

MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS



POROČILO ZA LETO 2025

Interna oznaka poročila: **2/26-N**
Leto izdaje: **2026**
Revizija: **00**

	Ime in priimek	Podpis in datum
Izdelala	Karin Rajh, dipl. fiz. (UN) dr. Tinkara Bučar	Karin Rajh  Digitally signed by Karin Rajh Date: 2026.03.12 13:04:01 +01'00' TINKARA BUČAR 2026.03.12 12:59:44 +01'00'
Pregledala	Tanja Murn, mag. prof. pouč. biol. in kem.	Digitally signed by TANJA MURN Date: 2026.03.12 13:14:23 +01'00' 
Odobril	prof. dr. Leon Cizelj, direktor IJS	

Mnenje neodvisnega pooblaščenega izvedenca

Z ugotovitvami poročila, ki ga je pripravila Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem na IJS, se v celoti strinjam.

	Ime in priimek	Podpis in datum
Pooblaščen izvedenec	dr. Gregor Omahen	  dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





Naročnik: Institut "Jožef Stefan", Ljubljana (IJS)

Izvajalec del: Inštitut "Jožef Stefan" – Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS)

Naslov poročila: MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS, POROČILO ZA LETO 2025

Pogodbena številka: -

Odgovorni nosilec naloge: dr. Tinkara Bučar

Avtor poročila: Karin Rajh, Tinkara Bučar, Tanja Murn

Štev. del. por. IJS: IJS-DP-15337

Interna oznaka poročila: 2/26-N

Kopije: Arhiv SVPIS
RIC
URSJV
URSVS
Knjižnica IJS

Fotografija na prvi strani: Pogled na reaktorsko zgradbo z zahoda, foto: L. Bučar



UPORABLJENI IZRAZI

ARSO	Agencija RS za okolje
ELME	Ekološki laboratorij z mobilno enoto
F-2	Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICJT	Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo
IJS	Institut "Jožef Stefan"
MDA	Spodnja meja detekcije
MFM	Multifunkcijski monitor radioaktivnega sevanja gama
NPL	National Physical Laboratory, UK
O-2	Odsek za znanosti o okolju
OVC	Objekt vroča celica
RC	Reaktorski center
RIC	Reaktorski infrastrukturni center
SVPIŠ	Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem
TLD	Termoluminiscenčna dozimetrija
TRIGA	Training Research Isotope Production General Atomics
URSJV	Uprava RS za jedrsko varnost
URSVS	Uprava RS za varstvo pred sevanji
VLG	Visokoločljivostna Spektrometrija Gama
ZVD	Zavod za varstvo pri delu, d. o. o.



VSEBINA

1	UVOD	6
2	VZORČEVALNE LOKACIJE	7
3	OVREDNOTENJE MERITEV	8
3.1	MERITVE REAKTORSKIH TEKOČIN	8
3.2	MERITVE IZPUSTOV	8
3.3	MERITVE V OKOLJU.....	13
4	OCENA VPLIVOV	18
4.1	OCENA EFEKTIVNE DOZE ZARADI TEKOČINSKIH IZPUSTOV	18
4.2	OCENA EFEKTIVNE DOZE ZARADI ZRAČNIH IZPUSTOV	18
5	MERSKI REZULTATI	21
5.1	PROGRAM OBRATOVALNEGA MONITORINGA	21
5.2	PREGLED TABEL	23
5.3	ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN	32
5.4	MERSKE METODE	32
5.5	ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE IN NAČIN POROČANJA ZA VLG SPEKTROMETRIJO	33
5.6	PRIMERJALNE MERITVE	33
5.7	NEODVISNI NADZOR OBRATOVALNEGA MONITORINGA.....	35
6	REFERENČNA DOKUMENTACIJA	36



Povzetek

V poročilu so ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v okolici Reaktorskega centra. Na podlagi meritev in z uporabo modela je ocenjen vpliv na prebivalstvo.

V letu 2025 so bili zračni izpusti žlahtnega plina Ar-41, ki največ prispeva k izpostavljenosti, ocenjeni na 0,8 TBq, kar je primerljivo s prejšnjimi leti (0,8 TBq v 2024 in 2023). Na podlagi konzervativnih predpostavk je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja na prebivalca v okolici Reaktorskega centra zaradi zračnih izpustov ocenjena na manj kot 1 μSv , kar je enako kot v preteklih letih.

Ingestijska efektivna doza zaradi tekočinskih izpustov v reko Savo je bila za leto 2025 konzervativno ocenjena na manj kot 0,01 μSv , kar je primerljivo z oceno v letu 2024.

Sevalna izpostavitvev prebivalstva zaradi dejavnosti Reaktorskega centra je zanemarljiva v primerjavi z neizogibno izpostavitvijo naravnemu sevanju v običajnem okolju (6,0 mSv na leto [20]). Predstavlja približno 1/100 avtorizirane dozne omejitve za prebivalstvo, ki znaša 50 μSv na leto.



1 Uvod

Poročilo obravnava rezultate meritev, ki so bile v letu 2025 opravljene po Programu varstva pred ionizirajočim sevanjem v okolici Rektorskega centra IJS. Program je opredeljen v *Varnostnem poročilu za TRIGA Mark II v Podgorici, revizija 7, 2017* (IJS-DP-10675), [3]. Program je skladen s trenutno veljavnim *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* (JV10, Ur. l. RS 27/18, Priloga 5: Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti raziskovalnega reaktorja), [11]. Avtorizirana mejna doza za referenčno osebo (okoliško prebivalstvo) iz odločbe Uprave RS za jedrsko varnost št. 318-46/90-1842/ML z dne 3. 7. 1992 je za Rektorski center 50 μSv na leto.

V letu 2025 je na rektorskem centru potekala raziskovalna dejavnost, ki je vključevala obsevanje vzorcev v reaktorju ter rutinsko delo z radioaktivnimi snovmi in obsevanimi vzorci. Delo ni bistveno odstopalo od dejavnosti iz preteklih let. Reaktor je glede na dnevnik obratovanja obratoval 646 ur, kar je primerljivo s povprečnim časom obratovanja v zadnjih nekaj letih.

Program obratovalnega monitoringa je podrobneje predstavljen v poglavju 5.1. tega poročila. Temelji na dejavnostih Instituta "Jožef Stefan" in ne vključuje dodatnih meritev, ki se izvajajo za nadzor prehodnega skladišča radioaktivnih odpadkov Agencije za radioaktivne odpadke. Nadzorne meritve sestavljajo trije sklopi: meritve **reaktorskih tekočin**, meritve izpustov (**emisije**) in meritve v okolju (**imisije**).

V okviru nadzora **reaktorskih tekočin** izvajamo meritve vzorcev vode iz bazena reaktorja (primarna voda), iz sekundarnega kroga reaktorja ter iz bazena za iztrošene gorivne elemente. Z meritvami aktivnosti tekočin se posredno izvaja nadzor nad puščanjem gorivnih elementov, nad učinkovitostjo filtriranja vode in nad puščanjem med primarnim in sekundarnim krogom. Meritve rektorskih tekočin so ovrednotene v poglavju 3.1.

Z meritvami **emisij** ocenjujemo prispevek dejavnosti na Rektorskem centru k izpostavitvi prebivalstva sevanju. Zaradi nemerljivih vplivov v okolju je ocena izpostavitve narejena na podlagi emisijskih vrednosti in z uporabo modelov razširjanja radioaktivnih snovi po zračni in tekočinski prenosni poti. Izpusti so ovrednoteni v poglavju 3.2, vplivi izpustov na prebivalstvo pa so ocenjeni v poglavju 4.

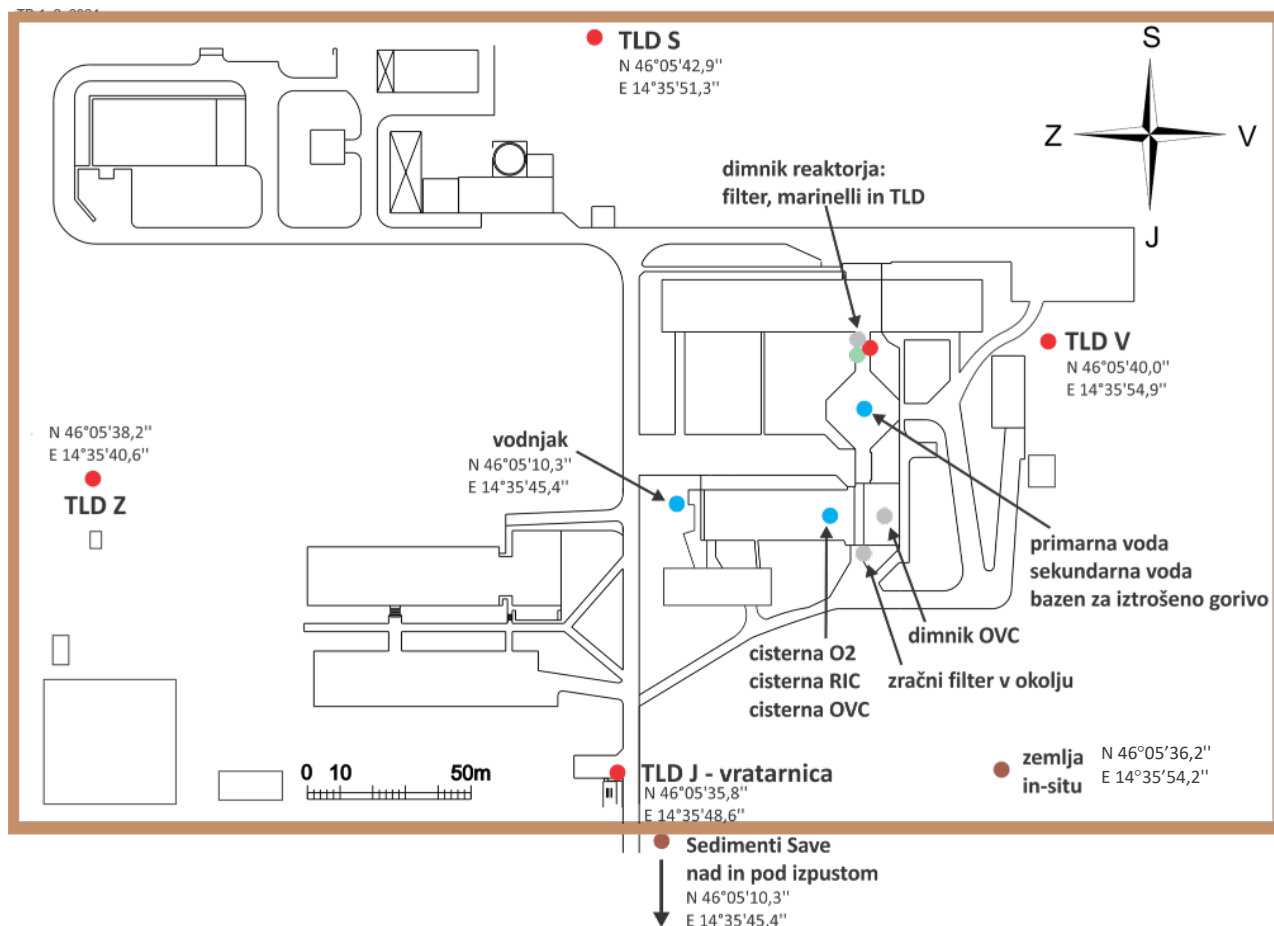
Meritve **imisij** omogočajo splošno oceno stanja radioaktivnosti na območju Rektorskega centra, oceno morebitnih vplivov obratovanja reaktorja in drugih objektov znotraj centra, pa tudi vplive dogodkov zunaj centra, kot je bila npr. černobilska nesreča. Redne meritve imisij dajejo osnovno sliko o ničelnem stanju nekaterih radioloških parametrov na območju Rektorskega centra in v bližnji okolici. Nadzor vsebuje tudi meritve za primer izrednega dogodka (kontaminacija zemlje in zraka), ki služijo za vzdrževanje pripravljenosti sodelavcev in opreme SVPIŠ. Meritve v okolju so ovrednotene v poglavju 3.3.

Merski rezultati in uporabljene merske enote so predstavljeni v poglavjih 5.2. in 5.3. Za nadzorne meritve se uporabljajo tri merske metode: visokoločljivostna spektrometrija gama, meritve hitrosti doze in termoluminiscenčna dozimetrija. Opisane so v poglavju 5.4. Usposobljenost laboratorija za izvajanje nadzornih meritev potrjujemo s primerjalnimi meritvami (poglavje 5.6) in z neodvisnim nadzorom obratovalnega monitoringa (poglavje 5.7).



2 Vzorčevalne lokacije

Vzorčenje za vse tri sklope nadzornih meritev poteka skladno s postopkom *Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva Reaktorskega centra na okolje* (SVPIS-R-DN-31), [4]. Vzorčevalne lokacije so prikazane na sliki 1. Večina vzorčevalnih mest je znotraj ograje Reaktorskega centra. Vzorčenje zemlje in in-situ spektrometrijo gama smo tudi letos opravili na travniku zahodno od reaktorja, vzorčenje savskega sedimenta pa se izvaja izven ograje Reaktorskega centra ob izpustnem kanalu tekočinskih odpadkov v reko Savo.



Slika 1: Vzorčevalne lokacije na Reaktorskem centru v letu 2025



3 Ovrednotenje meritev

3.1 Meritve reaktorskih tekočin

V okviru nadzora reaktorskih tekočin izvajamo meritve vzorcev (VLG spektrometrija) vode iz bazena reaktorja (primarna voda), iz sekundarnega kroga reaktorja (sekundarna voda) ter iz bazena za iztrošene gorivne elemente. Z meritvami aktivnosti tekočin se posredno izvaja nadzor nad puščanjem gorivnih elementov, nad učinkovitostjo filtriranja vode in nad puščanjem med primarnim in sekundarnim krogom.

3.1.1 Primarna voda

Primarna voda se vzorčuje enkrat na teden, običajno nekaj dni po zaustavitvi reaktorja. Rezultati meritev so v tabeli M13. Skupna specifična aktivnost sevalcev gama je nekaj dni po zaustavitvi reaktorja okrog 100 kBq/m^3 . K njej prispevajo aktivacijski produkti. V letu 2025 smo v primarni vodi zaznali Na-24, Mg-27, Ar-41, Cr-51, Mn-54, Mn-56, Co-58, Co-60, Tc-99m, Sb-122, Sb-124 in W-187. Njihove koncentracije so za primarno vodo običajne. Višje aktivnosti Ar-41 in Na-24 so v vodi merljive le med obratovanjem reaktorja oziroma takoj po njegovi zaustavitvi. V letu 2025 nismo zaznali fisijskih produktov, kar kaže na to, da gorivni elementi niso poškodovani.

3.1.2 Sekundarna voda

Vzorčenje sekundarne vode poteka enkrat na mesec med obratovanjem reaktorja. Rezultati meritev so v tabeli M14. V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid, iz česar sklepamo, da ni puščanja med primarnim in sekundarnim krogom.

3.1.3 Voda iz bazena za iztrošene gorivne elemente

Vzorčenje vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente poteka enkrat mesečno. Rezultati meritev so v tabeli M15. V letu 2025 v vzorcih vode nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov. V bazenu od leta 2001 ni več izrabljenih gorivnih elementov, so bili pa v letu 2018 in 2019 v bazenu za iztrošene gorivne elemente občasno shranjeni aktivnejši obsevani vzorci, tako da se še lahko občasno pojavijo posamezni umetni radionuklidi kot posledica pretekle kontaminacije ali kontaminacije zaradi shranjenih vzorcev.

3.2 Meritve izpustov

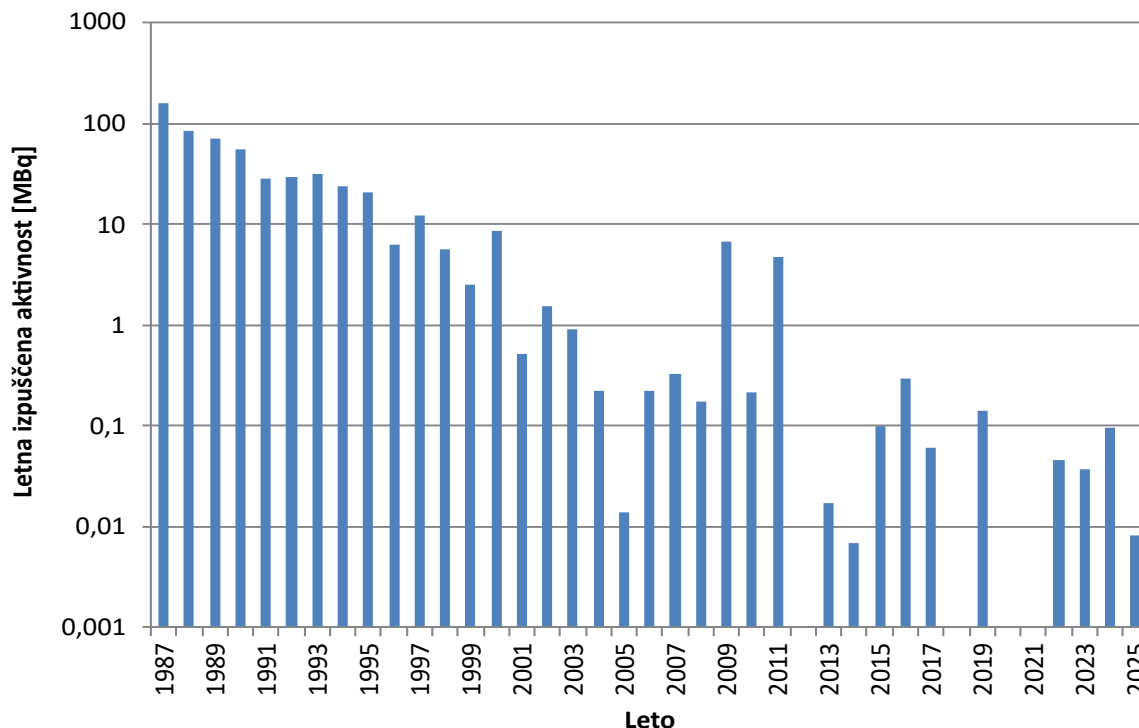
Z meritvami izpustov ocenjujemo izpostavljenost prebivalstva sevanju zaradi dejavnosti na Reaktorskem centru. Program spremljanja emisij temelji na meritvah tekočinskih in zračnih izpustov ter zunanjega sevanja na izpustnih mestih.

3.2.1 Tekočinski izpusti

V izpustni kanal se iztekajo drenažne tekočine Odseka za znanosti o okolju (O-2), reaktorja in vročih celic (OVC). Drenažne tekočine Odseka O-2 izpuščamo v reko Savo običajno ob ponedeljkih in drenažne tekočine reaktorja enkrat na mesec, če je v cisternah dovolj tekočine. Zadrževalna cisterna drenaže vročih celic je bila v zadnjih dvajsetih letih suha, zato ni bilo meritev in izpustov v okolje.



V preteklih letih so bile radioaktivne snovi v nizkih koncentracijah običajno prisotne le v tekočinah iz zadrževalne cisterne Odseka za znanosti o okolju (O-2), v drenažnih tekočinah reaktorja pa le redko. Občasno sta se pojavljala v zelo nizkih koncentracijah radionuklida Co-60 in Cs-137.



Slika 2: Letne izpuščene aktivnosti iz cisterne odseka O-2 v obdobju 1987-2025

V letu 2025 smo v cisterni O-2 zaznali Co-60 in Cs-137 (tabela M1). Vse vrednosti so blizu meje detekcije, okoli 1 Bq/kg. Skupna izpuščena aktivnost za to leto je bila 8,3 kBq (tabela 2 in slika 2). Cisterna reaktorja je bila v letu 2025 izčrpana štirikrat, v njej pa nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov (tabela M2). Cisterna drenaže OVC je bila tudi v letu 2025 celo leto suha.

3.2.2 Zračni izpusti

Pri zračni prenosni poti je najpomembnejše izpuščanje Ar-41 iz prezračevalnega sistema reaktorja. Med obratovanjem reaktorja v votlih delih ob sredici (obsevalni kanali) iz naravnega argona Ar-40 v zraku z aktivacijo nastaja radioaktivni Ar-41, ki ima kratko razpolovno dobo (1,83 ure). Takoj po zagonu reaktorja začne koncentracija argona počasi naraščati in doseže maksimalno ravnovesno vrednost približno dve uri po zagonu. Aktivnost nastalega argona je potem sorazmerna z obratovalno močjo reaktorja. Ventilacijski sistem ga sproti izpihava v okolje. Argon vzorčujemo v dimniku reaktorja enkrat mesečno, tako da odvezamo trenutni plinski vzorec (marinelli). Vzorec vzamemo pri obratovanju reaktorja na največji moči.

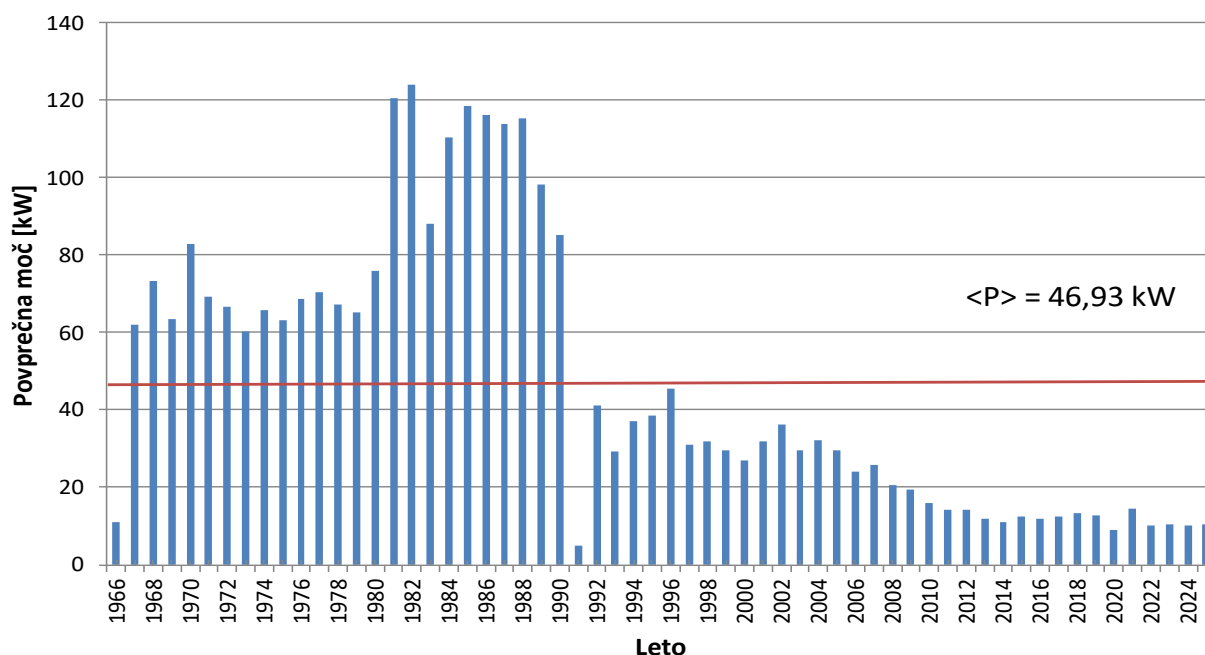
Vsebnosti Ar-41 v dimniku reaktorja so v tabeli M3. Aktivnost argona v dimniku je odvisna od postavitve eksperimentalne opreme v eksperimentalnih kanalih, od delovanja argonskega ventilacijskega sistema, ki izsesava argon neposredno iz votlih delov ob sredici, ter od delovanja sistema prezračevanja reaktorske hale, s katero je reguliran pretok zraka v dimniku.



Od obnove ventilacijskega sistema leta 2010 dalje smo ocenili povprečni pretok zraka v dimniku na okoli $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Povprečni pretok med mesečnimi vzorčenji plinskega vzorca zraka za leto 2025 je bil $\sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Povprečna koncentracija aktivnosti argona ob delujočem reaktorju v letu 2025 je bila $170 \text{ kBq}/\text{m}^3$, največja koncentracija pa je bila izmerjena v marcu $198 \text{ kBq}/\text{m}^3$. Tako povprečna kot maksimalna vrednost sta primerljivi z meritvami v lanskem letu ($164 \text{ kBq}/\text{m}^3$ povprečna in $175 \text{ kBq}/\text{m}^3$ maksimalna vrednost).

Iz povprečne izmerjene koncentracije aktivnosti in pretoka izračunamo hitrost izpuščanja $0,60 \text{ MBq}/\text{s}$ pri obratovanju reaktorja na polni moči. Povprečna moč reaktorja za leto 2025 je bila $10,4 \text{ kW}$ (slika 3) in ocenjena povprečna letna hitrost izpuščanja ($Q = \frac{P}{P_{\max}} Q_{\max}$) $25 \text{ kBq}/\text{s}$ ter s tem letna količina izpuščenega Ar-41 $0,8 \text{ TBq}$ (enaka kot v letih 2024, 2023 in 2022, $1,1 \text{ TBq}$ v 2021, in $0,7 \text{ TBq}$ v 2020).



Slika 3: Povprečna obratovalna moč reaktorja TRIGA v obdobju 1966-2025, $\langle P \rangle$ je povprečje za celotno življenjsko obdobje reaktorja TRIGE

V tangencialnih kanalih reaktorja se skupaj s spremembami eksperimentalne opreme v kanalih spreminja tudi količina zraka v votlinah ob sredici reaktorja. S povečanjem količine razpoložljivega zraka se poveča tudi povprečna koncentracija Ar-41 v dimniku reaktorja. Leta 2015 se je povečala zaradi predelave tangencialnega kanala 6 in leta 2019 zaradi predelave tangencialnega kanala 5. Tako so koncentracije Ar-41 narastle s $100 \text{ kBq}/\text{m}^3$ na okoli $170 \text{ kBq}/\text{m}^3$. Argonski sistem namreč izčrpa zrak iz votlin neposredno iz sredice in njene okolice (pnevmatska pošta, eksperimentalni kanali, suha celica) v dimnik reaktorja. Ob nadaljnjih spremembah eksperimentalne opreme lahko pričakujemo, da se bo aktivnost argona v dimniku ustrezno spreminjala.

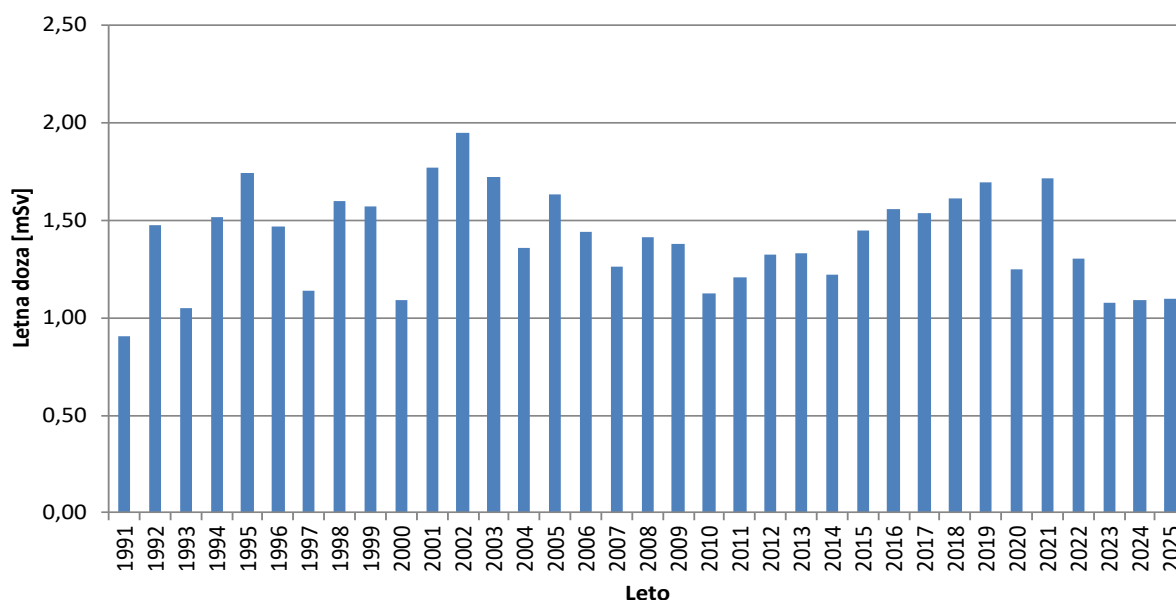
Na samem izpustnem mestu z zračno črpalko lovimo tudi zračne delce na filtre. Filtre menjamo dvakrat tedensko. Količina prečrpanega zraka preko vsakega filtra je okoli 240 m^3 . Na enak način vzorčimo zračne delce tudi na izpuhu iz OVC. Rezultati meritev zračnih filtrov v dimniku reaktorja in v vročih celicah so zbrani v tabelah M4 in M5. Na filtrih zračnih delcev v dimniku reaktorja smo kot v preteklih letih tudi v letu 2025 zaznali prisotnost Na-24 z največjo izmerjeno aktivnostjo $3,6 \text{ Bq}$ na



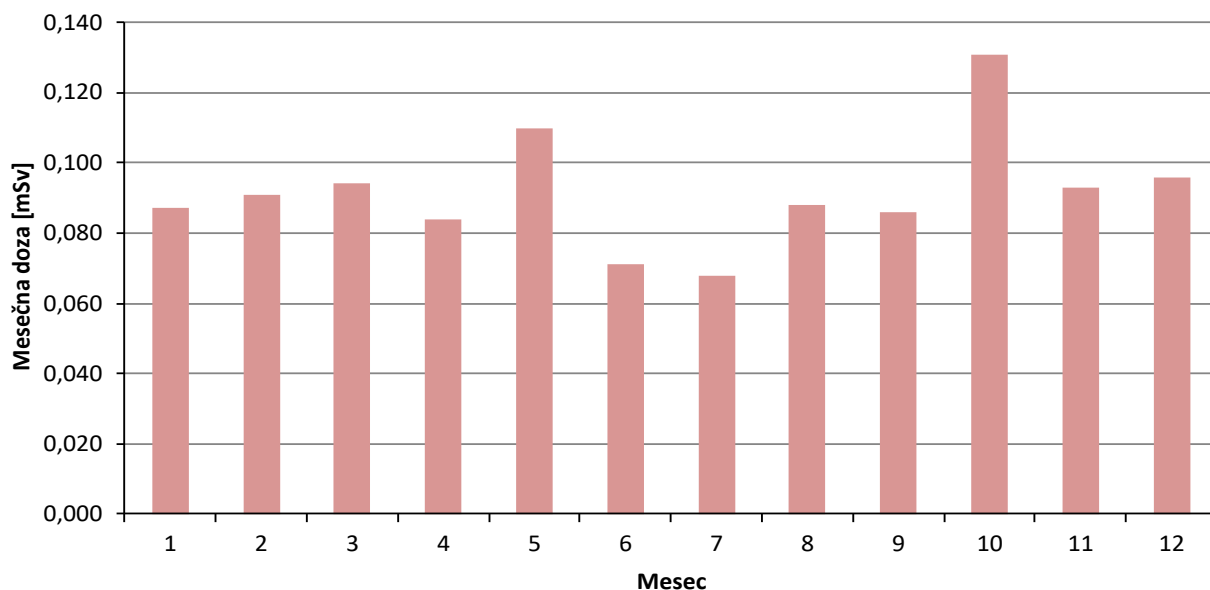
filter ter največjo izmerjeno koncentracijo aktivnosti $0,02 \text{ Bq/m}^3$. Poleg Na-24 smo enkrat zaznali tudi prisotnost Br-82. V preteklosti je bil Br-82 večkrat prisoten zaradi kontaminacije obsevalnih kanalov, v zadnjih letih pa se redko pojavi. Drugih umetnih radionuklidov nismo zaznali, a jih lahko v prihodnosti še kdaj občasno pričakujemo. Zaradi morebitne poškodbe obsevanih vzorcev lahko v obsevalnih kanalih ostanejo sledovi vzorca, ki se med obratovanjem reaktorja aktivirajo in jih zato zaznamo na zračnih filtrih. V zračnih filtrih bi zaznali tudi morebitno puščanje gorivnih elementov.

V dimniku reaktorja je nameščen TLD, katerega doza je korelirana s trajanjem in močjo obratovanja reaktorja. Na istem mestu je tudi kontinuirni merilnik sevanja, ki je del nadzornega sistema samega reaktorja in katerega polurni odčitki so predstavljeni na sliki 6.

Meritve zunanjega sevanja s TLD v dimniku reaktorja (izpuh reaktorja TRIGA), ki je povečano zaradi radioaktivnega plina Ar-41, so za obdobje 1991-2025 prikazane na sliki 4. Vrednosti segajo od doz, primeljivih s sevanjem naravnega ozadja ($0,9 \text{ mSv}$ za leto 1991), do dvakratnega ozadja (skoraj 2 mSv za leto 2002) in so odvisne od obratovanja reaktorja; povezane so s številom obratovalnih ur ter z močjo reaktorja. Za leto 2025 je bila skupna letna doza TLD $1,1 \text{ mSv}$ in je na sliki 5 razčlenjena po posameznih mesecih.



Slika 4: Letne doze TLD na izpuhu iz reaktorja za obdobje 1991 – 2025



Slika 5: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2025 (Oznaka 1.7D)

Rezultati meritev hitrosti doze s kontinuirnim merilnikom Berthold LB111 na izpuhu reaktorja iz reaktorske hale so na sliki 6 primerjani z meritvami hitrosti doze v okolju, z merilnikoma LB111 in MFM na vzhodni kontrolni točki.



Slika 6: Meritve za leto 2025: hitrost doze na izpuhu reaktorja – kontinuirni merilnik Berthold LB111 (rdeča, Oznaka: 1.6HD), na vzhodni kontrolni točki – kontinuirna merilnika Berthold LB111 (temno zelena) in merilnik MFM (svetlo zelena, Oznaka: 2.5HD) ter letno povprečje vzhodne kontrolne točke – TLD (rumena, Oznaka: 2.6HD)



Izstopajo sledeče značilnosti:

- Do opaznih povečanj zunanje sevanja (okoli $0,5 \mu\text{Sv/h}$) na izpuhu reaktorja prihaja ob obratovanju reaktorja in jih povzroča žlahtni plin Ar-41.
- Rahla povečanja zunanje sevanja na vzhodni kontrolni točki se pojavljajo ob padavinah, ki iz ozračja izperejo kratkožive radonove potomce. Pojav je naraven in ni povezan z obratovanjem reaktorja.
- S slike 6 je razvidno, da je hitrost doze zunanje sevanje, kadar reaktor ne obratuje, na izpuhu reaktorja nižja (okoli $0,05 \mu\text{Sv/h}$) kot na vzhodni kontrolni točki (okoli $0,1 \mu\text{Sv/h}$) v okolju. Merilnik na travniku je namreč izpostavljen višjemu naravnemu sevanju kot tisti na izpuhu, ki je pred naravnim sevanjem zaščiten z gradbo.
- V letu 2025 je nekajkrat prišlo do prekinitve zajemanja podatkov LB111 merilnikov v okolju in na dimniku reaktorja. Merilnik MFM je v tem času nemoteno deloval.
- Od leta 2015 se je zaradi spremembe eksperimentalne postavitve v reaktorju povprečna hitrost doze na izpuhu reaktorja pri delovanju reaktorja na polni moči povišala s približno $0,35 \mu\text{Sv/h}$ na okrog $0,5 \mu\text{Sv/h}$.

3.3 Meritve v okolju

Meritve v okolju omogočajo splošno oceno stanja radioaktivnosti na območju Reaktorskega centra, oceno morebitnih vplivov obratovanja reaktorja in drugih objektov znotraj centra, kot tudi vplive dogodkov zunaj Reaktorskega centra, npr. černobilske nesreče. Meritve v okolju so običajno pod mejo detekcije in nam dajo predvsem osnovno sliko o ničelnem stanju nekaterih radioloških parametrov na območju Reaktorskega centra in v bližnji okolici. Program obratovalnega monitoringa vsebuje tudi meritve za primer izrednega dogodka (kontaminacija zemlje in zraka), ki služijo za vzdrževanje pripravljenosti sodelavcev SVPIŠ.

3.3.1 Voda iz vodnjaka

Vzorčenje vode iz vodnjaka poteka v neposredni bližini stavbe odseka O-2 (slika 1). Zaradi nemerljivega vpliva reaktorja na okolje po tej prenosni poti smo v dogovoru z URSJV (dopis URSJV št. 3570-1/2021/68) [21] v tem letu zmanjšali frekvenco meritev vode iz vodnjaka, skladno s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti. Do leta 2025 smo manjši vzorec podtalnice vzorčili enkrat mesečno, v letu 2025 pa se je frekvenca vzorčenja zmanjšala na dvakrat letno. Že do leta 2025 so meritve podtalnice dvakrat letno vzporedno z nami izvajali tudi sodelavci IJS odseka F2, ki vzorčijo večjo količino vode in merijo njeno sušino. Od leta 2025 bomo ohranili samo meritve odseka F2. Rezultati meritev so v tabeli M7. V vzorcih nismo zaznali prisotnosti radionuklidov, ki bi lahko bili posledica delovanja reaktorja. Aktivnosti umetnih radionuklidov v vseh izmerjenih vzorcih so bile pod detekcijsko mejo. Aktivnosti naravnih radionuklidov so običajne za naravno okolje.

3.3.2 Sedimenti Save

Meritve vzorcev sedimenta reke Save (tabela M8) z lokacij nad izpustom in pod njim kažejo prisotnost naravnih radionuklidov v običajnih koncentracijah za sedimente. V teh vzorcih so bile v letu 2025 izmerjene koncentracije Cs-137 $1,06 \text{ Bq/kg}$ nad in $1,72 \text{ Bq/kg}$ pod izpustom. Koncentracije Cs-137, ki je posledica kontaminacije širšega okolja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij in černobilske nesreče, so v sedimentih zaradi izpiranja nižje kot v zemlji, kjer običajno znašajo nekaj deset Bq/kg . Primerjava vsebnosti umetnih radionuklidov v sedimentih nad izpustom in pod izpustom kažejo, da je meritev Cs-137 pod izpustom v okviru merilne negotovosti in mikrolokacije vzorčenja primerljiva

z meritvijo nad izpustom. Meritve sedimentov potrjujejo pričakovanja iz meritev izpustov reaktorskih tekočin (tabela M1 in M2), v katerih smo v letu 2025 nekajkrat zaznali prisotnost umetnih radionuklidov blizu meje detekcije, da zaradi izpustov z reaktorskega centra ni prišlo do povišanih vrednosti umetnih radionuklidov v sedimentih reke Save.

3.3.3 Zemlja

Zemljo smo vzorčili na travniku južno od reaktorja (slika 7, tabela M9), poleg lokacije In-Situ meritev (VLG spektrometrija zemljišča). Vzorčenje smo izvedli s "corerjem" in naredili analizo za dve globini. Vsebnosti naravnih radionuklidov so značilne za običajno zemljo. Izmerjena aktivnost Cs-137 v zgornji plasti (0-10 cm) 36 Bq/kg je primerljiva z običajnimi vrednostmi za zemlje zaradi globalne kontaminacije (okoli 50 Bq/kg). V okolici meteorološke postaje, neposredno ob dozimetru na zahodni kontrolni točki, so bile v preteklosti izmerjene tudi najvišje vrednosti Cs-137 v zgornji plasti zemlje. Izmerjena aktivnost leta 2012 je bila 111 Bq/kg. V letu 2025 je vrednost cezija za spodnjo plast (10-20 cm, 29 Bq/kg) nekoliko nižja kot za zgornjo plast. Zaradi časovne oddaljenosti globalne kontaminacije in naravnih procesov ni več opaziti izrazite sistematske porazdelitve aktivnosti cezija po globini zemlje do 20 cm. Zaradi razpolovne dobe in izpiranja v globlje plasti se aktivnost cezija v splošnem postopoma zmanjšuje.



Slika 7: Vzorčenje zemlje in meritve zemlje In-Situ južno od reaktorja, 8. 4. 2025

3.3.4 Zunanje sevanje

Meritev zunanjega sevanja z dozimetri TLD poteka na štirih mestih znotraj ograje Reaktorskega centra. Prvi dozimeter TLD je bil uveden leta 1991 na zahodni strani reaktorskega centra ob meteorološki postaji (TLD-zahod). Dozimetri so nameščeni na višini 1 m in pokrivajo štiri osnovne smeri neba (tabela 1). Izvajanje meritev na posameznih mestih se je začelo v različnih obdobjih.

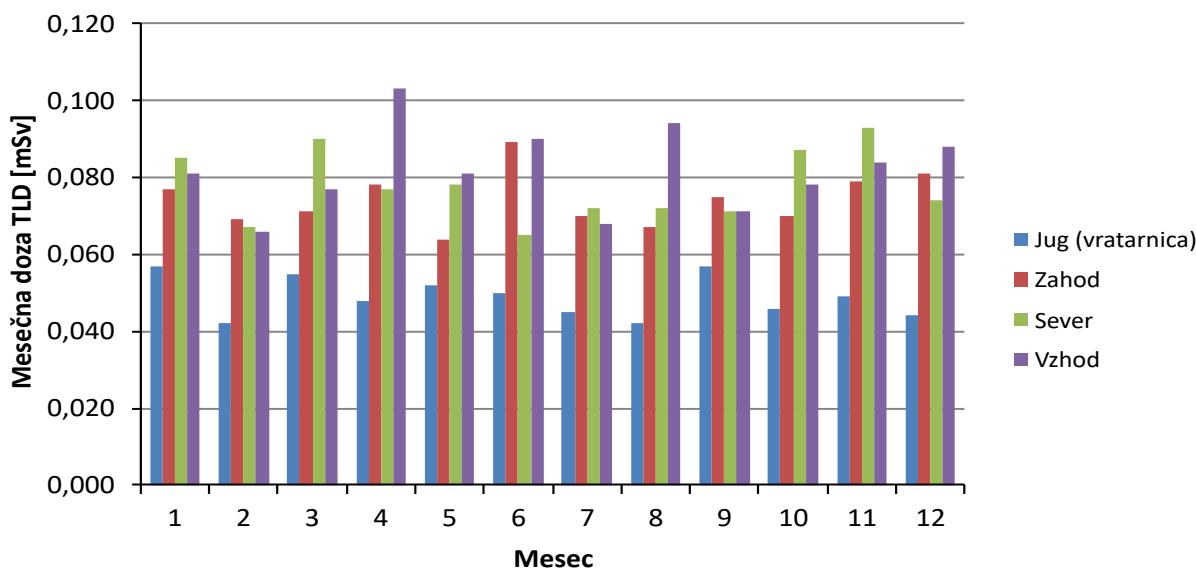
Tabela 1: Merilna mesta za merjenje zunanjega sevanja s TLD

Oznaka	Mesto	Uveden	Opomba
TLD-jug	vratarnica	1993	vhod v Reaktorski center
TLD-zahod	meteorološka postaja	1991	poleg kontinuirnega merilnika URSJV
TLD-sever	ograja	2001	severno mesto – ograja RC
TLD-vzhod	v bližini reaktorja in skladišča RAO	1993	poleg kontinuirnega merilnika okolje

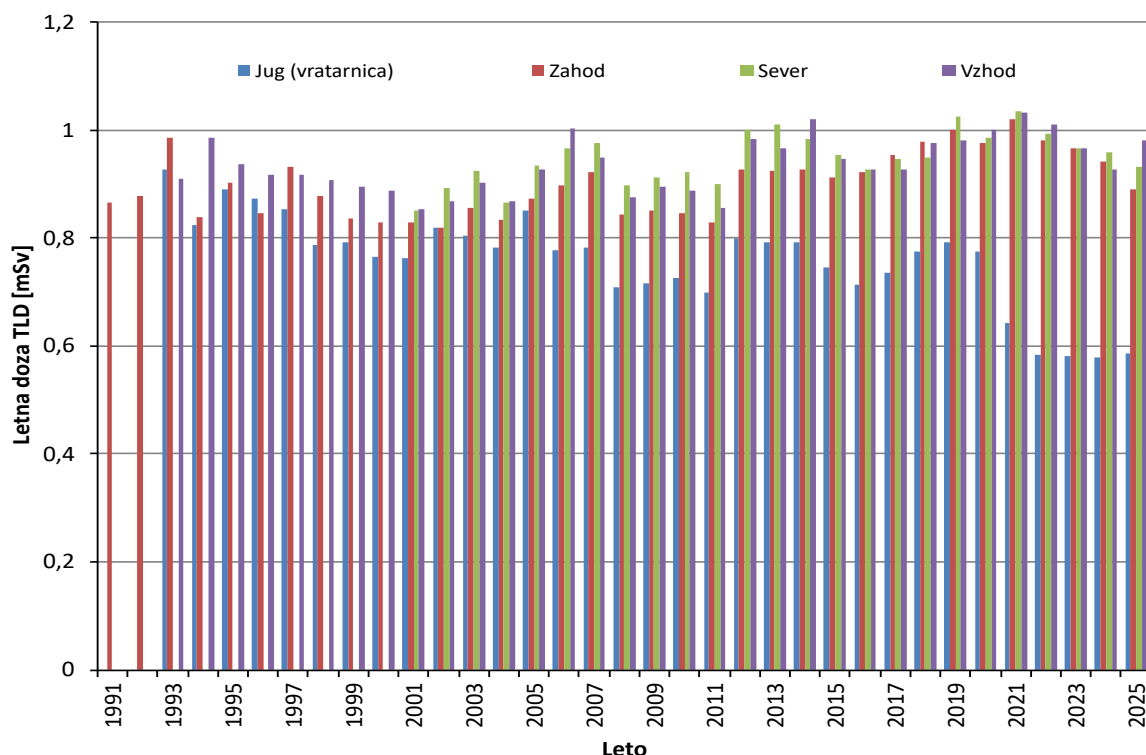


Na vzhodnem merilnem mestu (TLD-vzhod) poteka tudi kontinuirna meritev hitrosti doze. V zadnjih dveh letih smo z merilnika Berthold LB111 prešli na rezultate merilnika MFM (sonda A 452), vendar zaenkrat spremljamo še oba.

Mesečne doze TLD na merilnih mestih za leto 2025 so na sliki 8 ter v tabeli M10 in letne doze za celotno obdobje opravljanja meritev na sliki 9. Večina vrednosti je na ravni tistih, ki jih pričakujemo v običajnem naravnem okolju (okrog 0,08 mSv/mesec oziroma 1 mSv/leto). Razlike med posameznimi točkami so zanemarljive, nekoliko izstopa le dozimeter na južni strani reaktorskega centra. Ker je dozimeter postavljen ob vratarnici, kjer je okolica asfaltirana, so njegove vrednosti vedno nekoliko nižje od ostalih dozimetrov, ki so postavljeni nad zemljo.



Slika 8: Mesečne doze TLD na merilnih mestih v letu 2025 (Oznaka 2.6D – 2.9D)



Slika 9: Letne doze TLD na merilnih mestih v obdobju 1991 – 2025

3.3.5 Vzdrževanje pripravljenosti

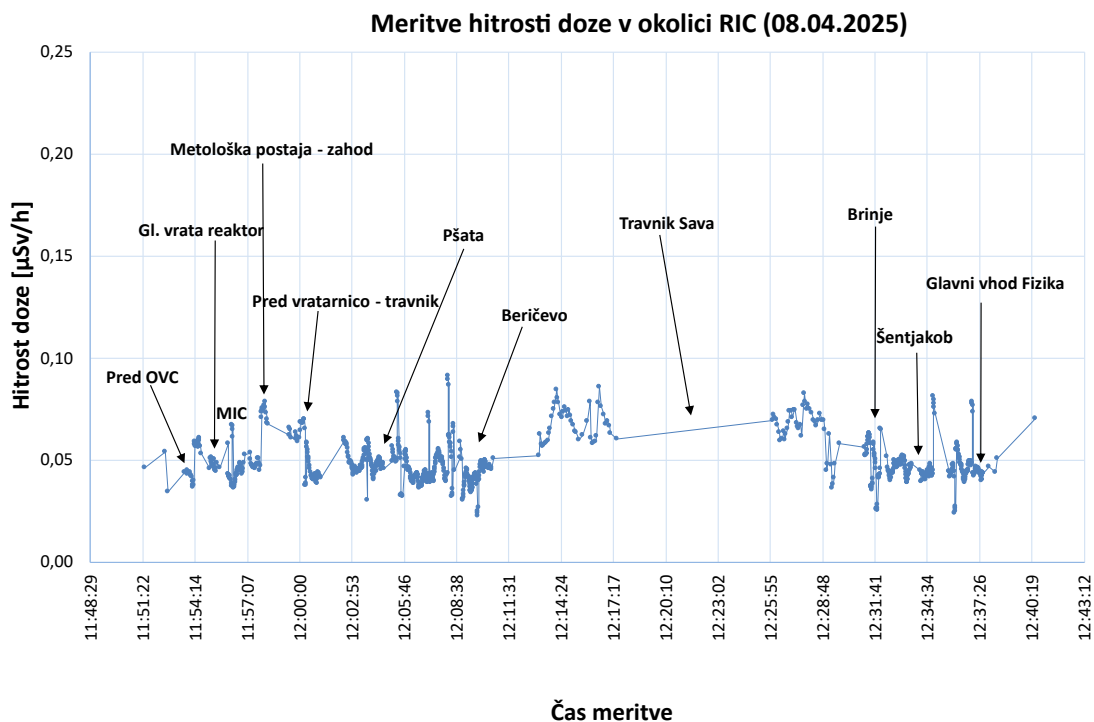
V program vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka spadajo meritve hitrosti doze, kontaminacije zemlje in zraka v okolju. S terenskimi meritvami ugotavljamo ničelno stanje v bližnji okolici, kar je bistveno za vrednotenje sprememb ob morebitnih izrednih dogodkih znotraj Reaktorskega centra ali pri zunanjih dogodkih, ki bi vplivali na radiološke razmere na območju Reaktorskega centra.

Spektrometrijo gama in-situ smo izvedli s prenosnim HPGe spektrometrom na travniku južno od reaktorja. Rezultati meritev v tabeli M11 (enakomerna porazdelitev) se s korekcijo na suho snov v okviru merilne negotovosti ujemajo z meritvami zgornje plasti zemlje (tabela M9), pri čemer je bila za zemljo narejena radonska zapora. Po pričakovanju smo zaznali prisotnost naravnih radionuklidov in Cs-137, ki je posledica kontaminacije širšega okolja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij in černobilske nesreče. Vse vrednosti so običajne za naravno okolje in so primerljive z ostalimi meritvami po reaktorskem centru v preteklih letih. Vrednost za Cs-137 ob predpostavki enakomerne porazdelitve je za leto 2025 23 Bq/kg primerljiva z vrednostjo v letu 2024 (18 Bq/kg).

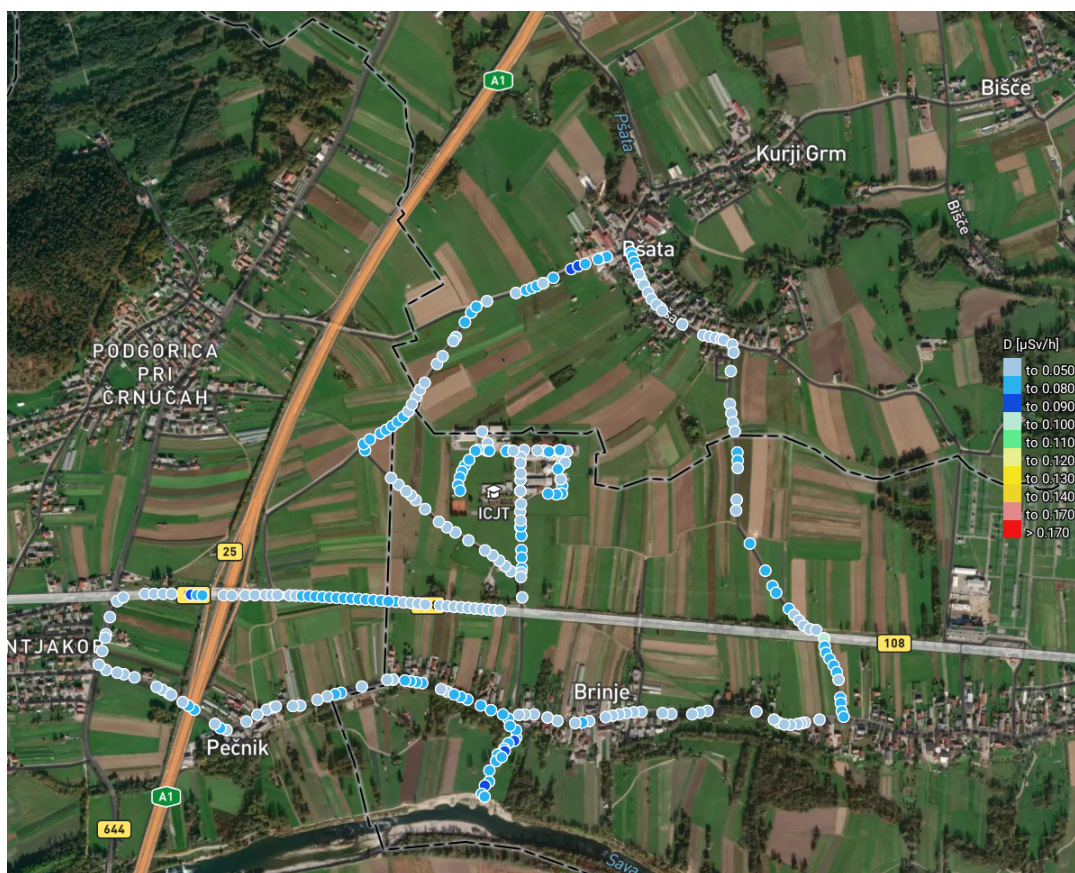
Hitrost doze znotraj ograje Reaktorskega centra (slika 10) in v njegovi okolici smo merili z organskim scintilatorjem večjega volumna, primernim za merjenje naravnega ozadja. Rezultati meritev in njihove lokacije na krožni poti so na sliki 10 in sliki 11. Izmerjene hitrosti doze znotraj ograje Reaktorskega centra in v okoliških naseljih so primerljive z nivoji sevanja drugod po Sloveniji.

Za potrebe vzdrževanja pripravljenosti smo vzorčili tudi zračne delce s prenosnim vzorčevalnikom pred vhodom v objekt vroče celice. Aerosolni filter smo izmerili v laboratoriju s spektrometrijo gama. Rezultati meritev so v tabeli M12. V vzorcu nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov.

Vse meritve v okviru vzdrževanja pripravljenosti so potrdile, da ni radiološkega vpliva delovanja jedrskega objekta na njegovo okolico in da je SVPIŠ ustrezno pripravljena na izvajanje tovrstnih meritev.



Slika 10: Meritve hitrosti doze na krožni poti v okolici Reaktorskega centra (8. 4. 2025) s scintilacijsko sondo Automess 6150AD-b/H (Oznaka: 2.11HD)



Slika 11: Lokacija meritev hitrosti doze na krožni poti v okolici Reaktorskega centra 8. 4. 2025 (Oznaka: 2.11HD)



4 Ocena vplivov

Neposredne meritve v okolju kažejo, da ni zaznavnega radiološkega vpliva Reaktorskega centra. Zaradi tega je možna le posredna ocena izpostavitve prebivalstva na podlagi emisijskih meritev in modelov. K izpostavitvi prispevata le izpostavitve zaradi tekočinskih izpustov iz zadrževalnih cistern v savsko vodo (ingestija) in zaradi zračnih izpustov Ar-41 (imerzija). Metodologija ocene doz je opisana v *Varnostnem poročilu za TRIGA Mark II v Podgorici* (IJS-DP-10675), [3].

4.1 Ocena efektivne doze zaradi tekočinskih izpustov

Ocena doze zaradi tekočinskih izpustov temelji na hipotetični predpostavki zauživanja savske vode po izpustu tekočin iz zadrževalnih cistern. Ocena je zelo konzervativna, saj predpostavlja, da okoliški prebivalec celo leto pije kontaminirano savsko vodo, čeprav je voda kontaminirana le ob času izpustov. Letno efektivno dozo za ingestijo izračunamo iz enačbe:

$$E_{\text{ing}} = \sum_i \frac{A_i}{\phi \cdot t_{\text{izp}}} V_l \cdot DF_{\text{ing},i},$$

kjer je:

- A_i letna izpuščena aktivnost izotopa i ,
- ϕ povprečni pretok Save (58 m³/s*),
- t_{izp} trajanje izpusta (okrog 2 h),
- V_l količina zaužite vode v enem letu (0,75 m³/leto),
- $DF_{\text{ing},i}$ dozni faktor za ingestijo izotopa i .

*Vrednost povprečnega pretoka Save ostaja iz zgodovinskih razlogov 58 m³/s, čeprav se številka sama iz leta v leto spreminja. Dolgoletno povprečje je več kot 58 m³/s, zato z ohranjanjem nižje številke konzervativno upoštevamo manjše redčenje.

Tabela 2: Ocenjena letna doza zaradi tekočinskih izpustov

Radionuklid	A [Bq/leto]	D _{ing} [Sv/Bq]*	E [nSv]
Co-60	5,16E+03	3,4E-09	0,03
Cs-137	3,11E+03	1,3E-08	0,07
Skupaj	8,27E+03		0,10

V letu 2025 smo dvakrat zaznali umetne radionuklide v izpustih iz cisterne O-2 (tabela M1, slika 2). V tabeli 2 je ocenjena letna ingestijska doza. Efektivna letna ingestijska doza je ocenjena na manj kot 0,01 μSv. **Ocenjujemo, da je efektivna letna doza zaradi tekočinskih izpustov zanemarljiva.**

4.2 Ocena efektivne doze zaradi zračnih izpustov

Pri oceni efektivne doze na prebivalstvo zaradi zračnih izpustov smo ocenili zunanjo dozo za Ar-41. Inhalacijsko dozo Ar-41 smo zanemarili, saj žlahtne pline izdihnemo, zaradi česar ne pride do notranje kontaminacije. Prav tako je zaradi nizkih koncentracij zanemarljiva inhalacijska doza vseh ostalih izmerjenih radionuklidov in je zato v nadaljevanju poročila nismo podrobneje obravnavali, smo jo pa upoštevali pri izračunu skupne letne doze.

Koncentracijo radionuklidov v zraku v okolju smo ocenili z Gaussov modelom. Ob tem smo upoštevali sledeče predpostavke:

- Gaussov model za talni izpust ($h = 0$ m),



- disperzijski faktor $v \cdot \chi / Q$ za razred stabilnosti ozračja D in E je povzet iz tabele 11.3.5 (stran 11-50), *Handbook of Health Physics and Radiological Health* [18],
- povprečna hitrost vetra v smeri naselja Pšata je v letu 2025 1,2 m/s.

V tabeli 3 so disperzijski faktorji za razdaljo 100 m (ograja) in 500 m (Pšata) za razreda stabilnosti D in E.

Tabela 3: Parametri Gaussovega modela za različne oddaljenosti od vira, upoštevan izpust Ar-41 je 26 kBq/s

Oddaljenost od vira [m]:	100	500
disperzijski faktor ($v \chi / Q$) razred D [m^{-2}]	1,0E-2	5,0E-4
χ – koncentracija [Bq/m^3]	211	11
disperzijski faktor ($v \chi / Q$) razred E [m^{-2}]	2,0E-2	1,0E-3
χ – koncentracija [Bq/m^3]	421	21

Za oceno zunanje doze Ar-41 smo uporabili sledeče vhodne parametre in predpostavke:

- letna količina izpuščenega Ar-41 je 0,8 TBq (poglavje 3.2.2)
- dozni pretvorbeni faktor za imerzijo v polneskončnem oblaku Ar-41: $5,3E-3 \mu Sv \text{ dan}^{-1}/Bq \text{ m}^{-3}$ [19]
- delež R oblaka z radijem σ_y glede na polneskončni oblak (tabela 4), povzet s slike 11.3.2 (stran 11-46), *Handbook of Health Physics and Radiological Health* [18]
- iz rože vetrov je razvidno, da je veter 13 % časa pihal v smeri najbližjega naselja Pšata,
- predpostavljena je celoletna izpostavitve (8760 ur) za prebivalce Pšate (razdalja 500 m) in 65 ur na leto za osebo na ograji (razdalja 100 m),
- prebivalci se vse ure predpostavljene izpostavitve zadržujejo na prostem, kar zelo poveča konzervativnost ocene,
- na podlagi meteorološkega mnenja ARSO smo predpostavili, da so v ozračju polovico leta stabilnostne razmere razreda D in polovico leta stabilnostne razmere razreda E.

Tabela 4: Deleži hitrosti doze iz oblaka z radijem σ_y

Oddaljenost od vira [m]:	100	500
σ_y [m] – razred D	8	40
R – delež oblaka z radijem σ_y glede na polneskončni oblak	0,03	0,14
σ_y [m] – razred E	6	30
R – delež oblaka z radijem σ_y glede na polneskončni oblak	0,03	0,10

Efektivno dozo E_{im} zaradi zunanje izpostavljenosti Ar-41 izračunamo iz enačbe:

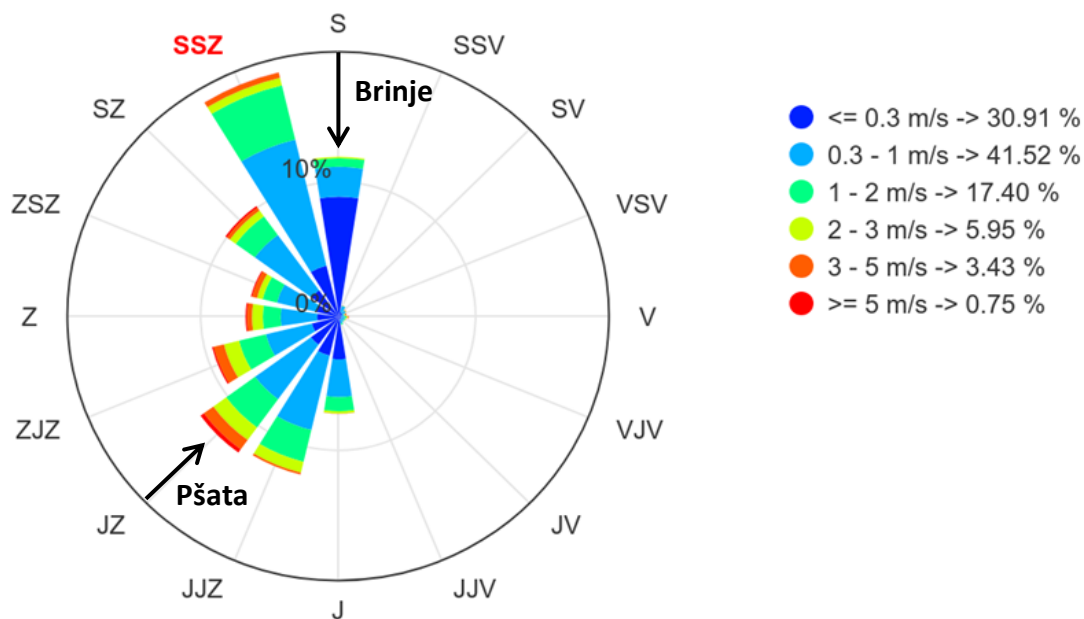
$$E_{im} = \chi \cdot D_{im}({}^{41}\text{Ar}) \cdot R \cdot t \cdot d,$$

kjer je:

- χ koncentracija Ar-41 v zraku,
- $D_{im}(\text{Ar})$ dozni pretvorbeni faktor za imerzijo v polneskončnem oblaku Ar-41,
- R popravek iz polneskončnega oblaka v oblak s končnim radijem σ_y (delež polneskončnega oblaka),
- t čas zadrževanja na določenem mestu,
- d delež časa, ko veter piha v določeni smeri.



Iz rože vetrov za leto 2025 (slika 12), za katero smo podatke dobili z meteorološke postaje Reaktorskega centra, je razvidno, da je veter tudi v letu 2025 najpogostejše pihal v smeri JJV (iz smeri SSZ), kamor je pihal 19 % časa s hitrostjo v povprečju 0,9 m/s. V smeri proti najbližjemu naselju Pšata je pihal 13 % časa s hitrostjo 1,2 m/s. Zaradi enostavne dostopnosti realnih letnih podatkov meteorološke postaje od vključno leta 2022 doze računamo na podlagi realnih podatkov za hitrost vetra in čas pihanja v smeri Pšate. V preteklosti je največkrat pihalo večino časa v tej smeri. Čeprav je v letošnjem letu večinska smer vetra drugačna, še vedno računamo doze v smeri najbližjega naselja Pšata, saj je to smer, v kateri bi bili prebivalci najhitreje izpostavljeni. V tabeli 5 so izračunane hitrosti doze in efektivna letna doza za naselje Pšata.



Slika 12: Roža vetrov za leto 2025

Tabela 5: Ocenjene hitrosti doze in letne doze zaradi izpustov Ar-41

Razred stabilnosti ozračja	Oddaljenost od vira [m]	100	500
D	Hitrost doze [$\mu\text{Sv/h}$]	1,74 E-4	4,06 E-4
	Letna doza [μSv]	0,01	0,36
E	Hitrost doze [$\mu\text{Sv/h}$]	3,48 E-4	5,80 E-5
	Letna doza [μSv]	0,02	0,51
Povprečje D in E		0,02	0,43

Ob predpostavki, da se človek zadržuje 65 ur/leto ob ograji Reaktorskega centra, je efektivna letna doza 0,02 μSv . V oddaljenosti 500 m (Pšata) je ob celoletnem zadrževanju efektivna letna doza 0,43 μSv . **Ocenjujemo, da je efektivna letna doza, prejeta preko zračne prenosne poti, zanemarljiva.** V primeru, da bi reaktor obratoval celo leto na polni moči, bi bila prejeta letna doza na Pšati (oddaljenost 500 m) okoli 10 μSv .



5 MERSKI REZULTATI

5.1 Program obratovalnega monitoringa

Program obratovalnega monitoringa je skladno z 28. členom *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (JV10, Ur. l. RS 27/18) [11] opredeljen v *Varnostnem poročilu za TRIGA Mark II v Podgorici, revizija 7, 2017* (IJS-DP-10675) [3].

Program temelji na starem programu, ki je bil opredeljen v odločbi Uprave RS za jedrsko varnost št. 391-01/00-5-26546/MK z dne 10. 11. 2000. V letu 2013 je bil posodobljen in je skladen s trenutno veljavnim *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* (JV10, Priloga 5: Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti raziskovalnega reaktorja). V letu 2025 je bil program v soglasju z URSJV usklajen z JV10; pogostost vzorčenja podtalnice smo z enkrat mesečno spremenili na dvakrat letno.

5.1.1 Program meritev izpustov

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
TEKOČINSKI IZPUSTI					
1.1G	izpustna cisterna O-2	tekočina	VLG	pred praznjenjem (predvidoma 1x tedensko)	predvidoma 1x tedensko
1.2G	drenaža reaktor + OVC	tekočina	VLG	pred praznjenjem (nekajkrat letno)	nekajkrat letno
ZRAČNI IZPUSTI					
1.3G	izpuh reaktorja – žlahtni plini	plinski	VLG	med obratovanjem (1x mesečno)	1x mesečno
1.4G	izpuh reaktorja – zračni delci	filter	VLG	kontinuirano (menjava 2x tedensko)	2x tedensko
1.5G	vročica celica – zračni delci	filter	VLG	kontinuirano (menjava 2x tedensko)	2x tedensko
ZUNANJE SEVANJE					
1.6HD	izpuh reaktorja	-	hitrost doze	kontinuirano	beleženje v 30 min intervalih
1.7D	izpuh reaktorja	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno



5.1.2 Program meritev v okolju

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
TEKOČINE					
2.1G	vodnjak – podtalnica	Tekočina	VLG	1x mesečno*	1x mesečno
REČNI SEDIMENT					
2.2G	Sava nad izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
2.3G	Sava pod izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
TLA					
2.4G	znotraj ograje RC	Zemlja 0-10 cm	VLG	1x letno	1x letno
ZUNANJE SEVANJE					
2.5HD	vzhodna kontrolna točka	-	hitrost doze	kontinuirano	beleženje v 30 min intervalih
2.6D	vzhodna kontrolna točka	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.7D	južna kontrolna točka (vratarnica)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.8D	zahodna kontrolna točka (meteorološka postaja)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.9D	severna kontrolna točka (ograde)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
MERITVE KONTAMINACIJE V OKOLJU ZA PRIMER IZREDNEGA DOGODKA					
2.10IS	znotraj ograje RC (na mestu vzorca zemlje)	zemlja	in-situ VLG	1x letno	1x letno
2.11HD	krožna pot okoli objekta	-	hitrost doze	1x letno	intervalno beleženje
2.12G	znotraj ograje RC – zračni delci	filter	VLG	1x letno	1x letno

* Pravilnik JV10 predvideva pogostost vzorčenja 2x letno. Sredi leta 2025 smo v soglasju z URSJV pogostost vzorčenja uskladili z JV10.

5.1.3 Program meritev reaktorskih tekočin

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
TEKOČINE					
3.1G	primarna voda	tekočina	VLG	1x tedensko	1x tedensko
3.2G	sekundarna voda	tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno
3.3G	bazen z gorivnimi elementi	tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno



5.2 Pregled tabel

Tabela M1: Meritve tekočinskih izpustov iz zadrževalne cisterne odseka O-2 (1.1G)

Tabela M2: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz drenaže reaktorja in vročih celic (1.2G)

Tabela M3: Meritve aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja (1.3G)

Tabela M4: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu reaktorja (1.4G)

Tabela M5: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu vroče celice (1.5G)

Tabela M6: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja (1.7D)

Tabela M7: Meritve aktivnosti vode iz vodnjaka (2.1G)

Tabela M8: Meritve aktivnosti sedimentov Save (2.2G – 2.3G)

Tabela M9: Meritve aktivnosti zemlje v okolici reaktorja (2.4G)

Tabela M10: Mesečne doze TLD na kontrolnih merilnih točkah (2.6D – 2.9D)

Tabela M11: Meritev depozita – in-situ (2.10IS)

Tabela M12: Meritev aktivnosti filtra zračnih delcev v okolici reaktorja (2.12G)

Tabela M13: Meritve aktivnosti primarne vode reaktorja (3.1G)

Tabela M14: Meritve aktivnosti sekundarne vode reaktorja (3.2G)

Tabela M15: Meritve aktivnosti vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente (3.3G)



Tabela M1: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz zadrževalne cisterne odseka O-2 v letu 2025 (Oznaka: 1.1G)

Datum vzorčenja	V [m ³]	pH	Aktivnost Co-60 [Bq/kg]	Aktivnost Cs-137 [Bq/kg]
13.01.25	5,00	7,0	-	-
03.02.25	4,45	7,0	-	-
24.02.25	4,06	6,0	-	-
24.03.25	4,70	7,0	1,10 ± 0,24	-
22.04.25	4,92	7,0	-	-
02.06.25	4,38	7,0	-	0,71 ± 0,29
10.07.25	5,75	7,0	-	-
28.07.25	5,40	7,0	-	-
25.08.25	5,18	7,0	-	-
30.09.25	5,08	7,0	-	-
28.10.25	3,80	6,5	-	-
01.12.25	4,89	6,5	-	-
30.12.25	4,47	7,0	-	-

Tabela M2: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz drenaže reaktorja in vročih celic v letu 2025 (Oznaka: 1.2G)

Datum vzorčenja – Cisterna RIC	V [m ³]	pH	Aktivnost [Bq/kg]
23.04.25	3,69	7,0	-
28.07.25	3,38	7,0	-
28.10.25	3,28	7,0	-
30.12.25	3,00	7,0	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid. Cisterne OVC v letu 2025 nismo nikoli praznili.

Tabela M3: Meritve aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja v letu 2025 (Oznaka: 1.3G)

Datum vzorčenja	P _{reaktorja} [kW]	Aktivnost Ar-41 [kBq/m ³]
14.01.25	250	175 ± 42
11.02.25	250	176 ± 12
26.03.25	250	198 ± 14
10.04.25	250	171 ± 12
05.05.25	250	156 ± 11
17.06.25	250	158 ± 11
03.07.25	250	162 ± 11
01.08.25	250	158 ± 11
11.09.25	250	163 ± 11
03.10.25	250	169 ± 12
26.11.25	250	151 ± 10
03.12.25	250	154 ± 37
Povprečje:	250	170



Tabela M4: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu reaktorja v letu 2025 (Oznaka: 1.4G)

Datum vzorčenja		V [m³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja		V [m³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja		V [m³]	Aktivnost [Bq]
Januar			Na-24	Februar			Na-24	Marec			
03.01.25	192	-		03.02.25	265	-	-	03.03.25	258	-	
06.01.25	195	-		06.02.25	221	-	-	06.03.25	190	-	
09.01.25	197	-		10.02.25	227	-	-	10.03.25	219	-	
13.01.25	262	-		13.02.25	171	-	-	13.03.25	199	-	
16.01.25	205	-		17.02.25	259	-	-	17.03.25	267	-	
20.01.25	256	-		20.02.25	207	-	-	20.03.25	209	-	
23.01.25	187	0,4 ± 0,1		24.02.25	199	-	-	24.03.25	250	-	
27.01.25	257	-		27.02.25	183	0,6 ± 0,2	-	27.03.25	222	-	
30.01.25	183							31.03.25	259	-	
April				Maj		Na-24	Br-82	Junij			
03.04.25	204	-		02.05.25	262	-	-	02.06.25	267	-	
07.04.25	269	-		05.05.25	195	-	-	05.06.25	221	-	
10.04.25	194	-		09.05.25	265	-	-	09.06.25	266	-	
14.04.25	287	-		12.05.25	229	-	-	12.06.25	203	-	
17.04.25	205	-		15.05.25	196	-	-	16.06.25	270	-	
22.04.25	341	-		19.05.25	277	-	-	19.06.25	204	-	
24.04.25	145	-		22.05.25	228	-	-	23.06.25	281	-	
28.04.25	279	-		26.05.25	265	-	-	26.06.25	206	-	
				29.05.25	224	3,6 ± 0,5	0,2 ± 0,1	30.06.25	265	-	
Julij				Avgust				September			
03.07.25	203	-		04.08.25	283	-	-	01.09.25	266	-	
07.07.25	281	-		07.08.25	234	-	-	04.09.25	233	-	
10.07.25	217	-		11.08.25	285	-	-	08.09.25	267	-	
14.07.25	314	-		14.08.25	212	-	-	11.09.25	224	-	
17.07.25	185	-		18.08.25	290	-	-	15.09.25	277	-	
21.07.25	288	-		21.08.25	227	-	-	18.09.25	234	-	
24.07.25	212	-		25.08.25	283	-	-	22.09.25	273	-	
28.07.25	288	-		28.08.25	231	-	-	25.09.25	219	-	
31.07.25	221	-						29.09.25	285	-	
Oktober			Na-24	November				December			
02.10.25	225	-		03.11.25	285	-	-	01.12.25	264	-	
06.10.25	259	-		06.11.25	189	-	-	04.12.25	176	-	
09.10.25	219	-		10.11.25	247	-	-	08.12.25	245	-	
13.10.25	244	-		13.11.25	161	-	-	11.12.25	197	-	
16.10.25	208	-		17.11.25	276	-	-	15.12.25	220	-	
20.10.25	253	-		20.11.25	189	-	-	18.12.25	194	-	
23.10.25	217	-		24.11.25	253	-	-	22.12.25	267	-	
27.10.25	256	-		27.11.25	178	-	-	26.12.25	371	-	
30.10.25	201	0,8 ± 0,2						29.12.25	228	-	



Tabela M5: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu vroče celice v letu 2025 (Oznaka: 1.5G)

Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]
Januar			Februar			Marec			April		
03.01.25	295	-	03.02.25	285	-	03.03.25	371	-	03.04.25	216	-
06.01.25	224	-	06.02.25	229	-	06.03.25	311	-	07.04.25	256	-
09.01.25	/*	-	10.02.25	350	-	10.03.25	311	-	10.04.25	233	-
13.01.25	304	-	13.02.25	271	-	13.03.25	283	-	14.04.25	306	-
16.01.25	187	-	17.02.25	380	-	17.03.25	301	-	17.04.25	180	-
20.01.25	249	-	20.02.25	297	-	20.03.25	280	-	22.04.25	334	-
23.01.25	191	-	24.02.25	358	-	24.03.25	281	-	24.04.25	133	-
27.01.25	251	-	27.02.25	264	-	27.03.25	277	-	28.04.25	295	-
30.01.25	188	-				31.03.25	330	-			
Maj			Junij			Julij			Avgust		
02.05.25	300	-	02.06.25	273	-	03.07.25	218	-	04.08.25	262	-
05.05.25	223	-	05.06.25	199	-	07.07.25	288	-	07.08.25	204	-
08.05.25	226	-	09.06.25	241	-	10.07.25	201	-	11.08.25	343	-
12.05.25	292	-	12.06.25	189	-	14.07.25	274	-	14.08.25	235	-
15.05.25	202	-	16.06.25	280	-	17.07.25	203	-	18.08.25	309	-
19.05.25	280	-	19.06.25	200	-	21.07.25	285	-	21.08.25	248	-
22.05.25	200	-	23.06.25	270	-	24.07.25	198	-	25.08.25	324	-
26.05.25	255	-	26.06.25	209	-	28.07.25	279	-	28.08.25	265	-
29.05.25	242	-	30.06.25	272	-	31.07.25	211	-			
September			Oktober			November			December		
01.09.25	306	-	02.10.25	248	-	03.11.25	266	-	01.12.25	299	-
04.09.25	263	-	06.10.25	285	-	06.11.25	194	-	04.12.25	205	-
08.09.25	301	-	09.10.25	258	-	10.11.25	269	-	08.12.25	298	-
11.09.25	283	-	13.10.25	294	-	13.11.25	198	-	11.12.25	231	-
15.09.25	295	-	16.10.25	249	-	17.11.25	273	-	15.12.25	257	-
18.09.25	242	-	20.10.25	275	-	20.11.25	214	-	18.12.25	377	-
22.09.25	280	-	23.10.25	194	-	24.11.25	281	-	22.12.25	428	-
25.09.25	218	-	27.10.25	267	-	27.11.25	197	-	26.12.25	306	-
29.09.25	310	-	30.10.25	203	-				29.12.25	162	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

*črpalka ni delovala

Tabela M6: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2025 (Oznaka: 1.7D)

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]
januar	0,087
februar	0,091
marec	0,094
april	0,084
maj	0,110
junij	0,071
julij	0,068
avgust	0,088
september	0,086
oktober	0,131
november	0,093
december	0,096
Skupaj 2025	1,099



Tabela M7: Meritve aktivnosti vode iz vodnjaka v letu 2025 (Oznaka: 2.1G)

Datum vzorčenja	Gladina podtalnice [m]	Aktivnost [Bq/kg]
22.01.25	10,3	-
26.02.25	10,7	-
20.03.25	9,5	-
14.04.25	10,3	-
07.05.25	10,2	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

Meritve sušine vode iz vodnjaka, Odsek F-2, IJS, kjer vzorčevalna in merska metoda omogočata nižjo detekcijsko mejo:

Datum:	22. 01. 2025	25. 08. 2025
Izotop	A [Bq/m ³]	
Be-7	-	<7,0
K-40	39 ± 2	34 ± 3,2
Cs-137	-	-
Pb-210	<7,8	17 ± 2,6
Ra-226	-	<1,9
Ra-228	0,52 ± 0,3	0,613 ± 0,47
Th-228	0,24 ± 0,2	0,74 ± 0,31
U-238	11 ± 6	6,1 ± 1,8

Tabela M8: Meritve aktivnosti sedimentov Save 08. 04. 2025 (Oznaka: 2.2G – 2.3G)

Izotop	A/m [Bq/kg]	
	pod izpustom	nad izpustom
K-40	543 ± 39	457 ± 33
Cs-137	1,7 ± 0,2	1,1 ± 0,1
Pb-210	-	20,5 ± 10,4
Ra-226	37,3 ± 3,0	31,0 ± 2,5
Ra-228	38,2 ± 2,7	29,8 ± 2,1
Th-228	36,6 ± 2,7	29,0 ± 2,2
U-238	39,7 ± 8,5	46,7 ± 8,6

Tabela M9: Meritve aktivnosti zemlje v okolici reaktorja 09. 04. 2025 na JV strani RC (Oznaka: 2.4G)

Izotop	A/m [Bq/kg]		A/S [kBq/m ²] Depozit 0-20 cm
	0-10 cm	10-20 cm	
K-40	451 ± 34	454 ± 34	-
Cs-137	35,9 ± 3,1	28,7 ± 2,5	7,5 ± 0,9
Pb-210	43,4 ± 24,5	60,7 ± 15,1	-
Ra-226	81,4 ± 6,8	78,7 ± 6,5	-
Ra-228	46,8 ± 3,4	46,0 ± 3,3	-
Th-228	42,5 ± 3,3	44,4 ± 3,4	-
U-238	39,3 ± 9,3	51,9 ± 9,5	-



Tabela M10: Mesečne doze TLD na kontrolnih merilnih točkah v letu 2025 (Oznaka: 2.6D – 2.9D)

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]			
	Jug	Zahod	Sever	Vzhod
januar	0,057	0,077	0,085	0,081
februar	0,042	0,069	0,067	0,066
marec	0,055	0,071	0,090	0,077
april	0,048	0,078	0,077	0,103
maj	0,052	0,064	0,078	0,081
junij	0,050	0,089	0,065	0,090
julij	0,045	0,070	0,072	0,068
avgust	0,042	0,067	0,072	0,094
september	0,057	0,075	0,071	0,071
oktober	0,046	0,070	0,087	0,078
november	0,049	0,079	0,093	0,084
december	0,044	0,081	0,074	0,088
Skupaj 2025	0,587	0,890	0,931	0,981

Tabela M11: Meritev depozita – in-situ 9. 4. 2025 na JV strani RC (Oznaka: 2.10IS)

Izotop	Enakomerna porazdelitev [Bq/kg]	Površinska porazdelitev [kBq/m ²]
Be-7	-	-
K-40	291 ± 32	14,7 ± 3,0
Cs-137	22,6 ± 2,7	0,84 ± 0,18
Ra-226	33,8 ± 4,0	1,00 ± 0,21
Ra-228	30,5 ± 3,4	1,19 ± 0,25
Th-228	31,2 ± 3,3	1,28 ± 0,26

Tabela M12: Meritev aktivnosti filtra zračnih delcev v okolici reaktorja 8. 4. 2025 pred vhodom v vročo celico (Oznaka: 2.12G)

Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]
08.04.25	70	-

Opomba: V vzorcu ni bil zaznan noben umetni radionuklid.



Tabela M13: Meritve aktivnosti primarne vode reaktorja v letu 2025 (Oznaka: 3.1G)

Datum	P _{reakt.} [kW]	Na-24 [Bq/kg]	Mg-27 [Bq/kg]	Ar-41 [Bq/kg]	Cr-51 [Bq/kg]	Mn-54 [Bq/kg]	Mn-56 [Bq/kg]
06.01.25	0						
13.01.25	0	13,3 ± 1,3					
20.01.25	0	1,31 ± 0,43					
27.01.25	0	32,0 ± 2,7				1,70 ± 0,44	
03.02.25	0						
10.02.25	0						
17.02.25	0	26,7 ± 2,3					
24.02.25	0						
03.03.25	0	14,3 ± 1,4				1,44 ± 0,38	
10.03.25	0	42,8 ± 3,5			29,7 ± 5,2	0,97 ± 0,36	
17.03.25	0	1,78 ± 0,37					
24.03.25	0	54,4 ± 4,4			8,54 ± 3,12		
31.03.25	0	47,5 ± 3,9		765 ± 58			44,3 ± 4,3
07.04.25	0						
14.04.25	0	22,7 ± 2,0				1,13 ± 0,29	
22.04.25	0	39,6 ± 3,3		4483 ± 339			176 ± 14
28.04.25	0						
05.05.25	0	94,1 ± 7,5		9998 ± 756			446 ± 34
12.05.25	0						
19.05.25	250	11,6 ± 1,2	859 ± 81	2636 ± 199			80,7 ± 6,5
20.05.25	0	301 ± 23		1081 ± 82			49,8 ± 4,6
26.05.25	30	10,2 ± 1,1			9,72 ± 3,52		
02.06.25	0	138 ± 11			25,6 ± 4,9	1,7 ± 0,5	
09.06.25	0						
17.06.25	0	421 ± 32		15824 ± 1195			1066 ± 79
23.06.25	2	2,43 ± 0,41					
30.06.25	0	17,4 ± 1,6		1873 ± 142			71,1 ± 6,0
07.07.25	0	674 ± 51		16525 ± 1248			1258 ± 94
15.07.25	0	8,50 ± 0,95					
21.07.25	0	2,12 ± 0,41			8,79 ± 2,93		
28.07.25	37	17,6 ± 1,7		944 ± 73			41,3 ± 4,3
04.08.25	0	54,8 ± 4,4			8,00 ± 3,71	0,83 ± 0,35	
11.08.25	0	33,0 ± 2,8					
18.08.25	0						
25.08.25	0	8,57 ± 1,0					
01.09.25	0						
08.09.25	0	9,28 ± 0,99					
11.09.25	250	912 ± 69	2299 ± 198	34773 ± 2626			1575 ± 116
15.09.25	0	32,5 ± 2,7		275 ± 21			6,51 ± 1,05
22.09.25	0						
29.09.25	0						
06.10.25	250	317 ± 24	559 ± 74	20079 ± 1516			875 ± 65
13.10.25	0	94,5 ± 7,4			16,9 ± 4,2	1,94 ± 0,49	
20.10.25	0	3,80 ± 0,62		496 ± 39			14,6 ± 2,3
27.10.25	0	15,9 ± 1,5			14,9 ± 3,5	1,85 ± 0,36	
03.11.25	73	11,8 ± 1,2	445 ± 49	1233 ± 94			51,1 ± 4,3
10.11.25	0	156 ± 12		4244 ± 321			267 ± 21
17.11.25	0,08	27,1 ± 2,3		7,33 ± 1,01	7,43 ± 2,88		
24.11.25	0,16			10,7 ± 1,3			
01.12.25	0	11,6 ± 1,1			8,94 ± 3,10	1,23 ± 0,32	
08.12.25	/	13,4 ± 1,3			3,96 ± 2,28	1,10 ± 0,29	
15.12.25	0,4	26,2 ± 2,3			5,95 ± 3,49	1,17 ± 0,36	
23.12.25	0	14,7 ± 1,5			13,6 ± 3,8		
29.12.25	0						

Nadaljevanje tabele na naslednji strani



Datum	P _{reakt.} [kW]	Co-58 [Bq/kg]	Co-60 [Bq/kg]	Tc-99m [Bq/kg]	Sb-122 [Bq/kg]	Sb-124 [Bq/kg]	W-187 [Bq/kg]
06.01.25	0						
13.01.25	0	1,22 ± 0,33		0,98 ± 0,5			
20.01.25	0	1,65 ± 0,39		1,78 ± 0,39			
27.01.25	0	2,29 ± 0,43		5,62 ± 0,84			
03.02.25	0	1,21 ± 0,31	0,80 ± 0,27				
10.02.25	0						
17.02.25	0	1,73 ± 0,38	1,05 ± 0,31	5,21 ± 0,76	1,09 ± 0,61		
24.02.25	0	1,21 ± 0,34		1,63 ± 0,43			
03.03.25	0	4,66 ± 0,60	1,48 ± 0,36	6,39 ± 0,87	2,95 ± 0,66		
10.03.25	0	2,98 ± 0,52		5,15 ± 0,74	1,85 ± 0,56		
17.03.25	0			0,99 ± 0,43			
24.03.25	0	2,40 ± 0,48		2,80 ± 0,53	1,43 ± 0,6		
31.03.25	0			5,13 ± 0,79			
07.04.25	0						
14.04.25	0	1,23 ± 0,35		5,30 ± 0,73			
22.04.25	0						
28.04.25	0						
05.05.25	0						
12.05.25	0						
19.05.25	250						
20.05.25	0	2,05 ± 0,74		5,65 ± 0,95	3,66 ± 0,92		7,25 ± 2,17
26.05.25	30	1,26 ± 0,34		3,11 ± 0,59			
02.06.25	0	4,05 ± 0,67	2,21 ± 0,61	18,6 ± 2,2	9,12 ± 1,15		4,23 ± 1,65
09.06.25	0	1,91 ± 0,35		2,33 ± 0,50			
17.06.25	0						
23.06.25	2	0,71 ± 0,27	0,59 ± 0,24	0,83 ± 0,28			
30.06.25	0						
07.07.25	0			11,3 ± 1,5	16,2 ± 3,9		25,4 ± 5,4
15.07.25	0	1,51 ± 0,35	0,57 ± 0,28	3,42 ± 0,59	2,63 ± 0,53		
21.07.25	0			1,06 ± 0,32			
28.07.25	37			1,33 ± 0,64		0,61 ± 0,33	
04.08.25	0	2,39 ± 0,47		4,30 ± 0,68	3,83 ± 0,71		
11.08.25	0	2,23 ± 0,43	1,41 ± 0,35	8,35 ± 1,08	4,38 ± 0,66		
18.08.25	0	0,53 ± 0,25					
25.08.25	0	1,38 ± 0,35		1,70 ± 0,46	2,27 ± 0,53		
01.09.25	0						
08.09.25	0						
11.09.25	250		3,19 ± 1,28	17,2 ± 3,2	18,8 ± 5,3		70,9 ± 10,5
15.09.25	0	1,88 ± 0,48		9,14 ± 1,16	2,48 ± 0,67		
22.09.25	0			1,41 ± 0,33			
29.09.25	0						
06.10.25	250			12,4 ± 2,4			
13.10.25	0	3,19 ± 0,56		22,1 ± 2,6	5,03 ± 0,77		3,79 ± 1,05
20.10.25	0	1,85 ± 0,44	1,59 ± 0,27	4,82 ± 0,81			
27.10.25	0	3,19 ± 0,49	1,55 ± 0,37	6,10 ± 0,81	1,61 ± 0,44		
03.11.25	73	1,49 ± 0,73		2,81 ± 0,72			
10.11.25	0			1,18 ± 0,69			
17.11.25	0,08	1,77 ± 0,36		6,84 ± 0,92			
24.11.25	0,16			1,87 ± 0,39			
01.12.25	0	1,92 ± 0,38		4,48 ± 0,68			
08.12.25	/	1,66 ± 0,39		5,31 ± 0,75	0,91 ± 0,37		
15.12.25	0,4	2,14 ± 0,44		7,53 ± 0,99	2,15 ± 0,57		
23.12.25	0	1,97 ± 0,41		5,46 ± 0,87	1,71 ± 0,47		
29.12.25	0	1,27 ± 0,32					

Opomba: Aktivnosti radionuklidov v vodi niso neposredno korelirane z močjo reaktorja. Kadar je primarna voda vzorčena takoj po zaustavitvi reaktorja, so aktivnosti nekaterih radionuklidov lahko še vedno visoke (npr. Ar-41 in Na-24).



Tabela M14: Meritve aktivnosti sekundarne vode reaktorja v letu 2025 (Oznaka: 3.2G)

Datum vzorčenja	Aktivnost [Bq/kg]
14.01.25	-
11.02.25	-
26.03.25	-
10.04.25	-
05.05.25	-
17.06.25	-
03.07.25	-
01.08.25	-
11.09.25	-
03.10.25	-
26.11.25	-
02.12.25	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

Tabela M15: Meritve aktivnosti vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente v letu 2025 (Oznaka: 3.3G)

Datum vzorčenja	pH	Aktivnost [Bq/kg]
13.01.25	6,0	-
06.02.25	6,0	-
03.03.25	6,0	-
02.04.25	6,0	-
06.05.25	6,0	-
04.06.25	6,0	-
03.07.25	6,0	-
01.08.25	6,0	-
01.09.25	6,0	-
09.10.25	6,0	-
03.11.25	6,0	-
02.12.25	6,0	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.



5.3 Enote in nazivi količin

V tabelah uporabljamo enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno omogočale izračun obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki.

5.3.1 Voda

Običajno se vode poročajo v koncentraciji aktivnosti v Bq/m³. Zaradi akreditacije poročamo specifično aktivnost v Bq/kg. Pretvorbeni faktor je 1000.

5.3.2 Zemlja

Aktivnost poročamo v Bq/kg osušene zemlje ali kot depozit v Bq/m² za umetne radionuklide v primeru spektrometrije gama in-situ.

5.3.3 Zrak

Aktivnost poročamo v Bq (skupna aktivnost filtra).

5.3.4 Zunanja doza

Poročamo okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v sievertih [Sv]. Okoljska doza za običajno naravno okolje je $H^*(10) = 1,2 \times K_a$. K_a je absorbirana doza v zraku v grayih [Gy].

5.4 Merske metode

5.4.1 Visokoločljivostna spektrometrija gama

Koncentracije sevalcev gama v vzorcih vod, filtrov, žlahtnih plinov, zemlje in sedimentov se merijo z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčenje poteka skladno s postopkom *Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva Reaktorskega centra na okolje* (SVPI-S-R-DN-31), [4]. Vzorci se merijo po postopku *Laboratorijske in terenske meritve s spektrometrijo gama* (ELME-DN-17), [5]. Institut "Jožef Stefan", Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025).

5.4.2 Meritve hitrosti doze

Meritve hitrosti doze v okolju se izvajajo v okviru vzdrževanja pripravljenosti in potekajo po internem postopku *Meritve hitrosti doze z uporabo prenosnih merilnikov* (ELME-DN-04), [6]. Institut "Jožef Stefan", Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025).

5.4.3 Termoluminiscenčna dozimetrija

Doze zunanjega sevanja merimo z okoljskimi pasivnimi dozimetri. Odčitavanje termoluminiscenčnih dozimetrom se izvaja v sodelovanju s pooblaščenim in akreditiranim dozimetričnim Laboratorijem za termoluminiscenčno dozimetrijo na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij. Institut "Jožef Stefan", Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025).



5.5 Orientacijske spodnje detekcijske meje in način poročanja za VLG spektrometrijo

Spodnjo detekcijsko mejo izračunamo kot $L_D = 2,71 + 4,65\sqrt{B}$, kjer je B število sunkov v ustreznem ozadju. V tabeli so orientacijske spodnje detekcijske meje (MDA) za VLG detektorje *Gray* (b05148), *Becquerel* (b14117) in *Curie* (b23063). Vrednosti so določene iz meritev slepih vzorcev za akreditirane geometrije in njihove tipične čase meritev.

MEDIJ	Voda			Zrak			Zemlja		
Velikost vzorca	250 mL			200 m ³			240 mL		
Enota	[Bq/kg]			[Bq]			[Bq/kg]		
Detektor	Gray	Becquerel	Curie	Gray	Becquerel	Curie	Gray	Becquerel	Curie
Na-24	2,32	1,62	0,75	0,20	0,16	0,12	2,06	0,74	1,08
Ar-41	3,31	2,43	2,06	0,29	0,23	0,16	3,49	0,04	3,33
Cr-51	12,6	10,1	7,53	0,86	0,77	0,89	14,1	7,93	9,29
Mn-54	1,97	1,45	0,60	0,16	0,13	0,08	2,02	0,59	1,02
Co-58	1,95	1,46	0,59	0,15	0,11	0,08	1,93	0,97	0,95
Co-60	2,33	1,75	0,67	0,20	0,16	0,10	1,99	1,08	1,01
Zn-65	5,17	3,24	1,42	0,41	0,33	0,22	5,70	2,99	2,92
I-131	1,63	1,33	0,90	0,11	0,10	0,12	1,72	0,96	1,17
Cs-137	2,21	0,84	0,73	0,15	0,12	0,10	1,71	0,72	0,74
K-40	42,3	24,3	5,62	3,50	2,56	0,50	29,8	18,2	8,76
Ra-226	2,81	3,15	2,02	0,26	0,23	0,23	3,84	2,67	2,72
Ra-228	9,02	5,81	2,48	0,70	0,52	0,26	7,53	4,29	3,68
Th-228	2,69	2,32	1,28	0,17	0,19	0,20	2,39	1,58	1,62
U-238	24,3	21,8	13,1	1,03	1,27	1,39	20,8	16,6	17,2

Rezultat meritve poročamo, kadar vrednost rezultata presega mejo za odločitev (Decision threshold: $L_C = 1,645\sqrt{2B}$, kjer je B število sunkov v ustreznem ozadju). V tem primeru lahko s 95 % verjetnostjo trdimo, da je radionuklid prisoten v vzorcu. Če vrednost ne presega meje odločitve, radionuklid v vzorcu ni bil zaznan in rezultata ne poročamo, kar označimo z znakom -. Za zemlje, sedimente ter površinski depozit (in-situ) poročamo izmerjene umetne in naravne radionuklide, za vse ostale meritve poročamo le prisotnost umetnih radionuklidov.

5.6 Primerjalne meritve

5.6.1 Spektrometrija gama

V letu 2025 smo sodelovali na dveh mednarodnih primerjalnih meritvah. Rezultati potrjujejo usposobljenost laboratorija SVPIS za meritve. Primerjalne meritve NPL imajo uradni datum sicer 2024-25, vendar so bile v celoti izvedene v letu 2025. Sodelovali smo tudi pri primerjalnih meritvah PRIMER GAMA, organiziranih znotraj IJS. Naši rezultati primerjalnih meritev PRIMER GAMA se s poročanimi rezultati dobro ujemajo in so ustrezni [12], vendar jih tukaj ne poročamo, ker uradnega poročila še nismo prejeli.

NPL Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2024-25

Vsebnost umetnih radionuklidov v vodnem vzorcu, višje koncentracije

Izotop	A [Bq/g]		Ustreznost
	SVPIS	NPL	
Mn-54	3,86 ± 0,30	3,89 ± 0,20	ustreza
Co-57	12,05 ± 1,03	12,35 ± 0,66	ustreza



Zn-65	10,40 ± 0,70	10,86 ± 0,52	ustreza
Ba-133	32,12 ± 2,07	34,40 ± 2,70	ustreza
Cs-137	6,88 ± 0,54	6,99 ± 0,21	ustreza

Vse izmerjene aktivnosti ustrezajo kriterijem sprejemljivosti, kot jih je določil organizator. Količina NPL vzorca z višjimi koncentracijami radionuklidov je bila manjša od standardne količine, ki jo uporabljamo za pripravo akreditiranih vzorcev na SVPIŠ. Zato smo merili manjše vzorce in prilagodili uporabljeno geometrijo za izračun rezultatov. Kljub temu, da ob spremembi geometrije običajno poročamo večjo negotovost, smo zaradi majhne spremembe geometrije poročali negotovosti kot pri akreditiranih meritvah. Uradni rezultati so zbrani v NPL poročilu [16].

IAEA-TERC-2024-01 World Wide Proficiency Test

Vsebnost umetnih radionuklidov v vodnem vzorcu (Sample 1)

Izotop	A [Bq/kg]		Ustreznost
	SVPIŠ	IAEA	
Co-60	34,3 ± 2,7	35,6 ± 1,5	ustreza
Ba-133	32,4 ± 3,0	34,3 ± 2,1	ustreza
Cs-134	22,9 ± 2,0	24,6 ± 1,0	ustreza
Cs-137	16,5 ± 1,7	17,1 ± 0,7	ustreza

Vsebnost naravnih radionuklidov v vzorcu zemlje (Sample 3)

Izotop	A [Bq/kg]		Ustreznost
	SVPIŠ	IAEA	
K-40	490 ± 39	485 ± 11	ustreza
Cs-137	9,64 ± 1,40	10,3 ± 0,3	ustreza
Ra-226	37,3 ± 3,5	47,9 ± 1,3	ne ustreza
Ra-228	35,5 ± 3,5	36,4 ± 1,7	ustreza
Th-228	34,5 ± 3,3	36,4 ± 1,7	ustreza
U-238	59,0 ± 15,1	27,0 ± 1,8	ne ustreza

Vsebnost naravnih radionuklidov v vzorcu vegetacije (Sample 4)

Izotop	A [Bq/kg]		Ustreznost
	SVPIŠ	IAEA	
K-40	2127 ± 178	2029 ± 69	ustreza

Vsebnost umetnih radionuklidov na vzorcu simulirane kontaminirane površine (Sample 5)

Izotop	A [Bq]		Ustreznost
	SVPIŠ	IAEA	
Sr-90	4,8 ± 1,9	3,22 ± 0,16	ne ustreza
Ba-133	9,1 ± 0,6	10,10 ± 0,51	ustreza

Vzorci 1 (voda), 3 (zemlja) in 4 (vegetacija) so merjeni s spektrometrijo gama, vzorec 5 je površinski vzorec, merjen s spektrometrijo gama (Ba-133) ter z merilnikom kontaminacije. Za vodo in vegetacijo vsi poročani radionuklidi ustrezajo vsem kriterijem sprejemljivosti. V vzorcu zemlje imamo večje odstopanje pri Ra-226, kar je razumljivo, ker nismo delali radonske zapore in so rezultati nekoliko prenizki. Odstopa tudi U-238, ki pa ga v vzorcu ni bilo dovolj, da bi lahko detektirali višje energijske črte. Določali smo ga samo iz obeh nizko energijskih črt, kjer smo imeli visoko ozadje. Zaradi napake pri odštevanju ozadja je rezultat za U-238 neustrezen. Ra-228 in Th-228 nista bila uradno ovrednotena, določeni pa sta bili aktivnosti, s katerimi smo rezultat po metodologiji IAEA sami ovrednotili. Pri meritvah površinskega vzorca (5) imamo za Sr-90 izjemno visoko negotovost,



kar je pri meritvi s prenosnim kontaminacijskim merilnikom razumljivo. Zaradi previsoke negotovosti (naš rezultat se v okviru naše negotovosti ujema s točno vrednostjo) je celoten rezultat neustrezen. Glede na način določanja Sr-90 je negotovost razumljiva in za naše potrebe več kot samo sprejemljiva.

Vsi rezultati umetnih radionuklidov, ki jih poročamo v okviru akreditacije, se dobro ujemajo z referenčnimi rezultati, poročanimi z IAEA [17].

5.6.2 Meritve hitrosti doze

V letu 2025 smo sodelovali na mednarodnih primerjalnih meritvah hitrosti doze v Ronneburgu (Interkomparacijske meritve hitrosti doze 2025, Ronneburg, Nemčija [14]) in na primerjalnih meritvah hitrosti doze PRIMER DOZA 2025 [13]. Rezultate iz Ronneburga smo že prejeli, s PRIMERA jih še čakamo. Pregled rezultatov primerjalnih meritev hitrosti doze na merilnem območju, predvidenem za uporabo posameznega merilnika, kažejo dobro ujemanje.

5.7 Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa

Skladno z zahtevami Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti [11] smo v letu 2025 izvedli nadzorne meritve s strani neodvisnega pooblaščenega izvajalca monitoringa radioaktivnosti (ZVD). Primerjali smo rezultate meritev aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja.

Izotop	A [Bq/kg]		Ustreznost
	SVPIS	ZVD	
Ar-41	1,98E+05 ± 1,38E+04	2,07E+05 ± 9,05E+03	ustreza

Rezultate SVPIS in ZVD smo primerjali z u-testom. Kriterij sprejemljivosti za $u = \frac{|H_{IJS} - H_{ZVD}|}{\sqrt{u_{IJS}^2 + u_{ZVD}^2}}$ je $u < 1,96$, kjer sta u_{IJS} in u_{ZVD} negotovosti meritev. V okviru u-testa se vsi rezultati ujemajo.



6 Referenčna dokumentacija

1. Poročila o rezultatih meritev vzorcev v okviru programa obratovalnega monitoringa za leto 2025
2. Mesečna poročila o rezultatih okoljske dozimetrije za leto 2025, F2, IJS
3. Varnostno poročilo za TRIGA Mark II v Podgorici, revizija 7, 2017 (IJS-DP-10675)
4. Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva reaktorskega centra na okolje, SVPIS-R-DN-31
5. Laboratorijske in terenske meritve s spektrometrijo gama, ELME-DN-17
6. Meritve hitrosti doze z uporabo prenosnih merilnikov, ELME-DN-04
7. Meritve površinske kontaminacije z uporabo prenosnih merilnikov, ELME-DN-03
8. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti, ZVISJV-1 (Ur.l. RS št. 76/17, 26/19, 172/21, 18/23 in 18/23 – ZDU-10)
9. Uredba o sevalnih dejavnostih, UV1 (Ur.l. RS št. 19/18 in 6/24)
10. Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji, UV2 (Ur.l. RS št. 18/18)
11. Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, JV10 (Ur.l. RS št. 27/18)
12. Primerjalne meritve spektrometrije gama PRIMER GAMA 2025, IJS-DP-15412
13. Primerjalne meritve hitrosti doze PRIMER DOZA 2025, IJS-DP-15413
14. Primerjalne meritve hitrosti doze 2025, Ronneburg, Nemčija, IJS-DP-15330
15. Radiološki pregled virov sevanja, Reaktorski infrastrukturni center, 46/25-N
16. NPL Report RR 10PTE 24-25, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2024-25 – Final Report Version 1.0, van Es and Pearce, 2025
17. IAEA-TERC-2025-01 Worldwide Proficiency Test Exercise, Individual Evaluation Report, IAEA, 2026
18. Handbook of Health Physics and Radiological Health, Third edition, Bernard Shlein et.al., Williams and Wilkins, 1998
19. ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, Elsevier Ltd, 2012
20. Letna doza v Sloveniji zaradi sevanja naravnega ozadja, LMSAR-20230024-AŽ-rev1, A. Žohar, ZVD, d. o. o., 2024
21. Dopis URSJV Potrditev spremembe »Sprememba programa monitoringa«, 3570-1/2021/68, 09.05.2025