



# Študija koncentracije radionuklida Cs-137 v bioindikatorjih gozdnega ekosistema

**Naročnik:** Republika Slovenija, Ministrstvo za naravne vire in prostor  
Uprava RS za jedrsko varnost  
Litostrojska cesta 54  
1000 Ljubljana

**Pogodba št.:** C2553-23-430003  
Z dne 3. 3. 2023

**Prejeli:** Dokument je dovoljeno reproducirati samo v celoti!  
→ URSJV po e-pošti (gp.ursjv@gov.si)  
in v dveh tiskanih izvodih  
→ Arhiv ZVD 1x

**Poročilo izdelal:** Matija Škrlep, mag. prof. fiz.

Podpis

  
elektronsko  
podpisano  
Matija Škrlep, mag. prof. fiz.

**Poročilo pregledal:** Peter Jovanovič, inž. fiz.

Podpis

  
elektronsko  
podpisano  
Peter Jovanovič, inž. fiz.

**Poročilo odobril:** dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Podpis

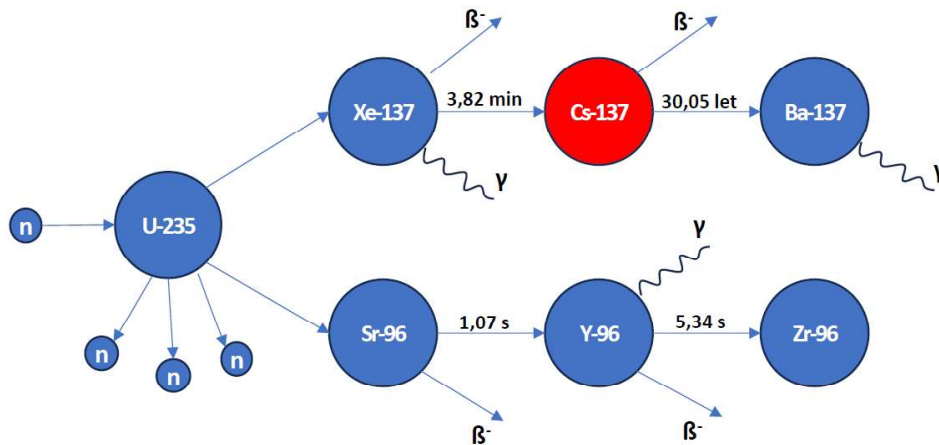
  
elektronsko  
podpisano  
dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

## Kazalo

1. Uvod .....	3
2. Značilnosti vzorčevalnih mest in vzorčenja .....	4
2.1. Vzorčenje .....	6
2.2. Priprava vzorcev .....	7
3. Rezultati meritev .....	7
3.1. Gozdni sadeži .....	7
3.2. Gobe .....	8
3.3. Rastline .....	11
3.4. Divjačina .....	12
3.5. Primerjava rezultatov študije s preteklimi meritvami .....	13
3.6. Korelacija med koncentracijo Cs-137 v vzorcih gozdnega ekosistema in vzorcih zemlje .....	15
4. Ocena izpostavljenosti prebivalstva .....	17
5. Zaključek .....	18
6. Reference .....	19

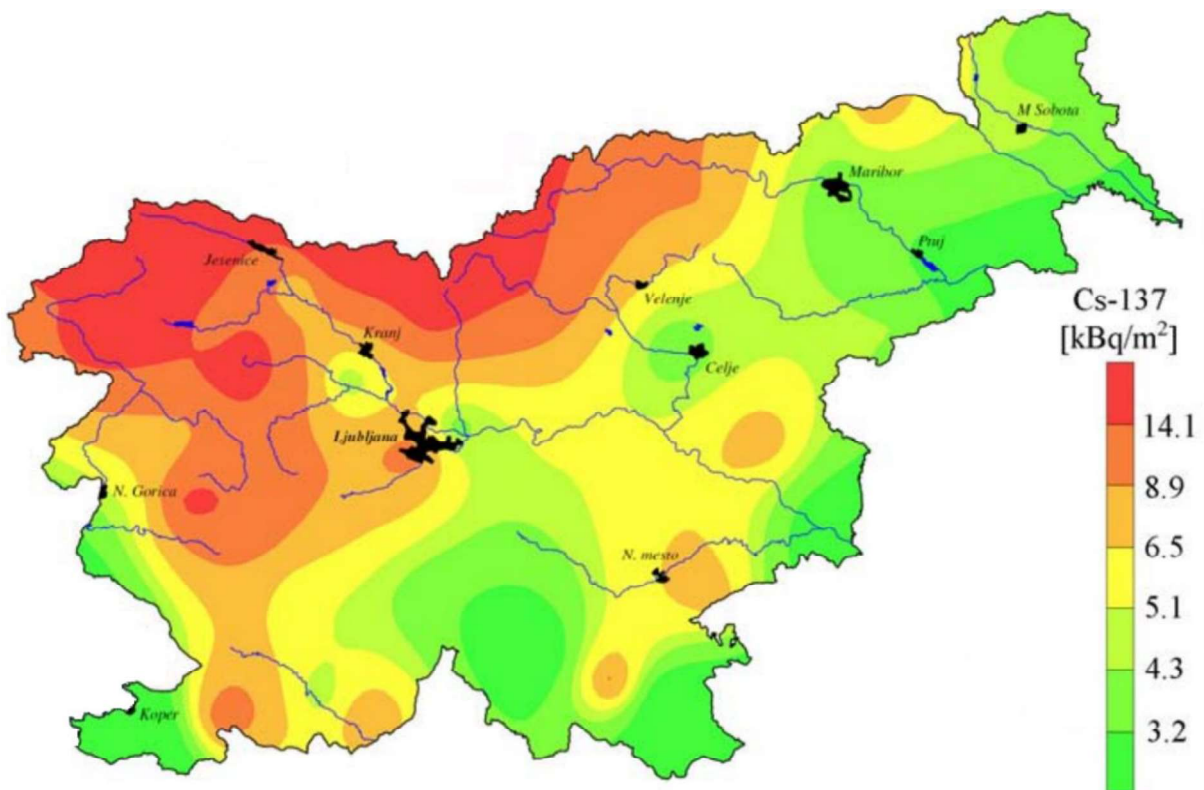
## 1. Uvod

Izotop cezija Cs-137 je umeten radionuklid, ki nastaja v jedrskih reaktorjih ob cepitvi urana U-235 (slika 1). Poleg tega nastaja tudi kot produkt pri testih jedrskega orožja. V preteklem stoletju je bilo slovensko okolje s cezijem kontaminirano predvsem zaradi testiranja jedrskega orožja, ki je vrh doseglo v šestdesetih letih 20. stoletja, in černobilske nesreče leta 1986.



Slika 1: Shematski prikaz cepitve urana U-235 in kasnejših razpadov njegovih razcepnih produktov.

Razpolovna doba cezija Cs-137 je razmeroma dolga (30,05 let), zato je v okolju kot posledica omenjenih dogodkov v manjših koncentracijah prisoten še danes. Ima podobne kemijske lastnosti kot kalij, zato v človeško ali živalsko telo pride predvsem po prehranski prenosni poti, grobo ocenjeno pa se kopiči predvsem v mehkih tkivih.



Slika 2: Kontaminacija zgornje plasti zemlje (0-10 cm) s cezijem Cs-137. Podatki so iz leta 1996 [1], [2].

V skladu z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1, Ur. l. RS, št. 76/17, 26/19, 172/21 in 18/23) ter Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur. l. RS, št. 27/18) v

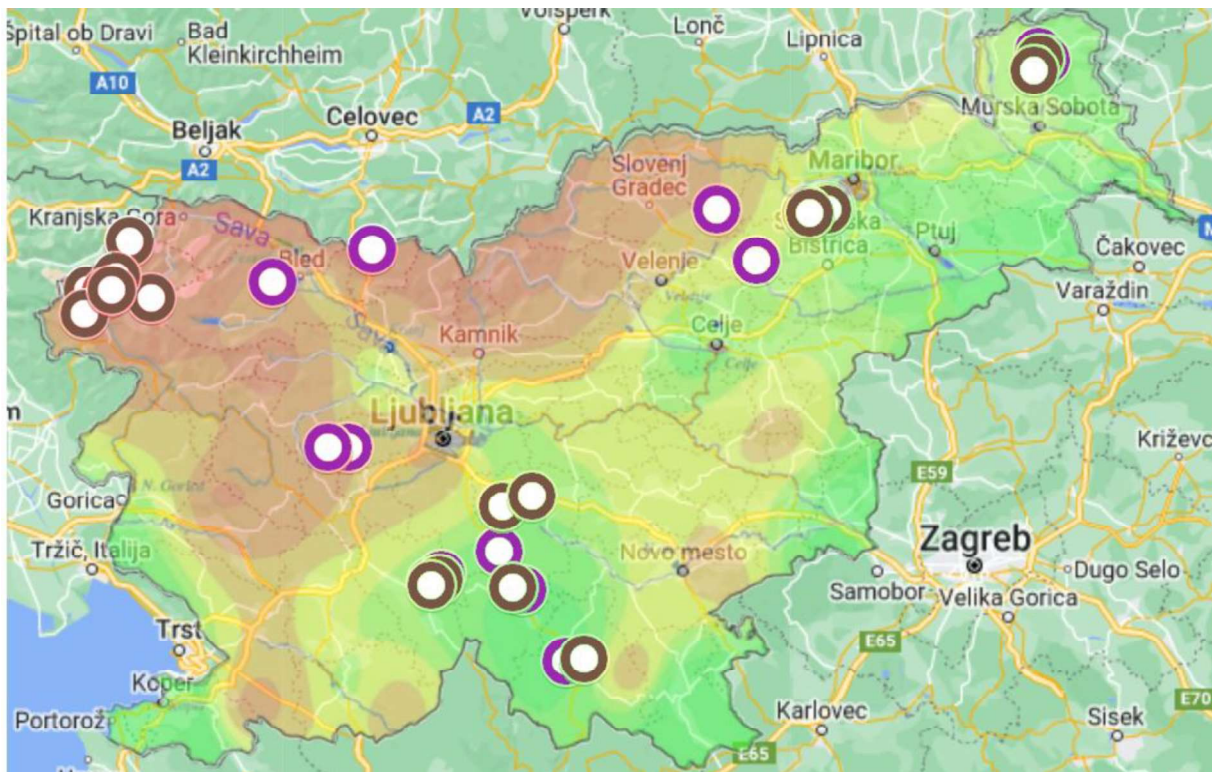
Republiki Sloveniji stanje radioaktivnosti okolja spremljamo z vzorčenjem, meritvami radioaktivnosti vzorcev in izdelavo ustreznih poročil. Poleg rednega monitoringa radioaktivnosti občasno izvajamo tudi ločene študije, ki se osredotočajo samo na določen del okolja in določene radionuklide.

V preteklosti so bile že izvedene nekatere študije prisotnosti radioaktivnega cezija Cs-137 v okolju [3], [4], [5], [6], ki so pokazale, da ta radionuklid na območju Slovenije ni enakomerno porazdeljen, pač pa obstajajo območja, ki so zaradi mokrega useda med obilnejšimi padavinami v obdobju takoj po černobilski nesreči močnejše kontaminirana od drugih. Slika 2 prikazuje kontaminacijo Slovenije s cezijem Cs-137 v letu 1996 [1], [2]. Območje severne in severozahodne Slovenije je močnejše kontaminirano, medtem ko kontaminacija proti jugovzhodu in severovzhodu pada.

Cilj projektne naloge je ugotoviti koncentracijo cezija Cs-137 v bioindikatorjih gozdnega ekosistema v različnih regijah po Sloveniji, primerjati dobljene vrednosti z rezultati monitoringa radioaktivnosti od leta 2004 dalje in rezultati primerljivih študij prisotnosti cezija v letih 1999, 2004 in 2005 [3], [4], [5], [6]. Območja vzorčenja smo v primerjavi s preteklimi študijami razširili tudi na regije, ki so bile ob černobilski nesreči manj kontaminirane. Namen študije je tudi oceniti sevalno obremenjenost prebivalca zaradi uživanja živil, ki izhajajo iz gozdnega ekosistema [7].

## 2. Značilnosti vzorčevalnih mest in vzorčenja

Predvideni program vzorčenja je prikazan v tabeli 1. Vzorečnje je potekalo na šestih različnih lokacijah oziroma območjih: Pohorje, SZ Slovenija, Bloška planota, Kočevska regija, Osrednja Slovenija in Prekmurje. S tako izbiro vzorčevalnih območij se zajame regije, ki so bile ob černobilski nesreči bolj kontaminirane in tiste, ki so bile manj kontaminirane. Vzorčili smo 4 različne vrste vzorcev: gozdne sadeže, gobe, mahove in lišaje ter divjačino.

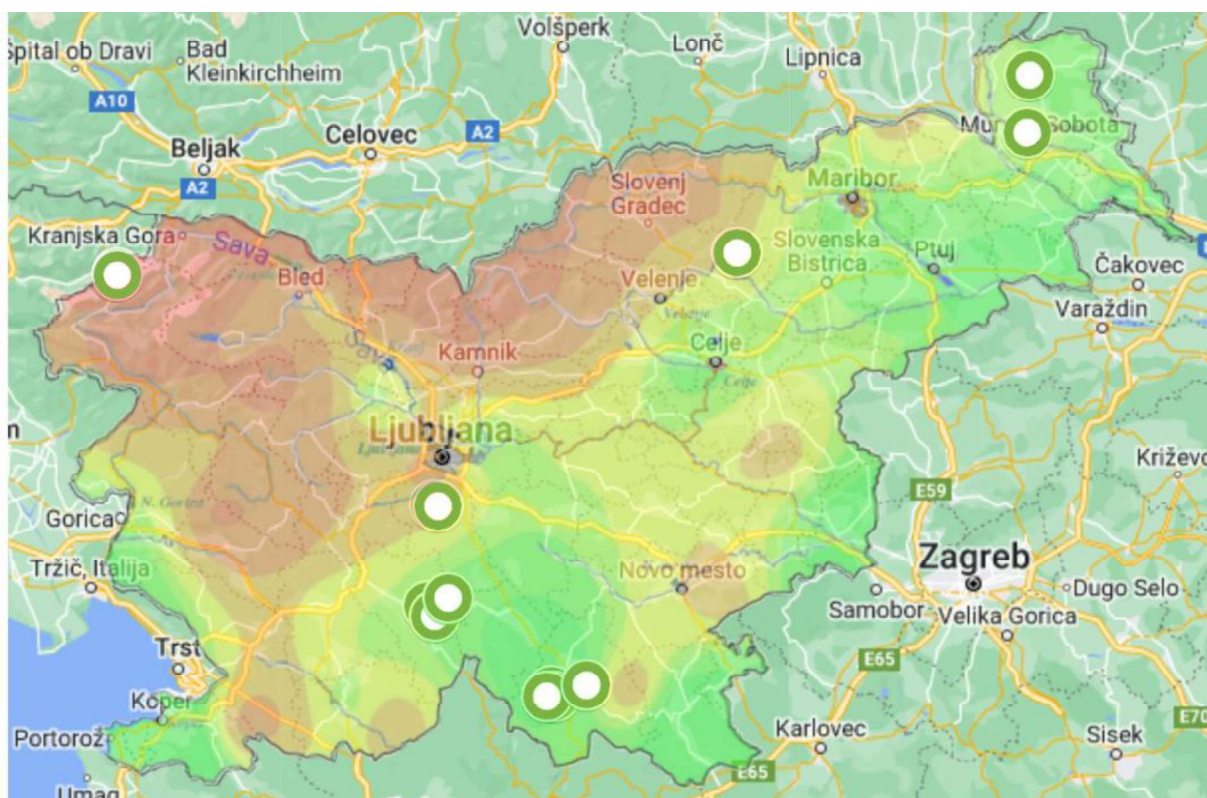


**Slika 3:** Lokacije vzorčenja gozdnih sadežev (vijolične točke) in gob (rjave točke). V ozadju karte je v barvni lestvici prikazana tudi kontaminacija zgornje plasti zemlje (0-10 cm) s cezijem Cs-137.

**Tabela 1:** Program meritev specifične aktivnosti cezija Cs-137 (predvidene lokacije in število vzorcev) v sklopu študije. Vrednosti v oklepajih predstavljajo število vzorcev, ki smo jih vzorčili in analizirali dodatno, torej poleg vnaprej predvidenega programa meritev.

Lokacija	Gozdni sadeži <sup>1</sup>	Gobe <sup>2</sup>	Rastline <sup>3</sup>	Divjačina <sup>4</sup>
Pohorje	2	2 (+9)	2	1
SZ Slovenija (okolica Mangarta)	2	2 (+5)	2	1
Bloška planota	2	2	2 (+1)	1
Kočevska regija	2 (+1)	2	2 (+2)	1
Osrednja Slovenija (Ljubljana z okolico)	2	2	2	1
Prekmurje	2	2	2	1
<b>Skupno število vzorcev</b>	<b>12 (+1)</b>	<b>12 (+14)</b>	<b>12 (+3)</b>	<b>6</b>

Radionuklid Cs-137 se v gobah in gozdnih sadežih akumulira zaradi črpanja hranilnih snovi iz zemlje. Divjačina cezij v telo vnese preko prehrane. Divji prašiči se denimo v zimskem času med drugim prehranjujejo z nekaterimi gobami, ki so bogate s cezijem. Lišaji pridejo v stik s cezijem preko suhega atmosferskega useda, medtem ko mahovi dobro absorbirajo padavinsko vodo, ki cezij izpira iz atmosfere.



**Slika 4:** Lokacije vzorčenja rastlin. V ozadju karte je v barvni lestvici prikazana tudi kontaminacija zgornje plasti zemlje (0-10 cm) s cezijem Cs-137.

Med izvajanjem naloge smo ugotovili, da je število vzorcev, ki jih je predvidela naloga, majhno in ima statistična obdelava majhno vrednost. Izkazalo se je tudi, da je največji problem dobiti ustrezne vzorce

<sup>1</sup> Borovnice, maline ali jagode

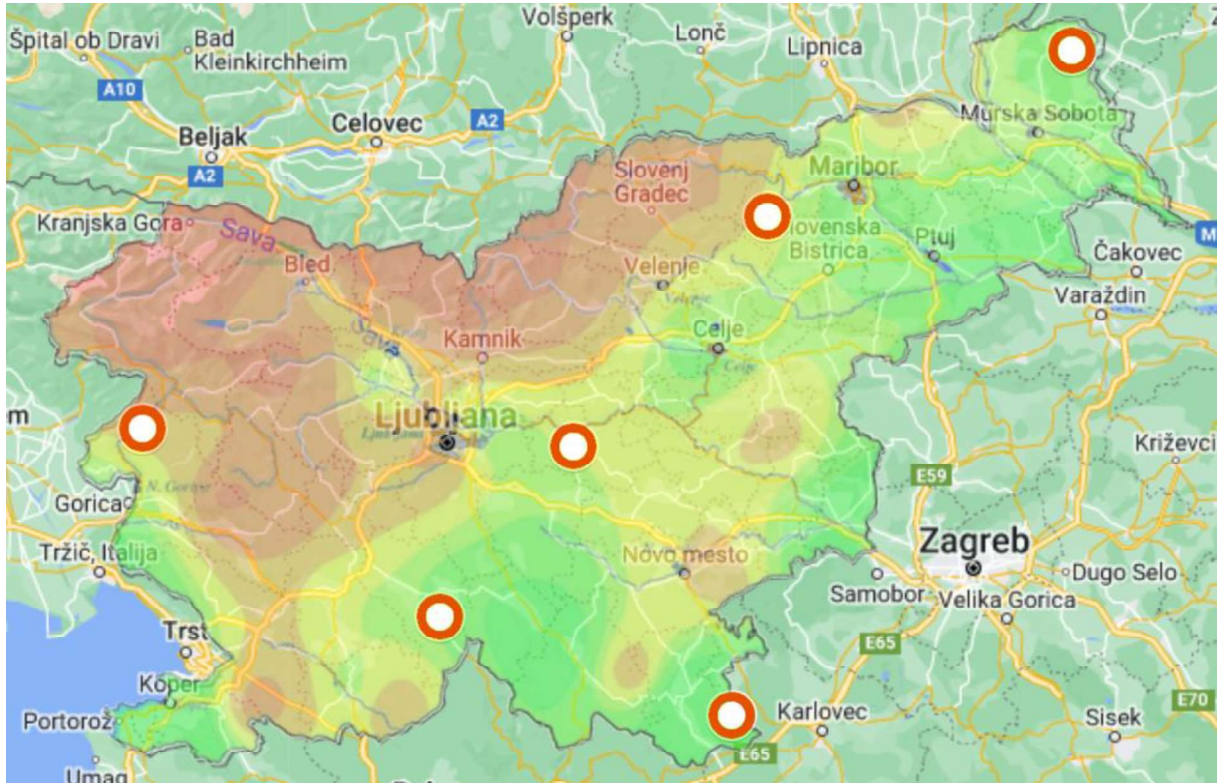
<sup>2</sup> Lisičke, kostanjevke, štorovke, jurčki, turki, marele, itd.

<sup>3</sup> Mah in lišaji

<sup>4</sup> Srnjad in divji prašič

in ustrezno število vzorcev. Zaradi obeh razlogov smo, če smo se le uspeli dogovoriti, vzorčili večje število vzorcev, kot je bilo predvideno z nalogo. Menimo, da s tem dvigamo strokovno vrednost naloge, kljub temu, da za izvajalca to pomeni, da se naloga finančno ni pokrila. Števila presežnih vzorcev so v tabeli 1 navedena v oklepajih.

Vzorčenje je potekalo med 12. 4. 2023 in 6. 9. 2023. Podrobnejše informacije o posameznih vzorcih so navedene v tabelah 2 do 5 v poglavju 3. Skupno število vseh vzorcev ki jih zajema študija je 60. Lokacije vzorčenja so prikazane tudi na slikah 3, 4 in 5.



**Slika 5:** Lokacije vzorčenja divjačine. V ozadju karte je v barvni lestvici prikazana tudi kontaminacija zgornje plasti zemlje (0-10 cm) s cezijem Cs-137.

### 2.1. Vzorčenje



**Slika 6:** Rastišči mahu (levo) in lišaja (desno) na območju vzorčenja Log pod Mangartom.

Vzorčili smo v skladu z delovnim postopkom DP-LMSAR-02. Vzorce gozdnih sadežev in gob smo pridobili od lokalnih nabiralcev, ki so vzorčili na površinah v gozdu in robu gozda. Vzorce gob z območja Pohorja in Mangarta so priskrbeli člani Gobarskega društva Lisička Maribor in Bojan Rot, ki so poskrbeli tudi za določitev nabranih vrst.

Rastline smo vzorčili sami na območju gozdnih tal (mahovi) ter dreves in skal (lišaji) (slika 6). Vzorce divjačine so nam priskrbele lokalne lovske družine (LD Šmartno pri Litiji, LD Adlešiči in LD Kanal) ter lovišča s posebnim namenom (LPN Kompas Peskovci, LPN Jelen in LPN Pohorje).

## 2.2. Priprava vzorcev

Pri vzorcih gozdnih sadežev in gob smo najprej odstranili neužitne dele, nato pa vzorec posušili na temperaturi do 250 °C. Vzorce gob s Pohorja in SZ Slovenije smo merili sveže, brez predhodne obdelave. Razmeroma visoka specifična aktivnost cezija v vzorcih gob namreč omogoča zadovoljivo natančnost meritev že pri svežem vzorcu. Koncentriranje vzorca s sušenjem in žarenjem torej pri vzorcih gob ni potrebno. Vzorcem divjačine smo odstranili neužitne dele, jih posušili na temperaturi do 250 °C ter prežarili na temperaturi do 450 °C. Vzorcem mahu in lišaja smo odstranili kamenje in zemljo, nato pa jih posušili na temperaturi do 250 °C.

## 3. Rezultati meritev

Vse vzorce v sklopu študije smo izmerili z metodo visokoločljivostne spektrometrije gama po delovnem postopku DP-LMSAR-09.

### 3.1. Gozdni sadeži

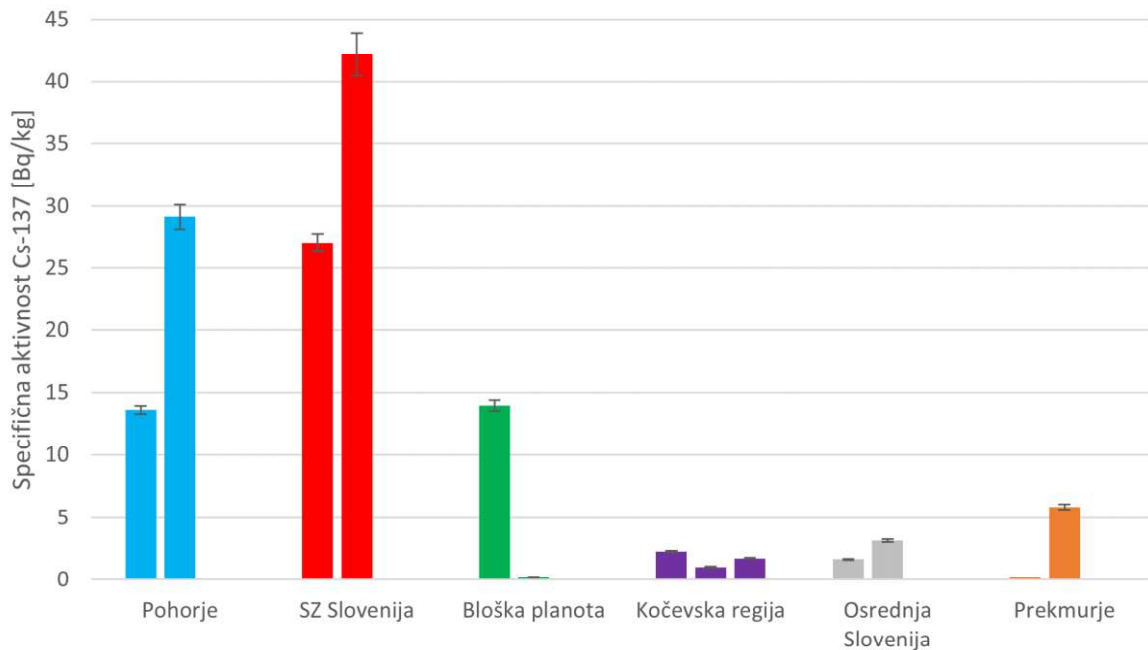
Rezultati meritev vzorcev gozdnih sadežev so prikazani v tabeli 2 in grafu na sliki 7. Večino vzorcev predstavljajo borovnice, ki zorijo med junijem in avgustom in so bile glede na časovni okvir projektne naloge najustreznejša vrsta gozdnih sadežev. Vsi rezultati veljajo na svežo maso vzorca. Največja izmerjena specifična aktivnost cezija Cs-137 je bila izmerjena v vzorcu borovnic s Pokljuke (42,2 Bq/kg). V vzorcu gozdnih jagod iz Otovcev je bila specifična aktivnost cezija pod mejo detekcije (< 0,15 Bq/kg).

**Tabela 2:** Rezultati meritev specifičnih aktivnosti cezija Cs-137 v vzorcih gozdnih sadežev. Vrednosti specifičnih aktivnosti so podane na svežo maso vzorca.

Območje	Oznaka vzorca	Kraj vzorčenja	Vrsta vzorca	Datum vzorčenja	Specifična aktivnost vzorca <sup>5</sup> [Bq/kg]
Pohorje	RV2690723	Zreče - Boharina	Borovnice	26. 7. 2023	13,6 ± 0,3
	RV3730923	Ribniška koča	Borovnice	6. 9. 2023	29,1 ± 1,0
SZ Slovenija	RV2710723	Kofce	Borovnice	27. 7. 2023	27,0 ± 0,7
	RV3000823	Pokljuka	Borovnice	7. 8. 2023	42,2 ± 1,7
Bloška Planota	RV3150823	Bloke	Borovnice	30. 7. 2023	14,0 ± 0,5
	RV3290823	Bloke	Robidnice	23. 8. 2023	0,17 ± 0,04
Kočevska regija	RV2110623	Kočevje	Borovnice	22. 6. 2023	2,27 ± 0,08
	RV2120623	Ribnica	Borovnice	25. 6. 2023	1,00 ± 0,06
	RV2060623	Velike Lašče	Borovnice	18. 6. 2023	1,72 ± 0,05
Osrednja Slovenija	RV3130823	Butajnova	Borovnice	12. 7. 2023	1,64 ± 0,05
	RV3140823	Goli Vrh	Borovnice	21. 7. 2023	3,2 ± 0,1
Prekmurje	RV3310823	Otovci	Gozdne jagode	8. 6. 2023	< 0,15
	RV3320823	Mačkovci	Borovnice	3. 7. 2023	5,9 ± 0,2

<sup>5</sup> Specifična aktivnost na svežo maso vzorca.

Po pričakovanjih imajo v splošnem vzorci iz območja Pohorja in SZ Slovenije večje izmerjene vrednosti specifične aktivnosti cezija v primerjavi z vzorci iz preostalih območij.



**Slika 7:** Grafični prikaz rezultatov meritev za vzorce gozdnih sadežev.

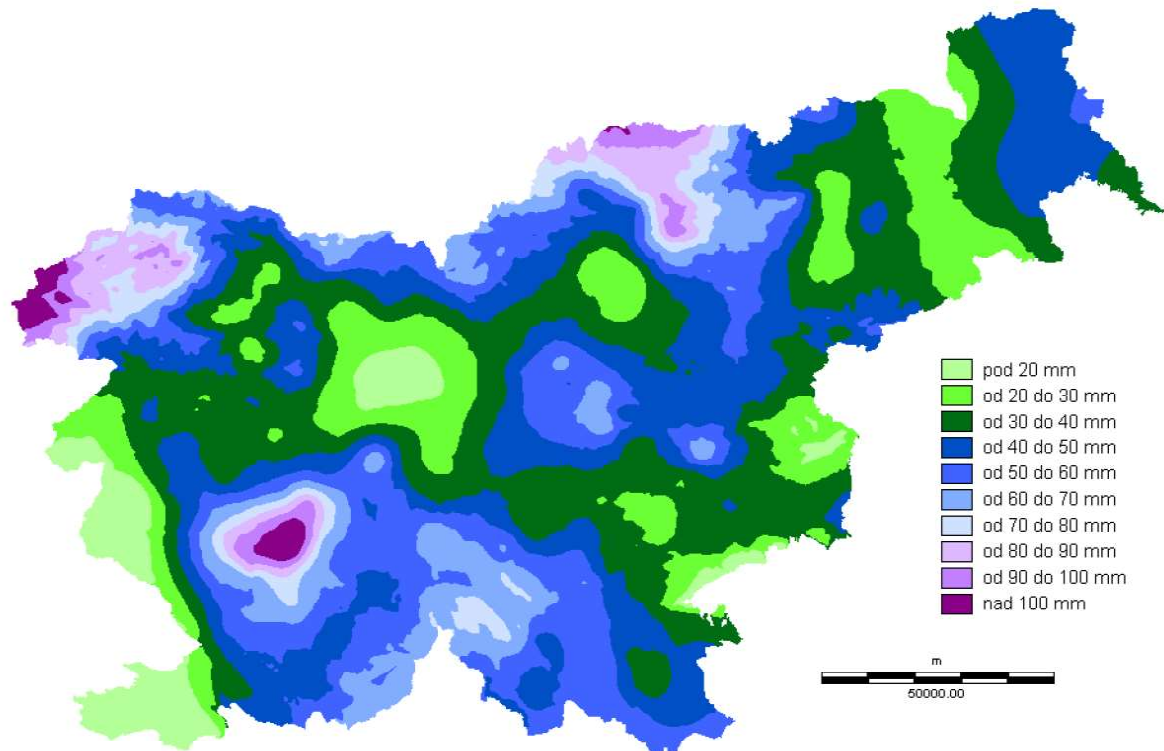
### 3.2. Gobe

Rezultati meritev vzorcev gob so prikazani v tabeli 3 in grafu na sliki 9. Vsi rezultati meritev veljajo za svežo (neposušeno) maso vzorca. Vzorec jesenskega gobana iz Kočevja je bil že predhodno posušen (vzorec suhih gob), zato smo ocenili faktor sušenja za gobe na splošno, tj. razmerje med suho maso vzorca in svežo maso istega vzorca. Ta faktor smo ocenili iz mas pri sušenju preostalih vzorcev gob znotraj te študije in znaša 0,09. Če torej specifično aktivnost na suho maso množimo s faktorjem sušenja, dobimo oceno za specifično aktivnost na svežo maso vzorca.

Vsebnost cezija v vzorcu je močno odvisna od vrste gobe, ki sestavlja vzorec. Iz preteklih izkušenj rumeni ježek močneje absorbira cezij, saj smo tudi v preteklosti pri tej vrsti gob večkrat namerili povišane vrednosti. Tudi tokrat smo vzorčili dva vzorca rumenega ježka, ki sta vsebovala precej več cezija, kot ostale nabrane gobe (2870 Bq/kg za vzorec iz Pohorja in 2474 Bq/kg za vzorec iz Mangarta). Pri preostalih vzorcih gob smo namerili med 0,51 Bq/kg (vzorec navadne lisičke iz okolice Doma Jelka, Pohorje) in 995 Bq/kg (vzorec pšenične koprenke, Žlebič, Ribnica).

Tudi pri vzorcih gob je opaziti večje vsebnosti cezija pri vzorcih iz območja Pohorja in SZ Slovenije v primerjavi z ostalimi lokacijami. Rezultati so močno razpršeni in so očitno odvisni ne le od vrste gobe in regije nabiranja, pač pa tudi od mikrolokacije nabiranja. Če bi želeli boljše primerjavo kontaminacij med različnimi regijami, bi se morali osredotočiti samo na eno vrsto gob ter zbrati bistveno večje število vzorcev. Tako bi omilili vpliv mikrolokacije in dobili boljše povprečje za specifično aktivnost cezija v vzorcih posamezne regije.





**Slika 8:** Padavinska karta Slovenije v času po černobilski nesreči. Prikazane so padavine, ki so padle med 8. uro 29. aprila 1986 in 8. uro 16. maja 1986 [4].

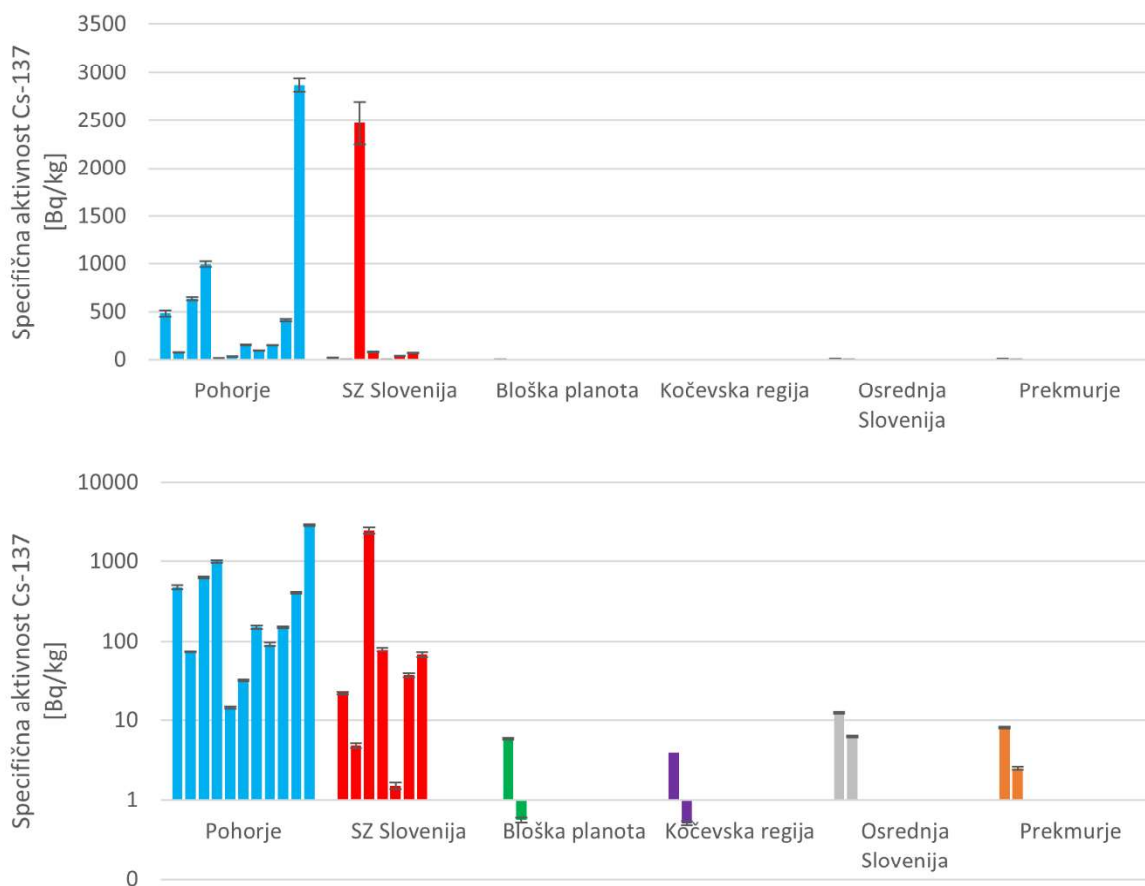
Na sliki 8 je prikazana padavinska karta Slovenije za dvotedensko obdobje po černobilski nesreči. Skupna kontaminacija območja je poleg intenzivnosti padavin odvisna tudi od tega, ali se je v času padavin nad območjem nahajal radioaktivni oblak in kakšna je bila v njem koncentracija radionuklidov. Lokaliziranost padavin lahko na razdaljah nekaj kilometrov pomeni različen used radionuklidov in posledično precej različne izmerjene koncentracije radionuklidov v vzorcih gob.

**Tabela 3:** Rezultati meritev specifičnih aktivnosti cezija Cs-137 v vzorcih gob. Vrednosti specifičnih aktivnosti so podane na svežo maso vzorca.

Območje	Oznaka vzorca	Kraj vzorčenja	Vrsta vzorca	Datum vzorčenja	Specifična aktivnost vzorca <sup>6</sup> [Bq/kg]
Pohorje	RV3160823	Dom Jelka	Rdečkasta mušnica	19. 8. 2023	483 ± 31
	RV3170823	Areh	Jesenski goban	19. 8. 2023	73 ± 2
	RV3180823	Dom Jelka	Rjavi ježevec	19. 8. 2023	630 ± 16
	RV3190823	Dom Jelka	Pšenična koprenka	19. 8. 2023	995 ± 29
	RV3200823	Areh	Zeleni mesnatovec	19. 8. 2023	14 ± 1
	RV3210823	Areh	Ovčji mesnatovec	19. 8. 2023	32 ± 1
	RV3220823	Areh	Žametasti goban	19. 8. 2023	151 ± 8
	RV3230823	Areh	Kostanjasti goban	19. 8. 2023	92 ± 5
	RV3240823	Dom Jelka	Smrekova sirovka	19. 8. 2023	150 ± 4
	RV3250823	Dom Jelka	Modrikasta golobica	19. 8. 2023	415 ± 12
	RV3260823	Dom Jelka	Rumeni ježek	19. 8. 2023	2870 ± 69
SZ Slovenija	RV3770923	Vrsnik, Soča	Velika vlažnica	12. 9. 2023	22 ± 1
	RV3780923	Bovec, Plužna	Užitni smrček	12. 9. 2023	4,9 ± 0,4

<sup>6</sup> Specifična aktivnost na svežo maso vzorca.

Območje	Oznaka vzorca	Kraj vzorčenja	Vrsta vzorca	Datum vzorčenja	Specifična aktivnost vzorca <sup>6</sup> [Bq/kg]
	RV3790923	Mangart, Ilovec	Rumeni ježek	12. 9. 2023	2474 ± 224
	RV3800923	Kal, Koritnica	Violičastobetna golobica	12. 9. 2023	79 ± 5
	RV3810923	Bovec, Ravelnik	Hrastov korenovec	12. 9. 2023	1,5 ± 0,1
	RV3820923	Srpenica	Svinjski lupljivec	12. 9. 2023	38 ± 2
	RV3830923	Koritnica, Čelo	Mešane gobe	12. 9. 2023	67 ± 4
Bloška planota	RV3060823	Bloke	Jesenski goban	10. 8. 2023	5,9 ± 0,2
	RV3070823	Bloke	Navadna lisička	6. 8. 2023	0,56 ± 0,04
Kočevska regija	RV2100623	Kočevje	Jesenski goban	22. 6. 2023	4,0 ± 0,1 <sup>7</sup>
	RV2990823	Žlebič, Ribnica	Navadna lisička	3. 8. 2023	0,51 ± 0,03
Osrednja Slovenija	RV2070623	Spodnja Slivnica	Jesenski goban	19. 6. 2023	12,3 ± 0,3
	RV2080623	Višnja Gora	Jesenski goban	13. 6. 2023	6,3 ± 0,2
Prekmurje	RV3330823	Mačkovci	Jesenski goban	5. 8. 2023	8,1 ± 0,2
	RV3340823	Pečarovci	Navadna lisička	3. 7. 2023	2,5 ± 0,1



Slika 9: Grafični prikaz rezultatov meritev v linearni (zgoraj) in logaritmični (spodaj) skali za vzorce gob.

<sup>7</sup> Vzorčilo se je že predhodno posušene gobe (kupljen vzorec). Specifično aktivnost na svežo maso smo ocenili iz specifične aktivnosti na suho maso, ki jo pomnožimo s faktorjem sušenja. To je kvocient med maso posušenega in maso svežega vzorca. Določili smo ga kot povprečje na večjem številu vzorcev in znaša 0,09.

### 3.3. Rastline

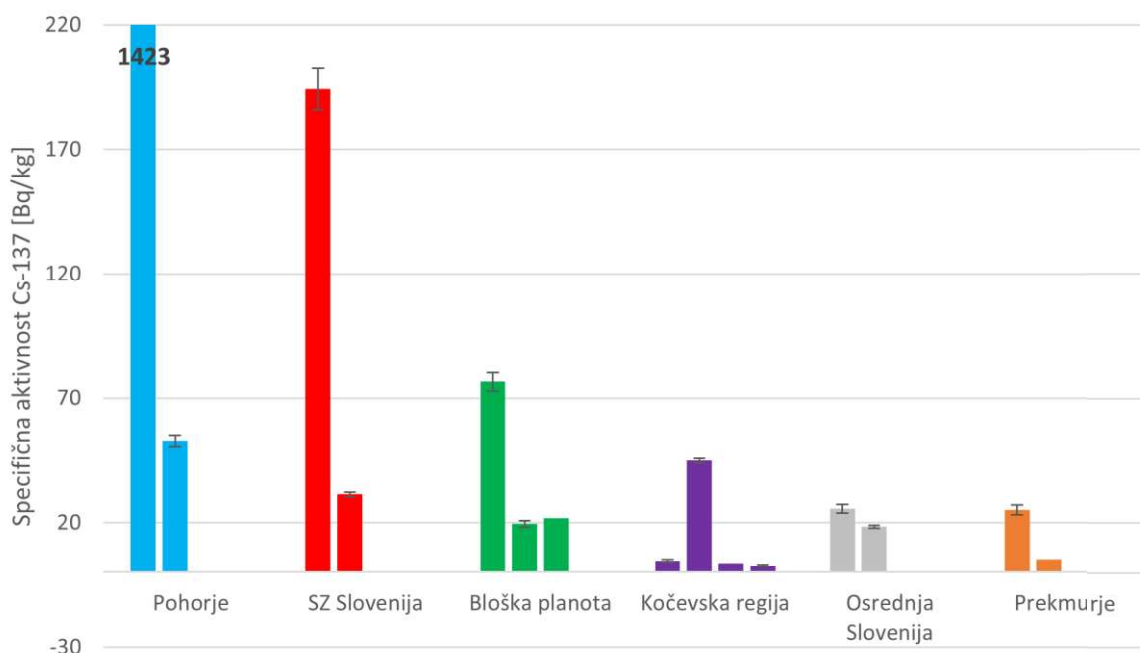
Rezultati meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih rastlin so prikazani v tabeli 4 in grafu na sliki 10. Vzorčili smo mahove in lišaje. Največja specifična aktivnost je bila izmerjena pri vzorcu mahu z Rogle (1423 Bq/kg), najnižja pa pri vzorcu lišaja iz Kočevske reke (2,5 Bq/kg). V splošnem mahovi vsebujejo več cezija od lišajev. Tudi v primeru rastlin je opazna razlika med kontaminacijo Pohorja in SZ Slovenije v primerjavi s preostalimi regijami, kjer so koncentracije cezija nižje.

Vlažnost in s tem masa nabranega vzorca rastlin je močno odvisna od namočenosti rastišča, tudi nabrani vzorci so zato zelo različni, kar se tiče vsebnosti vlage. Zato v primeru rastlin vse specifične aktivnosti vzorcev veljajo za suho maso vzorca.

**Tabela 4:** Rezultati meritev specifičnih aktivnosti cezija Cs-137 v vzorcih gozdnih rastlin. Vrednosti specifičnih aktivnosti so podane na suho maso vzorca.

Območje	Kraj vzorčenja	Datum vzorčenja	Vrsta vzorca	Oznaka vzorca	Specifična aktivnost vzorca <sup>8</sup> [Bq/kg]
Pohorje	Rogla	19. 8. 2023	Mah	RV3270823	1423 ± 34
	Rogla	19. 8. 2023	Lišaj	RV3280823	53 ± 2
SZ Slovenija	Log pod Mangartom	12. 9. 2023	Mah	RV3750923	302 ± 13
	Log pod Mangartom	12. 9. 2023	Lišaj	RV3760923	31 ± 2
Bloška planota	Bloška Polica	19. 7. 2023	Mah	RV2550723	77 ± 4
	Bloška Polica	19. 7. 2023	Lišaj	RV2560723	20 ± 1
	Bloško jezero	1. 9. 2023	Lišaj	RV3380923	22 ± 2
Kočevska regija	Kočevska reka - Primoži	24. 4. 2023	Lišaj	RV1040423	4,5 ± 0,5
	Kočevska reka - Primoži	24. 4. 2023	Mah	RV1050423	45 ± 1
	Livold - Štalcerji	3. 5. 2023	Lišaj	RV1060523	3,5 ± 1,5
	Kočevska reka - Primoži	9. 8. 2023	Lišaj	RV3050823	2,5 ± 0,4
Osrednja Slovenija	Tomišelj	21. 5. 2023	Mah	RV1530523	26 ± 2
	Tomišelj	12. 4. 2023	Lišaj	RV0930423	18 ± 1
Prekmurje	Murska Sobota	6. 5. 2023	Mah	RV1250523	25 ± 2
	Kovačevci	26. 8. 2023	Lišaj	RV3300823	5,3 ± 0,6

<sup>8</sup> Specifična aktivnost na suho maso vzorca.



Slika 10: Grafični prikaz rezultatov meritev za vzorce rastlin.

### 3.4. Divjačina

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti vzorcev divjačine so predstavljeni v tabeli 5 in grafu na sliki 11. Analizirali smo vzorce mesa divjega prašiča, ker se je v preteklosti izkazalo, da so ravno v teh vzorcih divjačine največje koncentracije cezija Cs-137. Specifične aktivnosti so podane na svežo maso. Največja specifična aktivnost je bila izmerjena pri vzorcu s Pohorja (2214 Bq/kg), najmanjša pa pri vzorcu iz SZ Slovenije (0,25 Bq/kg).

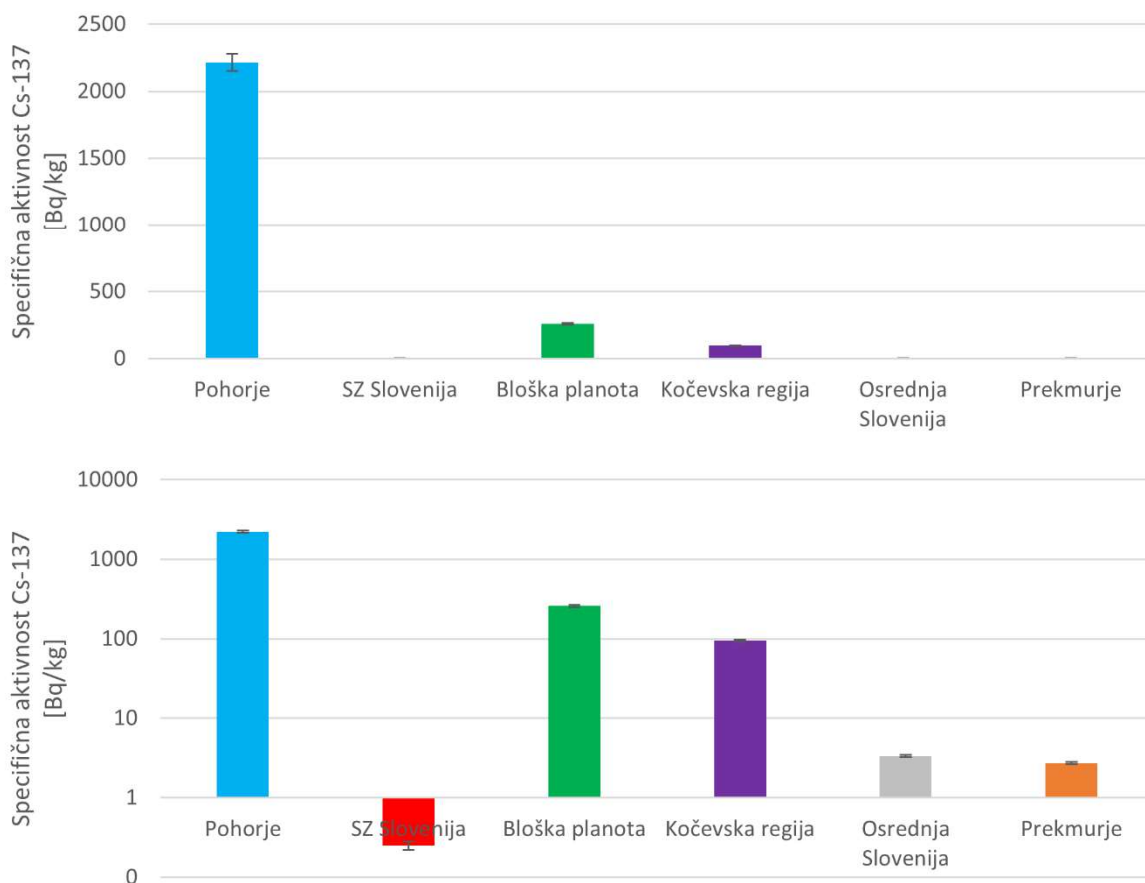
Tabela 5: Rezultati meritev specifičnih aktivnosti cezija Cs-137 v vzorcih divjačine. Vrednosti specifičnih aktivnosti so podane na svežo maso vzorca.

Območje	Kraj vzorčenja	Datum vzorčenja	Vrsta vzorca	Oznaka vzorca	Specifična aktivnost vzorca <sup>9</sup> [Bq/kg]
Pohorje	Pohorje	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2180623	2214 ± 61
SZ Slovenija	Kanal	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2150623	0,25 ± 0,03
Bloška planota	Stari trg pri Ložu	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2130623	257 ± 7
Kočevska regija	Adlešiči	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2140623	95 ± 3
Osrednja Slovenija	Šmartno pri Litiji	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2160623	3,3 ± 0,1
Prekmurje	Peskovci	21. 4. 2023	Divji prašič	RV2170623	2,7 ± 0,1

Majhna izmerjena vrednost pri vzorcu iz SZ Slovenije je glede na pričakovano večjo kontaminacijo tega območja presenetljiva. Divji prašič ima izrazito dobre selitvene sposobnosti, zato njegova življenjski prostor nikakor ni omejen na posamezno regijo vzorčenja [8]. Specifična aktivnost cezija v vzorcu divjega prašiča zato ni zanesljiv kazalec kontaminacije območja, na katerem so prašiča ustrelili. Na to lokacijo je namreč lahko prišel iz katerega koli drugega dela Slovenije ali celo iz tujine. Zanimiv je tudi velik razpon izmerjenih specifičnih aktivnosti, meritve se med seboj razlikujejo za kar 4 rede velikosti.

<sup>9</sup> Specifična aktivnost na svežo maso vzorca.

Divji prašič se povečini prehranjuje z gozdnimi plodovi (žir, želod, kostanj) in nekaterimi poljščinami (žita, koruza, ...). To je hrana, ki ni posebno znana po visokih koncentracijah cezija Cs-137. Divji prašič je znan tudi po svojem ritju travnikov in gozdnih tal v iskanju drugih oblik hrane, kot so ličinke, gobe, miši, gomolji, korenine, itd. S tem je pogosto v tesnem stiku z zgornjimi plastmi zemlje, ki je s cezijem bogata, to pa je najverjetneje tudi razlog, da divji prašič cezij Cs-137 vsebuje v večji meri kot ostala divjad [8].



**Slika 11:** Grafični prikaz rezultatov meritev v linearni (zgoraj) in logaritmčni (spodaj) skali za vzorce divjačine.

### 3.5. Primerjava rezultatov študije s preteklimi meritvami

Na področju Slovenije so se obsežnejše meritve prisotnosti cezija v okolju pričele izvajati po črnobilski nesreči leta 1986. V Sintezni študiji vzorcev hrane izven rednega programa republiškega nadzora leta 1999 [6] so zajete meritve specifične aktivnosti cezija v zeliščih in gobah med letoma 1986 in 1998. V letih 2004 in 2005 so bile opravljene tri študije [3], [4], [5], ki so predstavile radioaktivno kontaminacijo gozdov in pašnikov v Sloveniji. Vseskozi se izvaja tudi redni monitoring radioaktivnosti hrane v Sloveniji, občasno so med merjenimi vzorci tudi živila in rastline, ki so zajete v tej študiji.

Kot je razvidno iz rezultatov te študije, je razpršenost rezultatov specifične aktivnosti vzorcev iste vrste velika in lahko doseže tudi do 4 rede velikosti. Govoriti o povprečni vrednosti za neko skupino vzorcev je zato nekoliko nesmiselno, če je število vzorcev majhno. Kljub preteklim študijam in rednemu monitoringu radioaktivnosti je skupno število izmerjenih vzorcev še vedno precej majhno, zato so primerjave znotraj posamezne regije zaenkrat nesmiselne. Vzorcev iz Prekmurja v preteklih študijah denimo sploh ni bilo.

**Tabela 6:** Primerjava rezultatov študije z meritvami med letoma 1986 in 2022. Vse specifične aktivnosti so preračunane na leto 2023 glede na radioaktivni razpad.

Vrsta vzorca	Obdobje meritev	Število vzorcev	Povprečna specifična aktivnost cezija Cs-137 v vzorcih
			[Bq/kg]
Gozdni sadeži	2004 - 2005 <sup>10</sup>	10	17 ± 5
	2004 - 2022 <sup>11</sup>	5	52 ± 33
	2023 <sup>12</sup>	13	12 ± 5
Gobe	1986 - 1990 <sup>13</sup>	56	119 ± 27
	1993 - 1998 <sup>14</sup>	41	69 ± 23
	2004 - 2005	21	57 ± 28
	2004 - 2022	3	37 ± 29
	2023	26	157 ± 89
Mahovi in lišaji	2004 - 2005	12	248 ± 50
	2004 - 2022	21	63 ± 24
	2023	15	157 ± 107
Divjačina (divja svinja)	2004 - 2005	0	/
	2004 - 2022	4	210 ± 105
	2023	6	429 ± 328
Divjačina (ostalo)	2004 - 2005	2	5 ± 2
	2004 - 2022	15	1,4 ± 0,3
	2023	0	/

V tabeli 6 in na sliki 12 je zato predstavljena primerjava med rezultati meritev različnih študij samo kot povprečje za celotno Slovenijo. Pri vzorcih gozdnih sadežev, rastlin in divjačine so navedena povprečja za študije iz let 2004 – 2005, monitoring v letih 2004-2022 ter za to študijo, pri gobah pa dodatno še za študijo iz leta 1999. Zaradi lažje medsebojne primerjave so vsi rezultati za pretekle študije preračunani na leto 2023 glede na radioaktivni razpad.

Od leta 1986 do danes Slovenija ni bila dodatno kontaminirana s cezijem<sup>15</sup>, zato bi pričakovali, da je v tem obdobju dobra polovica cezija v okolju razpadla. Pričakovana povprečja rezultatov meritev v tej študiji bi morala biti (z upoštevanjem radioaktivnega razpada) primerljiva z rezultati preteklih študij. Iz grafa na sliki 12 je razvidno, da se rezultati nove študije v grobem povečini ujemajo s preteklimi rezultati v okviru merilne negotovosti. Pri novih rezultatih je merilna negotovost precej velika, kar izhaja iz velike razpršenosti rezultatov, ki sestavljajo posamezno povprečje vzorcev.

<sup>10</sup> Povzeto po rezultatih študij iz let 2004 in 2005 [1], [2], [3].

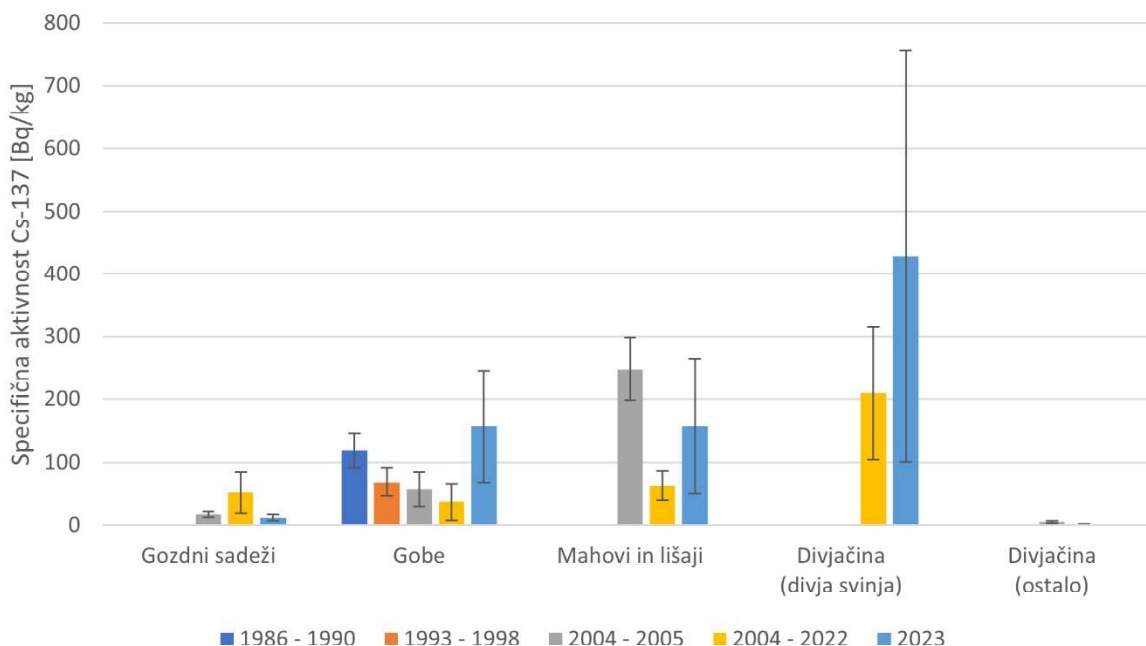
<sup>11</sup> Obsega meritve rednega monitoringa in ostalih meritev v obdobju 2004 – 2022.

<sup>12</sup> Rezultati te študije. Vrednosti predstavljajo uteženo povprečje po regijah, torej so najprej izračunana povprečja znotraj posameznih regij in nato povprečje vseh regij skupaj.

<sup>13</sup> Povzeto po študiji iz leta 1999 [4].

<sup>14</sup> Povzeto po študiji iz leta 1999 [4].

<sup>15</sup> Zanimljivo so prispevki stalitve radioaktivnega vira Cs-137 v železarni v Španiji leta 1999 in fukušimske nesreče leta 2011; prisotnost Cs-137 v zraku je bila merljiva, prispevek k usedu pa zanemarljiv



**Slika 12:** Primerjava novih rezultatov s preteklimi študijami. Vsi rezultati so zaradi lažje medsebojne primerjave preračunani na leto 2023 glede na radioaktivni razpad.

Vseeno ujemanje med novimi in starimi rezultati ni tako dobro, kot bi morda pričakovali. Razlogov za to je lahko več. Prvi je dejstvo, da v preteklosti vzorčenje ni bilo enakomerno uteženo po celotni državi. Če govorimo o povprečju celotne države (kot rečeno o povprečjih posameznih območij zaradi nezadostnega števila vzorcev ne moremo govoriti), bi morale biti vse regije enakomerno zastopane pri vzorčenju. Prav tako je potrebno upoštevati, da so lahko znotraj relativno ozkega področja tla s Cs-137 kontaminirana precej različno zaradi lastnosti mikrolokacij – različen mokri used, kotanjavost, lastnosti tal ipd.

Drugi razlog je v različnih vrstah rastlin/živali znotraj iste skupine vzorcev. Dosedanje študije in primerjava med njimi so pokazale, da v splošnem divji prašiči vsebujejo višje koncentracije cezija kot ostala divjad, borovnice več kot ostali gozdni sadeži, mahovi več kot lišaji in denimo rumeni ježki več kot jesenski gobani. Povprečje skupine vzorcev je torej tudi močno odvisno od izbire živalskih oziroma rastlinskih vrst, ki so zastopane v vzorcih.

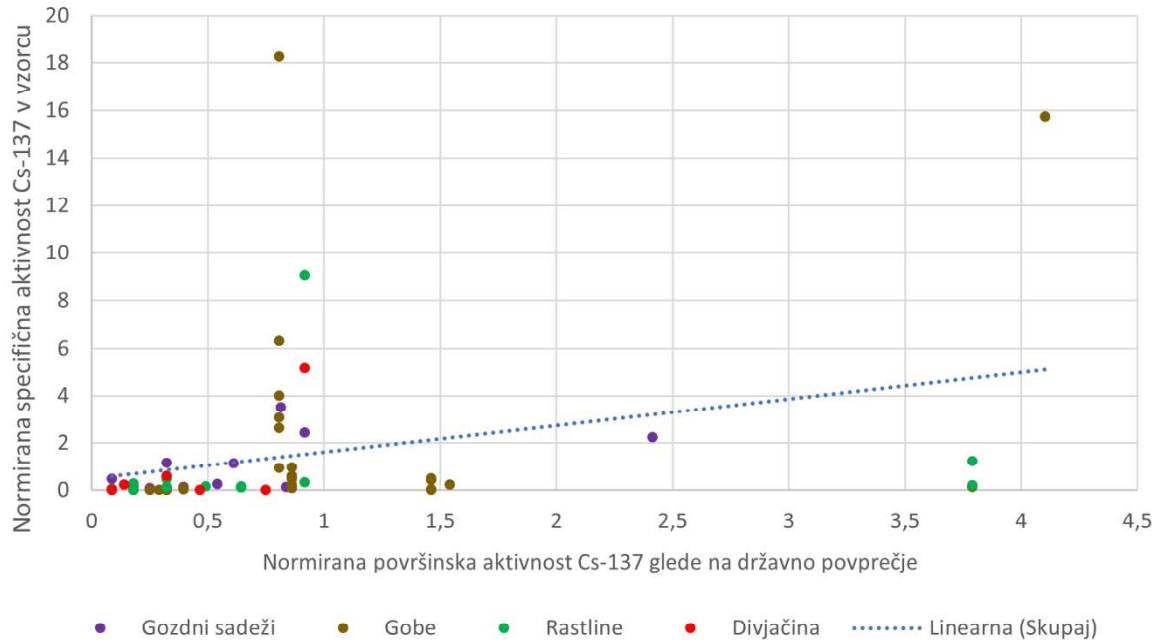
### 3.6. Korelacija med koncentracijo Cs-137 v vzorcih gozdnega ekosistema in vzorcih zemlje

V letu 1997 so bile na področju celotne Slovenije opravljene meritve cezija Cs-137 v tleh [2] na 48 merskih točkah, ki so približno enakomerno porazdeljene po ozemlju države. Specifično aktivnost cezija v zemlji smo preračunali na leto 2023 glede na radioaktivni razpad in dobili povprečno vrednost za Slovenijo, ki znaša  $5370 \text{ Bq/m}^2$ , pri čemer je upoštevana globinska porazdelitev kontaminacije.

Da lahko med seboj primerjamo vzorce različnih podskupin ekosistema (npr. divjačino in lišaje), smo vrednosti specifičnih aktivnosti vzorcev najprej normirali. Specifično aktivnost posameznega vzorca smo delili s povprečno specifično aktivnostjo vzorcev enake vrste (npr. specifično aktivnost divjega prašiča iz Adlešičev s specifično aktivnostjo vseh vzorcev divjačine v tej študiji) in dobili brezdimenzijsko normirano specifično aktivnost vzorca. Na ta način zaobidemo dejstvo, da imajo npr. vzorci divjačine na splošno višje specifične aktivnosti cezija kot vzorci lišajev.

Slika 13 prikazuje graf odvisnosti specifične aktivnosti cezija v vzorcih gozdnega ekosistema iz te študije od specifične aktivnosti cezija v zemlji [2]. Vse vrednosti so normirane in brezdimenzijske. Število lokacij vzorčenj zemlje v letu 1996 je bilo omejeno, zato obstaja precej območij Slovenije, ki jih študija

ne zajema. Nekatere lokacije vzorčenja v tej študiji so od najbližjih lokacij vzorčenja zemlje v letu 1996 oddaljene tudi po več deset kilometrov. Če v takih primerih obstaja več lokacij vzorčenja zemlje, ki so od vzorčenja gozdnih vzorcev oddaljene približno enako, potem smo za koncentracijo cezija v zemlji vzeli kar povprečje omenjenih lokacij.



**Slika 13:** Korelacijska povezanost med koncentracijo cezija v zemlji in koncentracijo cezija v vzorcih gozdnega ekosistema. Na abscisni osi je normirana površinska aktivnost cezija Cs-137 glede na državno povprečje. Na ordinatni osi je normirana specifična aktivnost cezija v vzorcih ekosistema glede na povprečje aktivnosti posameznih vrst vzorcev. Izračunani korelacijski koeficient je 0,31, kar pomeni šibko povezanost.

Za posamezne podskupine vzorcev (gozdni sadeži, gobe, rastline in divjačina) ter za vse vzorce skupaj smo izračunali Pearsonov korelacijski koeficient [9] med specifično aktivnostjo cezija v vzorcih in specifično aktivnostjo zemlje na tem območju. Rezultati so prikazani v tabeli 7.

**Tabela 7:** Tabela izračunanih korelacijskih koeficientov  $r$  med specifično aktivnostjo cezija Cs-137 v vzorcih gozdnega ekosistema in specifično aktivnostjo cezija v tleh na isti lokaciji vzorčenja.

Vrsta vzorca	Število vzorcev	Korelacijski koeficient $r$	Moč povezanosti
Gozdni sadeži	12	0,58	Zmerna povezanost
Gobe	27	0,37	Šibka povezanost
Rastline	15	0,10	Neznatna povezanost
Divjačina	6	0,67	Zmerna povezanost
<b>Skupaj</b>	<b>60</b>	<b>0,31</b>	<b>Šibka povezanost</b>

Vsi korelacijski koeficienti kažejo na pozitivno korelacijo med obravnavanima parametroma. Višja koncentracija cezija v tleh je torej povezana z višjo koncentracijo cezija v gozdnih organizmih. Pri vzorcih gozdnih sadežev in vzorcih divjačine je ta povezanost zmerna, pri ostalih vzorcih pa šibka oziroma neznatna.



#### 4. Ocena izpostavljenosti prebivalstva

Ocenjene prejete letne učinkovite doze notranjega obsevanja zaradi zaužitja gozdnih sadežev, gob in divjačine so predstavljene v tabeli 8. Ocenjene povprečne zaužite letne količine omenjenih živil za prebivalce Slovenije po podatkih SURS niso na voljo, zato pri oceni doz uporabljamo lastne grobe ocene. Te znašajo 1 kg gozdnih sadežev, 3 kg gob in 2 kg divjačine na leto.

Na spletni strani SURS so dostopni podatki o odstreljenem številu divjadi za leto 2022 (cca. 9000 jelenov, 30.000 srnjadi in 15.000 divjih svinj). Glede na ocenjeno povprečno maso teh vrst divjadi, je bilo odstreljeno za približno 4,8 milijonov kg divjadi. Če odštejemo neužitne dele, lahko konservativno ocenimo, da povprečen prebivalec Slovenije letno poje okoli 2 kg divjačine, pri čemer naredimo grobo predpostavko, da se divjačine ne izvaža.

Iz tabele 8 je razvidno, da v povprečju prebivalec Slovenije največjo dozo prejme zaradi uživanja divjačine ( $11 \mu\text{Sv} \pm 9 \mu\text{Sv}$ ). Na ta rezultat močno vpliva visoka izmerjena specifična aktivnost cezija v vzorcu s Pohorja, ki dvigne povprečno ocenjeno dozo. Če rezultata s Pohorja recimo ne bi upoštevali, dobimo povprečno ocenjeno dozo zaradi zaužite divjačine enako  $1,9 \mu\text{Sv} \pm 1,2 \mu\text{Sv}$ , kar je manj kot ocenjena doza povprečnega prebivalca Slovenije zaradi uživanja gob ( $6,1 \mu\text{Sv} \pm 3,5 \mu\text{Sv}$ ). Ocenjena povprečna prejeta doza za prebivalca Slovenije zaradi uživanja gozdnih sadežev je  $0,15 \mu\text{Sv} \pm 0,07 \mu\text{Sv}$ . Negotovost ocen prejetih letnih doz je v primeru te študije velika, govorimo lahko le o redu velikosti.

**Tabela 8:** Ocenjene letne količine zaužitih živil iz gozda in ocenjene prejete letne učinkovite doze za odraslo osebo glede na regijo in vrsto živil. Upoštevan je učinkoviti dozni koeficient za ingestijo cezija Cs-137 za odraslo osebo, torej  $1,3\text{E}-08 \text{ Sv/Bq}$  [10].

Živilo	Regija	Ocenjena letna zaužita količina na prebivalca	Povprečna izmerjena specifična aktivnost	Ocenjena prejeta letna doza
		[kg]	[Bq/kg]	[ $\mu\text{Sv}$ ]
Gozdni sadeži	Pohorje	1	$21 \pm 5$	$0,28 \pm 0,07$
	SZ Slovenija		$35 \pm 5$	$0,45 \pm 0,07$
	Bloška planota		$7,1 \pm 4,9$	$0,09 \pm 0,06$
	Kočevska regija		$1,7 \pm 0,3$	$0,022 \pm 0,004$
	Osrednja Slovenija		$2,4 \pm 0,5$	$0,03 \pm 0,01$
	Prekmurje		$3 \pm 2$	$0,04 \pm 0,03$
	<b>Slovenija (povprečje)</b>		<b><math>11,7 \pm 5,0</math></b>	<b><math>0,15 \pm 0,07</math></b>
Gobe	Pohorje	3	$537 \pm 239$	$21 \pm 9$
	SZ Slovenija		$384 \pm 323$	$15 \pm 13$
	Bloška planota		$3,2 \pm 1,9$	$0,12 \pm 0,07$
	Kočevska regija		$2,2 \pm 1,2$	$0,09 \pm 0,05$
	Osrednja Slovenija		$9,3 \pm 2,1$	$0,36 \pm 0,08$
	Prekmurje		$5,3 \pm 2,0$	$0,21 \pm 0,08$
	<b>Slovenija (povprečje)</b>		<b><math>157 \pm 89</math></b>	<b><math>6,1 \pm 3,5</math></b>
Divjačina	Pohorje	2	$2214 \pm 61$	$58 \pm 2$
	SZ Slovenija		$0,25 \pm ,03$	$0,007 \pm 0,001$
	Bloška planota		$257 \pm 7$	$6,7 \pm 0,2$
	Kočevska regija		$95 \pm 3$	$2,5 \pm 0,1$
	Osrednja Slovenija		$3,3 \pm 0,1$	$0,09 \pm 0,01$
	Prekmurje		$2,7 \pm 0,1$	$0,07 \pm 0,01$
	<b>Slovenija (povprečje)</b>		<b><math>429 \pm 328</math></b>	<b><math>11 \pm 9</math></b>

Skupna prejeta letna doza zaradi uživanja omenjenih živil je torej  $79 \mu\text{Sv} \pm 9 \mu\text{Sv}$  za prebivalca Pohorja ( $23 \mu\text{Sv} \pm 9 \mu\text{Sv}$ , če namesto ekstremne koncentracije cezija v divjem prašiču raje upoštevamo povprečno slovensko vrednost),  $15 \mu\text{Sv} \pm 13 \mu\text{Sv}$  za prebivalca SZ Slovenije (ta vrednost je verjetno nekoliko podcenjena, glede na to da je izmerjena specifična aktivnost cezija v divjačini tu nenavadno nizka),  $6,9 \mu\text{Sv} \pm 0,2 \mu\text{Sv}$  za prebivalca Bloške planote,  $2,6 \mu\text{Sv} \pm 0,1 \mu\text{Sv}$  za prebivalca Kočevske regije,  $0,5 \mu\text{Sv} \pm 0,1 \mu\text{Sv}$  za prebivalca Osrednje Slovenije in  $0,3 \mu\text{Sv} \pm 0,1 \mu\text{Sv}$  za prebivalca Prekmurja. V splošnem prebivalec Slovenije prejme zaradi uživanja omenjenih živil okoli  $8 \mu\text{Sv} \pm 4 \mu\text{Sv}$ , če ekstremnega rezultata za divjačino na Pohorju ne upoštevamo.

Navedene so grobe ocene, pri katerih se predpostavlja, da prebivalci posamezne regije uživajo samo lokalno nabrano hrano, pri računanju povprečja za državo se ne upošteva uteži zaradi različne gostote poseljenosti (v Osrednji Sloveniji živi več prebivalstva kot recimo na Pohorju).

Navedena skupna ocena letne doze za povprečnega prebivalca za vsa našeta živila skupaj ( $8 \mu\text{Sv} \pm 4 \mu\text{Sv}$ ) močno presega oceno iz dokumenta Nadzor radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2022, ki znaša  $0,1 \mu\text{Sv}/\text{leto}$  za Cs-137 za vso zaužito hrano v enem letu in prebivalca Slovenije, ki ne živi v okolici NEK [11]. Gobe, borovnice in meso divjega prašiča so živila, ki imajo v povprečju bistveno višje specifične aktivnosti cezija in niso del vsakodnevne prehrane. Že en kilogram zaužitih borovnic lahko k letni dozi prispeva več kot vsa preostala (običajna) zaužita hrana skupaj.

## 5. Zaključek

V sklopu študije smo vzorčili vzorce gozdnih sadežev, gob, rastlin in divjačine na šestih lokacijah po Sloveniji: Pohorje, SZ Slovenija, Bloška planota, Kočevska regija, Osrednja Slovenija in Prekmurje. Rezultati študije kažejo povečano kontaminacijo Pohorja in SZ Slovenije v primerjavi s preostalimi obravnavanimi lokacijami. Rezultati meritev znotraj iste vrste vzorcev so zelo razpršeni. Rezultati se med seboj razlikujejo za do dva velikostna reda pri gozdnih sadežih, do tri velikostne rede pri mahovih in lišajih ter skoraj štiri velikostne rede pri vzorcih gob in divjačine. Skrajne rezultate verjetno lahko pripišemo lastnostim mikrolokacij vzorčenja v povezavi z izrazito neenakomerno kontaminacijo terena s cezijem Cs-137.

Namen študije je bil med drugim oceniti kontaminacijo različnih delov Slovenije s cezijem Cs-137 na podlagi meritev specifične aktivnosti cezija v vzorcih gozdnega ekosistema. Med izvajanjem naloge smo ugotovili, da je število vzorcev, ki jih je predvidela naloga, majhno in ima statistična obdelava majhno vrednost. Izkazalo se je tudi, da je največji problem dobiti ustrezne vzorce in ustrezno število vzorcev. Zaradi obeh razlogov smo, če smo se le uspeli dogovoriti, vzorčili večje število vzorcev, kot je bilo predvideno z nalogo. Menimo, da s tem dvigamo strokovno vrednost naloge, kljub temu, da za izvajalca to pomeni, da se naloga finančno ni pokrila. Pokazali smo tudi, da se specifična aktivnost cezija v vzorcih iste podskupine (npr. divjačine) lahko razlikuje tudi za štiri rede velikosti, kar predstavlja veliko razpršenost.

Primerjava novih rezultatov z meritvami preteklih študij in monitoringa še ne kaže jasnega upadanja prisotnosti cezija v vzorcih iz okolja, kot bi bilo pričakovati glede na radioaktivni razpad. Če bi želeli dobiti bolj neposredno primerjavo med različnimi časovni obdobji in različnimi regijami po Sloveniji, bi morali omejiti naključne vplive mikrolokacije na koncentracijo cezija v vzorcih. To bi lahko dosegli z večjim številom vzorcev, ki bi bili vsi sestavljeni iz enake vrste rastlin, gob, oziroma živali. Rezultati meritev namreč kažejo, da težko med seboj primerjamo vzorce različnih gob, ali pa denimo vzorce mahu in vzorce lišajev, saj je njihova absorpcija cezija že zaradi lege rastišča in bioloških lastnosti organizma različna.

V bodoče predlagamo študijo, v kateri bi bolj omejili raznolikost vzorcev in hkrati povečali njihovo število. Lahko bi se denimo omejili samo vzorčenje zemlje po različnih lokacijah v Sloveniji (ponovitev študije iz leta 1997 [2]). V tem primeru bi bila zanimiva večletna študija s skupno nekaj sto lokacijami vzorčenja zemlje, s čimer bi zagotovili boljšo pokritost celotne države. Lahko bi vzorčili zgolj zgornje plasti, ali preučevali porazdelitev po globini do pol metra.

V primeru vzorcev rastlin in živali bi večje število vzorcev lažje dosegli pri vzorcih, ki jih je enostavneje vzorčiti (npr. mahovi, drevesni listi, iglice, les, trava). Pri divjačini in gozdnih sadežih je namreč težko dobiti večje število vzorcev ter zagotoviti lokacije vzorčenja, ki nas zanimajo. Glede na neenakomerno kontaminacijo Slovenije, bi morali povečati število vzorcev iste vrste iz posamezne regije na 10 do 20. To bi pomenilo, da bi se morala posamezna študija izvajati dlje časa, ali pa bi morali zmanjšati število podskupin vzorcev.

## 6. Reference

- [1] M. J. Križman in S. Ambrož, Measurements of Sr-90 Radionuclide in Slovenian Soils before and after Chernobyl Accident, 2005.
- [2] M. Andjelov in D. Brajnik, Poročilo - Krajevna porazdelitev cezija-137 v Sloveniji, Geološki zavod Ljubljana, Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 1997.
- [3] P. Jovanovič in G. Omahen, *Radioaktivna kontaminacija gozdnega ekosistema v Sloveniji, LMSAR-41/2004*, ZVD Zavod za varstvo pri delu d. o. o., 2004.
- [4] P. Jovanovič in G. Omahen, *Radioaktivna kontaminacija gozdnega ekosistema v Sloveniji II, LMSAR-101/2005*, ZVD Zavod za varstvo pri delu d. o. o., 2005.
- [5] P. Jovanovič in G. Omahen, Radioaktivna kontaminacija alpskega predela Slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov, ZVD Zavod za varstvo pri delu d. o. o., 2004.
- [6] P. Jovanovič, Sintezna študija vzorcev hrane izven rednega programa republiškega nadzora za obdobje 1986-1997, ZVD Zavod za varstvo pri delu d. o. o., 1999.
- [7] Projektna naloga: Študija koncentracije radionuklida Cs-137 v bioindikatorjih gozdnega ekosistema.
- [8] Trdoživ: Bilten slovenskih terenskih biologov in ljubiteljev narave, letnik III, številka 2, 2014.
- [9] A. Sayago, A. G. Gonzalez in A. G. Asuero, The Correlation Coefficient: An Overview, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 2006.
- [10] ICRP, ICRP Publication 119, 2012.
- [11] IJS-DP-14321, Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2022, 2023.