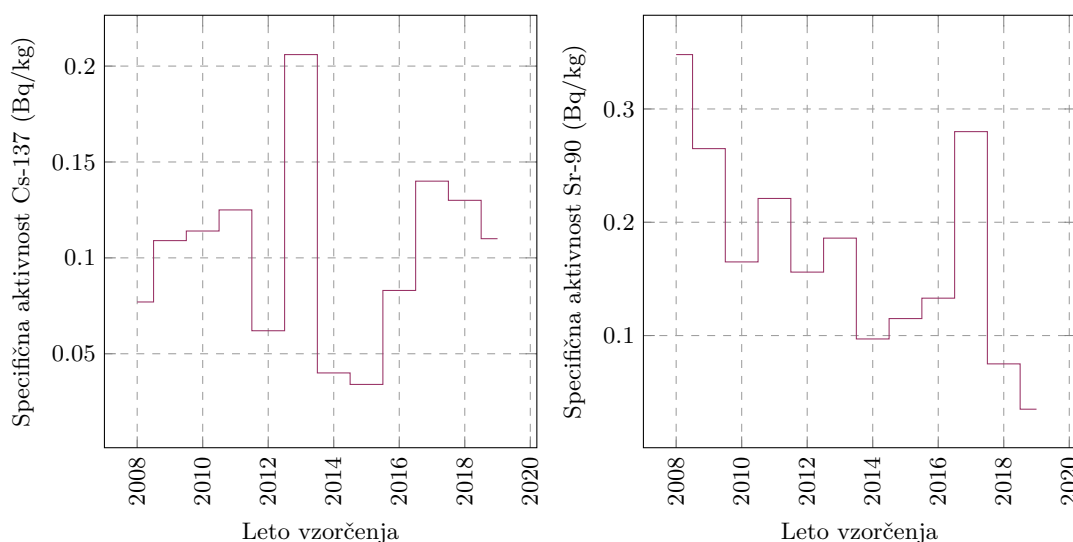
Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.10 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene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



Slika 5.8 | Lokacije vzorčenja vzorcev živil.



Slika 5.9 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčev razen medu in divjačine).



Slika 5.10 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčev).

5.3.3 Zelenjava

V preteklem letu smo vzorčili in analizirali šest vzorcev zelenjave:

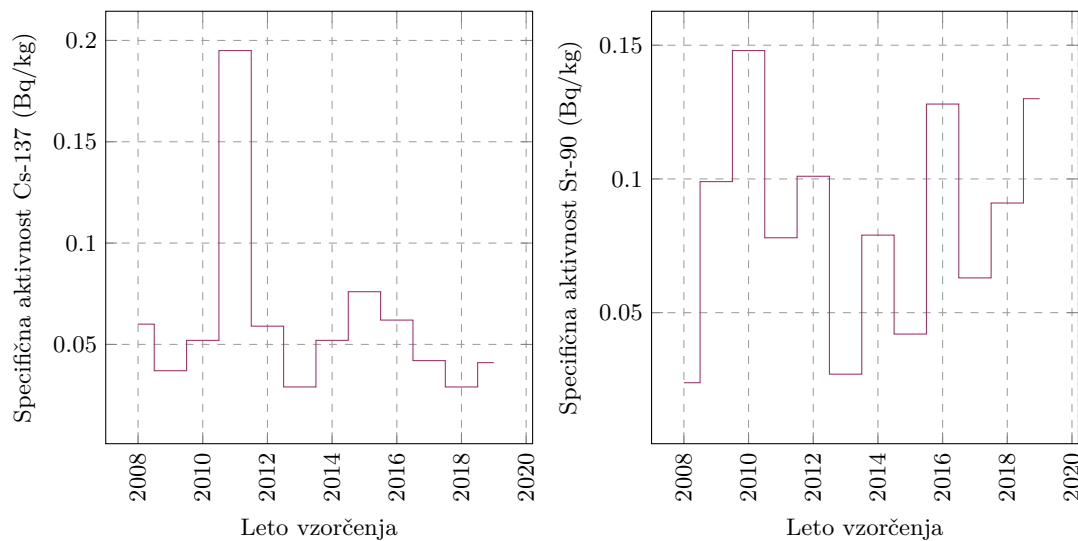
- solata (Šentjernej),
- koleraba (Renče),
- česen (Ajdovščina),
- jurčki (Bosna in Hercegovina),
- kumare (Petanjci, Tišina) in
- bučke (Šmarje).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.31. Povprečna specifična

aktivnost v vseh vzorcih (razen gob) Cs-137 je 41 ± 12 mBq/kg in Sr-90 130 ± 30 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 so bile le v sledovih in praviloma zelo nizke v večini vzorcev. Izjema so le gobe – sveži jurčki iz Bosne in Hercegovine –, ki imajo za več velikostnih redov višjo aktivnost 19 ± 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 vzorčenih vzorcev brez gob).

5.3.4 Sadje

V preteklem letu smo vzorčili in analizirali šest vzorcev sadja:

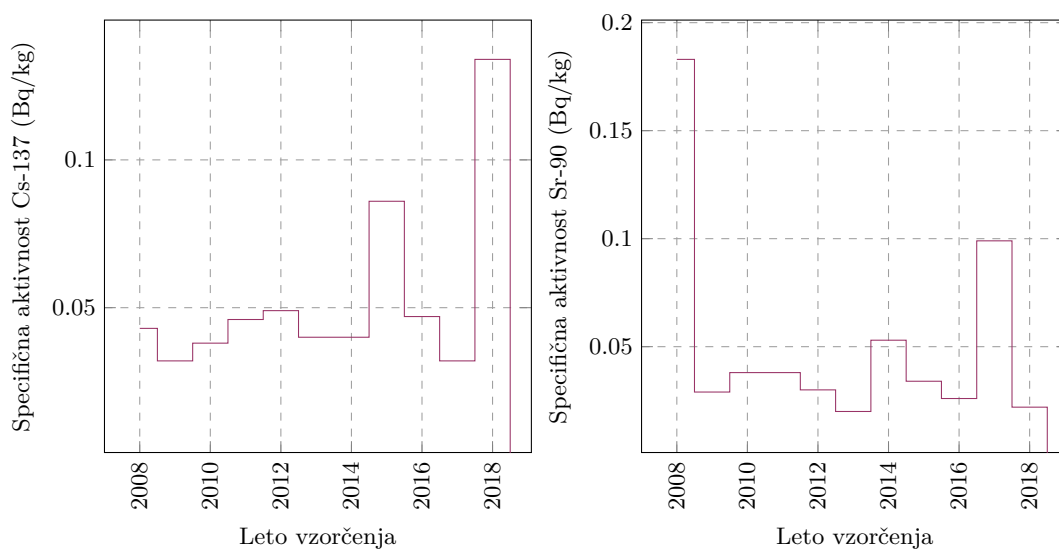
- banane (Kolumbija),
- češnje (Dobrovo v Brdih),
- slive (Koper),
- jabolka (Maribor),
- hruške (Sveti Jurij ob Ščavnici) in
- breskve (Šmarje).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.30. V vseh vzorcih so bili izmerki Cs-137 in Sr-90 pod mejo detekcije.

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. Prav

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



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

5.3.5 Otroška hrana

V preteklem letu smo vzorčili in analizirali 5 vzorcev iz Kopra, Ljubljane, Novega mesta, Maribora in Kranja. Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.32. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 24 ± 13 mBq/kg in Sr-90 22 ± 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 5.13 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.

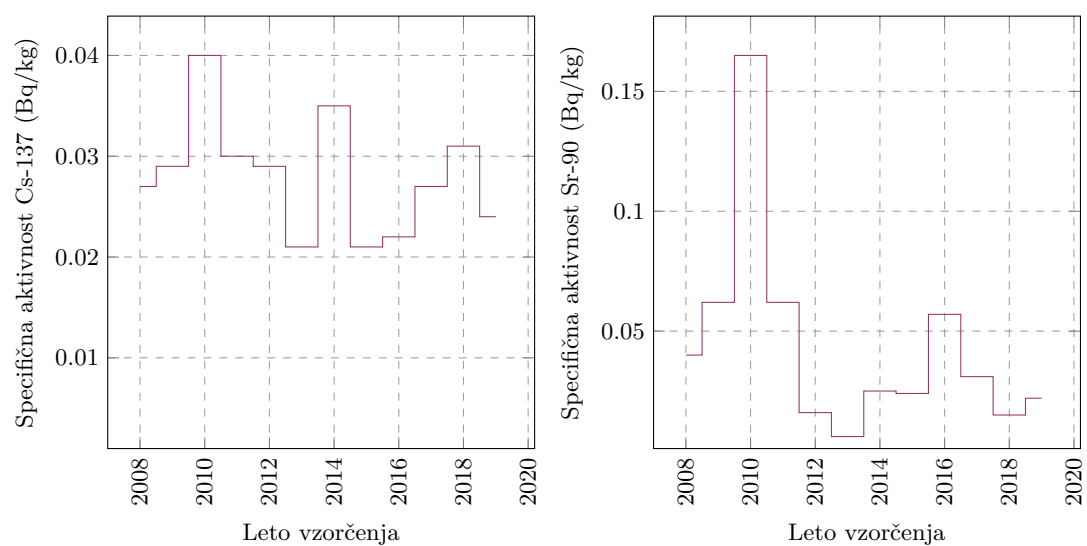
5.4 Krmila

V preteklem letu smo vzorčili in analizirali deset vzorcev krme:

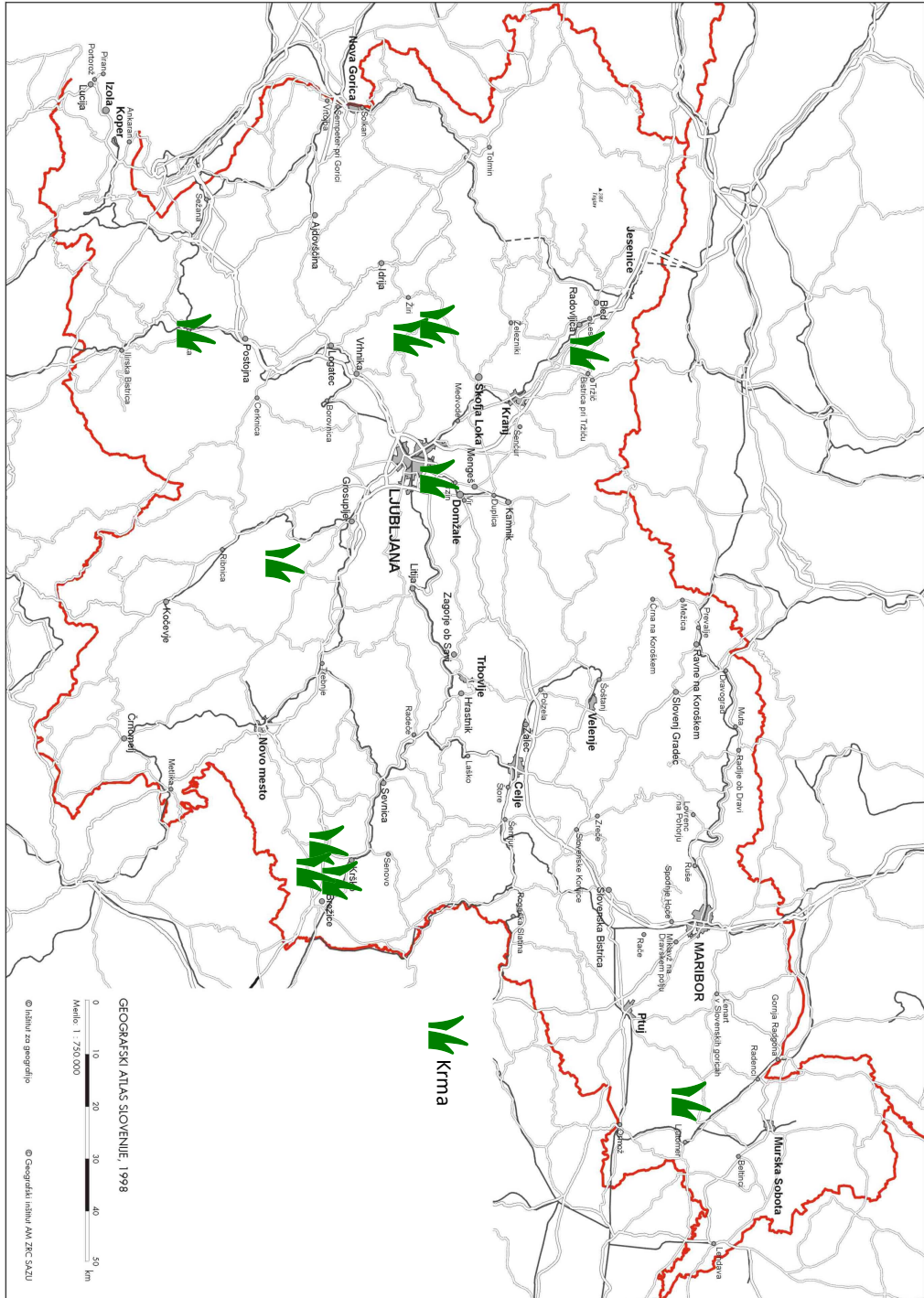
- 1 vzorec travne silaže,
- 1 vzorec koruzne silaže,
- 4 vzorci sena,
- 2 vzorca sveže trave in
- 2 vzorca krmne mešanice.

Lokacije vzorčenja (Brege (2x), Žirovski vrh (2x), Potiskavec, Zgornji Otok, Amerika, Radoslavci, Ljubljana, Pivka) so prikazane na zemljevidu na sliki 5.14.

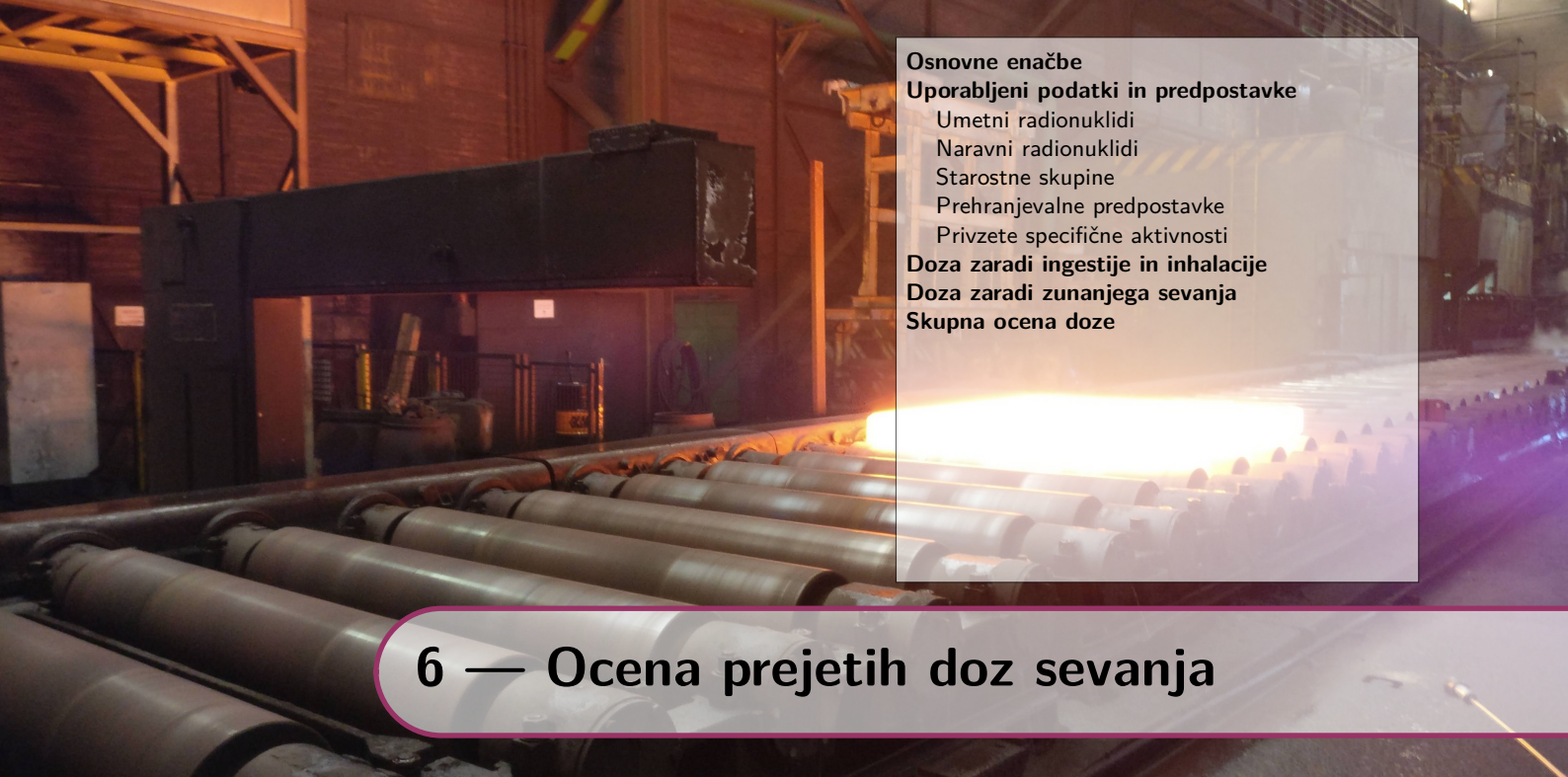
Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.33. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je $0,26 \pm 0,35$ Bq/kg in Sr-90 $2,1 \pm 2,4$ Bq/kg.



Slika 5.13 | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).



Slika 5.14 | 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.2 do A.33 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

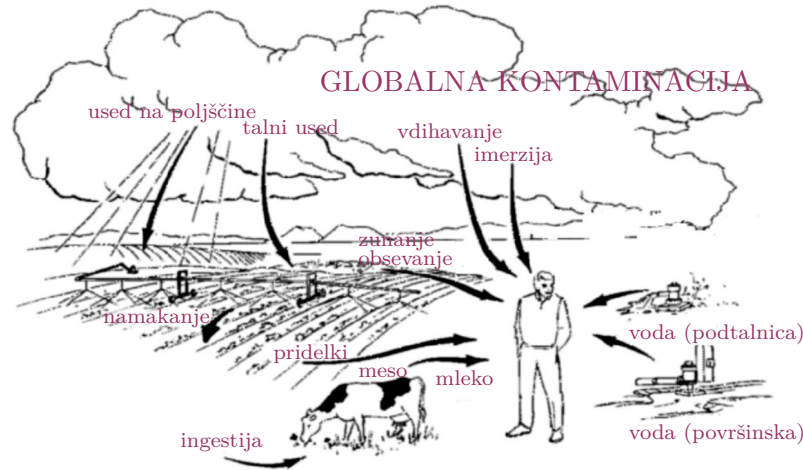
$$E = E_z + E_{ing} + E_{inh} \quad (6.1)$$

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. Efektivno dozo zaradi H-3 smo ocenili samo za pitno vodo, v ostalih vzorcih hrane in zraka se H-3 ni določal. H-3 se določa samo v vzorcih hrane iz okolice NE Krško, kar je zajeto v programu meritev radioaktivnosti v okolici NEK in kjer so doze analizirane v pripadajočih poročilih [21].

6.2.2 Naravni radionuklidi

Doze za K-40 ne podajamo, saj dozimetrični modeli upoštevajo, da se nahaja K-40 v organizmu v homeostatskem ravnovesju, zato bi bili izračuni doz za ta izotop nerealni. Ocenili smo tudi efektivno dozo zaradi vnosa drugih naravnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo, vendar smatramo, da je število meritev premajhno in 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 [49], 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 zadnje dostopne podatke Statističnega urada RS, in sicer za zadnjih 5 let zbranih podatkov [50] (do leta 2018 smo uporabljali fiksne podatke

za leto 2004 [51]). V primeru odraslih smo poleg statističnega povprečja upoštevali dve referenčni skupini prebivalstva, živečih v urbanem in ruralnem območju, ki imajo hipotetično različne prehranjevalne navade (za ti dve skupini so količine arbitrarno popravljene, kjer v mestih upoštevamo 10% manjšo porabo sadja in zelenjave ter mleka, na podeželju pa 10% večjo porabo teh živil), 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) voda
	zelenjava ¹	sadje ²	moka ³	meso ⁴	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	85,9	86,4	56,6	52,6	54,3	54,3	54,3	0,750
mesto	77,3	77,7	56,6	52,6	48,9	48,9	48,9	0,750
podeželje	94,5	95,0	56,6	52,6	59,7	59,7	59,7	0,900

¹ zelenjava vseh vrst ² sadje vseh vrst; sadni sokovi ³ riž; kruh in drugi pekovski izdelki; testenine in kuskus; moka vseh vrst, kosmiči in zdrob ⁴ meso in mesni izdelki; ribe (sveže in zamrznjene); jajca

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 in za odrasle referenčne skupine zelo arbitrarno prikazane na zemljevidu Slovenije (prebivalci nimajo zelo ozkih prehranjevalnih navad).

6.2.5 Privzete specifične aktivnosti

Povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti umetnih radionuklidov – Cs-137, Sr-90 in H-3 – v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2019 so predstavljene v tabeli 6.2. Podatke za naravni radionuklid Pb-210 zgolj zaradi primerjave podajamo le informativno.

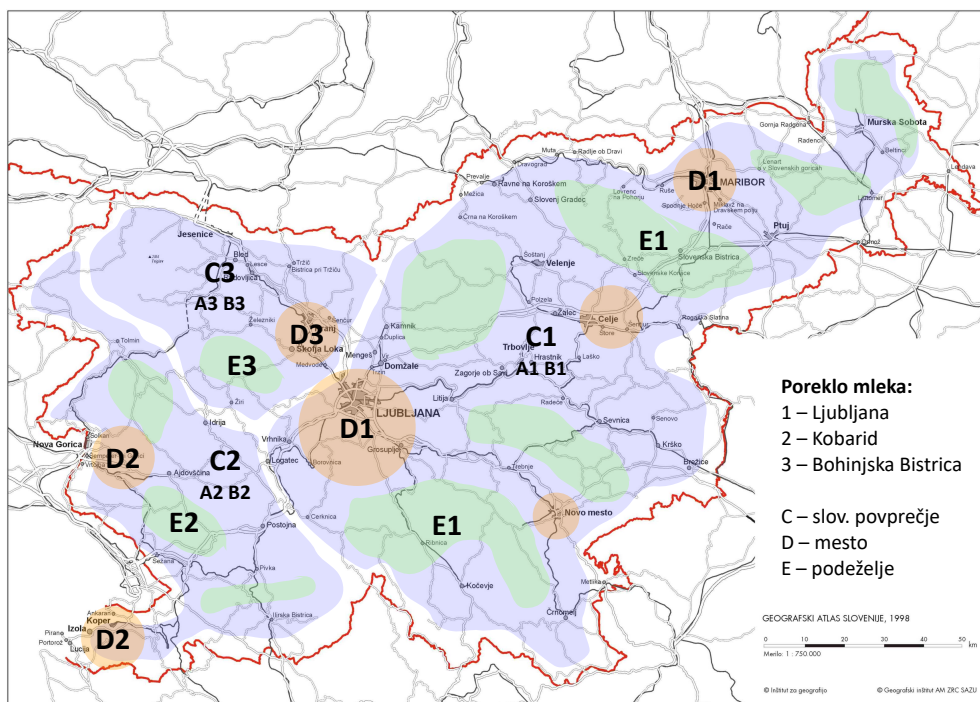
Tipično v povprečju za meso, sir in ostala živila živalskega izvora ne upoštevamo vrednosti za nekatero divjačino, v povprečju za sadje vrednosti za gozdne sadeže in v povprečju za zelenjavo vrednosti za gobe, v kolikor te vrednosti odstopajo od vrednosti siceršnjih vzorcev za en ali več velikostnih 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.

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

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



Slika 6.2 | Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.

Bohinjsko Bistrico. Vrednosti iz Ljubljane upoštevamo za slovensko povprečje, vrednosti iz Kobarida in Bohinjske Bistrice pa za lokalno posebnost zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledico černobilske nesreče. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje iz uredbe UV2 oziroma zbirke ICRP 119 [4, 52].

Ingestija.

V tabeli 6.3 so prikazane učinkovite doze zaradi ingestije posamezne vrste hrane in vode ter zaradi inhalacije dolgoživih černobilskih cepitvenih produktov – Cs-137 in Sr-90 (vpliv H-3 je zanemarljiv) – za dojenčke do 1 leta, otroke od 7 do 12 let in za odrasle za

Tabela 6.2 | Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2019

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	0,041	0	0,108	0,204	0,032	0,049	0,028	0,006	2,1E-03
Sr-90	0,130	0	0,035	0,053	0,022	0,032	0,031	0,829	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	481	0
Pb-210	0,178	0,121	0,217	0,194	0,029	0,021	0,051	4,5	0,603

Pb-210 – le informativno

umetne radionuklide v hrani. Doze zaradi inhalacije dobimo ob upoštevanju koncentracij radionuklidov, izmerjenih v Ljubljani. Doza za odraslega prebivalca je v letu 2019 ocenjena na $0,8 \pm 0,4 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz omenjene tabele.

Efektivne doze v letu 2019 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 [51], a se ti ne razlikujejo bistveno od starih. V letu 2019 smo ponovno posodobili podatke o prehrani [50], kjer so opazne razlike, predvsem manjše zaužite količine določenih vrst hrane. Zato je v letu 2019 v okviru statističnih odstopanj izbire in vzorčenja hrane pričakovano nižja ocenjena doza kot v letu 2018.

Inhalacija.

Ocenjene efektivne doze zaradi inhalacije so za vse tri starostne skupine iz prebivalstva, dojenčke do enega leta, otroke od 7 – 12 let oziroma odrasle podobne kot v prejšnjih letih, in sicer $0,08 \text{ nSv}$, $0,10 \text{ nSv}$ oziroma $0,12 \text{ nSv}$. Izjema je leto 2017, ko so bile doze bistveno višje od prejšnjih let zaradi vdihavanja radioaktivnega oblaka z Ru-106 [53], in sicer $0,11 \pm 0,08 \mu\text{Sv}$, je pa bil takratni prispevek Cs-137 k tej dozi primerljiv z ostalimi leti.

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 pretvorbni faktor. Najvišja vrednost je za dojenčke do enega leta starosti in znaša $144 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let znaša $94 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $37 \mu\text{Sv}$, 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 zelenjave in mleka (več kot polovico). Pri otrocih in odraslih v letu 2019 prevladuje prispevek zelenjave – posamezni prispevki k dozi delno variirajo z leti in je predvsem statistična posledica izbire različnih vzorcev po različnih lokacijah v Sloveniji.

Prispevki posameznih izotopov.

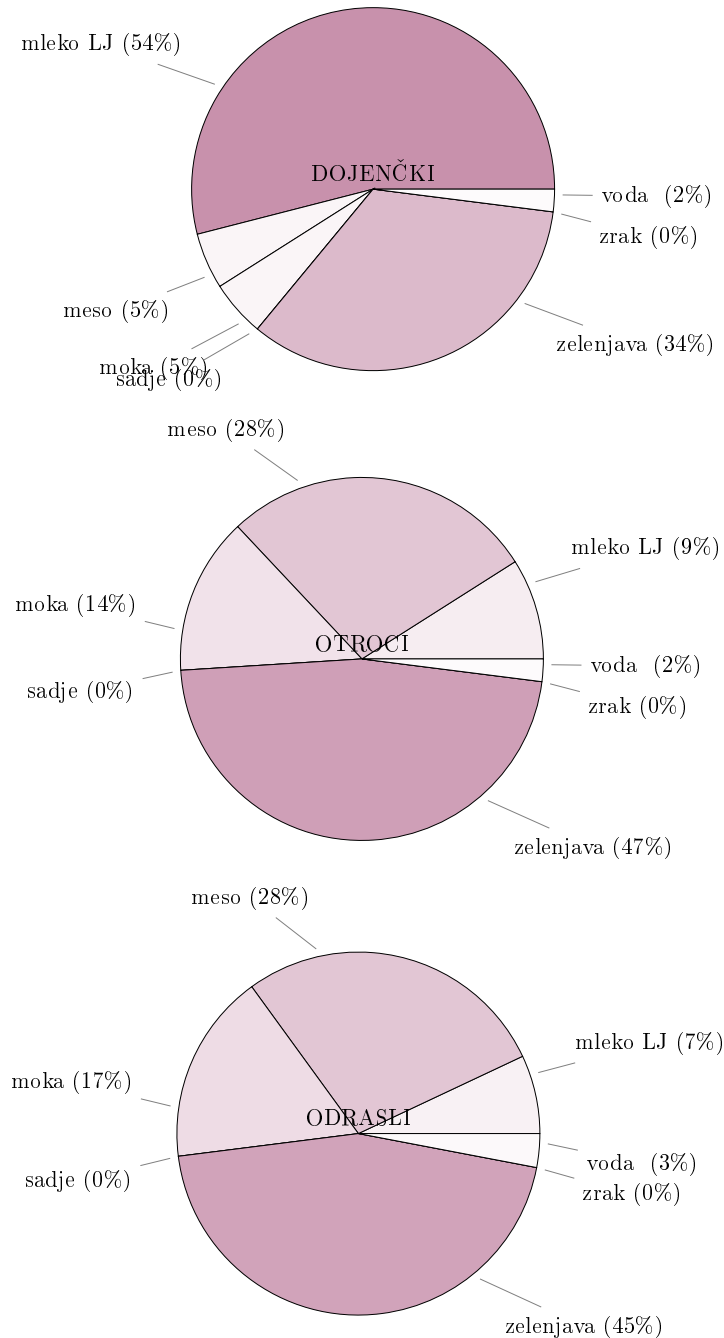
Če primerjamo prispevke po posameznih izotopih, k dozi največ prispeva Sr-90, delež H-3 je zelo majhen (pod 1%), preostalo gre na račun Cs-137. Prispevek Sr-90 k dozi zaradi ingestije in inhalacije za dojenčke znaša v letu 2019 ~94%, za otroke ~80% in za odrasle ~63%, kot je tudi prikazano na sliki 6.4.

Tabela 6.3 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2019.

Izotop	vista vzorca										zrak
	zelenjava	sadjje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	mleko _{DO}		
	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija (μSv)										
Cs-137	0,01	0,00	0,01	0,02	0,07	0,11	0,06	2,19E-05	0,06		7,47E-05
Sr-90	0,67	0,00	0,09	0,09	1,02	1,48	1,43	3,15E-02	1,43		0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,08E-03	0		0
Skupaj	0,68±0,16	<0,05	0,10±0,09	0,11±0,13	1,09±1,06	1,59±0,71	1,49±2,17	0,04±0,03	1,49±2,17		7,5E-5±5,5E-5
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)										
Cs-137	0,03	0,00	0,06	0,15	0,02	0,04	0,02	2,94E-05	0,02		1,03E-04
Sr-90	0,60	0,00	0,12	0,23	0,10	0,14	0,14	2,31E-02	0,14		0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,14E-03	0		0
Skupaj	0,63±0,14	<0,02	0,18±0,14	0,38±0,41	0,12±0,10	0,18±0,07	0,16±0,21	0,03±0,02	0,16±0,21		1,0E-4±7,6E-5
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)										
Cs-137	0,05	0,00	0,08	0,14	0,02	0,03	0,02	6,17E-05	0,02		1,22E-04
Sr-90	0,31	0,00	0,06	0,08	0,03	0,05	0,05	1,74E-02	0,05		0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,49E-03	0		0
Skupaj	0,36±0,07	<0,03	0,13±0,12	0,22±0,28	0,06±0,04	0,08±0,03	0,07±0,07	0,02±0,02	0,07±0,07		1,2E-4±9,0E-5
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - urbano okolje (μSv)										
Cs-137	0,04	0,00	0,08	0,14	0,02	0,03	0,02	6,17E-05	0,02		1,22E-04
Sr-90	0,28	0,00	0,06	0,08	0,03	0,04	0,04	1,74E-02	0,04		0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,49E-03	0		0
Skupaj	0,32±0,07	<0,01	0,13±0,12	0,22±0,28	0,05±0,03	0,08±0,02	0,06±0,07	0,02±0,02	0,06±0,07		1,2E-4±9,0E-5
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - ruralno okolje (μSv)										
Cs-137	0,05	0,00	0,08	0,14	0,03	0,04	0,02	6,17E-05	0,02		1,22E-04
Sr-90	0,34	0,00	0,06	0,08	0,04	0,05	0,05	1,74E-02	0,05		0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,49E-03	0		0
Skupaj	0,39±0,08	<0,01	0,13±0,12	0,22±0,28	0,06±0,04	0,09±0,03	0,07±0,08	0,02±0,02	0,07±0,08		1,2E-4±9,0E-5

Tabela 6.4 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2019.

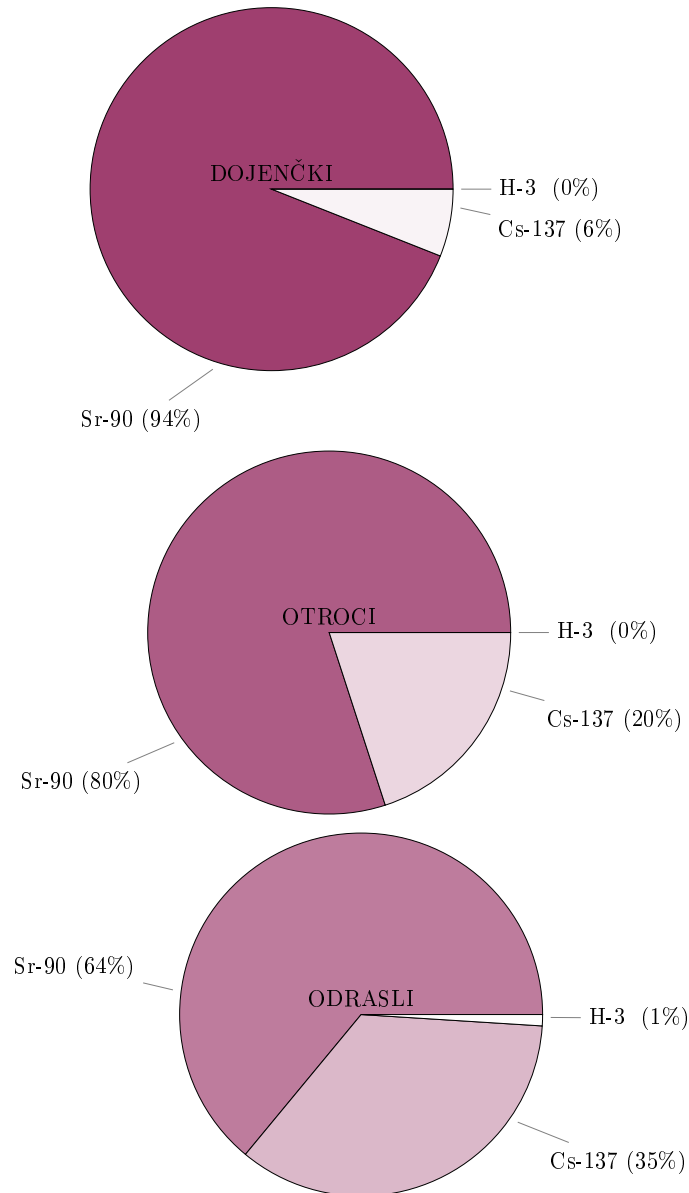
Izotop	zelenjava	sadje	moka	meso	vrsta vzorca				skupaj	skupaj	
					mlekorj	mleko	mleko	mleko			BB
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija (μSv)										
Pb-210	33,7	22,8	20,0	12,2	48,7	35,8	85,7	6,2	6,0	143,6	149,6
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)										
Pb-210	25,8	8,6	23,0	26,5	4,0	3,0	7,1	6,2	6,9	94,2	101,1
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)										
Pb-210	10,6	7,2	8,5	7,1	1,1	0,8	1,9	2,3	8,0	36,7	44,7
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)										
Pb-210	9,5	6,5	8,5	7,1	1,0	0,7	1,7	2,3	8,0	34,8	42,8
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)										
Pb-210	11,6	7,9	8,5	7,1	1,2	0,9	2,1	2,3	8,0	39,5	47,5



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

6.4 Doza zaradi zunanjega sevanja

Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2019 je bil $910 \mu\text{Sv}$. Ker je ocena črnobilske 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 črnobilskega Cs-137 v zemlji [54]. 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 [55].



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

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 zunanjskega 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.

V tabeli 6.7 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi zunanjskega obsevanja zaradi černobilskega Cs-137 v zemlji. Doza za odraslega prebivalca Slovenije je v letu 2019 ocenjena na $5,6 \pm 0,2 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz tabele 6.7. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje med Gy in Sv za različne starostne skupine prebivalcev po UNSCEAR poročilu iz leta 2000, in sicer 0,91 za dojenčke, 0,79 za otroke in 0,69 za odrasle. Ti pretvorbene

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

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.

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
2018	4,7
2019	5,6

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 2019, 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 ~95 % vseh možnih primerov (95 % verjetnost, da doza posameznika iz prebivalstva ne preseže te izračunane vrednosti). Namesto negotovosti ocene doze je v našem primeru bolj smiselno podati zgornjo mejo letne doze, saj je razpon vrednosti predvsem posledica povprečenja vrednosti radionuklidov v posameznih vrstah vzorcev.

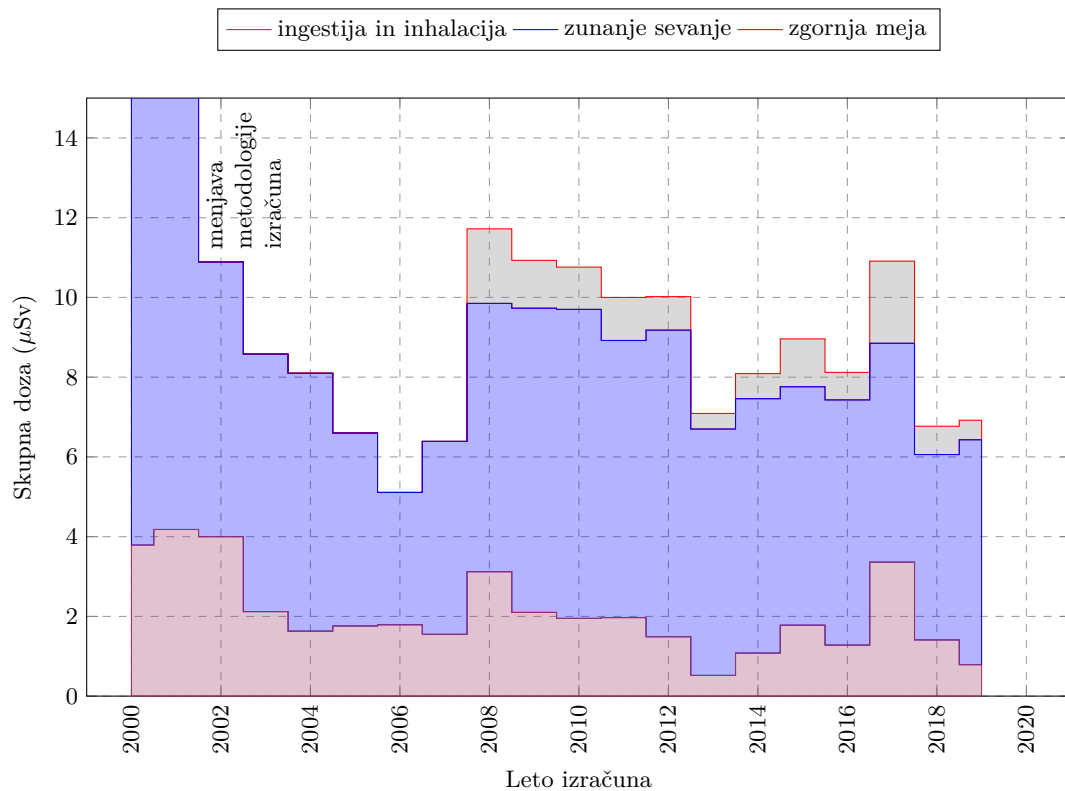
Rezultati ocenjenih doz za preteklo leto so prikazani v tabeli 6.7.

Skupna efektivna doza oziroma zgornja meja za odrasle zaradi vnosa umetnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo ter zaradi zunanjšega obsevanja tal znaša $6,4 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 6,9 \mu\text{Sv}$ na leto za odrasle, $7,8 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 8,6 \mu\text{Sv}$ na leto za otroke od 7. do 12. leta starosti in $9,5 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 10,8 \mu\text{Sv}$ na leto za dojenčke. V hrani večji del doze prispeva Sr-90, k zunanjemu sevanju pa k dozi največ prispeva Cs-137. V letu 2019 je k dozi zaradi inhalacije največ prispeval Cs-137.

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 zunanjšega sevanja. Padec doze zunanjšega obsevanja v letu 2002 je posledica spremenjene metodologije vrednotenja doz. Do leta 2001 se je namreč dozo zunanjšega sevanja zaradi černobilske kontaminacije ocenjevalo iz odčitkov TL dozimetrom, kar je bilo obremenjeno z veliko negotovostjo meritve (ocenjeni vrednosti dozi zunanjšega sevanja sta znašali $53,7 \mu\text{Sv}$ v letu 2000 in $50,0 \mu\text{Sv}$ v letu 2001).

Tabela 6.7 | Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2019 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi

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	Pediatrska klinika	LJ	A1	2,0 \pm 1,3	7,4 \pm 0,3	9,5	< 10,8
		KB	A2	2,5 \pm 1,7	12,9 \pm 0,3	15,4	< 17,2
		BB	A3	2,4 \pm 1,6	12,9 \pm 0,3	15,3	< 17,0
otroci od 7 do 12 let	IAEA podatki	LJ	B1	1,3 \pm 0,8	6,5 \pm 0,2	7,8	< 8,6
		KB	B2	1,4 \pm 0,8	11,2 \pm 0,2	12,6	< 13,4
		BB	B3	1,4 \pm 0,8	11,2 \pm 0,2	12,6	< 13,4
odrasli	statistični podatki	LJ	C1	0,8 \pm 0,4	5,6 \pm 0,2	6,4	< 6,9
		KB	C2	0,8 \pm 0,4	9,8 \pm 0,2	10,6	< 11,1
		BB	C3	0,8 \pm 0,4	9,8 \pm 0,2	10,6	< 11,1
	urbano okolje	LJ	D1	0,7 \pm 0,4	4,8 \pm 0,2	5,6	< 6,0
		KB	D2	0,8 \pm 0,4	8,4 \pm 0,2	9,2	< 9,6
		BB	D3	0,8 \pm 0,4	8,4 \pm 0,2	9,2	< 9,6
	ruralno okolje	LJ	E1	0,8 \pm 0,5	8,2 \pm 0,3	9,0	< 9,6
		KB	E2	0,9 \pm 0,5	14,2 \pm 0,3	15,0	< 15,6
		BB	E3	0,8 \pm 0,5	14,2 \pm 0,3	15,0	< 15,6



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

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. Ocenjene doze zaradi umetnih radionuklidov v letu 2019 so primerljive s preteklimi leti. Ocenjena doza po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2019 za dojenčke $9,5 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 10,8 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $7,8 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 8,6 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $6,4 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 6,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

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. V letu 2017 je delno povešan prispevek k dozi zaradi prehoda radioaktivnega oblaka nad Evropo, ki je posledica izpusta zaradi nesreče v predelovalnem obratu izrabljenega jedrskega goriva nekje južno od Urala v Rusiji [56]. 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% [53].

Na podlagi meritev radioaktivnosti življenjskega okolja Republike Slovenije v letu 2019 ugotavljamo, da so bile specifične aktivnosti umetnih radionuklidov v hrani in zraku okrog 1% od mejnih vrednosti, predpisanih v uredbi UV2 [4].

Letne efektivne doze zaradi ingestije umetnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanjem sevanju so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilih UNSCEAR 2000 [43] in UNSCEAR 2006 [57].

7.2 Priporočila

V preteklih letih je bilo upoštevanih več naših predlogov:

- vzorčenje zemlje v plasteh do globin 50 cm,
- meritve vzorcev lesnih kuriv,
- v teku je projektna naloga meritev K-40 na poljedeljsko intenzivnih območjih na

12 lokacijah blizu slovenskih rek.

Priporočilo 7.1 Izvajalcem meritev radioaktivnosti še naprej predlagamo, da vzorce zraka poletnih mesecev vzorčijo in merijo pod takšnimi pogoji, da so detekcijske meje Cs-137 precej nižane 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 [56, 58, 59]. 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

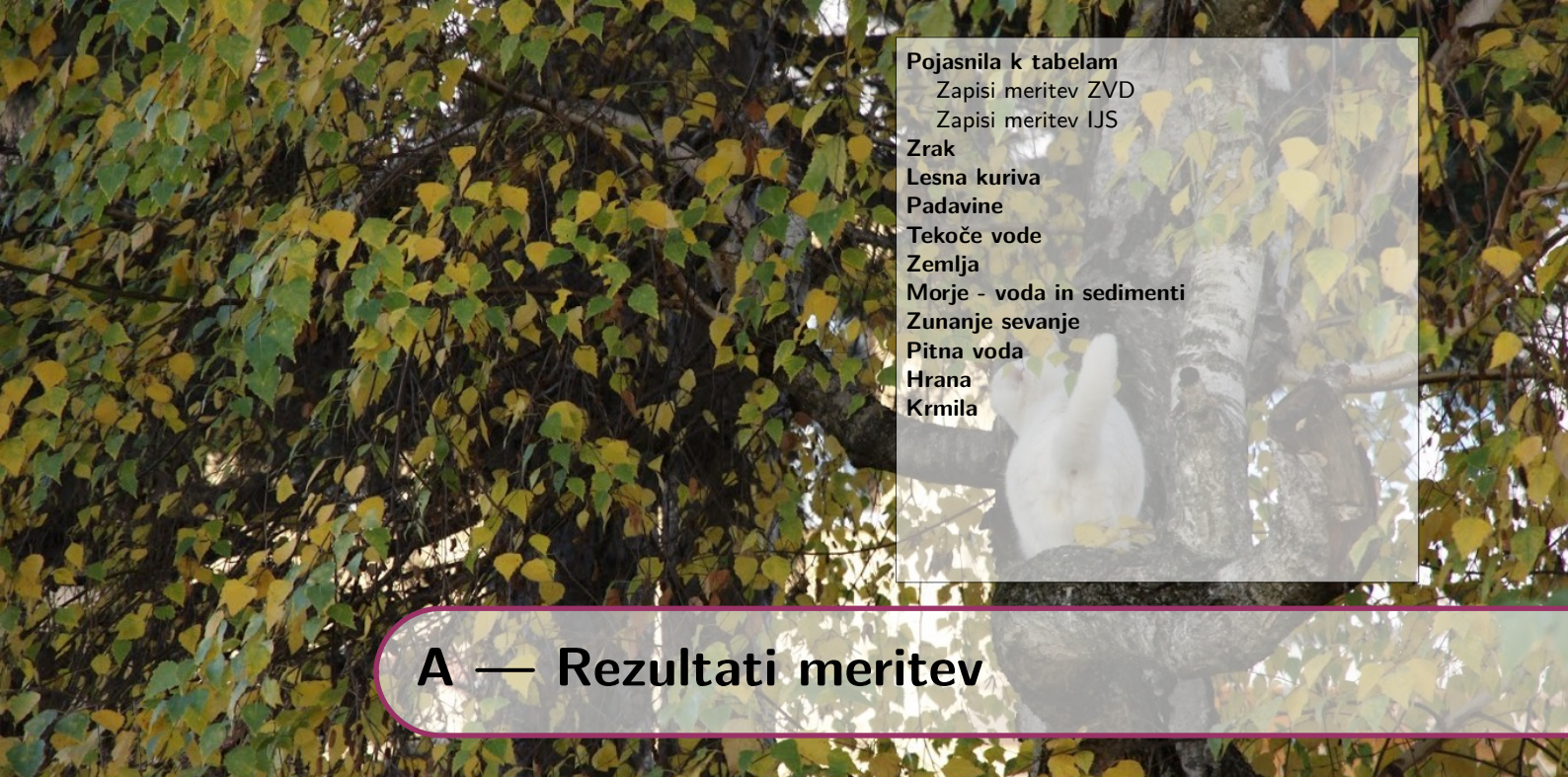
- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 76/2017 in 26/2019, 2019.
- [2] Ministrstvo za okolje in prostor. Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti. Ur. list RS št. 27/2018, 2018.
- [3] Ministrstvo za zdravje. Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz. Ur. list RS št. 47/2018, 2018.
- [4] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji. Ur. list RS št. 18/2018, 2018.
- [5] ZVD. Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v 2019. Poročilo LMSAR-20190008-D-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2020.
- [6] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2019. Poročilo 89/2019, Institut "Jožef Stefan", 2020.
- [7] ZVD. Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti živil v Republiki Sloveniji v 2019. Poročilo LMSAR-200180018-6-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2020.
- [8] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Monitoring radioaktivnosti pitne vode za leti 2018 in 2019. Poročilo 40/2019, Institut "Jožef Stefan", 2019.
- [9] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Izvedba vzorčenja in preiskav krme na aktivnost sevalcev gama in beta za leto 2019. Poročilo 41/2019, Institut "Jožef Stefan", 2019.
- [10] Ukrainian arborist. Forest fires in the ukraine chernobyl exclusion zone. http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2016/07/20161707_ua-chernobyl.htm, 2016.

- [11] 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.
- [12] 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>.
- [13] 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.
- [14] I. Lovrenčić, M. Volner, D. Barišić, M. Popijac, N. Kezić, I. Seletković, and S. Lulić. Distribution of Cs-137, K-40 and Be-7 in silver fir-tree (*abies alba* l.) from gorski kotar, croatia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 275(1):71–79, 2008. ISSN 0236-5731. doi: 10.1007/s10967-007-7009-2. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2>.
- [15] A. H. Rantavaara, L. J. Aro, A. H. Rantavaara, and L. J. Aro. Radiological impact of using forest tree biomass for energy and recycling the ash. *Radioprotection*, 44:927–932, 1 2009. ISSN 1769-700X. doi: 10.1051/radiopro/20095165. URL http://www.radioprotection.org/article_S0033845109051655.
- [16] 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.
- [17] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2013. Poročilo LMSAR-20140003-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2014.
- [18] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2014. Poročilo LMSAR-20150005-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [19] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2015. Poročilo LMSAR-20160009-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2016.
- [20] ZVD. Letna poročila o radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije. Poročilo od 1964 dalje, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 1964-.
- [21] IJS. Letna poročila o nadzoru radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško. Poročilo od 2003 dalje, Institut "Jožef Stefan", 2003-.
- [22] Agencija RS za okolje. Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, agencija rs za okolje, 2018; air pollutant emissions data viewer (LRTAP convention), Evropska okoljska agencija, 2018, preglednica ZR15-2: Struktura izpustov delcev, po sektorjih, slovenija in eu-28, 2016. <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/izpusti-delcev-v-zrak-6?tid=2>, 2018.
- [23] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2013. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf, 2014.

- [24] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2014. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2014_slo.pdf, 2015.
- [25] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2015. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2015_slo.pdf, 2016.
- [26] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2016. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec16_slo.pdf, 2017.
- [27] 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.
- [28] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2018. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec18_slo.pdf, 2019.
- [29] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2019. https://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec19_slo.pdf, 2020.
- [30] 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.
- [31] EUROSTAT. Energy from renewable sources, SHARES summary results 2018. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/energy/data/shares>, 2018.
- [32] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=643, 2014.
- [33] 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.
- [34] IJS. Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2019. Poročilo IJS-DP-12748, Institut "Jožef Stefan", 2020.
- [35] European Space Agency. The force that protects our planet. http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/05/The_force_that_protects_our_planet, 2014.
- [36] 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.
- [37] 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.

- [38] 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.
- [39] 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.
- [40] Brussels WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium. Total sunspot number. <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>, 2019.
- [41] National Aeronautics and Space Administration. Sunspots and solar flares. https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2201.html, 2017.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] P. Guétat, C. Douche, and J.C. Hubinois. Le tritium et l’environnement: sources, mesures et transferts. *Radioprotection*, 43:547–569, 2008.
- [45] 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.
- [46] IAEA. *Heavy water reactors: status and projected development*. IAEA Technical Reports Series 407. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2002.
- [47] W. G. Alberts, P. Ambrosi, J. Böhm, G. Dietze, K. Hohlfeld, and W. Will. New dose quantities in radiation protection. Poročilo PTB-Dos-23e, PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 1995.
- [48] P. Jovanovič. Radioaktivna kontaminacija alpskega predela slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov. Poročilo, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2004.
- [49] IAEA. *Assessment of doses to the public from ingested radionuclides*. IAEA Safety Reports Series 14. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1999.
- [50] Statistični urad RS. Količine doma porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, slovenija, večletno, ID tabele H155. https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/s1/HITRE_Repozitorij/HITRE_Repozitorij/H155S.px/, 2020.
- [51] 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.
- [52] 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.

- [53] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2017. Technical Report LMSAR-20180005-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [54] 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.
- [55] 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.
- [56] P. Bossew, F. Gering, E. Petermann, T. Hamburger, C. Katzlberger, M.A. Hernandez-Ceballos, M. De Cort, K. Gorzkiewicz, R. Kierepko, and J.W. Mitelski. An episode of ru-106 in air over europe, september–october 2017 – geographical distribution of inhalation dose over europe. *Journal of Environmental Radioactivity*, 205-206:79 – 92, 2019. ISSN 0265-931X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.05.004>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X18306039>.
- [57] 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.
- [58] Institut de Radioprotection et de Sûreté 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.
- [59] 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.
- [60] 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
Lesna kuriva
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

Za vse rezultate specifičnih aktivnosti v izmerjenih vzorcih velja:

- Specifične aktivnosti so preračunane na datum vzorčenja, v kolikor ni posebej navedeno.
- 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% zanesljivosti.
- 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.
- Ostale opombe so razložene ob vsaki tabeli.
- Izračun polletnih ali letnih povprečij poteka po internem navodilu ND-LMSAR-06 oziroma na naslednji način:

Neizmerjena vrednost v danem obdobju k povprečju prispeva vrednost 0

Poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva polovico njene vrednosti, če je vsaj ena meritev v letu bila poročana nad mejo detekcije

Poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva vrednost 0, če v letu ni bila poročana nobena vrednost nad mejo detekcije

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 upoštevane.

- Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo neposredni merski rezultat, ki ga označimo z znakom ‡, 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 [60].
- 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

Nadaljevanje na naslednji strani.

Tabela A.2 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Murska Sobota ZVD

Oznaka vzorca	ZRMS0119	ZRMS0219	ZRMS0319	ZRMS0419	ZRMS0519	ZRMS0619	ZRMS0719	ZRMS0819	ZRMS0919	ZRMS1019	ZRMS1119	ZRMS1219	
Vzorec	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	
Lokacija	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.1.19	1.2.19-28.2.19	1.3.19-31.3.19	1.4.19-30.4.19	1.5.19-31.5.19	1.6.19-30.6.19	1.7.19-31.7.19	1.8.19-31.8.19	1.9.19-30.9.19	1.10.19-31.10.19	1.11.19-30.11.19	1.12.19-31.12.19	
Dat. meritve	5.2.19	25.3.19	2.4.19	8.5.19	14.6.19	8.7.19	5.8.19	11.9.19	4.10.19	11.11.19	13.12.19	9.1.20	
Količina vzorca	26937 m3	28560 m3	29642 m3	27055 m3	21692 m3	33752 m3	37227 m3	37653 m3	35137 m3	43418 m3	35080 m3	31446 m3	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m3)												
U-238	5,6E-6 ± 2E-6		4,9E-6 ± 4E-6		4,9E-6 ± 4E-6		3,2E-6 ± 4E-7		2,2E-6 ± 5E-7		2,1E-6 ± 3E-7		3,1E-6 ± 3E-6
Ra-226 *	4,0E-6 ± 3E-7	1,6E-6 ± 3E-7	2,0E-6 ± 4E-7	3,5E-6 ± 5E-7	5,1E-6 ± 5E-7	3,2E-6 ± 4E-7	2,2E-6 ± 5E-7	2,1E-6 ± 3E-7	2,9E-6 ± 4E-7	5,6E-4 ± 2E-5	1,8E-6 ± 3E-7	2,4E-6 ± 4E-7	2,6E-6 ± 1E-6
Pb-210	6,2E-4 ± 3E-5	6,8E-4 ± 3E-5	3,3E-4 ± 2E-5	4,9E-4 ± 2E-5	3,8E-4 ± 2E-5	4,7E-4 ± 2E-5	3,6E-4 ± 2E-5	5,5E-4 ± 2E-5	6,3E-4 ± 5E-5	5,6E-4 ± 2E-5	3,9E-4 ± 2E-5	4,9E-4 ± 2E-5	5,0E-4 ± 1E-4
Ra-228	1,5E-6 ± 5E-7	1,8E-6 ± 1E-6	4,3E-6 ± 1E-6	2,1E-6 ± 1E-6	3,0E-6 ± 8E-7	2,1E-6 ± 9E-7	1,0E-6 ± 6E-7	1,0E-6 ± 6E-7	6,3E-4 ± 5E-5	1,7E-6 ± 1E-6	1,7E-6 ± 1E-6	1,5E-6 ± 1E-6	1,5E-6 ± 1E-6
Th-228		2,1E-6 ± 7E-7		3,0E-6 ± 9E-7	1,2E-5 ± 4E-6	5,0E-8 ± 7E-7	2,5E-6 ± 8E-7	1,7E-6 ± 5E-7				1,1E-6 ± 9E-7	1,8E-6 ± 3E-6
K-40	3,5E-4 ± 8E-6	3,3E-4 ± 9E-6	3,0E-4 ± 9E-6	4,0E-4 ± 1E-5	4,3E-4 ± 1E-5	3,2E-4 ± 1E-5	2,9E-4 ± 1E-5	4,3E-3 ± 1E-4	1,5E-4 ± 1E-5	2,5E-4 ± 9E-6	2,4E-4 ± 8E-6	2,7E-4 ± 1E-5	2,8E-4 ± 1E-4
Be-7	2,7E-3 ± 7E-5	3,4E-3 ± 9E-5	4,4E-3 ± 1E-4	7,3E-3 ± 2E-4	5,6E-3 ± 2E-4	6,8E-3 ± 2E-4	4,9E-3 ± 1E-4	4,3E-3 ± 1E-4	5,8E-3 ± 2E-4	3,3E-3 ± 9E-5	1,4E-3 ± 4E-5	3,2E-3 ± 9E-5	4,4E-3 ± 2E-3
Cs-134													
Cs-137	1,8E-6 ± 1E-7	1,3E-6 ± 2E-7	8,2E-7 ± 2E-7	1,0E-6 ± 2E-7	<1,5E-6	<1,4E-6	<1,9E-6	<9,4E-7	<1,8E-6	<1,8E-6	7,1E-7 ± 2E-7	<2,2E-6	9,5E-7 ± 4E-7
I-131													
Sr-90 **													
H-3 **													

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa nivo programu meritvev

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

Oznaka vzorca	ZRPM0119	ZRPM0219	ZRPM0319	ZRPM0419	ZRPM0519	ZRPM0619	ZRPM0719	ZRPM0819	ZRPM0919	ZRPM1019	ZRPM1119	ZRPM1219	
Vzorec	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	Zračni filter	
Lokacija	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	Predmeja	
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.1.19	1.2.19-28.2.19	1.3.19-31.3.19	1.4.19-30.4.19	1.5.19-31.5.19	1.6.19-30.6.19	1.7.19-31.7.19	1.8.19-31.8.19	1.9.19-30.9.19	1.10.19-31.10.19	1.11.19-30.11.19	1.10.19-31.12.19	
Dat. meritve	5.2.19	18.3.19	5.4.19	6.5.19	18.6.19	5.7.19	6.8.19	17.9.19	4.10.19	11.11.19	6.12.19	7.1.20	
Količina vzorca	6146 m3	5906 m3	7144 m3	7179 m3	6778 m3	7243 m3	7026 m3	7240 m3	7370 m3	7260 m3	5930 m3	6328 m3	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m3)												
U-238			4,9E-6 ± 4E-6		2,3E-5 ± 2E-5		1,8E-5 ± 1E-5		1,6E-5 ± 2E-6		1,4E-5 ± 1E-5		7,3E-6 ± 1E-5
Ra-226 *	1,5E-5 ± 1E-6	5,4E-6 ± 6E-7	1,1E-5 ± 1E-6	9,3E-6 ± 2E-6	1,1E-5 ± 1E-6	4,1E-6 ± 3E-6	4,1E-6 ± 3E-6	1,0E-5 ± 2E-6	1,6E-5 ± 2E-6	1,0E-5 ± 2E-6	3,2E-5 ± 2E-6	2,9E-5 ± 3E-6	1,3E-5 ± 1E-5
Pb-210	3,0E-4 ± 2E-5	2,4E-4 ± 1E-5	3,4E-4 ± 2E-5	2,0E-4 ± 2E-5	4,6E-4 ± 2E-5	5,0E-4 ± 3E-5	5,0E-4 ± 3E-5	6,8E-4 ± 4E-5	1,3E-3 ± 2E-5	5,0E-4 ± 3E-5	2,0E-4 ± 2E-5	2,9E-4 ± 2E-5	4,6E-4 ± 3E-4
Ra-228	9,5E-6 ± 3E-6	3,7E-6 ± 1E-6	5,4E-6 ± 3E-6	1,4E-5 ± 9E-6	5,4E-6 ± 3E-6	1,2E-5 ± 7E-6	1,2E-5 ± 7E-6	1,2E-5 ± 7E-6	6,4E-6 ± 9E-6	4,3E-6 ± 4E-6	1,2E-5 ± 4E-6	9,2E-6 ± 5E-6	6,8E-6 ± 6E-6
Th-228	8,8E-6 ± 3E-6	5,4E-6 ± 1E-6	5,4E-6 ± 1E-6	7,2E-6 ± 4E-6	6,2E-6 ± 3E-6	6,2E-6 ± 3E-6	6,2E-6 ± 3E-6	3,2E-5 ± 4E-6	3,2E-5 ± 4E-6	1,1E-5 ± 4E-6	8,4E-8 ± 3E-6	1,3E-3 ± 6E-5	5,9E-6 ± 9E-6
K-40	1,4E-3 ± 4E-5	1,3E-3 ± 3E-5	1,3E-3 ± 3E-5	1,3E-3 ± 4E-5	1,3E-3 ± 4E-5	1,3E-3 ± 4E-5	1,2E-3 ± 4E-5	1,2E-3 ± 4E-5	1,9E-3 ± 5E-5	1,1E-3 ± 4E-5	1,5E-3 ± 4E-5	1,5E-3 ± 4E-5	1,4E-3 ± 2E-4
Be-7	2,5E-3 ± 7E-5	5,7E-3 ± 2E-4	4,4E-3 ± 1E-4	5,0E-3 ± 1E-4	2,5E-3 ± 8E-5	6,7E-3 ± 2E-4	5,5E-3 ± 2E-4	5,3E-3 ± 2E-4	6,9E-3 ± 8E-5	4,1E-3 ± 1E-4	2,4E-3 ± 7E-5	4,2E-3 ± 1E-4	4,6E-3 ± 2E-3
Cs-134													
Cs-137	1,8E-6 ± 4E-7	<1,2E-5	<2,4E-6	<5,3E-6	<1,1E-5	<1,1E-5	<1,1E-5	<7,2E-6	<1,1E-5	<7,2E-6	<5,0E-6	<1,2E-5	3,8E-6 ± 2E-6
I-131													
Sr-90 **													
H-3 **													

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa nivo programu meritvev

A.3 Lesna kuriva

Tabela A.4 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih lesa in lesnih kuriv ZVD IJS

Oznaka vzorca	LES010219	LES020219	LES030219	LES040219	
Vzorec	Peleti (iglavci)	Peleti (iglavci)	Peleti (iglavci)	Briketi (listavci)	
Lokacija	Nemčija (peleti)	Avstrija	Bosna in Hercegovina	Maribor	letno
Dat. vzorčenja	26.2.19	26.2.19	26.2.19	26.2.19	povprečje
Dat. meritve	20.3.19	20.3.19	25.3.19	22.3.19	vseh
Količina vzorca	2000 g	2000 g	2000 g	1986 g	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				preračunana na datum vzorčenja
U-238		1,5E-1 ± 2E-1			3,6E-2 ± 9E-2
Ra-226 *	3,8E-1 ± 3E-2	3,6E-1 ± 2E-2	1,2E+0 ± 5E-2	1,1E+0 ± 7E-2	7,5E-1 ± 4E-1
Pb-210	6,3E-1 ± 2E-1	5,2E-1 ± 2E-1	1,8E+0 ± 3E-1	1,1E+0 ± 5E-1	1,0E+0 ± 7E-1
Ra-228	7,5E-2 ± 6E-2	9,8E-2 ± 5E-2	3,0E-1 ± 8E-2	4,6E-1 ± 2E-1	2,3E-1 ± 2E-1
Th-228	1,0E-1 ± 5E-2	1,1E-1 ± 5E-2	3,1E-1 ± 9E-2	4,6E-1 ± 2E-1	2,5E-1 ± 2E-1
K-40	1,0E+1 ± 7E-1	1,2E+1 ± 8E-1	4,1E+1 ± 2E+0	3,0E+1 ± 2E+0	2,4E+1 ± 1E+1
Be-7					
Cs-134					
Cs-137	1,8E+0 ± 5E-2	2,2E+0 ± 7E-2	6,9E+0 ± 2E-1	7,2E-1 ± 5E-2	2,9E+0 ± 3E+0
I-131					
Sr-90 **					
H-3 **					

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Vzorč. mesto	Ukrajina	Kijev, Ukrajina	Žitomir, Ukrajina	Krpati, Ukrajina
Vrsta vzorca	Peleti (hrast)	Peleti (My Pelets)	Peleti (Ekopelets, Žitomir)	Peleti (Klondajk Pellet)
Datum vzor.	11. 2. 2019	22. 2. 2019	22. 2. 2019	22. 2. 2019
Kol. vzorca (kg)	0,198	0,148	0,15	0,11
Odstotek suhe snovi	39,50	47,40	50,10	49,90
Oznaka vzorca	RP19LES1000UA21	RP19LES3250UA21	RP19LES3250UA22	RP19LES3250UA23
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SUHE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	4,5E+00 ± 4E+00 ‡	1,1E+00 ± 8E-01	4,3E+00 ± 3E+00	8,5E+00 ± 5E+00
Ra-226	3,7E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 8E-01	6,5E+00 ± 4E+00	4,2E+00 ± 3E+00
Pb-210	1,4E+00 †	2,2E+00 ± 6E-01	4,8E-01 ± 4E+00 ‡	2,4E+00 †
Ra-228	6,4E-01 ± 3E-01	7,4E-02 ± 1E-01 ‡	1,1E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 8E-01
Th-228	5,7E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01
Th-230				
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 6E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	9,8E+00 ± 3E-01	8,8E+00 ± 5E-01	4,4E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				

A.4 Padavine

Tabela A.5 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto ZVD

Oznaka vzorca	FANMK119	FANMK219	FANMK319	FANMK419	
Vzorec	Padavine	Padavine	Padavine	Padavine	
Lokacija	Novo mesto	Novo mesto	Novo mesto	Novo mesto	letno
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.3.19	1.4.19-30.6.19	1.7.19-30.9.19	1.10.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	10.5.19	5.9.19	20.11.19	27.1.20	vseh
Količina vzorca	13,70 L	97,10 L	101,85 L	82,85 L	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)				preračunana na sredino intervala vzorčenja
U-238		3,3E-1 ± 3E-1		3,8E-1 ± 1E-1	1,8E-1 ± 2E-1
Ra-226 *				4,0E-1 ± 3E-2	1,0E-1 ± 2E-1
Pb-210	1,5E+0 ± 3E-1	1,0E+1 ± 8E-1	1,5E+2 ± 1E+1	7,3E+0 ± 6E-1	4,2E+1 ± 7E+1
Ra-228		1,4E-1 ± 7E-2	3,5E-1 ± 3E-1		1,2E-1 ± 2E-1
Th-228		9,0E-2 ± 8E-2	3,9E-1 ± 2E-1		1,2E-1 ± 2E-1
K-40		1,6E+0 ± 5E-1	4,3E+0 ± 1E+0	7,0E-1 ± 4E-1	1,6E+0 ± 2E+0
Be-7	5,9E+0 ± 5E-1	3,5E+1 ± 1E+0	7,6E+2 ± 2E+1	1,9E+1 ± 7E-1	2,1E+2 ± 4E+2
Cs-134					
Cs-137	< 2,4E-1	< 1,6E-1	1,3E-1 ± 4E-2	< 1,1E-1	9,7E-2 ± 5E-2
I-131					
Sr-90	4,1E-1 ± 1E-1	< 2,5E-2	< 3,9E-2	< 1,2E-1	1,2E-1 ± 2E-1
H-3 **					

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.6 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota ZVD

Oznaka vzorca	FAMSK119	FAMSK219	FAMSK319	FAMSK419	
Vzorec	Padavine	Padavine	Padavine	Padavine	
Lokacija	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	letno
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.3.19	1.4.19-30.6.19	1.7.19-30.9.19	1.10.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	10.5.19	5.9.19	20.11.19	27.1.20	vseh
Količina vzorca	22,85 L	61,10 L	26,50 L	60,85 L	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)				preračunana na sredino intervala vzorčenja
U-238					
Ra-226 *		1,7E-1 ± 6E-2	1,6E-1 ± 3E-2	2,8E-1 ± 9E-2	1,5E-1 ± 1E-1
Pb-210	1,8E+0 ± 3E-1	1,6E+1 ± 9E-1	4,2E+1 ± 3E+0	6,8E+0 ± 5E-1	1,7E+1 ± 2E+1
Ra-228		2,2E-1 ± 1E-1	1,8E-1 ± 9E-2		1,0E-1 ± 1E-1
Th-228			9,9E-2 ± 8E-2		2,5E-2 ± 5E-2
K-40	1,6E+0 ± 6E-1	7,1E+0 ± 9E-1	2,1E+1 ± 1E+0	7,7E+0 ± 6E-1	9,2E+0 ± 8E+0
Be-7	7,9E+0 ± 6E-1	3,5E+1 ± 1E+0	3,0E+2 ± 9E+0	5,9E+1 ± 2E+0	1,0E+2 ± 1E+2
Cs-134					
Cs-137	< 2,1E-1	< 2,9E-1	1,2E-1 ± 2E-2	< 1,5E-1	1,1E-1 ± 5E-2
I-131					
Sr-90	< 7,0E-2	1,8E-1 ± 1E-1	< 4,0E-2	< 8,9E-2	6,9E-2 ± 8E-2
H-3 **					

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.7 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec ZVD

Oznaka vzorca	FABOK119	FABOK219	FABOK319	FABOK419	
Vzorec	Padavine	Padavine	Padavine	Padavine	
Lokacija	Bovec	Bovec	Bovec	Bovec	letno
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.3.19	1.4.19-30.6.19	1.7.19-30.9.19	1.10.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	10.5.19	5.9.19	20.11.19	27.1.20	vseh
Količina vzorca	49,10 L	47,55 L	35,90 L	147,75 L	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)				preračunana na sredino intervala vzorčenja
U-238	5,2E-1 ± 3E-1				1,3E-1 ± 3E-1
Ra-226 *		1,7E-1 ± 1E-1	3,4E-1 ± 2E-1	6,6E-1 ± 2E-1	2,9E-1 ± 3E-1
Pb-210	1,3E+1 ± 1E+0	3,3E+1 ± 3E+0	3,2E+1 ± 3E+0	1,1E+2 ± 9E+0	4,7E+1 ± 4E+1
Ra-228	3,4E-1 ± 1E-1	6,3E-1 ± 3E-1	7,2E-1 ± 4E-1	6,0E-1 ± 4E-1	5,7E-1 ± 3E-1
Th-228		6,2E-1 ± 3E-1	6,5E-1 ± 4E-1	6,0E-1 ± 3E-1	4,7E-1 ± 4E-1
K-40	1,0E+0 ± 6E-1	1,5E+0 ± 1E+0		7,5E+0 ± 2E+0	2,5E+0 ± 4E+0
Be-7	3,6E+1 ± 1E+0	8,4E+1 ± 3E+0	7,1E+1 ± 3E+0	4,8E+2 ± 1E+1	1,7E+2 ± 2E+2
Cs-134					
Cs-137	< 1,5E-1	< 5,2E-1	< 8,1E-1	5,6E-1 ± 8E-2	3,2E-1 ± 2E-1
I-131					
Sr-90	< 2,7E-1	1,2E+0 ± 5E-1	< 2,6E-1	< 2,8E-1	4,1E-1 ± 6E-1
H-3 **					

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev



Tabela A.8 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih in vzorcih padavin - Ljubljana ZVD

Oznaka vzorca	FAU0119		FAU0219		FAU0319		FAU0419		FAU0519		FAU0619		FAU0719		FAU0819		FAU0919		FAU1019		FAU1119		FAU1219			
	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana		
Vzorec	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana	Padavine	Ljubljana		
Lokacija	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana			
Dat. vzorčenja	1.1.19-31.1.19	1.2.19-28.2.19	1.3.19-31.3.19	1.4.19-30.4.19	1.5.19-31.5.19	1.6.19-30.6.19	1.7.19-31.7.19	1.8.19-31.8.19	1.9.19-30.9.19	1.10.19-30.10.19	1.11.19-30.11.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19	1.1.19-30.1.19	1.12.19-31.12.19		
Dat. meritve	27.2.19	5.3.19	16.4.19	27.5.19	24.6.19	17.7.19	20.8.19	9.10.19	22.10.19	25.11.19	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20	24.12.19	21.1.20		
Količina vzorca	12,1 L	0,25 L	5,50 L	17,00 L	30,10 L	6,10 L	35,50 L	12,30 L	39,30 L	11,70 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L	37,70 L	29,90 L		
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)																									
U-238	1,7E-1 ± 3E-2	1,4E+0 ± 9E-1	7,0E-2 ± 5E-2	7,0E-2 ± 6E-2	7,0E-2 ± 6E-2	1,3E+1 ± 1E+0	1,1E+1 ± 9E-1	2,1E-1 ± 4E-2	3,4E-2 ± 3E-2	4,8E-1 ± 4E-1	2,4E-1 ± 2E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1	1,6E-1 ± 3E-1	4,8E-1 ± 4E-1		
Ra-226	1,4E+1 ± 1E+0	7,0E+0 ± 6E-1	1,4E+1 ± 1E+0	4,3E+0 ± 4E-1	5,2E+0 ± 5E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,1E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	
Pb-210	1,4E+1 ± 1E+0	7,0E+0 ± 6E-1	1,4E+1 ± 1E+0	4,3E+0 ± 4E-1	5,2E+0 ± 5E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,1E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	
Ra-228	1,4E+1 ± 1E+0	7,0E+0 ± 6E-1	1,4E+1 ± 1E+0	4,3E+0 ± 4E-1	5,2E+0 ± 5E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,1E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	
Th-228	1,4E+1 ± 1E+0	7,0E+0 ± 6E-1	1,4E+1 ± 1E+0	4,3E+0 ± 4E-1	5,2E+0 ± 5E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,1E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 1E+0	
K-40	4,0E+1 ± 1E+0	9,8E+1 ± 4E-1	1,1E+0 ± 5E-1	7,6E-1 ± 5E-1	3,4E+1 ± 1E+0	8,6E+1 ± 3E+0	9,2E+1 ± 3E+0	1,0E+2 ± 3E+0	1,2E+2 ± 4E+0	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1
Be-7	4,0E+1 ± 1E+0	9,8E+1 ± 4E-1	1,1E+0 ± 5E-1	7,6E-1 ± 5E-1	3,4E+1 ± 1E+0	8,6E+1 ± 3E+0	9,2E+1 ± 3E+0	1,0E+2 ± 3E+0	1,2E+2 ± 4E+0	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1
Cs-134	4,0E+1 ± 1E+0	9,8E+1 ± 4E-1	1,1E+0 ± 5E-1	7,6E-1 ± 5E-1	3,4E+1 ± 1E+0	8,6E+1 ± 3E+0	9,2E+1 ± 3E+0	1,0E+2 ± 3E+0	1,2E+2 ± 4E+0	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1	1,2E+0 ± 6E-1
Cs-137	3,5E-2 ± 1E-2	3,5E-2 ± 3E-2	3,5E-2 ± 3E-2	< 1,8E-1	7,8E-2 ± 2E-2	7,4E-2 ± 2E-2	< 2,2E-1	< 2,2E-1	< 2,1E-1	< 1,2E-1	< 2,6E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	
I-131	3,5E-2 ± 1E-2	3,5E-2 ± 3E-2	3,5E-2 ± 3E-2	< 1,8E-1	7,8E-2 ± 2E-2	7,4E-2 ± 2E-2	< 2,2E-1	< 2,1E-1	< 1,2E-1	< 2,6E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	
Sr-90	3,5E-2 ± 1E-2	3,5E-2 ± 3E-2	3,5E-2 ± 3E-2	< 1,8E-1	7,8E-2 ± 2E-2	7,4E-2 ± 2E-2	< 2,2E-1	< 2,1E-1	< 1,2E-1	< 2,6E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,2E-1	
H-3	2,7E+1 ± 5E+0	2,9E+1 ± 3E+0	8,3E+1 ± 6E+0	1,5E+2 ± 1E+1	4,5E+1 ± 3E+0	1,8E+2 ± 1E+1	7,8E+1 ± 5E+0	1,8E+2 ± 1E+1	2,9E+1 ± 4E+0	8,4E+1 ± 1E+1	5,2E+1 ± 8E+0	7,8E+1 ± 6E+1	8,4E+1 ± 1E+1	5,2E+1 ± 8E+0	7,8E+1 ± 6E+1	8,4E+1 ± 1E+1	5,2E+1 ± 8E+0	7,8E+1 ± 6E+1	8,4E+1 ± 1E+1	5,2E+1 ± 8E+0	7,8E+1 ± 6E+1	8,4E+1 ± 1E+1	5,2E+1 ± 8E+0	7,8E+1 ± 6E+1	8,4E+1 ± 1E+1	

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano ** Meritev izotopa ni v programu meritev *** Meritev po akreditirani metodi izjaja podoben izvajalec

**** Meritev izotopa ni v programu meritev ***** Meritev izotopa ni v programu meritev

A.5 Tekoče vode

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

Vzorč. mesto	Sava Laze		Polletno povprečje (za celo leto)
	12. 2. 2019	25. 7. 2019	
Datum vzor.	12. 2. 2019	25. 7. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	156	51	
Kol. vzorca (L)	49,28	54,62	
Koda vzorca	RP19SN121	RP19SN171	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,8E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,4E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 9E-01
Pb-210	5,0E-01 ± 4E+00 ‡	1,5E+00 †	1,0E+00 ± 5E-01 x
Ra-228	6,8E-01 ± 6E-01 ‡	1,7E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01
Th-228	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-230			
K-40	2,6E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Be-7	5,4E+00 ± 9E-01	5,3E-01 ± 9E-01 ‡	3,0E+00 ± 7E-01
I-131	2,4E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01
Cs-134			
Cs-137	1,1E-01 ± 1E-01 ‡		5,5E-02 ± 7E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E-01
H-3	5,3E+02 ± 7E+01	6,8E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 7E+01

Vzorč. mesto	Sava Brežice		Polletno povprečje (za celo leto)
	26. 2. 2019	8. 10. 2019	
Datum vzor.	26. 2. 2019	8. 10. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	113	188	
Kol. vzorca (L)	51,64	52,07	
Koda vzorca	RP19SN82521	RP19SN825A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	3,2E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 5E-01
Pb-210	2,7E-01 †	6,2E+00 ± 7E-01	3,2E+00 ± 3E+00 x
Ra-228	1,2E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228	4,4E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	3,4E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00
Be-7	4,7E-01 ± 1E+00 ‡	1,8E+01 ± 2E+00	9,1E+00 ± 1E+00
I-131	9,9E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 7E-01	1,0E+01 ± 5E-01
Cs-134			
Cs-137	1,4E-01 ± 1E-01		7,1E-02 ± 5E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
H-3	5,1E+02 ± 6E+01	6,3E+02 ± 8E+01	5,7E+02 ± 5E+01

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

Vzorč. mesto	Savinja pod Celjem		Polletno povprečje (za celo leto)
	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Datum vzor.	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	22	19,8	
Kol. vzorca (L)	50,55	50,18	
Koda vzorca	RP19SN321	RP19SN381	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,1E+00 ± 1E+00		2,1E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,7E+00 ± 5E-01	4,0E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 8E-01
Pb-210	2,0E+00 †	1,2E+00 †	1,6E+00 ± 4E-01 x
Ra-228	1,5E+00 ± 4E-01	8,2E-01 ± 7E-01 ‡	1,2E+00 ± 4E-01
Th-228	9,2E-01 ± 2E-01	8,8E-01 ± 3E-01	9,0E-01 ± 2E-01
Th-230	7,7E+00 ± 1E+01 ‡		3,8E+00 ± 7E+00
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 1E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7	4,3E-01 ± 1E+00 ‡	1,7E+01 ± 2E+00	8,8E+00 ± 1E+00
I-131	1,4E+00 ± 2E-01		6,8E-01 ± 9E-02
Cs-134			
Cs-137	2,1E-01 ± 8E-02	2,5E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 8E-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 IJS

Vzorč. mesto	Soča Solkan		Polletno povprečje (za celo leto)
	7. 3. 2019	6. 8. 2019	
Datum vzor.	7. 3. 2019	6. 8. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	35,7	60,2	
Kol. vzorca (L)	53,21	56,05	
Koda vzorca	RP19SN531	RP19SN581	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238		1,1E+00 ± 5E-01	5,3E-01 ± 2E-01
Ra-226	3,7E-01 ± 3E-01 ‡	1,3E+00 ± 4E-01	8,4E-01 ± 2E-01
Pb-210	3,2E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 5E-01	3,0E+00 ± 8E-01
Ra-228	8,5E-01 ± 3E-01	3,8E-01 ± 3E-01	6,2E-01 ± 2E-01
Th-228	5,3E-02 ± 2E-01 ‡	5,8E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01
Th-230		4,3E+00 ± 4E+00 ‡	2,2E+00 ± 2E+00
K-40	1,4E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 1E+00
Be-7	4,1E+00 ± 6E-01	6,5E+00 ± 7E-01	5,3E+00 ± 5E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

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

Vzorč. mesto	Krka Otočec		Polletno povprečje (za celo leto)
	26. 2. 2019	8. 10. 2019	
Datum vzor.	26. 2. 2019	8. 10. 2019	Polletno povprečje (za celo leto)
Pretok (m ³ /s)***	18,5	14,3	
Kol. vzorca (L)	48,72	50,66	
Koda vzorca	RP19SN82221	RP19SN822A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	7,7E+00 ± 6E+00 ‡	1,8E+00 ± 5E+00 ‡	4,7E+00 ± 4E+00
Ra-226	1,7E+00 ± 9E-01	4,0E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 8E-01
Pb-210	2,6E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,9E+00 ± 2E+00
Ra-228	8,1E-01 ± 5E-01	1,3E+00 ± 8E-01	1,0E+00 ± 5E-01
Th-228	4,0E-01 ± 3E-01	7,6E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	2,9E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Be-7	4,8E-01 ± 7E-01 ‡	1,9E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 7E-01
I-131	1,0E+00 ± 6E-01	2,9E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.13 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa IJS

Vzorč. mesto	Kolpa Vinica		Polletno povprečje (za celo leto)
	26. 2. 2019	8. 10. 2019	
Datum vzor.	26. 2. 2019	8. 10. 2019	Polletno povprečje (za celo leto)
Pretok (m ³ /s)***	23,8	19,2	
Kol. vzorca (L)	52,89	52,70	
Koda vzorca	RP19SN83421	RP19SN834A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	4,9E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,2E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,3E+00 †	1,9E-01 ± 1E+00 ‡	7,6E-01 ± 6E-01 ×
Ra-228	9,7E-01 ± 3E-01	6,2E-01 ± 4E-01	7,9E-01 ± 2E-01
Th-228	3,6E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	1,1E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 1E+00
Be-7	1,8E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 9E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	3,8E-02 ± 2E-01 ‡		1,9E-02 ± 8E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.14 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava €US

Vzorč. mesto	Drava pri meji - Dravograd		Polletno povprečje (za celo leto)
	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Datum vzor.	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	204	257	
Kol. vzorca (L)	49,79	52,91	
Koda vzorca	RP19SN2321	RP19SN2381	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	1,1E+01 ± 2E+00	4,9E+00 ± 3E+00	8,0E+00 ± 2E+00
Ra-226	9,8E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 8E-01
Pb-210	9,0E+00 ± 2E+00	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	5,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	3,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01
Th-228	3,2E+00 ± 4E-01	4,5E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01
Th-230			
K-40	7,1E+01 ± 7E+00	4,9E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 4E+00
Be-7	4,4E+00 ± 4E+00 ‡	2,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 2E+00
I-131			
Cs-134			
Cs-137	2,2E+00 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01
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	1,4E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 8E-02
H-3	5,0E+02 ± 4E+01	7,1E+02 ± 7E+01	6,1E+02 ± 4E+01

Tabela A.15 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura €US

Vzorč. mesto	Mura pri meji - Petanjci		Polletno povprečje (za celo leto)
	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Datum vzor.	14. 2. 2019	26. 8. 2019	
Pretok (m ³ /s)***	89,6	95,8	
Kol. vzorca (L)	47,91	52,31	
Koda vzorca	RP19SN921	RP19SN981	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)		
U-238	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	3,4E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,8E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 4E-01
Pb-210	7,2E+00 ± 6E+00 ‡	4,4E-01 ± 1E+00 ‡	3,8E+00 ± 3E+00
Ra-228	1,5E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Th-228	4,2E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	9,9E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	7,2E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 5E+00	8,9E+01 ± 4E+00
Be-7	8,0E-01 ± 4E-01	6,6E+00 ± 3E+00	3,7E+00 ± 1E+00
I-131	3,0E-01 ± 2E-01		1,5E-01 ± 1E-01
Cs-134			
Cs-137	4,9E-01 ± 9E-02	2,0E-01 ± 8E-02	3,5E-01 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,0E+00 ± 1E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01
H-3	7,6E+02 ± 1E+02	8,3E+02 ± 7E+01	7,9E+02 ± 6E+01

A.6 Zemlja

Nadaljevanje na naslednji strani.

Tabela A.16 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana #15

Vzorič. mesto		Ljubljana									
		11. 6. 2019									
Datum vzor.	Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-30 + trava			
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	68,4	89,0	102,7	100,9	104,9	260,2	260,4			
Omaka vzorca	RP19ZNT1A1	RP19ZNT1A61	RP19ZNT1B61	RP19ZNT1C61	RP19ZNT1D61	RP19ZNT1E61					
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)											
U-238	48E-01 ± 4E-01	3,7E+03 ± 4E+02	4,1E+03 ± 2E+02	5,7E+03 ± 8E+02	5,8E+03 ± 4E+02	5,6E+03 ± 5E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,4E+04 ± 8E+02			
Ra-226	4,3E-01 ± 3E-01	4,3E+03 ± 4E+02	5,2E+03 ± 6E+02	5,7E+03 ± 6E+02	6,2E+03 ± 7E+02	7,1E+03 ± 7E+02	1,6E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 1E+03			
Pb-210	1,7E+00 ± 4E-01	3,8E+03 ± 1E+03	6,0E+03 ± 5E+02	1,1E+04	5,0E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 8E+02	1,1E+04 ± 1E+03	1,1E+04 ± 1E+03			
Ra-228	1,5E-01 ± 5E-02	3,7E+03 ± 1E+02	5,2E+03 ± 2E+02	5,9E+03 ± 2E+02	6,6E+03 ± 2E+02	6,9E+03 ± 2E+02	1,5E+04 ± 3E+02	1,5E+04 ± 3E+02			
Th-228	2,0E-01 ± 3E-02	3,7E+03 ± 1E+02	5,0E+03 ± 2E+02	6,0E+03 ± 1E+02	6,7E+03 ± 2E+02	7,1E+03 ± 2E+02	1,5E+04 ± 3E+02	1,5E+04 ± 3E+02			
Th-230			6,1E+03 ± 1E+03	6,1E+03 ± 1E+03	5,1E+03 ± 2E+03	5,4E+03 ± 2E+03	6,1E+03 ± 1E+03	6,1E+03 ± 1E+03			
K-40	3,6E+01 ± 1E+00	4,8E+04 ± 2E+03	6,6E+04 ± 3E+03	7,2E+04 ± 2E+03	8,7E+04 ± 4E+03	8,9E+04 ± 3E+03	1,9E+05 ± 4E+03	1,9E+05 ± 4E+03			
Ba-7	1,0E+01 ± 5E-01	5,0E+02 ± 2E+02			8,7E+04 ± 4E+03	6,5E+01 ± 9E+01	5,0E+02 ± 2E+02	5,1E+02 ± 2E+02			
F-131											
Cs-134											
Cs-137	7,1E-02 ± 7E-02	3,9E+03 ± 1E+02	5,2E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 1E+02	4,2E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 2E+01	1,2E+04 ± 3E+02	1,2E+04 ± 3E+02			
Co-58											
Co-60											
Cr-51											
Mn-54											
Zn-65											
Nb-95											
Ru-106											
Sp-125											
Sr-89/Sr-90		9,3E+01 ± 7E+00	1,5E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	9,4E+01 ± 9E+00	4,1E+02 ± 2E+01				

Vzorič. mesto		Ljubljana									
		28. 10. 2019									
Datum vzor.	Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-30 + trava			
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,0	73,5	95,8	104,6	115,9	114,8	273,9	274,0			
Omaka vzorca	RP19ZNT1A1	RP19ZNT1A1A1	RP19ZNT1B1	RP19ZNT1C1	RP19ZNT1D1	RP19ZNT1E1					
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)											
U-238	2,4E-01 ± 1E-01	3,1E+03 ± 3E+02	3,6E+03 ± 6E+02	4,8E+03 ± 5E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 4E+02	1,2E+04 ± 8E+02	1,2E+04 ± 8E+02			
Ra-226	3,0E-01 ± 1E-01	4,5E+03 ± 4E+02	6,1E+03 ± 6E+02	5,3E+03 ± 6E+02	5,6E+03 ± 6E+02	4,5E+03 ± 4E+02	1,6E+04 ± 9E+02	1,6E+04 ± 9E+02			
Pb-210	2,0E+00 ± 3E-01	4,0E+03 ± 9E+02	9,7E+02	7,4E+02	1,0E+03	3,1E+03 ± 1E+03	5,7E+03 ± 9E+02	5,7E+03 ± 9E+02			
Ra-228	9,8E-03 ± 1E-02	3,4E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	2,9E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 6E+01	1,2E+04 ± 2E+02	1,2E+04 ± 2E+02			
Th-228	7,6E-02 ± 1E-02	3,2E+03 ± 9E+01	4,3E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	2,9E+03 ± 9E+01	1,4E+03 ± 6E+01	1,2E+04 ± 2E+02	1,2E+04 ± 2E+02			
Th-230							9,2E+02 ± 8E+03	9,2E+02 ± 8E+03			
K-40	1,5E+01 ± 5E-01	3,9E+04 ± 1E+03	5,0E+04 ± 2E+03	5,1E+04 ± 2E+03	3,1E+04 ± 1E+03	1,5E+04 ± 6E+02	1,4E+05 ± 3E+03	1,4E+05 ± 3E+03			
Ba-7	1,2E+01 ± 5E-01	6,7E+02 ± 1E+02					6,7E+02 ± 1E+02	6,8E+02 ± 1E+02			
F-131											
Cs-134											
Cs-137	1,5E-01 ± 1E-02	4,6E+03 ± 2E+02	5,2E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 7E+01	6,7E+02 ± 5E+01	2,3E+02 ± 3E+01	1,2E+04 ± 2E+02	1,2E+04 ± 2E+02			
Co-58											
Co-60											
Cr-51											
Mn-54											
Zn-65											
Nb-95											
Ru-106											
Sp-125											
Sr-89/Sr-90		8,5E+01 ± 8E+00	1,6E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	1,9E+01	4,3E+02 ± 2E+01				



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

Ljubljana												
11.6.2019												
Vzorč. mesto	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50		0-30	0-30 + trava
Datum vzor.	GI. vzor. (cm)	Kol. vzor. (kg/m ²)	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	260,4
Oznaka vzorca	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	260,4
SPECIFIČNA AKTIVNOSTI (Bq/kg)												
U-238	1,8E+00 ± 2E+00	5,5E+01 ± 6E+00	4,6E+01 ± 3E+00	5,6E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 4E+00	5,8E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00
Ra-226	1,6E+00 ± 1E+00	6,4E+01 ± 6E+00	6,5E+01 ± 6E+00	5,5E+01 ± 8E+00	6,7E+01 ± 7E+00	6,7E+01 ± 7E+00	6,7E+01 ± 7E+00	6,1E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 4E+00
Pb-210	6,4E+00 ± 1E+00	5,5E+01 ± 2E+01	6,8E+01 ± 5E+00	1,1E+01	5,0E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 7E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00
Ra-228	5,6E+01 ± 2E+01	5,4E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 2E+00	6,6E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 1E+00
Th-232	7,8E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 1E+00	6,6E+01 ± 2E+00	6,6E+01 ± 2E+00	6,8E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 1E+00
Th-230	7,8E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 2E+00	6,9E+01 ± 1E+01	5,8E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 2E+01	5,0E+01 ± 2E+01	5,1E+01 ± 2E+01	2,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00
K-40	1,4E+02 ± 5E+00	7,0E+02 ± 2E+01	7,4E+02 ± 4E+01	7,1E+02 ± 2E+01	8,6E+02 ± 4E+01	8,6E+02 ± 4E+01	8,5E+02 ± 3E+01	7,2E+02 ± 2E+01	7,2E+02 ± 2E+01	7,2E+02 ± 2E+01	7,2E+02 ± 2E+01	7,2E+02 ± 2E+01
Be-7	4,0E+01 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00					6,2E+01 ± 9E-01	1,9E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01
I-131												
Cs-134												
Cs-137	2,7E-01 ± 3E-01	5,7E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 1E+00	4,1E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 2E-01	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00
Co-58												
Co-60												
Cr-51												
Mn-54												
Zn-65												
Nb-95												
Ru-106												
Sb-125												
Sr-89/Sr-90				1,4E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 1E-01	9,0E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02

Ljubljana												
28.10.2019												
Vzorč. mesto	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50		0-30	0-30 + trava
Datum vzor.	GI. vzor. (cm)	Kol. vzor. (kg/m ²)	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	274,0
Oznaka vzorca	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	RP19ZNIAG1	RP19ZNIC61	274,0
SPECIFIČNA AKTIVNOSTI (Bq/kg)												
U-238	5,9E+00 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 6E+00	4,6E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00
Ra-226	7,4E+00 ± 4E+00	6,2E+01 ± 6E+00	6,4E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 6E+00	4,8E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	5,8E+01 ± 3E+00	5,8E+01 ± 3E+00	5,8E+01 ± 3E+00	5,8E+01 ± 3E+00	5,8E+01 ± 3E+00
Pb-210	4,9E+01 ± 7E+00	5,5E+01 ± 1E+01	1,0E+01	7,0E+00	8,7E+00	8,7E+00	2,7E+01 ± 1E+01	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,4E-01 ± 3E-01	4,6E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 6E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01
Th-232	1,9E+00 ± 3E-01	4,3E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 7E-01	1,2E+01 ± 5E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01	4,4E+01 ± 7E-01
Th-230		1,2E+01 ± 1E+02		5,2E+02 ± 2E+01				3,3E+00 ± 3E+01	3,3E+00 ± 3E+01	3,3E+00 ± 3E+01	3,3E+00 ± 3E+01	3,3E+00 ± 3E+01
K-40	3,7E+02 ± 1E+01	5,3E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 1E+01	4,9E+02 ± 2E+01	2,7E+02 ± 9E+00	2,7E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 5E+00	5,1E+02 ± 1E+01	5,1E+02 ± 1E+01	5,1E+02 ± 1E+01	5,1E+02 ± 1E+01	5,1E+02 ± 1E+01
Be-7	3,0E+02 ± 1E+01	9,1E+00 ± 2E+00						2,7E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01
I-131												
Cs-134												
Cs-137	3,7E+00 ± 3E-01	6,3E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 7E-01	5,8E+00 ± 4E-01	5,8E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01	4,3E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 9E-01
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	1,6E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,7E-01	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 7E-02



Tabela A.18 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje – Kobarid ZVD

Oznaka vzorca	ZKO100519	ZKO200519	ZKO300519	ZKO400519	ZKO500519	ZKO100919	ZKO200919	ZKO300919	ZKO400919	ZKO500919	
Vzorec	Tla (0-10 cm)	Tla (10-20 cm)	Tla (20-30 cm)	Tla (30-40 cm)	Tla (40-50 cm)	Tla (0-10 cm)	Tla (10-20 cm)	Tla (20-30 cm)	Tla (30-40 cm)	Tla (40-50 cm)	
Lokacija	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	letno povprečje vseh
Dat. vzorčenja	11.5.19	11.5.19	11.5.19	11.5.19	11.5.19	21.9.19	21.9.19	21.9.19	21.9.19	21.9.19	
Dat. meritev	9.8.19	9.8.19	9.8.19	9.8.19	9.8.19	25.11.19	25.11.19	25.11.19	25.11.19	25.11.19	
Količina vzorca	557,9 g	496,2 g	478,0 g	534,8 g	765,2 g	550,2 g	568,5 g	612,0 g	743,7 g	815,7 g	vzorec
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST [Bq/kg]										pretračunano na datum vzorčenja
U-238	4,0E+1 ± 1E+1	3,1E+1 ± 1E+1	3,4E+1 ± 7E+0	2,2E+1 ± 7E+0	4,2E+1 ± 8E+0	3,6E+1 ± 7E+0	3,3E+1 ± 6E+0	2,0E+1 ± 4E+0	4,4E+1 ± 9E+0	3,3E+1 ± 6E+0	3,3E+1 ± 1E+1
Ra-226 *	3,1E+1 ± 1E+0	3,1E+1 ± 2E+0	3,1E+1 ± 8E-1	3,1E+1 ± 9E-1	3,0E+1 ± 8E-1	3,0E+1 ± 6E-1	3,1E+1 ± 6E-1	2,1E+1 ± 5E-1	2,9E+1 ± 7E-1	3,1E+1 ± 5E-1	3,0E+1 ± 3E+0
Pb-210	1,5E+2 ± 1E+1	6,0E+1 ± 1E+1	5,1E+1 ± 6E+0	4,7E+1 ± 7E+0	4,8E+1 ± 5E+0	1,4E+2 ± 1E+1	7,7E+1 ± 7E+0	2,5E+1 ± 3E+0	4,4E+1 ± 5E+0	3,9E+1 ± 4E+0	6,8E+1 ± 4E+1
Ra-228	3,5E+1 ± 2E+0	3,7E+1 ± 3E+0	3,8E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 2E+0	3,7E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	2,9E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 1E+0	4,1E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 3E+0
Th-228	3,1E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 3E+0	3,5E+1 ± 2E+0	3,9E+1 ± 2E+0	3,5E+1 ± 2E+0	3,5E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 1E+0	2,8E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 2E+0	3,6E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 4E+0
K-40	4,2E+2 ± 3E+1	4,2E+2 ± 3E+1	4,3E+2 ± 3E+1	4,9E+2 ± 3E+1	5,7E+2 ± 3E+1	4,2E+2 ± 2E+1	4,3E+2 ± 2E+1	3,8E+2 ± 2E+1	6,0E+2 ± 3E+1	6,2E+2 ± 3E+1	4,8E+2 ± 9E+1
Be-7						1,4E+1 ± 2E+0					1,4E+0 ± 4E+0
Cs-134											
Cs-137	1,2E+2 ± 4E+0	8,7E+1 ± 3E+0	3,3E+1 ± 1E+0	1,4E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 6E-1	1,2E+2 ± 3E+0	7,4E+1 ± 2E+0	1,9E+1 ± 7E-1	9,9E+0 ± 4E-1	6,8E+0 ± 2E-1	5,0E+1 ± 5E+1
I-131											
Sr-90	2,5E+0 ± 5E-1	2,2E+0 ± 4E-1	2,6E+0 ± 5E-1	1,1E+0 ± 3E-1	4,3E-1 ± 2E-1	3,3E+0 ± 7E-1	2,8E+0 ± 6E-1	1,6E+0 ± 4E-1	2,9E-1 ± 2E-1	< 1,7E-1	1,7E+0 ± 1E+0
H-3	**										
SPECIFIČNA AKTIVNOST [Bq/m ³]											
Cs-137	4,2E+3 ± 1E+2	2,7E+3 ± 1E+2	1,0E+3 ± 3E+1	4,8E+2 ± 3E+1	6,2E+2 ± 3E+1	4,3E+3 ± 1E+2	2,7E+3 ± 7E+1	7,6E+2 ± 3E+1	4,7E+2 ± 2E+1	3,5E+2 ± 1E+1	
Sr-90	8,7E+1 ± 2E+1	6,9E+1 ± 1E+1	7,8E+1 ± 2E+1	3,7E+1 ± 1E+1	2,1E+1 ± 1E+1	1,1E+2 ± 2E+1	1,0E+2 ± 2E+1	6,1E+1 ± 1E+1	1,4E+1 ± 9E+0	< 8,7E+0	
* Vzljajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano											
** Meritev izotopa ni v programu meritev											
*** Meritev izotopa ni v programu meritev											

Tabela A.19 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota ZVD

Ornaka vzorca	ZMS100519	ZMS200519	ZMS300519	ZMS400519	ZMS500519	ZMS101019	ZMS201019	ZMS301019	ZMS401019	ZMS501019	letno povprečje vseh vzorcev
Vzorec	Tla (0-10 cm)	Tla (10-20 cm)	Tla (20-30 cm)	Tla (30-40 cm)	Tla (40-50 cm)	Tla (0-10 cm)	Tla (10-20 cm)	Tla (20-30 cm)	Tla (30-40 cm)	Tla (40-50 cm)	
Lokacija	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	
Dat. meritve	25.5.19	25.5.19	25.5.19	25.5.19	25.5.19	5.10.19	5.10.19	5.10.19	5.10.19	5.10.19	
Dat. meritve	9.8.19	9.8.19	12.8.19	12.8.19	12.8.19	27.11.19	3.12.19	3.12.19	3.12.19	3.12.19	
Količina vzorca	891,9 g	980,7 g	1016,5 g	1182,7 g	1092,4 g	719,0 g	908,1 g	1065,5 g	1117,2 g	1060,4 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)										preračunana na datum vzorčenja
U-238	6,0E+1 ± 1E+1	2,6E+1 ± 7E+0	4,1E+1 ± 8E+0	3,9E+1 ± 7E+0	4,4E+1 ± 8E+0	4,7E+1 ± 8E+0	1,7E+1 ± 3E+0	1,1E+1 ± 2E+0	4,5E+1 ± 8E+0	1,7E+1 ± 3E+0	3,5E+1 ± 2E+1
Re-226 *	3,9E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 1E+0	3,3E+1 ± 7E-1	3,9E+1 ± 8E-1	3,6E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 7E-1	2,0E+1 ± 4E-1	1,7E+1 ± 3E-1	3,9E+1 ± 8E-1	2,0E+1 ± 4E-1	3,2E+1 ± 9E+0
Pb-210	7,2E+1 ± 8E+0	3,9E+1 ± 7E+0	3,7E+1 ± 4E+0	4,6E+1 ± 5E+0	4,2E+1 ± 5E+0	6,8E+1 ± 6E+0	1,7E+1 ± 1E+0	7,5E+0 ± 9E-1	4,7E+1 ± 5E+0	1,5E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 2E+1
Ra-228	4,6E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 2E+0	4,1E+1 ± 1E+0	4,7E+1 ± 1E+0	4,6E+1 ± 1E+0	4,6E+1 ± 1E+0	2,6E+1 ± 5E-1	2,0E+1 ± 6E-1	4,6E+1 ± 1E+0	2,5E+1 ± 6E-1	3,4E+1 ± 2E+1
Th-228	4,6E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 2E+0	3,8E+1 ± 2E+0	4,3E+1 ± 2E+0	4,3E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 1E+0	2,3E+1 ± 7E-1	1,9E+1 ± 7E-1	4,1E+1 ± 2E+0	2,2E+1 ± 7E-1	3,6E+1 ± 1E+1
K-40	4,9E+2 ± 3E+1	4,9E+2 ± 3E+1	3,9E+2 ± 2E+1	4,3E+2 ± 2E+1	4,7E+2 ± 3E+1	5,0E+2 ± 3E+1	2,9E+2 ± 6E+0	2,2E+2 ± 1E+1	4,7E+2 ± 3E+1	2,7E+2 ± 6E+0	4,0E+2 ± 1E+2
Be-7						5,0E+0 ± 1E+0					5,0E-1 ± 2E+0
Cs-134											
Cs-137	3,2E+1 ± 1E+0	8,6E+0 ± 5E-1	7,0E+1 ± 2E-1	< 1,1E+0	< 1,5E+0	2,5E+1 ± 7E-1	5,0E+0 ± 1E-1	2,1E+0 ± 1E-1	1,1E+0 ± 2E-1	< 5,0E-1	7,6E+0 ± 1E+1
I-131											
Sr-90	< 3,1E-1	< 2,1E-1	4,7E-1 ± 3E-1	< 2,1E-1	< 1,9E-1	7,0E-1 ± 5E-1	5,9E-1 ± 3E-1	< 2,6E-1	2,8E-1 ± 2E-1	< 2,0E-1	2,7E-1 ± 3E-1
H-3 **											
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)										preračunana na datum vzorčenja
Cs-137	1,8E+3 ± 7E+1	5,3E+2 ± 3E+1	4,5E+1 ± 1E+1	< 8,4E+1	< 1,0E+2	1,1E+3 ± 3E+1	2,9E+2 ± 8E+0	1,4E+2 ± 7E+0	7,8E+1 ± 1E+1	< 3,4E+1	
Sr-90	< 1,8E+1	< 1,3E+1	3,0E+1 ± 2E+1	< 1,6E+1	< 1,3E+1	3,2E+1 ± 2E+1	3,4E+1 ± 2E+1	< 1,8E+1	2,0E+1 ± 1E+1	< 1,4E+1	

* izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritve

A.7 Morje - voda in sedimenti

Tabela A.20 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov ZJS

Vzorč. mesto	Piranski zaliv	Vzorč. mesto	Piranski zaliv
Datum vzor.	3. 7. 2019	Datum vzor.	3. 7. 2019
Kol. vzorca (L)	53,80	Kol. vzorca (kg)	0,56
Koda vzorca	RP19VM63371	Koda vzorca	RP19SD63371
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)	IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)
U-238		U-238	1,0E+01 ± 2E+00
Ra-226		Ra-226	1,2E+01 ± 1E+00
Pb-210		Pb-210	4,5E+00 †
Ra-228		Ra-228	4,2E+00 ± 2E-01
Th-228		Th-228	4,4E+00 ± 2E-01
Th-230		Th-230	1,1E+01 ± 2E+01 ‡
K-40		K-40	6,6E+01 ± 2E+00
Be-7		Be-7	9,3E+00 ± 6E-01
I-131		I-131	
Cs-134		Cs-134	
Cs-137	9,5E+00 ± 2E-01	Cs-137	7,7E-02 ± 5E-02
Co-58		Co-58	
Co-60		Co-60	
Cr-51		Cr-51	
Mn-54		Mn-54	
Zn-65		Zn-65	
Nb-95		Nb-95	
Ru-106		Ru-106	
Sb-125		Sb-125	

A.8 Zunanje sevanje

Tabela A.21 | Izmerjene vrednosti zunanjega sevanja s TL dozimetri *IJS

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza $H^*(10)$ (mSv) v obdobju		Letna doza $H^*(10)$ (mSv) v 2019	Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v obdobju		Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v 2019
		od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019	od 1. 7. 2019 do 1. 1. 2020		od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019	od 1. 7. 2019 do 1. 1. 2020	
1	KOČEVJE	0,446 ± 0,069	0,478 ± 0,074	0,924 ± 0,101	0,075 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,077 ± 0,017
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,474 ± 0,073	0,492 ± 0,076	0,966 ± 0,105	0,080 ± 0,012	0,081 ± 0,013	0,081 ± 0,018
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,595 ± 0,092	0,595 ± 0,092	1,190 ± 0,130	0,100 ± 0,015	0,098 ± 0,015	0,099 ± 0,022
4	DRAŠIČI METLIKA	0,427 ± 0,066	0,427 ± 0,066	0,854 ± 0,093	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,016
5	NOVO MESTO	0,348 ± 0,054	0,362 ± 0,056	0,710 ± 0,077	0,058 ± 0,009	0,060 ± 0,009	0,059 ± 0,013
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,380 ± 0,059	0,381 ± 0,059	0,761 ± 0,083	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,014
7	LISCA	0,387 ± 0,060	0,390 ± 0,060	0,777 ± 0,085	0,065 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,065 ± 0,014
8	CELJE	0,419 ± 0,065	0,431 ± 0,066	0,850 ± 0,093	0,070 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,015
9	ROGAŠKA SLATINA	0,436 ± 0,067	0,429 ± 0,066	0,864 ± 0,094	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016
10	SLOVENSKE KONJICE	0,431 ± 0,066	0,429 ± 0,066	0,860 ± 0,094	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016
11	ROGLA	0,522 ± 0,080	0,601 ± 0,093	1,123 ± 0,123	0,088 ± 0,014	0,099 ± 0,015	0,094 ± 0,020
12	MARIBOR	0,412 ± 0,063	0,402 ± 0,062	0,814 ± 0,089	0,069 ± 0,011	0,066 ± 0,010	0,068 ± 0,015
13	PTUJ	0,406 ± 0,062	0,417 ± 0,064	0,823 ± 0,090	0,068 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,015
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,391 ± 0,060	0,436 ± 0,067	0,827 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015
15	LEDAVA	0,441 ± 0,068	0,472 ± 0,073	0,912 ± 0,099	0,074 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,076 ± 0,017
16	MURSKA SOBOTA	0,401 ± 0,062	0,429 ± 0,066	0,830 ± 0,090	0,067 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015
17	VELIKI DOLENCI	0,455 ± 0,070	0,462 ± 0,071	0,917 ± 0,100	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,017
18	GORNJA RADGONA	0,392 ± 0,060	0,390 ± 0,060	0,782 ± 0,085	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,010	0,065 ± 0,014
19	SVEČINA PLAČ	0,458 ± 0,071	0,503 ± 0,077	0,961 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,017
20	RIBNICA NA POHORJU	0,446 ± 0,069	0,479 ± 0,074	0,925 ± 0,101	0,075 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,077 ± 0,017
21	KOTLJE	0,494 ± 0,076	0,481 ± 0,074	0,976 ± 0,106	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,012	0,081 ± 0,018
22	VELENJE	0,429 ± 0,066	0,470 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,072 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,075 ± 0,016
23	NAZARJE MOZIRJE	0,448 ± 0,069	0,454 ± 0,070	0,902 ± 0,098	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,016
24	LUČE OB SAVINJI	0,403 ± 0,062	0,461 ± 0,071	0,864 ± 0,094	0,068 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,072 ± 0,016
25	VACĀ	0,441 ± 0,068	0,500 ± 0,077	0,941 ± 0,103	0,074 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,383 ± 0,059	0,427 ± 0,066	0,810 ± 0,088	0,064 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,067 ± 0,015
27	BRNIK AERODROM	0,545 ± 0,084	0,650 ± 0,100	1,195 ± 0,131	0,092 ± 0,014	0,107 ± 0,017	0,100 ± 0,022
28	JEZERSKO	0,509 ± 0,078	0,585 ± 0,090	1,094 ± 0,119	0,086 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,091 ± 0,020
29	PODLJUBELJ	0,394 ± 0,061	0,461 ± 0,071	0,855 ± 0,093	0,066 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,071 ± 0,016
30	LESCE VRBNJE	0,416 ± 0,064	0,417 ± 0,064	0,833 ± 0,091	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,015
31	PLANINA POD GOLICO	0,460 ± 0,071	0,565 ± 0,087	1,025 ± 0,112	0,077 ± 0,012	0,093 ± 0,014	0,085 ± 0,019
32	ZDENSKA VAS	0,455 ± 0,070	0,531 ± 0,082	0,986 ± 0,108	0,076 ± 0,012	0,088 ± 0,014	0,082 ± 0,018
33	RATEČE	0,462 ± 0,071	0,525 ± 0,081	0,987 ± 0,108	0,078 ± 0,012	0,087 ± 0,013	0,082 ± 0,018
34	TRENTA	0,309 ± 0,048	0,345 ± 0,053	0,653 ± 0,071	0,052 ± 0,008	0,057 ± 0,009	0,054 ± 0,012
35	LOG POD MANGARTOM	0,443 ± 0,068	0,517 ± 0,080	0,960 ± 0,105	0,074 ± 0,011	0,086 ± 0,013	0,080 ± 0,017
36	BOVEC	0,360 ± 0,055	0,436 ± 0,067	0,795 ± 0,087	0,060 ± 0,009	0,072 ± 0,011	0,066 ± 0,014
37	TOLMIN	0,363 ± 0,056	0,447 ± 0,069	0,810 ± 0,089	0,061 ± 0,009	0,074 ± 0,011	0,068 ± 0,015
38	BILJE NOVA GORICA	0,299 ± 0,046	0,364 ± 0,056	0,663 ± 0,073	0,050 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,055 ± 0,012
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,420 ± 0,065	0,452 ± 0,070	0,872 ± 0,095	0,071 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,073 ± 0,016
40	LOKEV PRI LIPICI	0,505 ± 0,078	0,546 ± 0,084	1,052 ± 0,115	0,085 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,088 ± 0,019
41	SEČOVLJE AERODROM	0,365 ± 0,056	0,359 ± 0,055	0,724 ± 0,079	0,061 ± 0,009	0,059 ± 0,009	0,060 ± 0,013
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,378 ± 0,058	0,426 ± 0,066	0,804 ± 0,088	0,063 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,067 ± 0,015
43	ZALOG POSTOJNA	0,432 ± 0,066	0,500 ± 0,077	0,932 ± 0,102	0,073 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,603 ± 0,093	0,613 ± 0,094	1,216 ± 0,132	0,101 ± 0,016	0,101 ± 0,016	0,101 ± 0,022
45	VRHNIKA	0,628 ± 0,097	0,707 ± 0,109	1,336 ± 0,146	0,106 ± 0,016	0,117 ± 0,018	0,111 ± 0,024
46	VOJSKO	0,429 ± 0,066	0,509 ± 0,078	0,938 ± 0,103	0,072 ± 0,011	0,084 ± 0,013	0,078 ± 0,017
47	SORICA	0,369 ± 0,057	0,413 ± 0,064	0,782 ± 0,085	0,062 ± 0,010	0,068 ± 0,011	0,065 ± 0,014
48	STARA FUŽINA	0,325 ± 0,050	0,364 ± 0,056	0,689 ± 0,075	0,055 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,057 ± 0,013
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,635 ± 0,098	0,797 ± 0,123	1,432 ± 0,157	0,107 ± 0,016	0,132 ± 0,020	0,119 ± 0,026
50	KREDARICA	0,396 ± 0,061	0,433 ± 0,067	0,828 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015
	Število merilnih mest	50	50	50	50	50	50
	Povprečje - merilna mesta	0,435 ± 0,074	0,475 ± 0,091	0,910 ± 0,161	0,073 ± 0,012	0,079 ± 0,015	0,076 ± 0,017
	Najvišja doza	0,635 ± 0,098 ⁽⁴⁹⁾	0,797 ± 0,123 ⁽⁴⁹⁾	1,432 ± 0,157 ⁽⁴⁹⁾	0,107 ± 0,016 ⁽⁴⁹⁾	0,132 ± 0,020 ⁽⁴⁹⁾	0,119 ± 0,026 ⁽⁴⁹⁾
	Najnižja doza	0,299 ± 0,046 ⁽³⁸⁾	0,345 ± 0,053 ⁽³⁴⁾	0,653 ± 0,071 ⁽³⁴⁾	0,050 ± 0,008 ⁽³⁸⁾	0,057 ± 0,009 ⁽³⁴⁾	0,054 ± 0,012 ⁽³⁴⁾

* Dozimeter je bil izgubljen, ukraden, oz. do priprave tega poročila še ni bil vrnjen v odčitavanje; če so bili podatki na voljo, so navedene vrednosti dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

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

A.9 Pitna voda

Tabela A.22 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode IJS

Vzorč. mesto	Brezovica	Maribor	Stoperce	Slovenska Bistrica
Datum vzor.	25. 4. 2019	28. 3. 2019	14. 3. 2019	14. 3. 2019
Kol. vzorca (L)	52,52	49,33	52,13	52,26
Koda vzorca	RP19VD135141	RP19VD200031	RP19VD228931	RP19VD231931
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m3)			
U-238	3,1E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 7E-01	1,9E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,7E-01 ± 1E-01 †	4,2E-01 ± 1E-01 †	1,1E+00 ± 5E-01	6,8E-01 ± 2E-01 †
Ra-228	5,5E-01 ± 4E-01	2,6E-01 ± 4E-01 ‡	1,0E+00 ± 3E-01	9,4E-01 ± 2E-01
Th-228	4,2E-01 ± 2E-01	7,0E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 9E-02	7,0E-01 ± 2E-01
Th-230	4,7E+01 ± 3E+01			2,9E+01 ± 1E+01
K-40	3,0E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 9E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137		2,1E-02 ± 2E-01 ‡		
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	1,9E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 1E-01	1,1E-01 ± 1E-01 †	5,8E-01 ± 8E-02
H-3	5,3E+02 ± 7E+01	6,8E+02 ± 9E+01	4,8E+02 ± 8E+01	4,6E+02 ± 8E+01

Vzorč. mesto	Slovenj Gradec	Šmarje pri Jelšah	Prosenjakovci	Odranci
Datum vzor.	28. 3. 2019	14. 3. 2019	27. 3. 2019	27. 3. 2019
Kol. vzorca (L)	50,42	52,24	51,96	52,39
Koda vzorca	RP19VD238031	RP19VD324031	RP19VD920731	RP19VD923331
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m3)			
U-238	4,2E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	6,4E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,7E+01 ± 2E+00	6,2E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 5E-01	6,4E-01 ± 4E-01
Pb-210	8,2E-01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E-01 †	1,6E+00 ± 5E-01 †	2,5E+00 ± 4E+00 ‡
Ra-228	8,4E-01 ± 4E-01	2,5E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01
Th-228	5,5E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 2E-01	8,9E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 1E-01
Th-230				
K-40	1,3E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137		5,6E-02 ± 8E-02 ‡		
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,6E-01 ± 9E-02	1,0E-01 ± 1E-01 †	1,4E+00 ± 1E-01	8,4E-02 ± 8E-02 †
H-3	4,4E+02 ± 8E+01	6,9E+02 ± 9E+01	5,9E+01 ± 8E+01 †	6,5E+02 ± 9E+01

Tabela A.23 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode – nadaljevanje μ S

Vzorč. mesto	Litija	Cerklje na Gorenjskem	Železniki	Brda
Datum vzor.	26. 4. 2019	25. 4. 2019	25. 4. 2019	23. 5. 2019
Kol. vzorca (L)	52,46	52,32	52,41	52,03
Koda vzorca	RP19VD127041	RP19VD420741	RP19VD422841	RP19VD521251
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m3)			
U-238	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	2,2E-01 ± 1E+00 ‡	5,9E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 8E-01
Ra-226	7,2E+00 ± 1E+00	9,8E-01 ± 5E-01	2,3E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 7E-01
Pb-210	8,8E-01 †	5,9E-01 †	1,5E+00 †	1,3E-01 †
Ra-228	1,5E+00 ± 6E-01	3,5E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 4E-01	
Th-228	8,2E-02 ± 5E-01 ‡	6,0E-01 ± 2E-01	8,3E-01 ± 5E-01	6,2E-01 ± 9E-02
Th-230				
K-40	3,0E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 9E-01	1,2E+01 ± 2E+00	8,7E+00 ± 1E+00
Be-7		1,2E+00 ± 4E-01		5,1E-01 ± 4E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137		1,6E-03 ± 9E-02 ‡		
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	8,0E-02 †	4,6E-01 ± 7E-02	3,4E-01 ± 6E-02	2,0E+00 ± 2E-01
H-3	4,7E+02 ± 6E+01	5,0E+02 ± 9E+01	3,9E+02 ± 6E+01	3,9E+02 ± 5E+01

Vzorč. mesto	Divača	Brežice	Dolenjske Toplice
Datum vzor.	23. 5. 2019	23. 5. 2019	23. 5. 2019
Kol. vzorca (L)	49,74	51,32	51,63
Koda vzorca	RP19VD621551	RP19VD826251	RP19VD835051
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m3)		
U-238	1,7E-01 ± 7E-01 ‡	8,6E-01 ± 2E+00 ‡	2,0E+00 ± 2E+00 ‡
Ra-226	3,1E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	3,0E+01 ± 6E+00
Pb-210	6,6E-01 ± 1E+00 ‡	1,0E+00 †	6,7E-01 ± 3E+00 ‡
Ra-228	5,6E-01 ± 4E-01	7,2E-01 ± 6E-01	1,8E+00 ± 5E-01
Th-228	5,2E-01 ± 3E-01	6,1E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01
Th-230			
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Be-7		2,8E+00 ± 1E+00	8,9E-01 ± 4E+00 ‡
I-131			
Cs-134			
Cs-137		9,3E-03 ± 7E-02 ‡	
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,2E+00 ± 1E-01	1,1E-01 †	1,1E+00 ± 1E-01
H-3	3,5E+02 ± 6E+01	6,6E+02 ± 8E+01	5,3E+02 ± 6E+01

A.10 Hrana

Tabela A.24 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana ZVD

Oznaka vzorca	MLLJ0219	MLLJ0419	MLLJ0619	MLLJ0819	MLLJ1019	MLLJ1219	
Vzorec	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	
Lokacija	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	Ljubljana	
Dat. vzorčenja	1.1.19-28.2.19	1.3.19-30.4.19	1.5.19-30.6.19	1.7.19-31.8.19	1.9.19-30.10.19	1.11.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	16.4.19	5.8.19	28.8.19	21.10.19	3.12.19	24.1.20	vseh
Količina vzorca	10848 g	10810 g	10880 g	10784 g	10868 g	10844 g	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238			1,0E-1 ± 7E-2		8,9E-2 ± 5E-2		3,2E-2 ± 5E-2
Ra-226 *		1,2E-2 ± 7E-3				2,4E-2 ± 7E-3	6,2E-3 ± 1E-2
Pb-210	4,3E-2 ± 5E-2			1,3E-1 ± 7E-2			2,9E-2 ± 6E-2
Ra-228		7,1E-2 ± 3E-2			2,7E-2 ± 2E-2		1,6E-2 ± 3E-2
Th-228				6,9E-2 ± 2E-2			1,2E-2 ± 3E-2
K-40	4,7E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0
Be-7							
Cs-134							
Cs-137	3,6E-2 ± 5E-3	3,1E-2 ± 8E-3	3,1E-2 ± 5E-3	2,6E-2 ± 5E-3	3,6E-2 ± 4E-3	3,5E-2 ± 4E-3	3,2E-2 ± 6E-3
I-131							
Sr-90	1,8E-2 ± 6E-3	1,2E-2 ± 7E-3	2,1E-2 ± 7E-3	3,5E-2 ± 8E-3	3,5E-2 ± 1E-2	1,3E-2 ± 9E-2	2,2E-2 ± 2E-2
H-3	**						

* Izbahanje radona iz nosodice ni izračunano ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

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

Oznaka vzorca	MLKO0219	MLKO0419	MLKO0619	MLKO0819	MLKO1019	MLKO1219	
Vzorec	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	
Lokacija	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	Kobarid	
Dat. vzorčenja	1.1.19-28.2.19	1.3.19-30.4.19	1.5.19-30.6.19	1.7.19-31.8.19	1.9.19-31.10.19	1.11.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	9.4.19	17.6.19	28.8.19	21.10.19	3.12.19	24.1.20	vseh
Količina vzorca	9833 g	10140 g	9470 g	10544 g	10581 g	10296 g	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238			1,3E-1 ± 6E-2				2,2E-2 ± 5E-2
Ra-226 *	1,2E-2 ± 7E-3		1,9E-2 ± 7E-3			2,2E-2 ± 7E-3	8,9E-3 ± 1E-2
Pb-210		1,3E-1 ± 4E-2					2,1E-2 ± 5E-2
Ra-228	1,7E-1 ± 5E-2	5,4E-2 ± 2E-2			2,5E-2 ± 1E-2	4,7E-2 ± 2E-2	5,0E-2 ± 7E-2
Th-228			1,6E-2 ± 1E-2	2,2E-2 ± 2E-2			6,3E-3 ± 1E-2
K-40	4,9E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 2E+0	5,1E+1 ± 3E+0
Be-7							
Cs-134							
Cs-137	7,2E-2 ± 6E-3	< 3,5E-2	5,1E-2 ± 4E-3	4,5E-2 ± 7E-3	6,5E-2 ± 5E-3	4,2E-2 ± 5E-3	4,9E-2 ± 2E-2
I-131							
Sr-90	2,8E-2 ± 7E-3	3,3E-2 ± 8E-3	5,7E-2 ± 1E-2	2,0E-2 ± 6E-3	2,3E-2 ± 8E-3	3,3E-2 ± 8E-3	3,2E-2 ± 2E-2
H-3	**						

* Izbahanje radona iz nosodice ni izračunano ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.26 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica ZVD

Oznaka vzorca	MLBB0219	MLBB0419	MLBB0619	MLBB0819	MLBB1019	MLBB1219	
Vzorec	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	Mleko (kravje)	
Lokacija	Bohinjska Bistrica	Bohinjska Bistrica	Bohinjska Bistrica	Bohinjska Bistrica	Bohinjska Bistrica	Bohinjska Bistrica	
Dat. vzorčenja	1.1.19-28.2.19	1.3.19-30.4.19	1.5.19-30.6.19	1.7.19-31.8.19	1.9.19-31.10.19	1.12.19-31.12.19	povprečje
Dat. meritve	9.4.19	4.6.19	28.8.19	21.10.19	3.12.19	24.1.20	vseh
Količina vzorca	8940 g	9246 g	9376 g	9184 g	9606 g	9228 g	vzorcev
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238				1,1E-1 ± 8E-2	5,7E-2 ± 4E-2		2,8E-2 ± 5E-2
Ra-226 *	1,7E-2 ± 6E-3						2,9E-3 ± 7E-3
Pb-210	9,3E-2 ± 6E-2		2,1E-1 ± 8E-2				5,1E-2 ± 9E-2
Ra-228		4,6E-2 ± 2E-2					7,7E-3 ± 2E-2
Th-228				4,0E-2 ± 2E-2	1,1E-2 ± 9E-3		8,6E-3 ± 2E-2
K-40	5,2E+1 ± 2E+0	4,8E+1 ± 3E+0	5,3E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 2E+0	5,1E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0
Be-7							
Cs-134							
Cs-137	3,3E-2 ± 4E-3	1,3E-2 ± 6E-3	2,5E-2 ± 6E-3	4,4E-2 ± 6E-3	2,4E-2 ± 3E-3	< 5,2E-2	2,8E-2 ± 1E-2
I-131							
Sr-90	1,1E-2 ± 5E-3	< 1,0E-2	1,5E-2 ± 7E-3	2,4E-2 ± 7E-3	1,2E-2 ± 8E-3	1,2E-1 ± 7E-2	3,1E-2 ± 5E-2
H-3	**						

* Izbahanje radona iz nosodice ni izračunano ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.27 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota ZVD

Oznaka vzorca	MLMS0219	MLMS0419	MLMS0619	MLMS0819	MLMS1019	MLMS1219		
Vzorec	Mleko v prahu (kravje)	Mleko v prahu (kravje)	Mleko v prahu (kravje)	Mleko v prahu (kravje)	Mleko v prahu (kravje)	Mleko v prahu (kravje)		
Lokacija	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota	Murska Sobota		
Dat. vzorčenja	1.1.19-28.2.19	1.3.19-30.4.19	1.5.19-30.6.19	1.7.19-31.8.19	1.9.19-30.10.19	1.11.19-31.12.19	popovprečje vseh vzorcev	
Dat. meritve	16.4.19	4.6.19	28.8.19	18.10.19	3.12.19	24.1.20		
Količina vzorca	500 g	457,3 g	500 g	676 g	500 g	500 g		
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja	
U-238			2,3E+0 ± 1E+0			1,2E+0 ± 1E+0	5,9E-1 ± 1E+0	
Ra-226 *	1,8E-1 ± 1E-1	4,5E-1 ± 2E-1				2,2E-1 ± 1E-1	1,4E-1 ± 2E-1	
Pb-210			1,8E+0 ± 1E+0				3,1E-1 ± 8E-1	
Ra-228	6,9E-1 ± 3E-1			4,6E-1 ± 4E-1	1,0E+0 ± 5E-1	4,2E-1 ± 3E-1	4,4E-1 ± 5E-1	
Th-228				7,4E-1 ± 3E-1	4,6E-1 ± 3E-1	3,5E-1 ± 3E-1	2,6E-1 ± 3E-1	
K-40	5,6E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 4E+1	5,4E+2 ± 4E+1	5,4E+2 ± 4E+1	5,4E+2 ± 4E+1	5,5E+2 ± 4E+1	
Be-7								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-1 ± 7E-2	4,5E-1 ± 7E-2	3,4E-1 ± 8E-2	5,4E-1 ± 1E-1	3,3E-1 ± 9E-2	2,7E-1 ± 7E-2	3,9E-1 ± 1E-1	
I-131								
Sr-90	2,2E-1 ± 7E-2	2,5E-1 ± 7E-2	2,5E-1 ± 7E-2	3,4E-1 ± 9E-2	2,4E-1 ± 9E-2	3,5E-1 ± 1E-1	2,7E-1 ± 1E-1	
H-3 **								

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.28 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora ZVD

Oznaka vzorca	MS010419	MS020519	MS030519	MS040519	MS050519	MS060519	MS070619	MS080619	
Vzorec	Jajca (kokošja)	Meso (svinjina)	Meso (govedina)	Med	Postrv	Meso (piščančje)	Sir (kravji)	Divjačina (srnjak)	
Lokacija	Šmarje	Leskovec pri Krškem	Gomilsko	Starše	Cerklje na Gorenjskem	Ptuj	Studenc	Kojsko	
Dat. vzorčenja	24.4.19	6.5.19	15.5.19	22.5.19	24.5.19	22.5.19	20.6.19	20.6.19	popovprečje vseh vzorcev
Dat. meritve	5.8.19	22.8.19	22.8.19	22.8.19	22.8.19	22.8.19	3.9.19	3.9.19	
Količina vzorca	1716 g	1560 g	880,0 g	1875 g	898 g	1950 g	1540 g	1220 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								preračunana na datum vzorčenja
U-238					1,9E-1 ± 2E-1			3,4E-1 ± 3E-1	6,7E-2 ± 1E-1
Ra-226 *	6,9E-2 ± 8E-3	1,1E-1 ± 2E-2	4,6E-2 ± 1E-2	1,8E-1 ± 8E-3	3,4E-2 ± 2E-2		7,8E-2 ± 2E-2	1,9E-1 ± 4E-2	8,8E-2 ± 7E-2
Pb-210			< 5,8E-1	2,3E-1 ± 8E-2	1,7E-1 ± 1E-1	2,6E-1 ± 2E-1	3,7E-1 ± 2E-1	2,3E-1 ± 2E-1	1,9E-1 ± 2E-1
Ra-228	6,1E-2 ± 3E-2		1,1E-1 ± 3E-2	9,1E-2 ± 3E-2	1,1E-1 ± 5E-2			1,2E-1 ± 9E-2	6,1E-2 ± 6E-2
Th-228				6,6E-2 ± 3E-2		8,6E-1 ± 3E-1			1,2E-1 ± 3E-1
K-40	3,9E+1 ± 2E+0	8,8E+1 ± 5E+0	6,4E+1 ± 4E+0	2,5E+1 ± 1E+0	1,2E+2 ± 7E+0	1,1E+2 ± 6E+0	2,9E+1 ± 2E+0	7,8E+1 ± 4E+0	6,8E+1 ± 3E+1
Be-7									
Cs-134									
Cs-137	< 3,8E-2	6,7E-2 ± 1E-2	3,4E-2 ± 1E-2	1,1E+0 ± 4E-2	2,0E-1 ± 2E-2	< 1,7E-1	< 1,1E-1	4,4E-2 ± 1E-2	2,0E-1 ± 4E-1
I-131									
Sr-90	2,2E-1 ± 5E-2	< 2,4E-2	3,0E-2 ± 3E-2	< 1,1E-2	< 2,3E-2	< 8,2E-2	6,5E-2 ± 4E-2	< 9,2E-2	5,3E-2 ± 7E-2
H-3 **									

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.29 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitavic ZVD

Oznaka vzorca	MO010319	MO020319	MO030319	MO040819	MO050819	MO060819	
Vzorec	Moka (črna)	Moka (bela)	Kruh (beli)	Ajda	Pšenica	Koruza	
Lokacija	Radomlje	Domžale	Ljubljana	Slovenska Bistrica	Maribor	Veržej	
Dat. vzorčenja	29.3.19	29.3.19	29.3.19	6.8.19	6.8.19	21.8.19	popovprečje vseh vzorcev
Dat. meritve	15.5.19	15.5.19	4.6.19	16.10.19	16.10.19	16.10.19	
Količina vzorca	3000 g	2990 g	3220 g	1540 g	1664 g	1500 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238				3,9E-1 ± 2E-1			6,5E-2 ± 2E-1
Ra-226 *	1,5E-2 ± 5E-3	4,8E-2 ± 1E-2	6,9E-2 ± 2E-2	1,0E-1 ± 2E-2	1,0E-1 ± 2E-2	6,8E-1 ± 6E-2	1,7E-1 ± 3E-1
Pb-210	8,3E-2 ± 4E-2			5,1E-1 ± 2E-1	7,0E-1 ± 2E-1		2,2E-1 ± 3E-1
Ra-228	4,9E-2 ± 1E-2	7,5E-2 ± 3E-2			3,0E-1 ± 6E-2		7,0E-2 ± 1E-1
Th-228	3,1E-2 ± 1E-2		4,9E-2 ± 4E-2	2,2E-1 ± 5E-2		1,7E-1 ± 1E-1	7,8E-2 ± 1E-1
K-40	5,6E+1 ± 3E+0	3,3E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 2E+0	1,5E+2 ± 8E+0	1,1E+2 ± 6E+0	1,2E+2 ± 6E+0	8,5E+1 ± 5E+1
Be-7					1,7E+0 ± 1E-1		2,8E-1 ± 7E-1
Cs-134							
Cs-137	8,2E-3 ± 2E-3	< 6,4E-2	< 1,0E-1	3,7E-1 ± 2E-2	< 1,1E-1	< 2,6E-1	1,1E-1 ± 1E-1
I-131							
Sr-90	9,1E-2 ± 2E-2	< 2,3E-2	2,3E-2 ± 3E-2	< 2,2E-2	< 3,5E-2	< 1,1E-1	3,5E-2 ± 4E-2
H-3 **							

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.30 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja ZVD

Oznaka vzorca	SS010419	SS020619	SS030719	SS040819	SS050819	SS060919	
Vzorec	Banane	Češnje	Slive	Jabolka	Hruške	Breskev	
Lokacija	Kolumbija	Dobrovo v Brdih	Koper	Maribor	Sveti Jurij ob Ščavnici	Šmarje	
Dat. vzorčenja	2.4.19	10.6.19	18.7.19	12.8.19	21.8.19	6.9.19	povprečje vseh vzorcev
Dat. meritve	15.5.19	3.9.19	3.9.19	16.10.19	16.10.19	18.10.19	
Količina vzorca	2330 g	3706 g	3615 g	4830 g	4200 g	3362 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238	2,4E-1 ± 1E-1						4,1E-2 ± 1E-1
Ra-226 *	2,4E-2 ± 1E-2	8,0E-2 ± 1E-2	1,6E-2 ± 6E-3	4,1E-1 ± 1E-2	2,2E-1 ± 1E-2	1,7E-2 ± 1E-2	1,3E-1 ± 2E-1
Pb-210	2,7E-1 ± 1E-1	2,4E-1 ± 9E-2	2,1E-1 ± 4E-2				1,2E-1 ± 1E-1
Ra-228	5,3E-2 ± 4E-2			5,8E-2 ± 2E-2	4,4E-2 ± 2E-2	4,6E-2 ± 3E-2	3,4E-2 ± 3E-2
Th-228	4,1E-2 ± 3E-2	4,1E-2 ± 2E-2					1,4E-2 ± 2E-2
K-40	6,5E+1 ± 4E+0	6,6E+1 ± 4E+0	4,8E+1 ± 3E+0	3,5E+1 ± 2E+0	2,3E+1 ± 1E+0	6,3E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 2E+1
Be-7		1,1E+0 ± 9E-2	4,3E-1 ± 3E-2	2,0E-1 ± 4E-2	4,7E-1 ± 5E-2		3,7E-1 ± 4E-1
Cs-134							
Cs-137	< 6,9E-2	< 6,4E-2	< 1,5E-2	< 4,0E-2	< 4,2E-2	< 6,0E-2	
I-131							
Sr-90	< 3,7E-2	< 1,2E-2	< 1,1E-2	< 2,1E-2	< 1,4E-2	< 1,7E-2	
H-3	**						

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.31 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave ZVD

Oznaka vzorca	SZ010419	SZ020719	SZ030719	SZ040919	SZ050819	SZ060919	
Vzorec	Solata	Koleraba	Česen	Jurčki	Kumare	Bučke	
Lokacija	Šentjernej	Renče	Ajdovščina	Bosna in Hercegovina	Petanjci (Tišina)	Šmarje	
Dat. vzorčenja	2.4.19	18.7.19	17.7.19	6.9.19	21.8.19	6.9.19	povprečje vseh vzorcev
Dat. meritve	15.5.19	3.9.19	3.9.19	16.10.19	18.10.19	18.10.19	
Količina vzorca	3700 g	3290 g	3851 g	4100 g	4100 g	4402 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						preračunana na datum vzorčenja
U-238	2,7E-1 ± 1E-1		1,1E-1 ± 9E-2			1,2E-1 ± 6E-2	8,3E-2 ± 1E-1
Ra-226 *	3,1E-1 ± 2E-2	2,2E-1 ± 2E-2		5,4E-2 ± 1E-2		2,2E-2 ± 7E-3	1,0E-1 ± 1E-1
Pb-210	6,0E-1 ± 1E-1		8,4E-2 ± 8E-2	3,9E-1 ± 8E-2			1,8E-1 ± 3E-1
Ra-228	2,0E-1 ± 4E-2	1,3E-1 ± 7E-2	8,4E-2 ± 8E-2			8,9E-2 ± 3E-2	8,5E-2 ± 9E-2
Th-228	2,4E-1 ± 4E-2					1,9E-2 ± 1E-2	4,4E-2 ± 1E-1
K-40	9,1E+1 ± 5E+0	1,1E+2 ± 6E+0	1,6E+2 ± 9E+0	8,0E+1 ± 4E+0	3,7E+1 ± 2E+0	7,5E+1 ± 4E+0	9,3E+1 ± 4E+1
Be-7	1,3E+0 ± 1E-1	3,9E-1 ± 1E-1	6,9E-1 ± 6E-2				4,0E-1 ± 5E-1
Cs-134							
Cs-137	6,9E-2 ± 1E-2	< 1,1E-1	< 5,3E-2	1,9E+1 ± 5E-1	3,3E-2 ± 5E-3	< 3,6E-2	3,2E+0 ± 8E+0
I-131							
Sr-90	1,6E-1 ± 3E-2	4,1E-1 ± 8E-2	< 2,5E-2	2,2E-2 ± 2E-2	3,2E-2 ± 8E-3	1,8E-2 ± 8E-3	1,1E-1 ± 2E-1
H-3	**						

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

Tabela A.32 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane ZVD

Oznaka vzorca	OHKP0319	OHNM0319	OHKR0419	OHMB0419	OHLJ0319	
Vzorec	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	
Lokacija	Koper	Novo mesto	Kranj	Maribor	Ljubljana	
Dat. vzorčenja	11.3.19-15.3.19	18.3.19-22.3.19	1.4.19-5.4.19	8.4.19-12.4.19	18.3.19-22.2.19	letno povprečje vseh vzorcev
Dat. meritve	13.5.19	13.5.19	15.5.19	15.5.19	13.5.19	
Količina vzorca	3858 g	6656 g	5196 g	5172 g	5990 g	
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					preračunana na datum oz. sredino intervala vzorčenja
U-238		5,0E-2 ± 5E-2	7,4E-2 ± 6E-2	1,5E-1 ± 8E-2		5,5E-2 ± 7E-2
Ra-226 *		1,3E-2 ± 5E-3		2,2E-2 ± 9E-3	1,9E-2 ± 1E-2	1,1E-2 ± 1E-2
Pb-210	7,0E-2 ± 6E-2	5,1E-2 ± 4E-2		9,3E-2 ± 7E-2		4,3E-2 ± 6E-2
Ra-228	3,0E-2 ± 2E-2	4,2E-2 ± 2E-2		3,1E-2 ± 3E-2		2,0E-2 ± 2E-2
Th-228	4,8E-2 ± 2E-2	3,1E-2 ± 1E-2	2,0E-2 ± 1E-2	3,4E-2 ± 2E-2	3,7E-2 ± 3E-2	3,4E-2 ± 2E-2
K-40	6,1E+1 ± 3E+0	4,3E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 2E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 7E+0
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	4,2E-2 ± 5E-3	2,7E-2 ± 4E-3	2,1E-2 ± 4E-3	2,1E-2 ± 6E-3	9,1E-3 ± 1E-2	2,4E-2 ± 1E-2
I-131						
Sr-90	1,3E-2 ± 1E-2	2,3E-2 ± 2E-2	5,3E-2 ± 1E-2	< 1,3E-2	< 3,1E-2	2,2E-2 ± 2E-2
H-3	**					

* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

** Meritev izotopa ni v programu meritev

A.11 Krmila

Tabela A.33 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme IJS

Vzorč. mesto	Jata Emona d.d., Ljubljana	Pivka (Pivka Perutninarstvo d.d.)	Potiskavec	Žirovski vrh Bačne 4	Žirovski vrh Sv. Urbana 5
Vrsta vzorca	Krmna mešanica	Krmna mešanica (s kalcijevim fosfatom)	Korzna silaža	Seno	Seno
Datum vzor.	15. 5. 2019	27. 5. 2019	7. 6. 2019	6. 6. 2019	6. 6. 2019
Kol.vzorca (kg)	0,3549	0,3485	0,3079	0,1403	0,0733
Odstotek suhe snovi	90,0	90,9	44,3	92,7	92,9
Koda vzorca	RP19KRM10051	RP19KRM625751	RP19KRMKS131361	RP19KRMS422461	RP19KRMS422462
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	5,3E+00 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	1,0E+00 ± 8E-01 †	1,4E+00 ± 1E+00 †	1,1E+00 ± 1E+00 †
Ra-226		2,6E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00 †	4,2E+00 ± 2E+00	2,8E-01 ± 8E-01 †
Pb-210		1,1E+00 ± 2E+00 †	1,4E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Ra-228		1,4E+00 ± 3E-01		3,8E+00 ± 6E-01	5,0E-01 ± 5E-01 †
Th-228	2,0E-01 ± 2E-01 †	7,0E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 1E-01 †	8,6E-01 ± 2E-01	8,9E-01 ± 2E-01
Th-230		8,1E+00 ± 8E+00 †			
K-40	3,8E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 5E+00	8,6E+02 ± 4E+01	4,8E+02 ± 2E+01
Be-7			2,9E+00 ± 4E-01		7,0E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134				6,7E-01 ± 1E-01	8,4E-01 ± 2E-01
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,3E-01 ± 2E-02	1,5E-01 ± 2E-02	3,3E-01 ± 3E-02	6,1E+00 ± 3E-01	5,4E+00 ± 3E-01

Vzorč. mesto	Brege	Zgornji Otok	Brege	Amerika	Radoslavci
Vrsta vzorca	Seno	Seno	Trava	Trava	Travna silaža
Datum vzor.	16. 5. 2019	25. 8. 2019	16. 5. 2019	18. 4. 2019	15. 5. 2019
Kol.vzorca (kg)	0,0934	0,1143	0,1161	0,0877	0,1338
Odstotek suhe snovi	88,5	87,5	19,9	19,8	36,4
Koda vzorca	RP19KRMS827351	RP19KRMS424081	RP19KRMT827351	RP19KRMT827041	RP19KRMTS924351
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,2E+01 ± 4E+00	6,0E+00 ± 5E+00	1,5E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 2E+00 †	9,8E-01 ± 4E-01
Ra-226	7,7E+00 ± 5E+00	4,4E+00 ± 3E+00		1,0E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 1E+00
Pb-210	3,3E+01 ± 7E+00	1,0E+01 ± 6E+00		2,3E+01 ± 2E+00	9,8E+00 ± 8E-01
Ra-228	2,1E-01 ± 1E+00 †	8,3E-01 ± 1E+00 †			8,5E-01 ± 2E-01
Th-228	3,7E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 4E-01	3,3E-02 ± 1E-01 †	8,3E-01 ± 2E-01	9,7E-01 ± 8E-02
Th-230					
K-40	4,9E+02 ± 2E+01	6,5E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 6E+00	8,9E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7	1,0E+01 ± 2E+00	7,8E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 1E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+00 ± 6E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,9E-01 ± 2E-01	6,6E-02 ± 2E-01 †		2,2E-01 ± 2E-01 †	1,3E-01 ± 8E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,1E+00 ± 1E-01	2,1E+00 ± 1E-01	4,4E-01 ± 4E-02	< 1,1E-01 †	4,5E+00 ± 2E-01

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehrabne verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za 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 2019 za dojenčke $9,5 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 10,8 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $7,8 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 8,6 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $6,4 \mu\text{Sv}$ oziroma $< 6,9 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

