Institut za
medicinska
istraživanja
i medicinu
rada

IMI-CRZ-100

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izvještaj za 2019. godinu

LIX godina

Zagreb, 2020.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

IMI-CRZ-100

Klasa: 07-75/20-00/1
Ur.Broj: 100-15/20-6

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izvještaj za 2019. godinu
LIX godina

Jedinica za zaštitu od zračenja

Zamjenik Predstojnika Jedinice: dr.sc. Zdenko Franić
Suradnici: Mak Avdić, mag. ing. kem. tehn.,
dr. sc. Tomislav Bituh,
Iva Franulović, dipl. ing.
Helena Jauk, dipl. ing. preh. tehn.
Milica Kovačić, dipl. ing.,
izv. prof. dr. sc. Branko Petrinec,
Ljerka Petroci,
dr. sc. Davor Rašeta,
Jasminka Senčar
Jerko Šiško, dipl. ing. fizike

Zamjenik Predstojnika
Jedinice za zaštitu od zračenja:

Dr. sc. Zdenko Franić, dipl. ing. fizike.

M. P.

Ravnateljica Instituta za medicinska
istraživanja i medicinu rada:

Prof. dr. sc. Ana Lucić Vrdoljak, dipl. ing. med. biokem.

Zagreb, 2020.

SADRŽAJ

SAŽETAK / ABSTRACT **5**
KOORDINATE SKUPLJAČKIH MJESTA **6**
1. IZRAVNO OZRAČIVANJE **8**
1.D Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta *H*(10)* 9
2. ZRAK **16**
2.B Ukupna beta aktivnost zraka 17
2.G Gamaspektrometrijska analiza zraka 18
2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u zraku 23
2.J Specifično određivanje ^{131}I u zraku 24
3. OBORINA **25**
Količina oborine 26
3.B Ukupna beta aktivnost oborine 28
3.G Gamaspektrometrijska analiza oborine 30
3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u oborinama 33
4. TLO **34**
4.G Gamaspektrometrijska analiza tla 35
4.S Specifično određivanje ^{90}Sr u tlu 39
5. RIJEKE **42**
5.G Gamaspektrometrijska analiza rječnih voda 43
5.S Specifično određivanje ^{90}Sr u rječnim vodama 46
6. JEZERA **47**
6.G Gamaspektrometrijska analiza jezerskih voda 48
6.S Specifično određivanje ^{90}Sr u jezerskim vodama 49
7. MORE **50**
7.1.G Gamaspektrometrijska analiza morske vode 51
7.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u morskoj vodi 52
7.2.G Gamaspektrometrijska analiza mobilnih indikatorskih organizama 53

8. VODA ZA PIĆE **54**
8.1.G Gamaspektrometrijska analiza vodovodnih voda 55
8.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u vodovodnoj vodi 56
8.2.G Gamaspektrometrijska analiza voda iz spremnika za kišnicu 57
8.2.s Specifično određivanje ^{90}Sr u vodama iz spremnika za kišnicu 58
9. PREHRAMBENI ARTIKLI **59**
9.1.G Gamaspektrometrijska analiza mlijeka 60
9.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u mlijeku 63
9.2.G Gamaspektrometrijska analiza ljudske hrane 66
9.2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u ljudskoj hrani 69
9.3.G Gamaspektrometrijska analiza cjelovitih obroka hrane 72
9.3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u cjelovitim obrocima hrane 73
10. STOČNA HRANA **74**
10.G Gamaspektrometrijska analiza stočne hrane 75
10.S Specifično određivanje ^{90}Sr u stočnoj hrani 76

UMJESTO ZAKLJUČKA **77**

PRILOG 1: *Izvještaj o ispitivanju*: Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj tijekom 2019. godine.
Određivanje radionuklida visokorezolucijskom gamaspektrometrijom u energijskom rasponu od 40 do 2000 keV.
Određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr
Određivanje koncentracije aktivnosti ^{226}Ra

PRILOG 2: CD s podacima u elektroničkom obliku.

SAŽETAK

Program mjerenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2019. godinu nastavak je kontinuiranih mjerenja od 1959. godine.

Od 2010. godine Jedinica za zaštitu od zračenja akreditirana je prema Normi HRN EN ISO/IEC 17025 za područje Određivanje radioaktivnosti.

Uzorkovanje, radiokemijsku obradu i mjerenje provodi Jedinica za zaštitu od zračenja, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. U skladu s preporukama Europske komisije od 8. lipnja 2000. godine o praćenju radioaktivne kontaminacije uzoraka u okolišu, kontrola je obuhvatila sve važnije sastavnice okoliša - zrak, oborine, tlo, geografske i pitke vode te ljudsku i stočnu hranu.

Svrha ovih istraživanja je prikupiti što veći broj podataka na temelju kojih se može procijeniti utjecaj na čovjeka.

ABSTRACT

The radioactivity measurement programme in the environment of the Republic of Croatia for the year 2019 is a part of continuous measurements that have started in 1959.

From 2010 Radiation protection unit is Accredited laboratory according to Standard HRN EN ISO/IEC 17025 in the scope: Determination of radioactivity.

Sampling, radiochemical analyses and measurements were carried out by the Radiation Protection Unit of the Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb. The scope of the monitoring of contamination in the environmental samples according to the European Commission recommendations from June 8th 2000 was to collect air, fallout, soil, water, foodstuffs and animal feedingstuffs.

The purpose of these investigations is to collect as many data as possible for the assessment of radiation risk to man.

GEOGRAFSKE KOORDINATE SKUPLJAČKIH MJESTA

Mjesto	Geografska širina N	Geografska dužina E	Nadmorska visina m
Bale	45°02'22,78''	13°47'10,11''	142
Bjelovar	45°53'52,64''	16°50'30,38''	135
Ćilipi	42°33'37,92''	18°15'42,96''	160
Čakovec	46°23'23,25''	16°26'16,63''	164
Doli	42°48'48,73''	17°46'56,39''	110
Dubrovnik	42°41'26,40''	18°02'24,33''	0
Dvor	45°04'16,00''	16°22'32,00''	167
Đakovo	45°18'36,35''	18°24'37,10''	111
Gospić	44°30'54,30''	15°18'24,25''	565
Karlovac	45°32'11,53''	15°35'18,23''	112
Konavli	42°34'47,57''	18°13'05,76''	161
Kostajnica	45°13'41,61''	16°32'24,52''	113
Kutina	45°28'38,2''	16°46'46,9''	104
Marina	43°30'47,13''	16°06'36,84''	4
Matijevići	45°03'02,32''	16°22'07,26''	126
Molve	46°06'32,43''	17°00'10,17''	121
Osijek	45°34'00,81''	18°39'58,17''	81
Pag	44°38'38,09''	14°47'15,98''	71
Petrinja	45°26'26,08''	16°16'34,78''	10
Plitvice	44°52'49,62''	15°37'03,28''	613
Plomin	45°08'02,67''	14°10'35,04	0
Poreč	45°13'37,04''	13°35'45,78''	20
Pula	44°53'56,30''	13°55'24,22''	70
Rijeka	45°14'15,56''	14°15'21,05''	0
Rovinj	45°05'05,01''	13°38'03,42''	0

GEOGRAFSKE KOORDINATE SKUPLJAČKIH MJESTA

Mjesto	Geografska širina N	Geografska dužina E	Nadmorska visina m
Sisak	45°28'58,15''	15°23'14,58''	99
Skradin	43°48'06,24''	15°57'54,14''	64
Split	43°30'25,28''	16°26'21,57''	0
Ston	42°50'48,05	17°42'14,55	156
Šibenik	43°44'01,97''	15°53'51,99''	30
Varaždin	46°19'18,64''	16°21'24,72''	173
Vrana	43°55'47,37''	15°30'45,04''	113
Zadar	44°07'48,29''	15°12'21,50''	1
Zagreb- IMI	45°50'02,50''	15°58'42,86''	165
Zagreb-VP	45°47'05,47''	15°54'06,74''	130
Zagreb- Sava	45°47'23,24''	15°58'51,41''	111
Županja	45°04'19,22''	18°41'05,40''	80

1. IZRAVNO OZRAČIVANJE

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)***

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)/t***

Operativna veličina za procjenu efektivne doze od vanjskog ozračenja je ambijentalni dozni ekvivalent, ***H*(10)***. Mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta provodi se na lokaciji Instituta neprekidno tijekom cijele godine. Svakodnevno se očitavaju vrijednosti izmjerene tijekom prethodnog dana. Uređaj za mjerenje spojen je na računalo preko kojega se dobivaju zapisi. Neprekidno mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta aktivnim elektroničkim dozimetrom ALARA ED provodi se i na nekoliko lokacija diljem Hrvatske. Uređaj za mjerenje sprema podatke koji se isčitavaju računalom preko kojega se dobivaju zapisi, ***H*(10)/t***.

ZAGREB, IMI

	H*(10)/t / $nSvh^{-1}$		
1.1. – 30.6.2019.	120 ± 12	123,4	117,7
1.7.2019. – 31.12.2019.	119 ± 14	129,6	114,6
Prosjek	**119,5 ± 12,9**		
Maksimum		**129,6**	
Minimum			**114,6**

ZAGREB, VP

	H*(10)/t / $nSvh^{-1}$		
1.1. – 1.7.2019.	n.p.	n.p.	n.p.
1.7.2019. – 31.12.2019.	119 ± 12	123,3	112,0
Prosjek	**119,4 ± 12,4**		
Maksimum		**123,3**	
Minimum			**112,0**

n.p.-nije primijenjivo – Jedinica se preselila na novu lokaciju u srpnju, 2019.

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)***

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)/t***

ZAGREB, KUSTOŠIJA

	H*(10)/t / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	109 ± 8	118,3	98,5
1.7.2019. – 31.12.2019.	105 ± 9	117,6	87,4
Prosjek	**107,0 ± 8,8**		
Maksimum		**118,3**	
Minimum			**87,4**

VARAŽDIN

	H*(10)/t / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	**101 ± 12**	**120,9**	79,9
1.7.2019. – 31.12.2019.	**98 ± 10**	**121,2**	82,2
Prosjek	**98,8 ± 11,1**		
Maksimum		**121,2**	
Minimum			**79,9**

ZADAR

	H*(10)/t / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	**98 ± 8**	**120,4**	84,9
1.7.2019. – 31.12.2019.	**99 ± 10**	**115,6**	86,1
Prosjek	**98,5 ± 8,5**		
Maksimum		**120,4**	
Minimum			**84,9**

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)***

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)/t***

KUTINA

	H*(10)/t / $nSvh^{-1}$		
1.1. – 1.7.2019.	91 ± 5	111,1	44,6
1.7.2019. – 31.12.2019.	98 ± 4	105,0	83,4
Prosjek	**94,6 ± 8,5**		
Maksimum		**111,1**	
Minimum			**44,6**

MOLVE

	H*(10)/t / $nSvh^{-1}$		
1.1. – 1.7.2019.	73 ± 7	76,4	51,0
1.7.2019. – 31.12.2019.	77 ± 7	144,1	49,5
Prosjek	**74,8 ± 7,5**		
Maksimum		**144,1**	
Minimum			**49,5**

PETRINJA

	H*(10)/t / $nSvh^{-1}$		
1.1. – 1.7.2019.	85 ± 9	95,1	26,5
1.7.2019. – 31.12.2019.	84 ± 8	94,4	31,9
Prosjek	**84,5 ± 9,3**		
Maksimum		**95,1**	
Minimum			**26,5**

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, *H*(10)*

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, *H*(10)/t*

DVOR

	H(10)/t* / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	90 ± 9	102,4	63,1
1.7.2019. – 31.12.2019.	88 ± 10	97,5	58,2
Prosjek	**89,0 ± 9,6**		
Maksimum		**102,4**	
Minimum			**58,2**

KRIŽEVCI

	H(10)/t* / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	118 ± 8	121,5	113,9
1.7.2019. – 31.12.2019.	117 ± 9	124,6	111,0
Prosjek	**117,9 ± 8,5**		
Maksimum		**124,6**	
Minimum			**111,0**

ČAKOVEC

	H(10)/t* / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	94 ± 7	96,8	81,0
1.7.2019. – 31.12.2019.	93 ± 7	97,4	71,1
Prosjek	**94,1 ± 7,3**		
Maksimum		**97,4**	
Minimum			**71,1**

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)***

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)/t***

KARLOVAC

	H*(10)/t / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	87 ± 7	100,1	71,9
1.7.2019. – 31.12.2019.	87 ± 7	99,7	71,4
Prosjek	**86,6 ± 7,3**		
Maksimum		**100,1**	
Minimum			**71,4**

SPLIT

	H*(10)/t / nSvh^{-1}		
1.1. – 1.7.2019.	**95 ± 8**	**114,2**	57,6
1.7.2019. – 31.12.2019.	**94 ± 5**	**106,0**	61,5
Prosjek	**94,6 ± 6,5**		
Maksimum		**114,2**	
Minimum			**57,6**

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, ***H*(10)***

1.2. PROCJENA GODIŠNJE EFEKTIVNE DOZE OD VANJSKOG OZRAČENJA

Mjesto	***H*(10)*** **mSv**
Čakovec	0,82 ± 0,11
Dvor	0,78 ± 0,07
Petrinja	0,74 ± 0,13
Kutina	0,83 ± 0,14
Molve	0,67 ± 0,09
Split	0,83 ± 0,11
Karlovac	0,76 ± 0,07
Varaždin	0,87 ± 0,10
Zadar	0,86 ± 0,09
Zagreb - IMI	1,05 ± 0,11
Zagreb – Kustošija	0,94 ± 0,05
Zagreb - IMI, Petrovaradinska	1,04 ± 0,10

2. ZRAK

2.B UKUPNA BETA AKTIVNOST ZRAKA

PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

Mjesec	**Prosjek**	**Maksimum**	**Minimum**
		Bqm^{-3}	
Siječanj	(7,13 ± 3,75)E-4	(1,96 ± 0,05)E-3	(3,35 ± 0,12)E-4
Veljača	(7,77 ± 3,39)E-4	(1,64 ± 0,04)E-3	(1,54 ± 0,08)E-4
Ožujak	(5,68 ± 1,90)E-4	(1,02 ± 0,02)E-3	(2,60 ± 0,09)E-4
Travanj	(7,47 ± 2,32)E-4	(1,23 ± 0,02)E-3	(2,22 ± 0,09)E-4
Svibanj	(5,81 ± 2,42)E-4	(1,26 ± 0,03)E-3	(1,82 ± 0,19)E-4
Lipanj	(1,04 ± 0,28)E-3	(1,65 ± 0,02)E-3	(5,77 ± 0,20)E-4
Srpanj	(9,11 ± 2,44)E-4	(1,33 ± 0,02)E-3	(5,04 ± 0,12)E-4
Kolovoz	(1,28 ± 0,56)E-3	(2,84 ± 0,05)E-3	(5,69 ± 0,32)E-4
Rujan	(1,10 ± 0,54)E-3	(2,70 ± 0,05)E-3	(4,98 ± 0,14)E-4
Listopad	(1,12 ± 0,58)E-3	(2,91 ± 0,03)E-3	(4,36 ± 0,12)E-4
Studeni	(6,79 ± 3,85)E-4	(1,65 ± 0,05)E-3	(2,25 ± 0,08)E-4
Prosinac	(6,71 ± 2,57)E-4	(1,39 ± 0,02)E-3	(3,25 ± 0,17)E-4
Prosjek	(8,47 ± 2,25)E-3		
Maksimum	(1,28 ± 0,56)E-3	(2,91 ± 0,03)E-3	
Minimum	(5,68 ± 1,90)E-4		(1,54 ± 0,08)E-4

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

Uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) stanice preko Petrianov filtera (FPP-15-1.5) jedan i pol metara iznad tla.

Gamaspektrometrijska analiza svih uzoraka provedena je gamaspektrometrijskim sustavom detektora u laboratoriju Jedinice za zaštitu od zračenja. Detektori su kristali germanija visoke čistoće, proizvođača ORTEC Oak Ridge, SAD, slijedećih karakteristika:

- Ge(Li) detektor (rezolucija 1,87 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co, relativna efikasnost 15,4% na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM detektor (rezolucija 1,75 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co, relativna efikasnost 21% na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GMX detektor (rezolucija 2,24 keV na 1.33 MeV, ^{60}Co, relativna efikasnost 74,3% na 1,33 MeV, ^{60}Co)

Detektori su smješteni u olovne kontejnere kako bi se osigurala zaštita i nisko osnovno zračenje; povezani su na računala s programskim paketima za skupljanje podataka - spektara, kao i obradu skupljenih gamaspektara. Programski paket GammaVision proizvođača ORTEC. Kalibracija efikasnosti provedena je standardima Češkog metrološkog instituta, osiguranje kvalitete određivanja radionuklida provodi se sustavnim sudjelovanjima u usporednim mjerenjima u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Zajedničkog istraživačkog centra JRC EC.

Analizirani su slijedeći radionuklidi:

Radionuklidi fisijskog porijekla (36 radionuklida):

^{24}Na, ^{51}Cr, ^{54}Mn, ^{56}Mn, ^{57}Co, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{88}Pb, ^{95}Zr, ^{95}Nb, ^{99}Mo, ^{99m}Te, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{110m}Ag, ^{124}Sb, ^{125}Sb, ^{129}I, ^{131}I, ^{132}I, ^{133}I, ^{134}I, ^{135}I, ^{132}Te, ^{134}Cs, ^{136}Cs, ^{137}Cs, ^{138}Cs, ^{140}Ba, ^{140}La, ^{141}Ce, ^{144}Ce, ^{239}Np, ^{241}Am.

Prirodni radionuklidi (13 radionuklida):

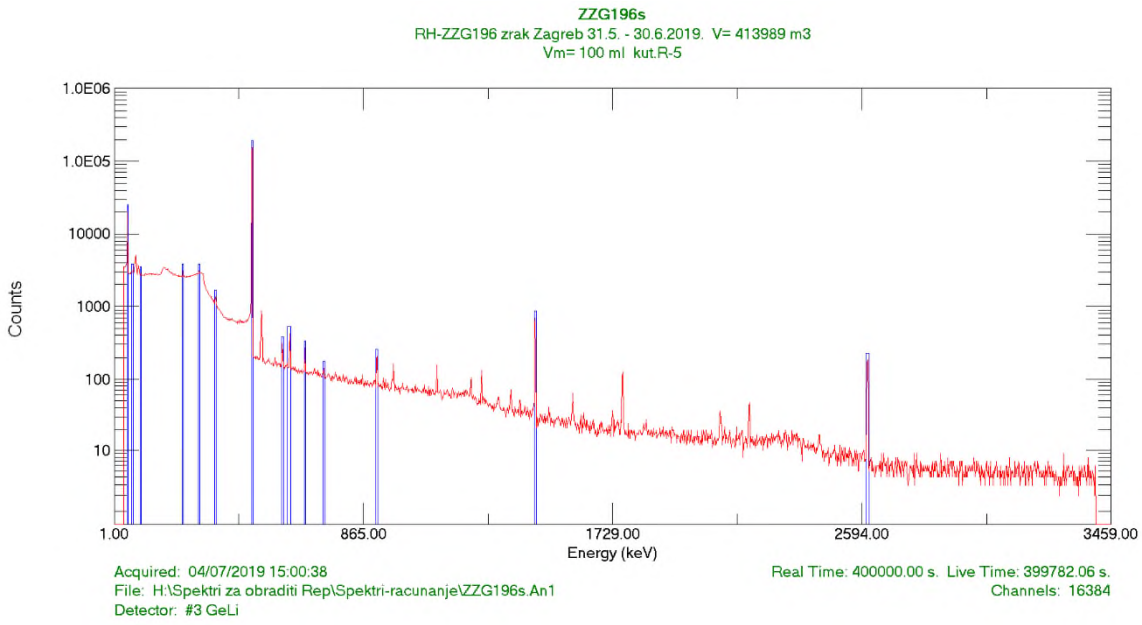
^{7}Be, ^{40}K, ^{208}Tl, ^{212}Bi, ^{214}Bi, ^{210}Pb, ^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{226}Ra, ^{228}Ac, ^{234m}Pa, ^{234}Th, ^{235}U.

Ukupno 49 radionuklida.

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

U tablicama su prikazane vrijednosti onih radionuklida koji su značajni za procjenu doza, a bilo ih je moguće izmjeriti.

Primjer gamaspektra prikazan je na slici:



Gamaspektar uzorka zraka skupljenog tijekom siječnja 2018. godine

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

ZAGREB

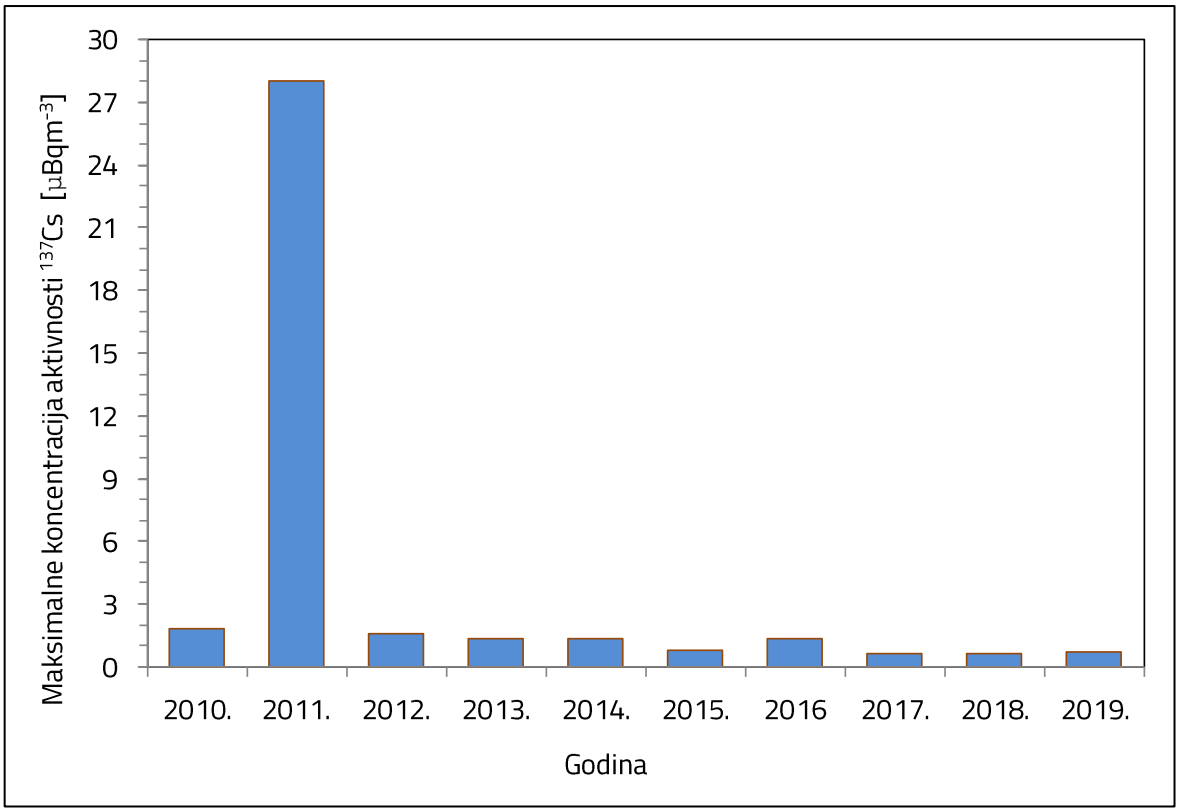
Razdoblje	^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqm^{-3}]	
31.12.2018.-28.1.2019.	(2,52 ± 0,01)E-3	(6,93 ± 0,39)E-7	(1,01 ± 0,02)E-5
28.1.-1.3.2019.	(4,41 ± 0,01)E-3	(4,73 ± 0,30)E-7	(8,20 ± 0,14)E-6
1.3.-2.4. 2019.	(5,41 ± 0,01)E-3	(3,10 ± 0,20)E-7	(7,23 ± 0,11)E-6
2.4.-30.4. 2019.	(7,26 ± 0,01)E-3	(5,54 ± 0,31)E-7	(4,22 ± 0,06)E-6
30.4.-31.5. 2019.	(4,27 ± 0,01)E-3	(2,11 ± 0,16)E-7	(1,42 ± 0,02)E-6
31.5.-30.6. 2019.	(8,46 ± 0,01)E-3	(2,89 ± 0,22)E-7	(9,21 ± 0,13)E-6
30.6.-30.7. 2019.	(4,81 ± 0,01)E-3	<(9,31 ± 0,96)E-8	(2,79 ± 0,04)E-6
30.7.-1.9. 2019.	(7,08 ± 0,01)E-3	(3,54 ± 0,28)E-7	(2,64 ± 0,04)E-5
1.9.-30.9. 2019.	(5,08 ± 0,01)E-3	<(1,71 ± 0,23)E-7	(3,28 ± 0,05)E-6
30.9.-4.11. 2019.	(5,21 ± 0,01)E-3	<(1,54 ± 0,23)E-7	(5,41 ± 0,08)E-6
4.11.-4.12. 2019.	(2,22 ± 0,01)E-3	(6,94 ± 0,43)E-7	(4,20 ± 0,06)E-5
4.12.-2.1.2020.	(3,43 ± 0,01)E-3	(4,20 ± 0,36)E-7	(1,56 ± 0,02)E-5

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

ZADAR

Mjeseci	^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqm^{-3}]	
I, II. i III.	(3,96 ± 0,11)E-3	<(5,66 ± 0,98)E-6	<(5,18 ± 0,17)E-5
IV, V. i VI.	(5,83 ± 0,16)E-3	<(5,62 ± 0,51)E-6	<(5,73 ± 0,16)E-5
VII, VIII. i IX.	(5,57 ± 0,11)E-3	<(4,88 ± 0,56)E-6	<(5,45 ± 0,13)E-5
X, XI. i XII.	(4,48 ± 0,15)E-3	<(6,10 ± 0,79)E-6	<(6,06 ± 0,18)E-5

U uzorcima zraka u Zagrebu najviša vrijednost koncentracije aktivnosti ^{137}Cs od 6,94E-01 μBqm^{-3} izmjerena je tijekom studenog 2019. godine. Od prirodnih radionuklida izmjerene su vrijednosti za kozmogeni ^{7}Be i terestrijalni ^{40}K. Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{7}Be u uzorcima zraka skupljenima u Zagrebu istog su reda veličine u odnosu na prošlu godinu i kretale se od 2,22 mBqm^{-3} tijekom studenog do 8,46 mBqm^{-3} tijekom lipnja 2019. godine. Koncentracije aktivnosti ^{40}K kretale su se od 1,42 μBqm^{-3} u svibnju do 42,0 μBqm^{-3} u studenom 2019. godine.



Najveće koncentracije ^{137}Cs u mjesečnim uzorcima zraka u gradu Zagrebu tijekom razdoblja 2009. – 2019.

2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U ZRAKU

Uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) stanice preko Petrianov filtera (FPP-15-1.5) jedan i pol metara iznad tla.

Mjesečni volumen prosisanog zraka iznosio je oko 400 000 m^3. Uzorak se raščinjava dušičnom i klorovodičnom kiselinom uz prisutstvo nosača stroncija. Iz dušično kisele otopine najprije se uklanja silicij, a nakon toga se talože stroncij i kalcij koji se kasnije odvajaju pomoću dušične kiseline. Nakon čišćenja ostalih primjesa, otopini stroncija dodaje se nosač Y i ostavi stajati oko šesnaest dana da se postigne radioaktivna ravnoteža. Nakon toga se itrij odvaja i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

Mjeseci	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
I-VI.	(7,01 ± 1,40) E-8
VII.-XII.	(4,73 ± 1,55) E-8

2.J SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{131}I U ZRAKU

ZAGREB

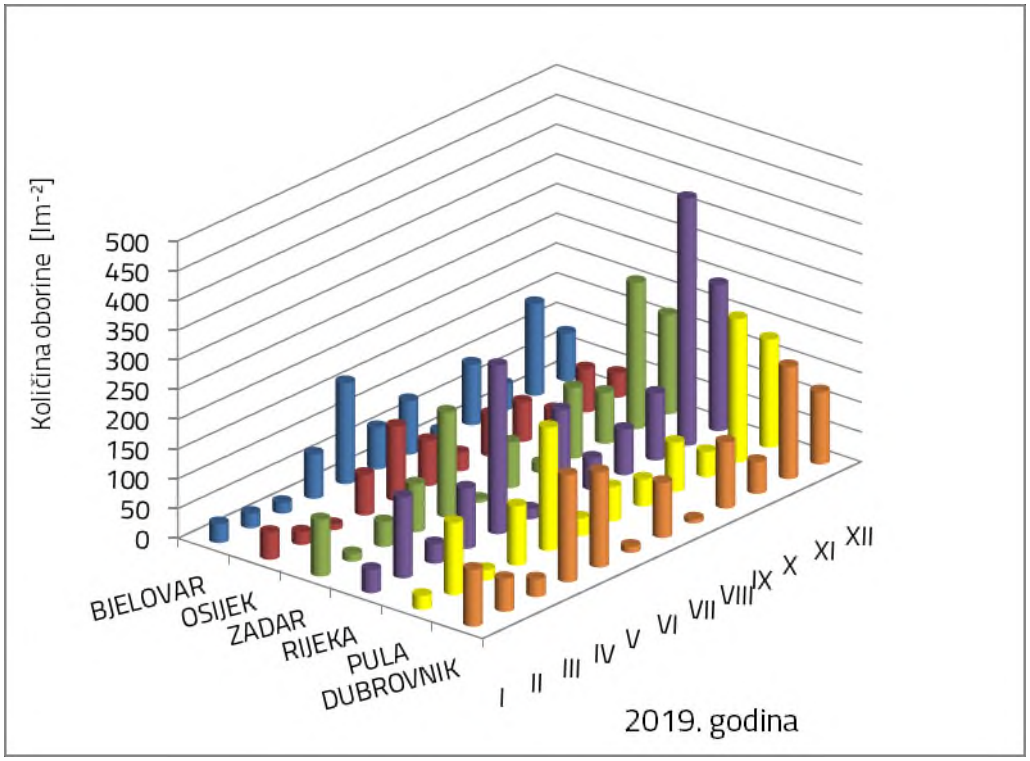
Uzorci zraka za specifično određivanje izotopa joda skupljaju se neprekidnim pumpanjem zraka kroz filtre za jod (TE1C TEDA Charcoal Cartrige) postavljenih jedan metar iznad tla tijekom 14 dana. Filtri se neposredno po prestanku pumpanja zraka gamaspektrometrijski analiziraju na prisutnost izotopa joda (tijekom 80000 sekundi). Provodi se izračun vremenske korekcije na razdoblje uzorkovanja.

Razdoblje	**Specifična aktivnost ^{131}I [Bqm^{-3}]**
14.-28.1. 2019.	< (4,85 ± 4,68) E-5
4.-18.2. 2019.	< (6,13 ± 5,71) E-5
4.-18.3. 2019.	< (4,72 ± 4,54) E-5
2.-16.4. 2019.	< (3,93 ± 4,89) E-5
6.-20.5. 2019.	< (7,02 ± 3,57) E-5
3.-17.6. 2019.	< (5,78 ± 2,05) E-5
24.-7.8. 2019.	< (7,11 ± 2,61) E-5
19.-2.9. 2019.	< (9,00 ± 4,09) E-5
2.-16.9. 2019.	< (7,53 ± 0,41) E-5
14.-28.10. 2019.	< (4,18 ± 0,01) E-5
4.-18.11. 2019.	< (7,59 ± 0,01) E-5
2.-16.12. 2019.	< (9,05 ± 0,01) E-5

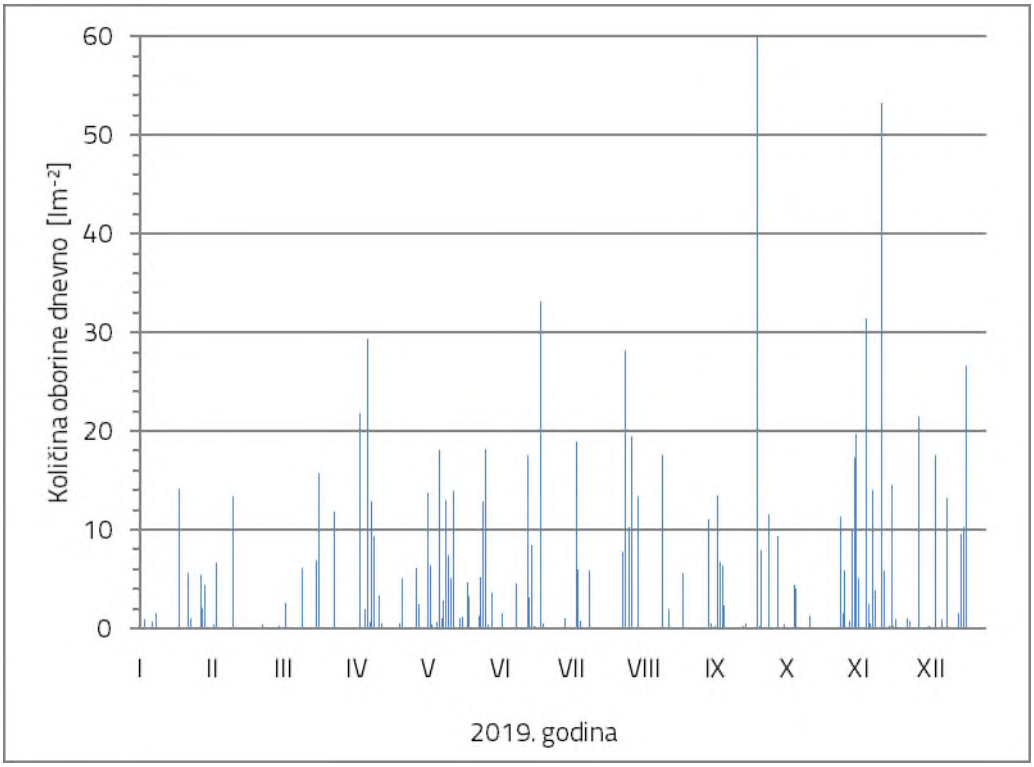
3. OBORINA

KOLIČINA OBORINE

REPUBLIKA HRVATSKA



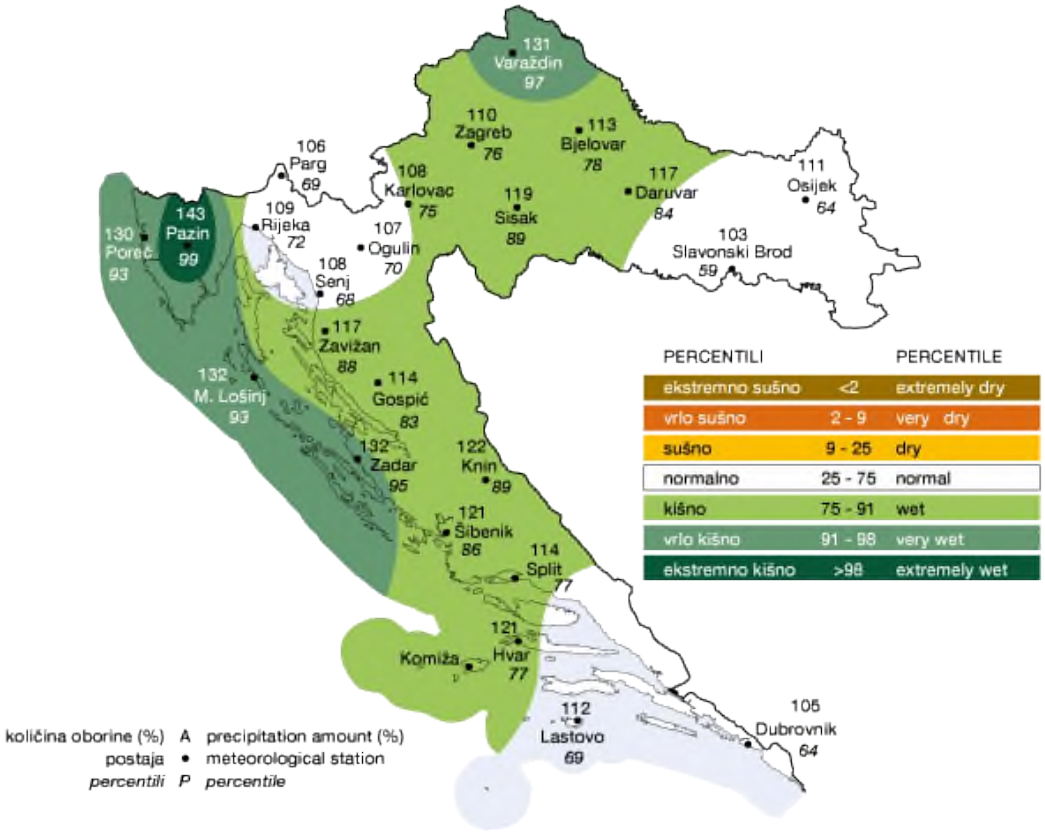
ZAGREB



Oborina se skuplja svakodnevno (u dane s oborinom) preko lijevaka površine 1 m² postavljenih na jedan metar iznad tla. U dnevnim uzorcima oborine određuje se ukupna beta aktivnost nakon 120 sati od uzorkovanja. Mjerenje beta radioaktivnosti provodi se u antikoincidentnim beta brojaču niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5. Kalibracija efikasnosti provedena je standardima Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA). Dnevni se uzorci spajaju u mjesečni (tromjesečni odnosno polugodišnji) zbrojni uzorak koji se uparava za potrebe gamaspektrometrijske analize, te za radiokemijsko određivanje stroncija i eventualno drugih radionuklida.

ODSTUPANJE KOLIČINE OBORINE U 2019. GODINI

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) pokazuje da je u 2019. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo kišno u odnosu na prosjek.



Izvor: DHMZ, 2019

3.B UKUPNA BETA AKTIVNOST OBORINE

UKUPNO, PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

Mjesec (n)*	**Količina oborine**	**Ukupno**	**Prosjek**	**Maksimum**	**Minimum**
	lm-2			**Bqm^{-2}**	
Siječanj (9)	36,1	1,51	(1,68 ± 0,11)E-1	(4,76 ± 0,13)E-1	(2,66 ± 0,07)E-2
Veljača (4)	20,8	0,63	(1,56 ± 0,17)E-1	(3,67 ± 0,15)E-1	(3,76 ± 0,06)E-2
Ožujak (6)	43,3	1,91	(3,18 ± 0,12)E-1	(5,45 ± 0,06)E-1	(3,02 ± 0,05)E-2
Travanj (12)	94,1	2,88	(2,40 ± 0,20)E-1	(1,01 ± 0,02)E+0	(1,57 ± 0,03)E-2
Svibanj (20)	130,9	3,50	(1,75 ± 0,15)E-1	(4,70 ± 0,07)E-1	(9,08 ± 0,33)E-3
Lipanj (9)	72,9	4,16	(4,63 ± 0,24)E-1	(1,49 ± 0,02)E+0	(3,93 ± 0,11)E-3
Srpanj (9)	98,5	3,25	(3,61 ± 0,26)E-1	(8,63 ± 0,27)E-1	(5,95 ± 0,11)E-2
Kolovoz (4)	38,5	2,58	(6,44 ± 0,30)E-1	(1,70 ± 0,03)E+0	(1,95 ± 0,03)E-1
Rujan (13)	133,3	2,61	(2,00 ± 0,36)E-1	(5,07 ± 0,57)E-1	(1,50 ± 0,04)E-2
Listopad (8)	38,1	0,93	(1,17 ± 0,11)E-1	(3,41 ± 0,12)E-1	(9,64 ± 0,37)E-3
Studeni (18)	182,3	2,17	(1,20 ± 0,28)E-1	(4,55 ± 0,19)E-1	(4,46 ± 0,27)E-3
Prosinac (9)	101,4	2,57	(2,86 ± 0,32)E-1	(1,54 ± 0,03)E+0	(2,65 ± 0,22)E-3
Ukupno	990,2	28,68			
Prosjek			(2,37 ± 0,24)E-1		
Maksimum		4,16	(6,44 ± 0,30)E-1	(1,70 ± 0,03)E+0 *(13.kolovoza)*	
Minimum		0,63	(1,20 ± 0,28)E-1		(2,65 ± 0,22)E-3 *(6.prosinca)*

***n** - broj dana s oborinom u pojedinom mjesecu

3.B UKUPNA BETA AKTIVNOST OBORINE

Ukupna beta aktivnost mjerena je u dnevnim uzorcima oborine skupljenim u Zagrebu. Tijekom 2019. godine izmjerena je maksimalna ukupna beta aktivnost od 1,70 Bqm^{-2} u kolovozu 2019. Minimalna ukupna beta aktivnost bila je 2,65 $mBqm^{-2}$ izmjerena u prosincu 2019. Ukupna količina oborine tijekom 2019. godine na skupljačkom mjestu u Zagrebu (lokacija Instituta i lokacija Vodoprivreda) iznosila je 990,2 L/m^2.

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

Gamaspektrometrijska analiza oborine provedena je na tromjesečnim uzorcima skupljenima u Zagrebu, Zadru i Osijeku, te na šestomjesečnim uzorcima skupljenima u Bjelovaru, Puli, Rijeci i Dubrovniku.

ZAGREB Mjeseci		**^{7}Be**	**^{137}Cs**	**^{40}K**
I. - III.	**[Bqm^{-3}]**	(1,82 ± 0,02)E+3	(1,36 ± 0,32)E+0	(4,65 ± 0,24)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,83 ± 0,02)E+2	(1,36 ± 0,32)E-1	(4,66 ± 0,24)E+0
IV. - VI.	**[Bqm^{-3}]**	(1,79 ± 0,02)E+3	(1,42 ± 0,17)E+0	(4,62 ± 0,21)E+0
	[Bqm^{-2}]	(5,34 ± 0,04)E+2	(4,24 ± 0,49)E-1	(1,38 ± 0,06)E+0
VII. - IX.	**[Bqm^{-3}]**	(6,95 ± 0,08)E+2	(5,56 ± 1,21)E-1	<(3,03 ± 0,17)E+0
	[Bqm^{-2}]	(1,88 ± 0,02)E+2	(1,50 ± 0,33)E-1	<(8,18 ± 0,46)E-1
X. - XII.	**[Bqm^{-3}]**	(6,71 ± 0,05)E+2	(1,52 ± 0,47)E-1	<(1,21 ± 0,10)E+0
	[Bqm^{-2}]	(2,16 ±0,02)E+2	(4,88 ± 1,50)E-2	<(3,89 ± 0,33)E-1

ZADAR Mjeseci		**^{7}Be**	**^{137}Cs**	**^{40}K**
I. - VI.	**[Bqm^{-3}]**	(2,85 ± 0,05)E+3	(2,51 ± 0,33)E+0	(3,70 ± 0,04)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,18 ± 0,02)E+3	(1,03 ± 0,14)E+0	(1,53 ± 0,02)E+1
VII. - IX.	**[Bqm^{-3}]**	(1,97 ± 0,36)E+2	<(2,04 ± 0,01)E+0	<(1,95 ± 0,14)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,17 ± 0,76)E+1	<(4,31 ± 0,03)E-1	<(4,12 ± 0,29)E+0
X. - XII.	**[Bqm^{-3}]**	(1,02 ± 0,06)E+3	<(2,18 ± 0,02)E+0	(2,12 ± 0,19)E+1
	[Bqm^{-2}]	(5,08 ± 0,29)E+2	<(1,09 ± 0,01)E-3	(1,06 ± 0,10)E+1

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

OSIJEK Mjeseci		^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
I - VI.	[Bqm^{-3}]	(6,98 ± 0,51)E+2	(3,89 ± 0,60)E-2	<(2,81 ± 0,06)E+1
	[Bqm^{-2}]	(2,41 ± 0,18)E+2	(1,34 ± 0,21)E-2	<(9,69 ± 0,20)E+0
VII - XII.	[Bqm^{-3}]	(6,21 ± 0,24)E+2	<(7,23 ± 0,02)E-1	(1,71 ± 0,11)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,92 ± 0,07)E+2	<(2,24 ± 0,01)E-1	(5,30 ± 0,34)E+0

BJELOVAR Mjeseci		^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
I - VI.	[Bqm^{-3}]	(3,83 ± 0,39)E+2	(1,20 ± 0,05)E+1	(3,99 ± 0,05)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,49 ± 0,15)E+2	(4,67 ± 0,19)E+0	(1,55 ± 0,02)E+1
VII - XII.	[Bqm^{-3}]	<(9,57 ± 0,04)E+1	(2,34 ± 0,24)E+1	<(3,15 ± 0,39)E+1
	[Bqm^{-2}]	<(4,64 ± 0,02)E+1	(1,14 ± 0,12)E+1	<(1,53 ± 0,19)E+1

PULA Mjeseci		^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
I - VI.	[Bqm^{-3}]	(8,26 ± 0,42)E+2	(6,28 ± 1,24)E+0	<(1,28 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,13 ± 0,21)E+2	(3,14 ± 0,62)E+0	<(6,40 ± 0,07)E+0
VII - XII.	[Bqm^{-3}]	(4,62 ± 0,57)E+2	(1,60 ± 0,19)E+1	<(2,64 ± 0,41)E+1
	[Bqm^{-2}]	(3,01 ± 0,37)E+2	(1,05 ± 0,13)E+1	<(1,72 ± 0,27)E+1

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

RIJEKA Mjeseci		^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
I - VI.	[Bqm^{-3}]	(5,80 ± 0,07)E+3	(3,44 ± 1,03)E+0	<(1,56 ± 0,02)E+1
	[Bqm^{-2}]	(3,54 ± 0,04)E+3	(2,10 ± 0,63)E+0	<(9,51 ± 0,12)E+0
VII - XII.	[Bqm^{-3}]	(1,23 ± 0,10)E+3	(1,11 ± 0,16)E+1	<(2,59 ± 0,30)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,30 ± 0,10)E+3	(1,18 ± 0,17)E+0	<(2,75 ± 0,32)E+1

DUBROVNIK Mjeseci		^{7}Be	^{137}Cs	^{40}K
I - VI.	[Bqm^{-3}]	(1,98 ± 0,18)E+3	(4,42 ± 1,18)E+0	<(3,17 ± 0,21)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,06 ± 0,10)E+3	(2,35 ± 0,63)E+0	<(1,69 ± 0,11)E+1
VI. - XII.	[Bqm^{-3}]	(6,73 ± 2,14)E+2	(2,35 ± 0,44)E+1	<(4,84 ± 0,52)E+1
	[Bqm^{-2}]	(3,87 ± 1,23)E+3	(1,35 ± 0,25)E+1	<(2,78 ± 0,30)E+1

3.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U OBORINAMA

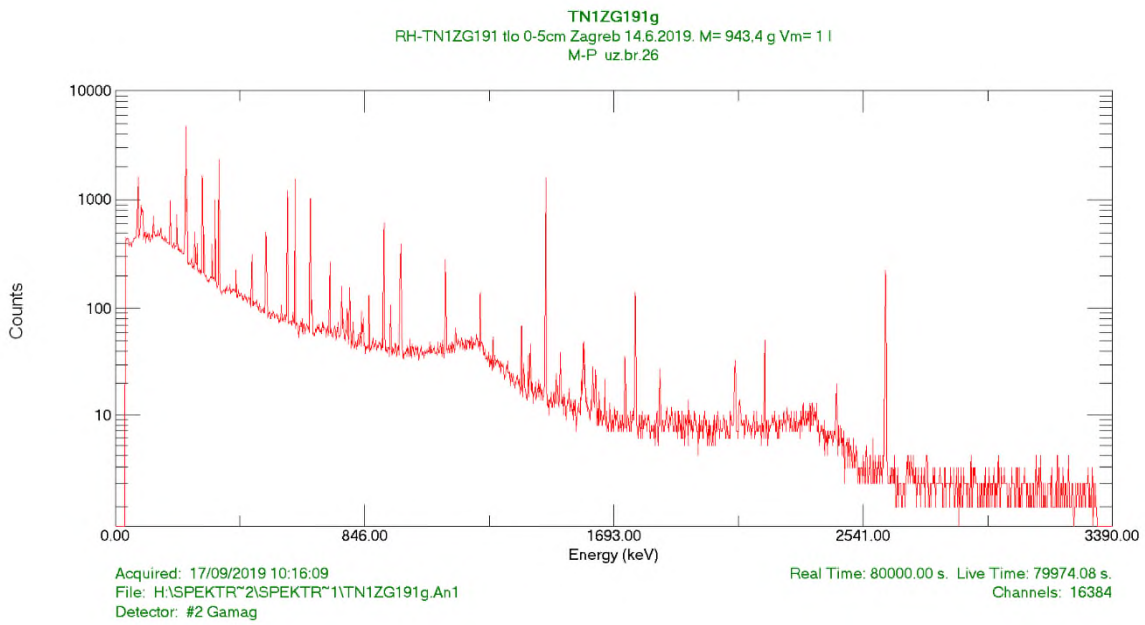
^{90}Sr određuje se u alikvotu zbrojnih mjesečnih (polugodišnjih) uzoraka oborine. Alikvot oborine upari se do suhog. Isparni se ostatak tretira dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a ^{90}Sr se određuje ekstrakcijom TBP-om. Dodaje se nosač itrija, odvaja se ^{90}Y (radioaktivna ravnoteža sa ^{90}Sr) i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB **Mjeseci**		**^{90}Sr**
I - III.	**[Bqm^{-3}]**	(2,60 ± 2,49)E-1
	[Bqm^{-2}]	(2,60 ± 2,50)E-2
IV - VI.	**[Bqm^{-3}]**	(4,83 ± 1,57)E-1
	[Bqm^{-2}]	(1,44 ± 0,47)E-1
VII - IX.	**[Bqm^{-3}]**	(2,56 ± 1,15)E-1
	[Bqm^{-2}]	(6,90 ± 3,10)E-2
X - XII.	**[Bqm^{-3}]**	(3,96 ± 1,28)E-1
	[Bqm^{-2}]	(1,27 ± 0,41)E-1

4. TLO

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

Uzorkovanje tla provodi se bušačem promjera 10 cm na površini od 1 m^2 u slojevima 0 – 5, 5 – 10 i 10 – 15 cm za neobrađeno tlo. Uzorci se suše i prosijavaju te pakiraju u Marinelli posude za potrebe gamaspektrometrijske analize.



Primjer gamaspektra uzorka tla

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 14.6.2019.

Sloj [cm]		^{137}Cs	^{40}K		K
0-5	[Bqkg^{-1}]	(1,45 ± 0,02)E+1	(4,79 ± 0,04)E+2	[gkg^{-1}]	(1,55 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(9,23 ± 0,09)E+2	(3,05 ± 0,03)E+4	[gm^{-2}]	(9,87 ± 0,09)E+2
5-10	[Bqkg^{-1}]	(1,65 ± 0,03)E+1	(4,86 ± 0,04)E+2	[gkg^{-1}]	(1,57 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,05 ± 0,02)E+3	(3,09 ± 0,03)E+4	[gm^{-2}]	(1,00 ± 0,01)E+3
10-15	[Bqkg^{-1}]	(2,05 ± 0,03)E+1	(4,70 ± 0,04)E+2	[gkg^{-1}]	(1,52 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(1,30 ± 0,02)E+3	(2,99 ± 0,03)E+4	[gm^{-2}]	(9,69 ± 0,08)E+2

ZADAR

Datum uzorkovanja: 18.4.2019.

Sloj [cm]		^{137}Cs	^{40}K		K
0-5	[Bqkg^{-1}]	(1,05 ± 0,01)E+1	(3,22 ± 0,02)E+2	[gkg^{-1}]	(1,04 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,02 ± 0,04)E+2	(1,23 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(3,97 ± 0,03)E+2
5-10	[Bqkg^{-1}]	(1,07 ± 0,01)E+1	(3,11 ± 0,02)E+2	[gkg^{-1}]	(1,00 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,07 ± 0,04)E+2	(1,19 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(3,84 ± 0,03)E+2
10-15	[Bqkg^{-1}]	(9,44± 0,16)E+0	(2,96 ± 0,02)E+2	[gkg^{-1}]	(9,58 ± 0,07)E+0
	[Bqm^{-2}]	(3,61 ± 0,03)E+2	(1,13 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(3,66 ± 0,03)E+2

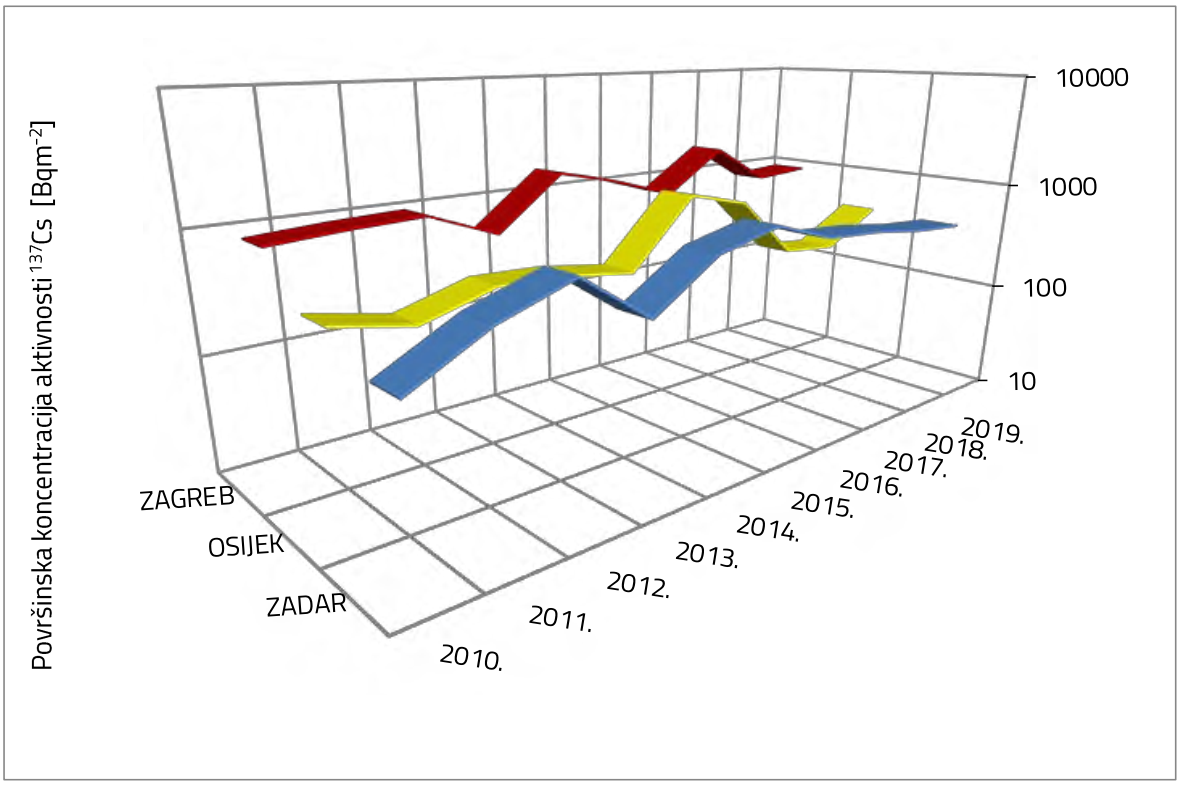
4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 8.4.2019.

Sloj [cm]		^{137}Cs	^{40}K		K
0-5	[Bqkg^{-1}]	(1,14 ± 0,03)E+1	(6,47 ± 0,03)E+2	[gkg^{-1}]	(2,09 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,34 ± 0,01)E+2	(2,47 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(7,99 ± 0,04)E+2
5-10	[Bqkg^{-1}]	(1,21 ± 0,02)E+1	(6,62 ± 0,03)E+2	[gkg^{-1}]	(2,14 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(4,63 ± 0,07)E+2	(2,53 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(8,18 ± 0,04)E+2
10-15	[Bqkg^{-1}]	(9,79 ± 0,15)E+0	(6,27 ± 0,03)E+2	[gkg^{-1}]	(2,03 ± 0,01)E+1
	[Bqm^{-2}]	(3,74 ± 0,06)E+2	(2,39 ± 0,01)E+4	[gm^{-2}]	(7,74 ± 0,04)E+2

Na slikama su prikazane vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m^2] izmjerenih u prvim slojevima neobrađenog tla od 2010. do 2019. godine.



Površinske koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u [Bq/m^2] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u prvim slojevima neobrađenih tala istog su reda veličine u odnosu na prošlu godinu na svim lokacijama uzorkovanja.

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

Uzorci tla se nakon sušenja, prosijavanja i žarenja obrađuju modificiranom Bryantovom metodom. Kalcij služi kao nosač. Kemijsko iskorištenje stroncija dobije se titracijom kalcija na početku i kraju analize. Itrij se istaloži nakon šesnaest dana i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 14.6.2019.

Sloj [cm]	^{90}Sr [Bqkg^{-1}]	^{90}Sr [Bqm^{-2}]
0 - 5	(4,42± 1,39)E-1	(3,49 ± 1,10)E+1
5 - 10	(4,36 ± 1,06)E-1	(2,15 ± 0,52)E+1
10 - 15	(4,63±1,25)E-1	(1,88± 0,51)E+1

ZADAR

Datum uzorkovanja: 18.4.2019.

Sloj [cm]	^{90}Sr [Bqkg^{-1}]	^{90}Sr [Bqm^{-2}]
0 - 5	(1,45 ± 0,33)E+0	(7,85 ± 1,81)E+1
5 - 10	(1,03 ± 0,23)E+0	(4,40 ± 1,02)E+1
10 - 15	(1,34 ± 0,31)E+0	(7,17 ± 1,68)E+1

4.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

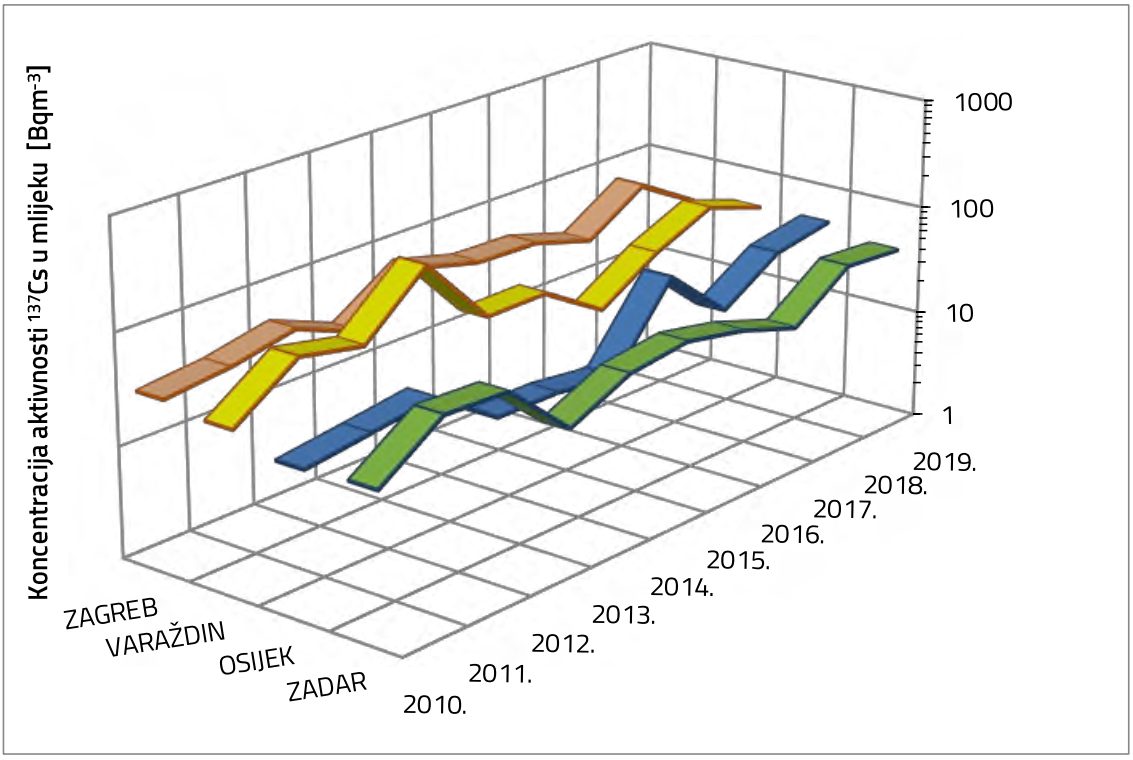
OSIJEK

Datum uzorkovanja: 8.4.2019.

Sloj [cm]	^{90}Sr [Bqkg^{-1}]	^{90}Sr [Bqm^{-2}]
0 - 5	(3,65 ± 1,0)E-1	(1,96 ± 0,54)E+1
5 - 10	(7,07 ± 1,68)E-1	(2,15± 0,72)E+1
10 - 15	(8,76 ± 2,06)E-1	(4,58± 1,08)E+1

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

Na uzorcima prvih slojeva neobrađenih uzoraka tala, na kojima je gamaspektrometrijski određivan ^{137}Cs, radiokemijskom analizom određen je i ^{90}Sr. Na slikama su prikazani trendovi koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla.



Površinske koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u Bq/m^2 izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

U odnosu na prošlogodišnje vrijednosti, izmjerene koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla istog su reda veličine..

5. RIJEKE

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Uzorci rječnih voda volumena od 50 l uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqm^{-3}]	
Rijeka SAVA			
ZAGREB	20.2.2019.	(9,32 ± 1,51)E-1	(4,58 ± 0,19)E+1
	14.6.2019.	<(4,09 ± 0,92)E-1	(6,42 ± 0,26)E+1
	21.10.2019.	<(8,36 ± 0,02)E-1	<(7,43 ± 0,04)E+0
	4.12.2019.	(9,35 ± 0,99)E+0	<(1,44 ± 0,13)E+1
HARMICA	4.3.2019.	(5,37 ± 1,43)E-1	(7,75 ± 0,40)E+1
	23.7.2019.	(8,27 ± 0,39)E+0	(3,77 ± 0,09)E+2
	21.10.2019.	<(7,24 ± 1,98)E-1	(3,63 ± 0,20)E+1
	11.12.2019.	(1,08 ± 0,06)E+1	(7,20 ± 0,42)E+1
SISAK	26.2.2019.	(1,02 ± 0,17)E+0	(6,17 ± 0,28)E+1
	14.6.2019.	<(7,98 ± 1,51)E-1	(1,86 ± 0,07)E+1
	21.10.2019.	<(8,64 ± 1,77)E-1	(4,39 ± 0,28)E+1
	2.12.2019.	(7,48 ± 1,00)E+0	<(1,81 ± 0,26)E+1
ŽUPANJA	8.4.2019.	(6,60 ± 1,35)E-1	(5,05 ± 0,21)E+1
	10.9.2019.	(1,68 ± 0,31)E+0	(3,27 ± 0,18)E+1
	3.12.2019.	<(1,49 ± 0,17)E+0	(2,23 ± 0,18)E+1

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs [Bqm^{-3}]	^{40}K [Bqm^{-3}]
Rijeka DRAVA			
VARAŽDIN	26.2.2019.	(1,60 ± 0,17)E+0	(8,16 ± 0,32)E+1
	11.10.2019.	<(1,05 ± 0,02)E+0	<(1,17 ± 0,01)E+1
OSIJEK	8.4.2019.	(5,82 ± 0,40)E+0	(9,29 ± 0,42)E+1
	11.9.2019.	(8,79 ± 0,98)E+0	<(1,70 ± 0,33)E+1

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs [Bqm^{-3}]	^{40}K [Bqm^{-3}]
Rijeka DUNAV			
BATINA	9.4.2019.	(6,69 ± 0,41)E+0	(1,12 ± 0,05)E+2
	11.9.2019.	(1,77 ± 0,28)E+0	(4,87 ± 0,25)E+2
VUKOVAR	8.4.2019.	(7,62 ± 0,44)E+0	(1,00 ± 0,04)E+2
	10.9.2019.	(1,11 ± 0,15)E+1	<(2,39 ± 0,42)E+1
Rijeka NERETVA			
OPUZEN	15.10.2019.	<(6,99 ± 2,12)E-1	(5,19 ± 0,33)E+1
Rijeka KRKA			
SKRADIN	17.4.2019.	(5,37 ± 1,25)E-1	(1,24 ± 0,06)E+1

Gamaspektrometrijska analiza provedena je na jednokratno skupljenim uzorcima voda rijeke Drave (Varaždin i Osijek), rijeke Save (Harmica, Sisak, Zagreb i Županja), rijeke Dunav (Batina i Vukovar), rijeke Neretve (Opuzen) i rijeke Krke (Skradin). Najniža mjerljiva

koncentracija aktivnosti ^{137}Cs od 0,932 Bqm^{-3} izmjerena je u veljači u vodi rijeke Save u Zagrebu, a najviša u prosincu u rijeci Savi kod Harmice od 10,8 Bqm^{-3}. Koncentracija aktivnosti prirodnog ^{40}K u uzorcima rječnih voda kretala se od 12,4 Bqm^{-3} u vodi rijeke Krke u Skradinu u travnju 2019. godine do 487 Bqm^{-3} u rijeci Dunav u Batini u rujnu 2019. godine.

5.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U RJEČNIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Rijeka SAVA		
ZAGREB	20.2.2019.	(2,52 ± 0,39)E+0
HARMICA	4.3.2019.	(5,10 ± 1,66)E-1
SISAK	26.2.2019.	(4,86 ± 2,55)E-1
ŽUPANJA	8.4.2019.	(6,36 ± 1,96)E-1

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Rijeka DRAVA		
VARAŽDIN	26.2.2019.	(4,81 ± 2,15)E-1
OSIJEK	8.4.2019.	(1,45 ± 0,34)E+0

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Rijeka DUNAV		
BATINA	9.4.2019.	(1,06 ± 0,26)E+0
VUKOVAR	8.4.2019.	(9,13 ± 2,29)E-1

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Rijeka NERETVA		
OPUZEN	15.10.2019.	(9,62 ± 2,32)E-1

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Rijeka KRKA		
SKRADIN	17.4.2019.	(9,18 ± 2,63)E-1

6. JEZERA

6.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA JEZERSKIH VODA

Jednokratni uzorci jezerskih voda volumena od 50 l uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{137}Cs**	**^{40}K**
		[Bqm^{-3}]	
Plitvička jezera			
KOZJAK	5.6.2019.	(1,55 ± 0,27)E+0	<(9,61 ± 0,89)E+0
Vransko jezero			
VRANA	17.4.2019.	(5,89 ± 1,44)E-1	(2,88 ± 0,05)E+2
	1.10.2019.	(1,14 ± 0,12)E+1	(1,95 ± 0,12)E+2

6.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U JEZERSKIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Plitvička jezera		
KOZJAK	5.6.2019.	(1,32 ± 0,31)E+0

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
Vransko jezero		
VRANA	17.4.2019.	(6,95 ± 0,24)E-1

7. MORE

7.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORA

Jednokratno se skuplja uzorak od dvadeset do trideset litara mora uparava se na volumen od jedne litre. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, da se u uzorku postigne ravnoteža radijevih potomaka nakon čega se provodi gamaspektrometrijska analiza. Sadržaj kalija određuje se gravimetrijski, taloženjem kalignostom (Na-tetrafenilborat).

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{137}Cs / [Bqm^{-3}]**	**K / [gm^{-3}]**
ROVINJ	26.4.2019.	(3,56 ± 0,35)E+1	468
	19.9.2019.	(3,10 ± 0,29)E+1	371
PLOMINSKI ZALJEV	26.4.2019.	(2,92 ± 0,32)E+1	456
	19.9.2019.	(3,28 ± 1,08)E+0	396
RIJEKA	26.4.2019.	<(6,29 ± 0,03)E+0	354
	19.9.2019.	(2,13 ± 0,36)E+1	162
KAŠTELANSKI ZALJEV	7.6.2019.	(3,94 ± 0,45)E+1	362
	14.10.2019.	(4,41 ± 0,79)E+1	297
SPLIT	7.6.2019.	(3,10 ± 0,31)E+1	355
	14.10.2019.	<(2,59 ± 0,01)E+0	394
DUBROVNIK	6.6.2019.	(2,68 ± 0,30)E+1	250
	15.10.2019.	(4,10 ± 0,43)E+1	208

Morska voda je uzorkovana duž cijele jadranske obale (u Rovinju, Rijeci, Plominskom zaljevu, Kaštelanskom zaljevu, Splitu i Dubrovniku). Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs kretale su se od 3,28 Bq/m^3 u rujnu u Plominskom zaljevu do 44,1 Bq/m^3 u listopadu 2019. godine u Kaštelanskom zaljevu.

7.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr u MORSKOJ VODI

Lokacija	Datum uzorkovanja	^{90}Sr / [Bqm^{-3}]
Rovinj	26.4.2019.	(5,94 ± 0,08)E-1
Split	6.6.2019.	(6,92 ± 0,09)E-1

7.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORSKIH MOBILNIH INDIKATORSKIH ORGANIZAMA

Jednokratno skupljeni uzorci indikatorskih organizama spaljuju se otvorenim plamenom, a nakon toga u peći na 450 °C. Volumni alikvot pepela mjeri se gamaspektrometrijski.

Mjesto	**Vrsta**	**Datum uzorkovanja**	**^{137}Cs**	**^{40}K**
			[Bqkg^{-1}]	
ROVINJ	Muzgavci	26.4.2019.	<(4,33 ± 0,01)E-2	(6,67 ± 0,09)E+1
PLOMINSKI ZALJEV	Muzgavci	11.11.2019.	(9,94 ± 1,13)E-1	(8,37 ± 0,20)E+1
RIJEKA	Muzgavci	19.9.2019.	(8,57 ± 1,03)E-1	(5,88 ± 0,19)E+1
NOVIGRADSKO MORE	Muzgavci	18.4.2019.	<(5,16 ± 0,01)E-2	(8,63 ± 0,11)E+1
SPLIT	Muzgavci	7.6.2019.	(1,33 ± 0,34)E-2	(7,36 ± 0,10)E+1
DUBROVNIK	Lignjuni	6.6.2019.	<(4,38 ± 0,01)E-2	(9,25 ± 0,10)E+1

Kako bi se dobila potpunija slika o radioaktivnoj kontaminaciji mora, analizirani su i jednokratno skupljeni bioindikatorski organizami u Rovinju, Plominskom zaljevu, Rijeci, Novigradskom moru, Splitu, te Dubrovniku. Polovina izmjerenih koncentracija aktivnosti ^{137}Cs bila je ispod granice detekcije.

8. VODA ZA PIĆE

8.1. VODOVODNA VODA

8.2. SPREMNICI ZA KIŠNICU

8.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODOVODNIH VODA

Uzorci vodovodne vode u Zagrebu skupljaju se svakodnevno po jednu litru i spajaju u zbrojni tromjesečni uzorak, ukupno oko 90 litara. Tako skupljeni uzorci upareni su na volumen jedne litre i mjereni gamaspektrometrijski. U ostalim mjestima uzorkovanje je provedeno jednokratno (volumena oko 50 litara).

ZAGREB

Mjesec	^{137}Cs	^{40}K
	[Bqm^{-3}]	
I.-III.	<(3,44 ± 0,04)E-1	(7,48 ± 0,22)E+1
IV.-VI.	(7,80 ± 1,71)E-1	(2,77 ± 0,12)E+1
VII.-IX.	(9,85 ± 2,93)E-1	(6,81 ± 0,25)E+1
X.-XII.	(5,24 ± 1,91)E-1	(6,59 ± 0,31)E+1

JEDNOKRATNI UZORCI

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs / [Bqm^{-3}]
OSIJEK	11.9.2019.	(1,43 ± 0,37)E+0
PULA (ISTARSKI VODOVOD)	26.4.2019.	(1,31 ± 0,20)E-1
SPLIT	7.6.2019.	(8,26 ± 1,65)E-1
DUBROVNIK	15.10.2019.	<(4,87 ± 0,01)E-1

8.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U VODOVODNOJ VODI

Upareni ostatak zbrojnog tromjesečnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

Mjesec	**^{90}Sr / [Bqm^{-3}]**
I.-III.	(2,76 ± 0,96)E-1
IV.-VI.	(2,53 ± 0,92)E-1
VII.-IX.	(1,98 ± 1,08)E-1
X.-XII.	(2,01 ± 1,09)E-1

8.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Iz spremnika za kišnicu jednokratno se uzorkuje voda volumena od 25 do 50 litara i uparava na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijevih potomaka.

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{137}Cs [Bqm^{-3}]**
BALE	19.9.2019.	<(6,52 ± 0,01)E-1
DOLI	6.6.2019.	(1,19 ± 0,34)E+0
MARINA	17.4.2019.	<(3,67 ± 1,06)E-1
PAG	1.10.2019.	<(8,04 ± 0,02)E-1

8.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U VODAMA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqm^{-3}]**
BALE	19.9.2019.	(6,32 ± 1,45)E+0
DOLI	6.6.2019.	(8,69 ± 3,20)E-1
MARINA	17.4.2019.	(2,38 ± 0,63)E+0
PAG	1.10.2019.	(6,30 ± 2,88)E-1

9. PREHRAMBENI ARTIKLI

9.1. MLIJEKO

9.2. OSTALA LJUDSKA HRANA

9.3. CJELOVITI OBROCI HRANE

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

Skupljani su dnevni uzorci mlijeka i spajani u zbrojne mjesečne, koji se spaljuju pod infracrvenim lampama, otvorenim plamenom, a potom u peći na 450 °C. Na alikvotu pepela provodi se gamaspektrometrijska analiza.

MLJEKARA - **ZAGREB**

Mjesec	**^{137}Cs**	
	[Bql^{-1}]	**[Bqg^{-1}(K)]**
Siječanj	(4,10 ± 0,61)E-2	(2,65 ± 0,40)E-2
Veljača	(6,98 ± 0,47)E-2	(4,28 ± 0,29)E-2
Ožujak	(4,20 ± 0,77)E-2	(2,52 ± 0,46)E-3
Travanj	(8,17 ± 1,06)E-2	(5,12 ± 0,67)E-2
Svibanj	(3,95 ± 0,56)E-2	(2,28 ± 0,36)E-2
Lipanj	(1,50 ± 0,25)E-2	(9,47 ± 1,61)E-3
Srpanj	(1,52 ± 0,27)E-2	(1,05 ± 0,19)E-2
Kolovoz	(1,46 ± 0,27)E-2	(9,39 ± 1,71)E-3
Rujan	(3,05 ± 0,49)E-2	(1,46 ± 0,24)E-2
Listopad	(1,89 ± 0,44)E-2	(1,23 ± 0,28)E-2
Studeni	(1,86 ± 0,35)E-2	(1,32 ± 0,25)E-2
Prosinac	<(1,70 ± 0,27)E-2	-

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA - **OSIJEK**

Mjesec	^{137}Cs	
	[Bql^{-1}]	[Bqg^{-1}(K)]
I.-II.	(4,57 ± 0,72)E-2	(3,24 ± 0,51)E-2
III.-IV.	(4,07 ± 0,89)E-2	(2,85 ± 0,63)E-2
V.-VI.	<(1,00 ± 0,01)E-2	-
VII.-VIII.	<(1,01 ± 0,17)E-2	-
IX.-X.	<(9,06 ± 1,05)E-3	-
XI.-XII.	<(1,19 ± 0,45)E-2	-

MLJEKARA - **ZADAR**

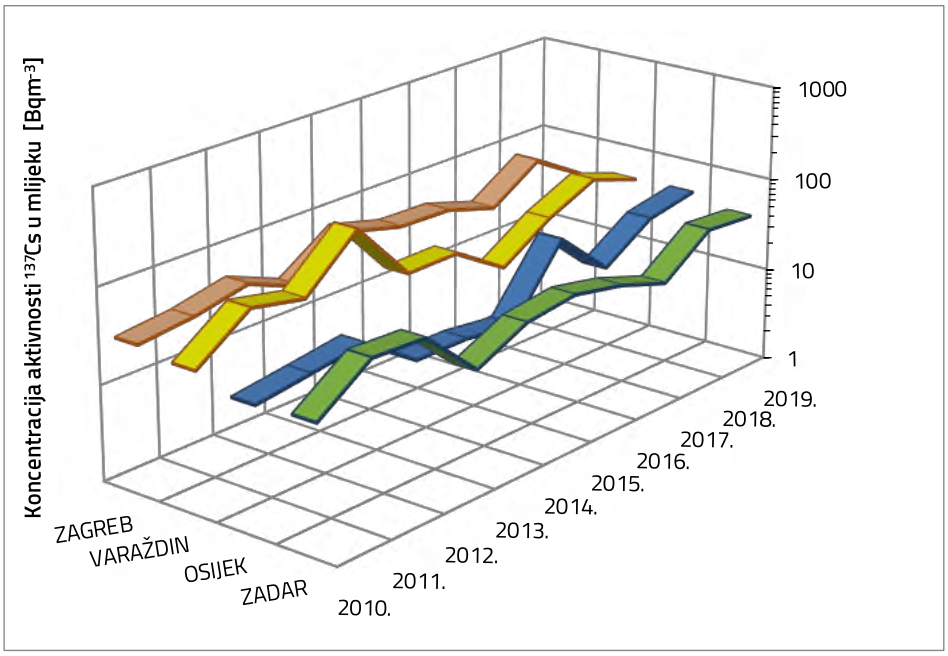
Mjesec	^{137}Cs	
	[Bql^{-1}]	[Bqg^{-1}(K)]
I.-II.	(5,43 ± 0,83)E-2	(3,62 ± 0,56)E-2
III.-IV.	(6,03 ± 0,71)E-2	(4,34 ± 0,51)E-2
V.-VI.	<(1,08 ± 0,19)E-2	-
VII.-VIII.	<(1,25 ± 0,24)E-2	-
IX.-X.	(1,86 ± 0,31)E-2	(1,19 ± 0,20)E-2
XI.-XII.	<(1,41 ± 0,33)E-2	-

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA – **VARAŽDIN**

Mjesec	^{137}Cs	
	[Bql^{-1}]	[Bqg^{-1}(K)]
I.-II.	(3,70 ± 0,52)E-2	(2,30 ± 0,33)E-2
III.-IV.	(4,18 ± 0,78)E-2	(2,57 ± 0,48)E-2
V.-VI.	(5,50 ± 0,60)E-2	(3,54 ± 0,39)E-2
VII.-VIII.	(1,40 ± 0,19)E-2	(9,17 ± 1,23)E-3
IX.-X.	<(1,20 ± 0,27)E-2	-
XI.-XII.	(2,67 ± 0,65)E-2	(1,69 ± 0,41)E-2

Gamaspektrometrijske analize provedene su na zbrojnim mjesečnim (Zagreb) i dvomjesečnim uzorcima skupljenima u mljekarama u Osijeku, Zadru, i Varaždinu. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ^{137}Cs prikazane su na slici.



Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

9.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

Mjesečni su uzorci mlijeka spaljeni na 650 °C. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrijevog nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

MLJEKARA – **ZAGREB**

Mjesec	**^{90}Sr [Bql^{-1}]**
Siječanj	(4,82 ± 0,76)E-2
Veljača	(4,63 ± 0,75)E-2
Ožujak	(9,91 ± 1,40)E-2
Travanj	(5,79 ± 0,90)E-2
Svibanj	(3,53 ± 0,88)E-2
Lipanj	(3,68 ± 0,93)E-2
Srpanj	(3,67 ± 0,90)E-2
Kolovoz	(2,66 ± 0,68)E-2
Rujan	(4,60 ± 1,11)E-2
Listopad	(1,42 ± 0,56)E-2
Studeni	(4,33 ± 1,07)E-2
Prosinac	(3,36 ± 0,83)E-2

9.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - **OSIJEK**

Mjesec	**^{90}Sr [Bql^{-1}]**
I. - II.	(1,05 ± 0,15)E-2
III.-IV.	(5,28 ± 0,84)E-2
V.-VI.	(3,97 ± 0,97)E-2
VII.-VIII.	(4,98 ± 1,20)E-2
IX.-X.	(4,56 ± 1,13)E-2
XI. - XII.	(3,99 ± 1,00)E-2

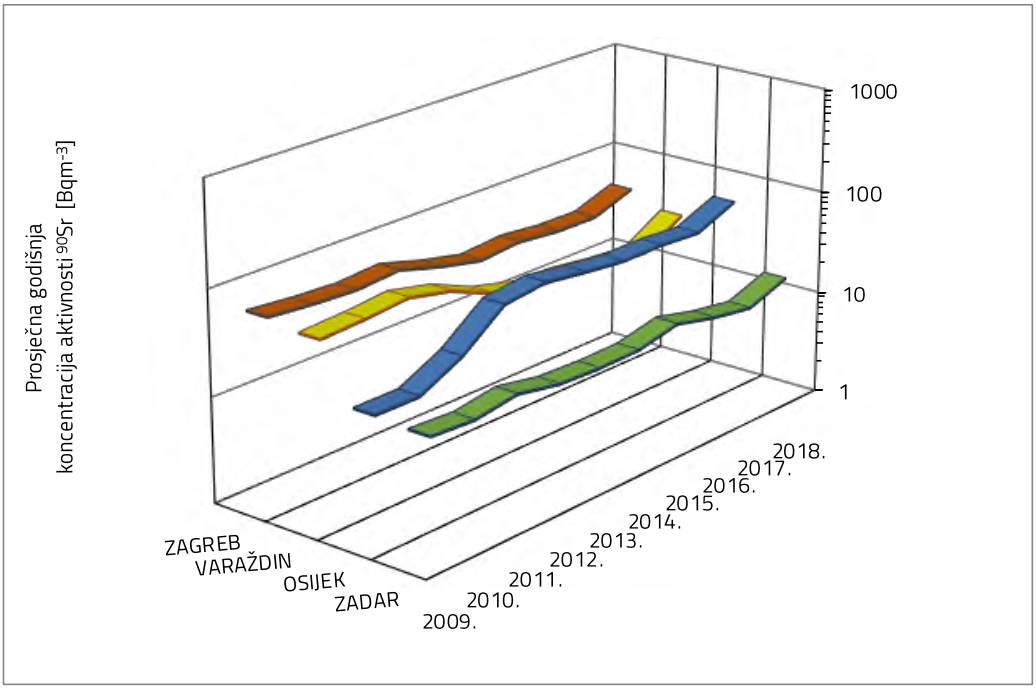
MLJEKARA - **ZADAR**

Mjesec	**^{90}Sr [Bql^{-1}]**
I. - II.	(1,37 ± 0,49)E-2
III.-IV.	(1,37 ± 0,44)E-2
V.-VI.	(1,10 ± 0,34)E-2
VII.-VIII.	(8,90 ± 3,10)E-3
X.-XII.	(1,20 ± 0,39)E-2

9.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - **VARAŽDIN**

Mjesec	**^{90}Sr [Bql^{-1}]**
I. - II.	(2,26 ± 0,47) E-2
III.-IV.	(2,64 ± 0,53) E-2
V.-VI.	(2,00 ± 0,73) E+0
VII.-VIII.	(2,63 ± 0,69) E-2
IX.-X.	(2,53 ± 0,68) E-2
XI. - XII.	(2,09 ± 0,58) E-2



Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima mlijeka istog su reda veličine kao i prethodnih godina.

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

Uzorci ljudske hrane skupljaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrometrijsko mjerenje.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqkg^{-1}]	
Blitva	29.4.2019.	(2,96 ± 0,55)E-2	(7,92 ± 0,03)E+1
Salata	29.4.2019.	(1,05 ± 0,31)E-2	(6,71 ± 0,02)E+1
Jabuke	18.10.2019.	(2,16 ± 0,13)E-1	(3,04 ± 0,03)E+1
Krumpir	18.10.2019.	(2,31 ± 0,37)E-2	(9,72 ± 0,03)E+1
Jaja	29.4.2019.	<(1,06 ± 0,01)E-1	(4,39 ± 0,02)E+1
Svinjetina	18.10.2019.	(1,93 ± 0,49)E-1	(9,08 ± 0,18)E+1
Piletina	29.4.2019.	(5,68 ± 0,55)E-1	(1,13 ± 0,01)E+2
Riba/pastrva	29.4.2019.	(6,14 ± 1,76)E-2	(9,82 ± 0,06)E+1
Grah	11.9.2019.	<(5,30 ± 0,89)E-1	(4,25 ± 0,02)E+2
Samoniklo bilje - gljive	27.10.2019.	<(6,69 ± 3,11)E-1	<(6,55 ± 0,10)E+0
Šumsko voće - borovnice	7.6.2019.	(1,37 ± 0,12)E+0	(3,86 ± 0,10)E+1

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqkg^{-1}]	
Salata	9.4.2019.	(3,92 ± 0,68)E-2	(3,84 ± 0,02)E+1
Jaja	9.4.2019.	(1,57 ± 0,12)E-1	(4,91 ± 0,02)E+1
Kupus	11.9.2019.	(9,92 ± 2,61)E-3	(6,41 ± 0,02)E+1
Jabuke	11.9.2019.	<(1,18 ± 0,29)E-2	(4,16 ± 0,03)E+1
Krumpir	11.9.2019.	(3,73 ± 0,72)E-2	(1,38 ± 0,01)E+2
Svinjetina	11.9.2019.	(2,58 ± 0,66)E-1	(8,45 ± 0,16)E+1
Divljač - vepar	1.-28.2.2019.	(3,98 ± 0,63)E-1	(4,88 ± 0,12)E+1
Piletina	9.4.2019.	(3,61 ± 0,47)E-1	(1,18 ± 0,02)E+2
Riba/šaran	9.4.2019.	(1,78 ± 0,19)E-1	(8,23 ± 0,05)E+1

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{137}Cs	^{40}K
		[Bqkg^{-1}]	
Salata	18.4.2019.	(2,51 ± 0,39)E-2	(7,75 ± 0,02)E+1
Kupus	18.4.2019.	(1,17 ± 0,08)E-1	(6,30 ± 0,02)E+1
Krumpir	2.10.2019.	(1,01 ± 0,30)E-2	(1,04 ± 0,01)E+2
Grah	2.10.2019.	(3,13 ± 0,25)E-1	(3,76 ± 0,01)E+2
Jabuke	2.10.2019.	<(1,28 ± 0,46)E-2	(3,45 ± 0,03)E+1
Jaja	18.4.2019.	(5,06 ± 0,86)E-2	(4,52 ± 0,02)E+1
Janjetina	18.4.2019.	(7,86 ± 0,90E-1	(9,82 ± 0,18)E+1
Blitva	18.4.2019.	(1,75 ± 0,39)E-2	(9,58 ± 0,02)E+1
Riba/srdela	18.4.2019.	(2,95 ± 0,15)E-1	(1,35 ± 0,01)E+2

Gamaspektrometrijske analize provedene su na uzorcima povrća (salata, grah, kupus, krumpir i blitva), voća (jabuke, borovnice), mesa (junetina, janjetina, piletina), divljači (divlja svinja), jaja, riba (šaran, pastrva, srdela). Srednje aktivnosti ^{137}Cs, neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, na razini su koncentracija aktivnosti iz prošlih godina.

9.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

Uzorci ljudske hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrijevog nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

		^{90}Sr
Vrsta	**Datum uzorkovanja**	**[Bqkg^{-1}]**
Salata	29.4.2019.	(9,07 ± 1,28)E-2
Blitva	29.4.2019.	(2,59 ± 0,35)E-1
Krumpir	18.10.2019.	(2,44 ± 0,71)E-2
Grah	11.9.2019.	(2,92 ± 0,76)E-1
Jabuke	18.10.2019.	(2,05 ± 0,50)E-2
Riba/pastrva	29.4.2019.	(4,15 ± 1,63)E-2
Jaja	29.4.2019.	(1,12 ± 0,46)E-2

9.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg^{-1}]
Salata	9.4.2019.	(9,85 ± 1,35)E-2
Krumpir	11.9.2019.	(2,54 ± 0,75)E-2
Jabuke	11.9.2019.	(1,21 ± 0,32)E-2
Kupus	11.9.2019.	(5,33 ± 1,53)E-2
Jaja	9.4.2019.	(2,42 ± 0,32)E-1
Riba/šaran	9.4.2019..	(2,24 ± 0,34)E-1

9.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

PRIOBALNA REGIJA

		^{90}Sr
Vrsta	**Datum uzorkovanja**	**[Bqkg^{-1}]**
Salata	18.4.2019.	(6,00 ± 0,98)E-2
Kupus	18.4.2019.	(1,79 ± 0,26)E-1
Krumpir	2.10.2019.	(2,35 ± 0,69)E-2
Jabuke	2.10.2019.	(1,42 ± 0,36)E-2
Grah	2.10.2019.	(1,01 ± 0,34)E-1
Jaja	18.4.2019.	(8,70 ± 6,10)E-3
Blitva	18.4.2019.	(2,76 ± 0,38)E-1
Riba/srdela	18.4.2019.	(1,46 ± 0,29)E-1

Radiokemijska analiza ^{90}Sr provedena je na istim uzorcima ljudske hrane na kojima je provedena gamaspektrometrijska analiza. Srednje aktivnosti ^{90}Sr, neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, na razini su koncentracija aktivnosti izmjerenih prošlih godina.

9.3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA CJELOVITIH OBROKA HRANE

Uzorci cjelovitih uzoraka hrane skupljaju se dnevno u tjedan dana. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrometrijsko mjerenje.

CJELOVITI OBROCI HRANE		**^{137}Cs**	**^{40}K**
UZORAK	**Vrijeme uzorkovanja**	**[Bqkg^{-1}]**	
Dječji vrtić 1	2.12. - 6.12.2019.	<(1,15 ± 0,21)E-2	(4,74 ± 0,02)E+1
Dječji vrtić 2	2.12. - 6.12.2019.	(9,80 ± 2,06)E-2	(1,27 ± 0,01)E+2
Dječji vrtić 3	9.12. - 13.12.2019.	(1,89 ± 0,57)E-2	(4,39 ± 0,02)E+1
Studenska menza 1	18.11. - 22.11.2019.	(3,08 ± 0,40)E-2	(6,94 ± 0,02)E+1
Studenska menza 2	18.10. - 22.11.2019.	(1,03 ± 0,11)E-1	(5,97 ± 0,05)E+1

9.3.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U CJELOVITIM OBROCIMA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrijevog nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

CJELOVITI OBROCI HRANE		**^{90}Sr**
UZORAK	**Vrijeme uzorkovanja**	**[Bqkg^{-1}]**
Dječji vrtić 1	2.12. - 6.12.2019.	(3,15 ± 0,88)E-2
Dječji vrtić 2	2.12. - 6.12.2019.	(2,42 ± 0,78)E-2
Dječji vrtić 3	9.12. - 13.12.2019.	(9,05 ± 2,17)E-2
Studenska menza 1	18.11. - 22.11.2019.	(8,58 ± 2,66)E-2
Studenska menza 2	18.11. - 22.11.2019.	(8,95 ± 2,56)E-2

10. STOČNA HRANA

10.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA STOČNE HRANE

Uzorci stočne hrane skupljaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrometrijsko mjerenje.

Vrsta	**Datum uzorkovanja**	^{137}**Cs**	^{40}**K**
		[Bqkg^{-1}]	
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	9.4.2019.	<(1,52 ± 0,01)E-1	(1,38 ± 0,01)E+3
SLAVONSKA REGIJA Silaža	11.9.2019.	<(5,24 ± 1,57)E-2	(1,75 ± 0,01)E+2
PRIOBALNA REGIJA Trava	18.4.2019.	<(8,03 ± 0,01)E-2	(6,65 ± 0,02)E+2

10.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U STOČNOJ HRANI

Uzorci stočne hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrijevog nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Vrsta	**Datum uzorkovanja**	**^{90}Sr [Bqkg^{-1}]**
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	9.4.2019.	(6,66 ± 0,87)E+0
SLAVONSKA REGIJA Silaža	11.9.2019.	(1,86 ± 0,47)E-1
PRIOBALNA REGIJA Trava	18.4.2019.	(4,78 ± 1,06)E-1

UMJESTO ZAKLJUČKA

Praćenje stanja radioaktivnosti uzoraka iz okoliša na teritoriju Republike Hrvatske u 2019. godini provedeno je na osnovu ugovora s MUP-om, a temeljem članka 68. *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (Narodne novine RH 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018) i *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018).

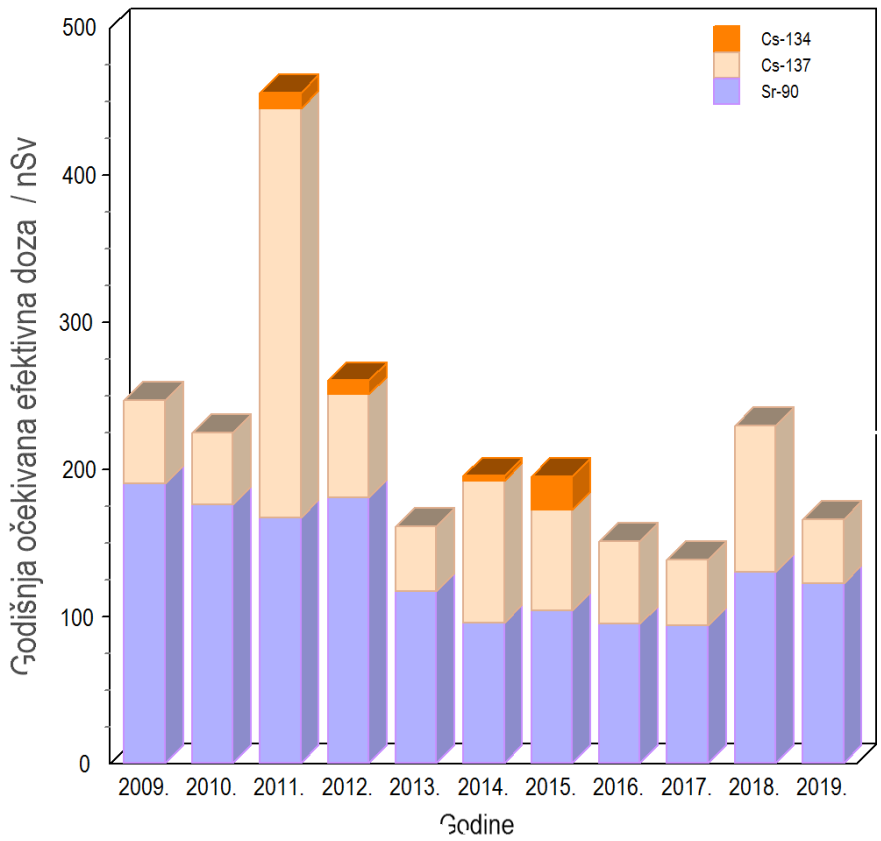
Tijekom 2019. godine Jedinica za zaštitu od zračenja preselila se na privremenu lokaciju rada (Petrovaradinska 110, Zagreb) kao dio procesa rekonstrukcije i dogradnja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu sklopu projekta "Istraživačko-edukacijski centar za zdravstvenu i medicinsku ekologiju i zaštitu od zračenja". Selidba je prošla bez prekida u radu i program praćenja stanja izveden je u cijelosti.

Propisana uzorkovanja, mjerenja i radiokemijske analize provodi Jedinica za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba neprekidno od 1959. godine prema definiranoj metodologiji. U izvještaju su navedene lokacije na kojima se izvode mjerenja i skupljaju uzorci, principi radiokemijskih metoda, te instrumenti korišteni u postupcima analiza i mjerenja.

Sva propisana uzorkovanja, mjerenja i analize provedeni su kako bi se što je moguće bolje procjenila izloženost prosječnog stanovnika Republike Hrvatske ionizirajućem zračenju i posljedice opterećenja izloženosti zračenju svakog pojedinog stanovnika i okoliša u Republici Hrvatskoj. Program „Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Reblici Hrvatskoj" za 2019. godinu ne zadovoljava sve uvjete potrebne za cjelovito određivanje izloženosti stanovništva, niti za procjene izloženosti pojedinih grupa u populaciji Republike Hrvatske.

Kako se mlijeko smatra jednom od najvažnijih prehrambenih komponenata, procijenjena je godišnja efektivna doza od unosa cezija i stroncija mlijekom za odraslog stanovnika Republike Hrvatske. Efektivna doza primljena unosom ^{134}Cs, ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom procijenjena je za odrasle osobe uz pretpostavku godišnje potrošnje mlijeka od 100 litara i podataka o koncentracijama aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u mlijeku. Prosječni odrasli stanovnik Republike Hrvatske primio bi konzumacijom sto litara mlijeka godišnje dozu od 40 nSv unosom ^{137}Cs, te dozu od 92 nSv unosom ^{90}Sr, što su povećane vrijednosti u odnosu na prijašnje godine.

Na slijedećoj je slici prikaz kretanja procijenjenih godišnjih efektivnih doza koje primi prosječni odrasli stanovnik unosom cezija i stroncija mlijekom zagrebačke mljekare.



Godišnje efektivne doze procijenjene za odraslog stanovnika Republike Hrvatske temeljem unosa ^{134}Cs, ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare

Procijenimo li efektivnu dozu za dječju populaciju (djecu od dvije do sedam godina starosti) od unosa cezija i stroncija cjelovitim obrocima zajedničke vrtićke hrane (160 kg godišnje) doza iznosi 456 nSv. Za usporedbu, procijenjena efektivna doza za istu skupinu djece na bazi unosa 160 litara mlijeka zagrebačke mjekare iznosi 389 nSv. Procijenimo li efektivnu dozu za studentsku populaciju (osobe starije od sedamnaest godina) unosom cezija i stroncija hranom u studentskoj menzi (stotinu kilograma hrane godišnje) dobivamo 332 nSv. Procijenjena efektivna doza primljena unosom stroncija i cezija mlijekom zagrebačke mjekare (stotinu litara) iznosi 168 nSv.

Program praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj trebao bi sukladno Prilogu 2. *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018) biti dostatna podloga za procjenu efektivnog doznog opterećenja prosječnog odraslog stanovnika Republike Hrvatske. Pocjena je i za 2018. godinu nepotpuna. Za bolju i precizniju procjenu potrebno je planirati veći broj različitih, specifičnih vrsta uzoraka po regijama.

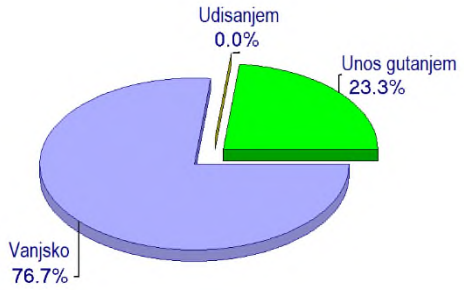
Vanjsko dozno opterećenje na lokaciji IMI u Zagrebu u 2019. godini iznosilo je 1,05 mSv (gotovo isto kao i 2018. godine). Temeljem mjerenja i određivanja ambijentalnog doznog ekvivalenta, ***H*(10)***, na malom broju nepravilno raspoređenih lokacija u Hrvatskoj (nedostaju lokacije u priobalnom području) možemo pretpostaviti da prosječna vrijednost dobro ilustrira prosjek u RH (0,84 mSv).

Udisanjem zraka prosječan odrasli stanovnik Hrvatske primio bi 4,0 nSv. U procjenjenoj dozi najveći je doprinos onaj primljen udisanjem ^{7}Be (2,2 nSv), ^{137}Cs (1,0 nSv) i ^{90}Sr (0,1 nSv). Sve su vrijednosti od udisanja zraka za odraslog stanovnika nešto veće nego u protekloj godini.

Uzimanjem u račun prosječnih vrijednosti koncentracija aktivnosti pojedinih vrsta hrane za cijelu zemlju za prosječnog odraslog stanovnika Hrvatske procjena očekivane efektivne doze unosom radionuklida gutanjem iznosi za unos gutanjem ^{90}Sr 0,464 μSv, za unos ^{137}Cs 1,024 μSv, a za unos ^{40}K 247 μSv. Nisu procijenjeni doprinosi ukupnoj dozi od unosa radionuklida u svim sastavnicama ljudske prehrane, kao ni mineralnim vodama. Također nije korištena detaljna statistika unosa hrane za prosječnog stanovnika – podaci o životnim navikama pripadnika referentne skupine stanivništva temelje se na tablici u Prilogu IV. *Pravilnika o granicama ozračenja, preporučenom doznom ograničenju i procjenjivanju osobnog ozračenja* (NN 38/2018).

Istraživanjima radioaktivnosti uzoraka iz okoliša na području Republike Hrvatske nisu zamijećene povišene vrijednosti koje bi povećale ukupnu dozu za stanovništvo Republike Hrvatske u odnosu na onu primljenu prijašnjih godina.

Prezentirani rezultati istraživanja predstavljaju nepotpunu sliku doznog opterećenja stanovnika RH zbog Programa koji je definiran ugovorom MUP-a s jedne strane i Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada s druge.



Dozno opterećenje prosječnog stanovnika Republike Hrvatske

Mišljenja smo, da budući Programi praćenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj moraju obuhvaćati sve sastavnice okoliša slijedeći sve točke *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018) *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (NN 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018), iako samim Pravilnikom nisu do kraja definirana rješenja za sveobuhvatne procjene ukupnih efektivnih doza za populaciju Republike Hrvatske. Također, trebali bi slijediti Direktivu Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. godine o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, kao i Preporuku Komisije od 8. lipnja 2000. godine o primjeni članka 36. Euratom Ugovora o nadzoru razine radioaktivnosti u okolišu za potrebe ocjenjivanja izloženosti stanovništva kao cjeline.

Smanjivanje Programa ima za posljedicu nedostatak materijalnih sredstava za neprekidno sustavno održavanje mreže mjernih i sakupljačkih postaja bez kojih ne bismo imali dovoljnu prostornu i vremensku mrežu podataka i uzoraka (troškovi terenskog rada su sve

veći). Također, radiokemijske analize i sva mjerenja u brojačkim i spektrografskim sustavima zahtijevaju sve veća materijalna sredstva za standarde i potrebne kemikalije, kao i za troškove akreditacijskih postupaka za svaku od metoda. Svako smanjivanje provedbe Programa dovesti će do neprihvatljivih nedostataka u podacima i rezultatima iz kojih više neće biti moguće na prihvatljiv i jednoznačan način procijeniti svekoliko stanje opterećenja životne sredine i populacije Republike Hrvatske ionizirajućim zračenjem.