

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11552
Ljubljana, februar 2014

Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju

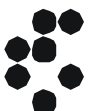
POROČILO ZA LETO 2013



Izvajalca meritev:

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
Zavod za varstvo pri delu (ZVD), d.d.

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





Naročnik: Agencija za radioaktivne odpadke, Celovška cesta 182, Ljubljana

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

Naslov poročila: Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju – POROČILO ZA LETO 2013

Odgovorni nosilec naloge: dr. Marijan Nečemer

Avtor poročila: mag. Matjaž Stepišnik, pooblaščen izvedenec iz varstva pred sevanji

Štev.del.por. IJS: IJS-DP-11552

Štev. projekta ARAO: 04-04-040-002

Izvajalci meritev na IJS: Drago Brodnik, Boštjan Črnič, dipl. inž. fiz., mag. Denis Glavič-Cindro, Sandi Gobec, dr. Marijan Nečemer, mag. Branko Vodenik, dr. Benjamin Zorko

Izvajalec meritev na ZVD: Peter Jovanovič, inž- fiz.

Kopije: ZIC (IJS knjižnica)
arhiv enote
ARAO

Izvedba meritev je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti IJS.

	<i>Ime in priimek</i>	<i>Datum</i>	<i>Podpis</i>
<i>Pripravil</i>	mag. Matjaž Stepišnik		
<i>Pregledal</i>	dr. Marijan Nečemer		
<i>Odobril</i>	prof. dr. Jadran Lenarčič		



NASLOV POROČILA:

Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju –
Poročilo za leto 2013

KLJUČNE BESEDE:

radioaktivno onesnaženje okolja, tekočinski radioaktivni izpusti, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, doza zunanjega sevanja, ocena učinkovitih doz, referenčna skupina iz prebivalstva

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov so podani z ocenami učinkovitih doz. Dozna obremenitev na posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (okoliški kmet) je bila v letu 2013 konzervativno ocenjena na 0,02 $\mu\text{Sv}/\text{leto}$.

IJS-Report-11552
February 2014

REPORT TITLE:

Monitoring of Central LILW Storage Facility at Brinje –
Report for the year 2013

KEYWORDS:

Radioactive contamination of the environment, liquid radioactive effluents, man-made and natural radionuclides, specific activity, external radiation doses, effective dose assessment, reference population group

ABSTRACT:

Summarized results of radioactivity of man-made and natural radionuclides are presented and conservative dose burdens are estimated. Effective dose is conservatively estimated to 0.02 μSv per year for the reference group (local farmer) in the year 2013.



VSEBINA

1	Uvod	IV
2	Ovrednotenje meritev	1
2.1	Povzetek	1
2.2	VZORČEVALNA MESTA	2
2.3	EMISIJE.....	3
2.3.1	VODA (podzemni rezervoar)	3
2.3.2	ZRAK (radon v skladišču).....	3
2.4	MERITVE V OKOLJU	4
2.4.1	ZUNANJE SEVANJE.....	4
2.4.2	ZRAK (radon v okolju)	8
2.4.3	VODA (podtalnica)	9
2.5	VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI.....	9
2.5.1	MERITVE KONTAMINACIJE TAL	9
2.5.2	TALNI USED	9
3	Ocena vpliva na okolje	9
3.1	Atmosferski izpusti	9
3.2	Tekočinski izpusti	11
3.3	Ocena prejete doze	11
4	Merski rezultati	13
4.1	Program nadzora.....	13
	(A) - Meritve emisij.....	13
	(B) - Meritve imisij	14
	(C) – Vzdrževanje pripravljenosti	15
4.2	Tabele meritev programa A, B in C	16
4.2.1	Voda (podzemni rezervoar)	16
4.2.2	Zunanje sevanje.....	16
4.2.3	Zrak	17
4.2.4	Voda (podtalnica)	17
4.2.5	Meritve kontaminacije tal.....	18
4.2.6	Talni used	18
4.3	Enote in nazivi količin	19
4.4	Orientacijske spodnje detekcijske meje za VLG spektrometrijo	20
4.5	Rezultati mednarodnih primerjalnih meritev	21
4.5.1	Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2012 NPL – Velika Britanija .	21
4.5.2	IAEA, Analytical Quality Control Services, Avstrija.....	22
4.6	Referenčna dokumentacija.....	24



1 UVOD

V poročilu so podani in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v Centralnem skladišču radioaktivnih odpadkov (CSRAO) v Brinju za leto 2013. Osnova za monitoring radioaktivnosti je Program nadzora okolja skladišča, ki je opredeljen v Varnostnem poročilu za CSRAO v Brinju, rev. 0, ARAO-0401026000/07, december 2007. Program je bil odobren s strani URSJV z odobritvijo Varnostnega poročila. Program je skladen s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur. l. RS, št. 20/2007).

Poročilo obsega evalvacijo letnih doznih obremenitev za glavne prenosne poti izpostavitve. Ovrednotenje merskih podatkov je bilo opravljeno na podlagi mesečnih ali kvartalnih poročil o rezultatih meritev. Rezultati meritev so predstavljeni v obliki tabel v poglavju Merski rezultati.

Izvajalca programa vzorčenja in meritev sta Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD). Obe organizaciji imata pooblastilo URSJV za izvajanje monitoringa.

Koncentracije sevalcev gama v vzorcih vode in talnem usedu so bile izmerjene v *Laboratoriju za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti (LMR)* na *Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij, IJS*. Meritve so bile izvedene v skladu s sistemom zagotovitve kakovosti, ki ustreza zahtevam standarda *SIST ISO/IEC 17025*. LMR je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (št. akreditacijske listine LP-022).

Meritve doze zunanega sevanja TLD so opravili sodelavci *Laboratorija za termoluminiscenčno dozimetrijo*, ki deluje v okviru *Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij na IJS*. Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za izvajanje osebne in okoljske dozimetrije. Z akreditacijsko listino št. LP-022 z dne 4. 7. 2005 laboratoriju Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda *SIST EN ISO/IEC 17025* pri tej dejavnosti.

Meritve koncentracije radona z detektorji jedrskih sledi so opravili sodelavci *Zavoda za varstvo pri delu (ZVD)* preko laboratorija *Gammadata Landauer* iz Švedske. Sodelavci ZVD so opravili vzorčenje po postopku, akreditiranem pri Slovenski akreditaciji pod št. LP-032, meritve pa so opravili v laboratoriju *Gammadata Landauer*, ki je za to metodo akreditiran skladno z standardom *SIST EN ISO/IEC 17025* pri švedski akreditacijski službi SWEDAC.

V letu 2013 so kot običajno na Brinju potekale aktivnosti sprejema RAO malih povzročiteljev v CSRAO. Sodelavci ARAO so v sodelovanju z IJS v drugi polovici leta v objektu vroča celica (OVC) izvajali utrjevanje tekoči radioaktivnih odpadkov, ki vsebujejo radionuklid H-3 povzročitelja Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani. V skladišču so se izvajale tudi nadzorne meritve radioaktivnosti, redni pregledi skladišča in obiski zunanjih obiskovalcev (dan odprtih vrat in drugi obiski).



2 OVREDNOTENJE MERITEV

2.1 POVZETEK

Redni nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov na Brinju obsega meritve emisij (meritev izpustov), meritve imisij (meritev v okolju) in vzdrževanje pripravljenosti. Izpostavitve sevanju se ocenjuje na podlagi meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov, saj so rezultati meritev v okolju običajno pod mejo detekcije.

Emisije

Meritve emisij obsegajo meritve radona in potomcev v skladišču. Na podlagi teh meritev smo s pomočjo izdelanega modela ocenili atmosferske izpuste radona. Radon izhaja iz odpadkov, ki vsebujejo radioaktivne elemente uranovega razpadnega niza (z radijem kontaminirani odpadki). Del radona v skladišču je tudi posledica prehajanja radona v prostor skozi stene in talno ploščo iz okolice CSRAO. Prispevek radona v CSRAO je v večji meri posledica skladiščenih odpadkov. Deleža prispevka iz naravnega okolja (prehod radona skozi stene) ni mogoče oceniti.

Na podlagi opravljenih meritev smo ocenili, da je bila povprečna letna hitrost izpuščanja radona iz skladišča okrog 6 Bq/s. Zmanjšanje izpustov v letih od 2009 do 2013 je posledica prepakiranja in dobre zatesnitve radijevih odpadkov v novo embalažo v letu 2008. Skupni povprečni letni izpust radona ocenjujemo na okrog 0,2 GBq.

CSRAO je pasiven objekt in redno ne proizvaja tekočih izpustov. Občasno lahko v podzemnem rezervoarju, kjer se zbirajo odpadne vode, v sledovih (daleč pod dopustnimi mejami) zaznamo prisotnost umetnih radionuklidov.

Imisije

Meritve imisij obsegajo meritve zunanjega sevanja s TL dozimetri, meritve podtalnice in meritve radona v okolici skladišča. Meritve zunanjega sevanja kažejo, da njegova raven pade na naravno ozadje že v neposredni bližini vrat skladišča. Vpliv skladišča iz meritev podtalnice ni bil zaznan. Meritve radona v neposredni okolici skladišča kažejo običajne koncentracije v okolju. Vpliva v okolju zaradi majhnih izpustov radona ni mogoče zaznati.

Ocena izpostavitve

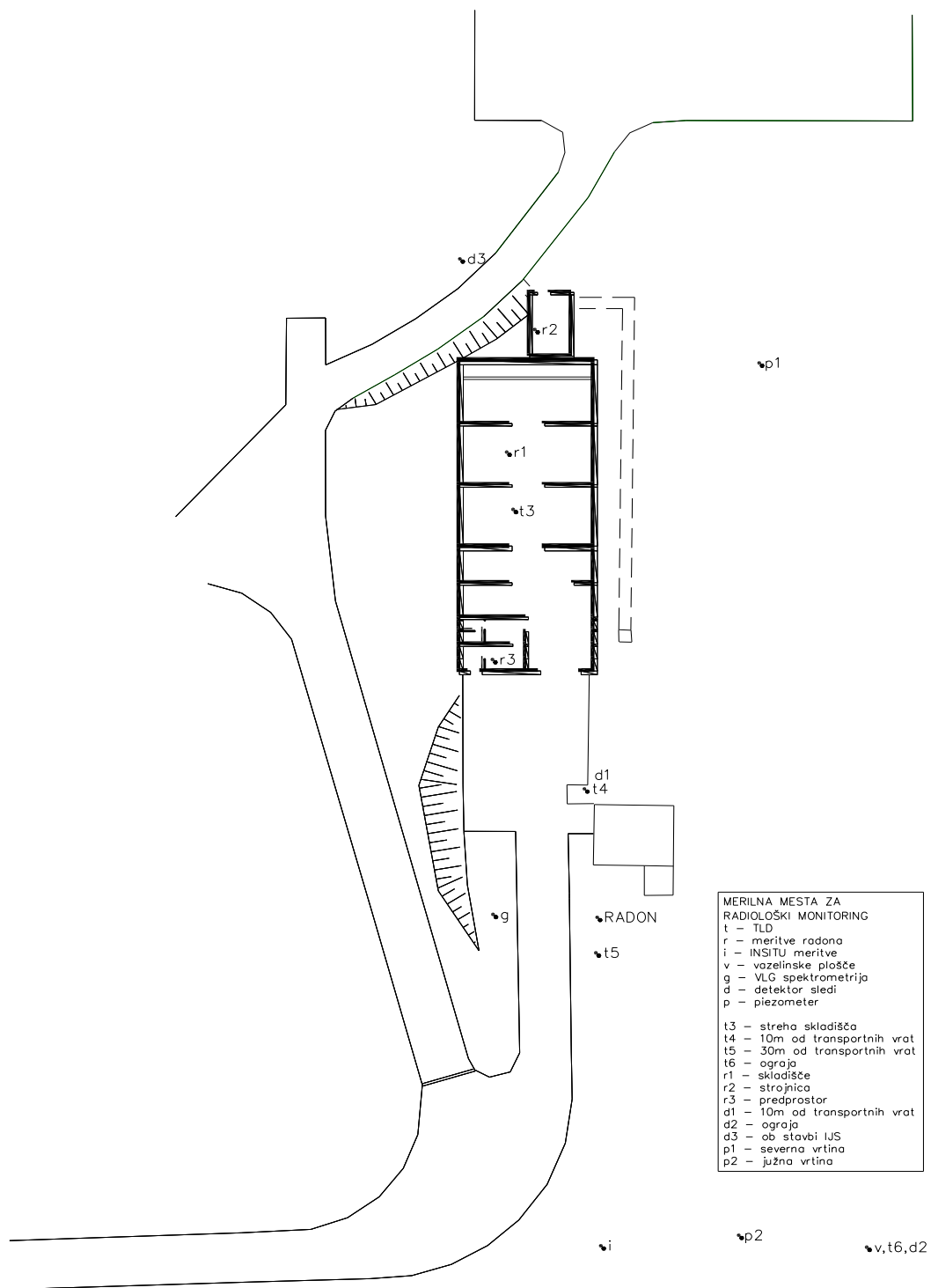
Pri izpostavljenosti referenčnih skupin sta obravnavani glavni prenosni poti: notranja obsevanost zaradi inhalacije radonovih potomcev in neposredno zunanje sevanje iz objekta. Na podlagi ocene emisij v okolje in imisijskih meritev je bila narejena konservativna ocena prejetih doz za tri skupine: varnostnika reaktorskega centra, ki se giblje okoli skladišča, okoliškega kmeta, ki se zadržuje na zunanji strani ograje reaktorskega centra in delavca IJS, ki ima pisarno v neposredni bližini skladišča.

Efektivna letna doza zaradi vdihavanja radona in potomcev, ki jo je po tem modelu prejel okoliški kmet, je 0,02 μ Sv. Efektivna letna doza, ki sta jo prejela varnostnik in zaposleni na Reaktorskem centru je manj kot 0,9 μ Sv.



2.2 VZORČEVALNA MESTA

Na sliki 1 so podane lokacije vzorčenja iz programa nadzora radioaktivnosti za leto 2013.



Slika 1: Shematski prikaz vzorčevalnih mest



2.3 EMISIJE

2.3.1 VODA (podzemni rezervoar)

Vzorčenje vode poteka iz podzemnega rezervoarja, ki je bil zgrajen na lokaciji (slika 1, lokacija g) ob pomožnem objektu. V njem se zbira odpadna sanitarna voda iz umivalnice prostorov za osebe in kondenzat sušenja zraka iz skladiščnega prostora. Vzorčenje in meritve vode v podzemnem rezervoarju je opravil IJS v maju. Tekočinski vzorec (~50 L) je bil analiziran po izparevanju (koncentriranju) in homogenizaciji.

Iz tabele 4 je razvidno, da se je v cisterni ponovno v sledovih pojavil Am-241 ($2,3E-01$ Bq/m³). Podobno vrednost smo lahko izmerili leta 2011. Izmerjena koncentracija Am-241 je na meji detekcije in je daleč pod omejitvami za pitno vodo.

Običajno smo v podzemnem rezervoarju izmerili Cs-137, ki je prisoten povsod v okolju zaradi globalne kontaminacije. V tem letu Cs-137 ni bil zaznan. Prav tako nismo zaznali prisotnosti Co-60, ki se je občasno tudi pojavljal v teh vzorcih.

Koncentracije naravnih radionuklidov v podzemnem rezervoarju so običajne za površinske ali podzemne vode v naravnem okolju.

2.3.2 ZRAK (radon v skladišču)

V preteklih letih se je koncentracija radona v skladiščnem prostoru izrazito spreminjala. Prvotno je bila običajna koncentracija radona, kadar skladiščni prostor daljši čas ni bil prezračevan, do 8000 Bq/m³. Po rekonstrukciji CSRAO leta 2004 je koncentracija radona v zaprtem skladiščnem prostoru pri zaprtih loputih za dovod svežega zraka narasla v treh tednih na okrog 20.000 Bq/m³. Visoke koncentracije radona so bile posledica slabega tesnjenja sodov, ki so vsebovali radij. Leta 2008 je potekal projekt prepakiranja RAO ("Izboljšanje ravnanja z institucionalnimi RAO v Sloveniji"). V okviru projekta so bili prepakirani tudi radijevi odpadki. Radij, ki je bil vzrok za visoke koncentracije radona, je bil hermetično zavarjen v novo embalažo. Najpomembnejše je bilo prepakiranje soda, ki je vseboval radijevo barvo in radijeva mačja očesa. Zaradi tega je koncentracija radona v skladišču po letu 2008 padla na okrog 5000 - 6000 Bq/m³.

Izpuste radona v okolje se ocenjuje preko meritev trenutne koncentracije radona v skladišču. Radon se preko ventilacijskega sistema širi v okolje, medtem ko radonovi potomci ostanejo na filtrih.

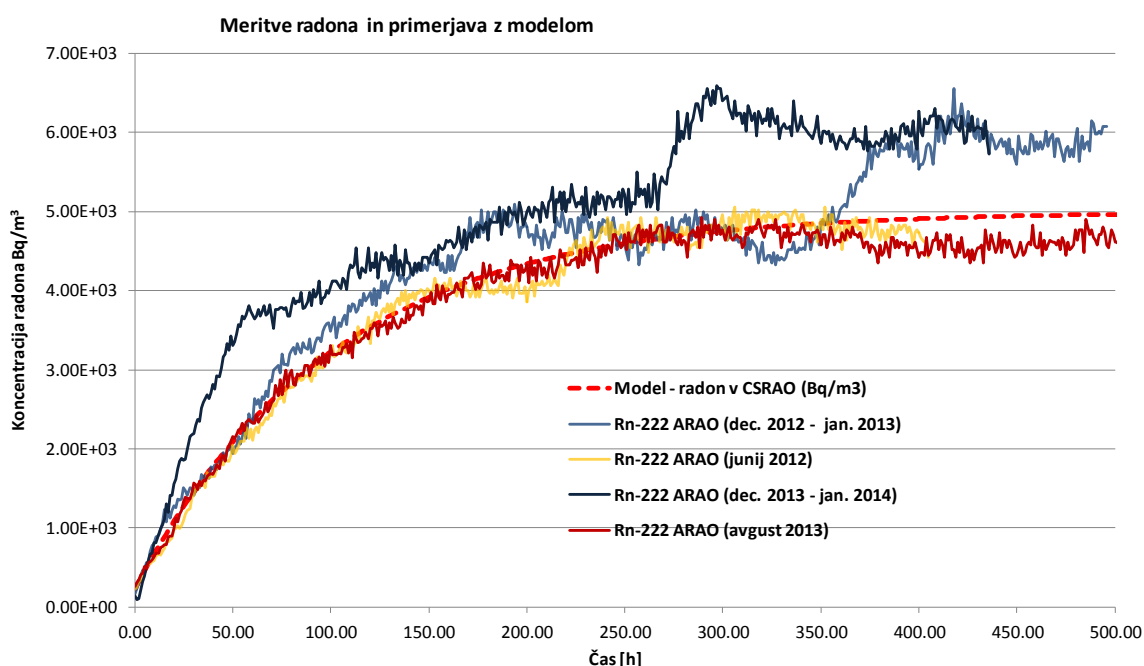
Vsako leto se izvajajo kontinuirne meritve radona v skladišču (vsaj dvakrat letno). Na ta način se nadzira stanje embalaže, v kateri je radij. Meritve radona je opravila služba za varstvo pred sevanji ARAO s kontinuirnim merilnikom radona ALPHAGUARD in sicer v poletnem času od 30. 07. 2013 do 26. 08. 2013 (641 ur) ter v zimskem obdobju od 24. 12. 2013 do 13. 01. 2014 (478 ur). Merilnik je bil nameščen med prekatoma 3 in 4. V poletnem obdobju med 30. 07. 2013 in 26. 08. 2013 je meritve naraščanja koncentracij radona opravil tudi pooblaščen izvajalec meritev ZVD.

Meritve običajno trajajo tri tedne pri zaprtem in neprezračevanem skladiščnem prostoru. Najvišja (ravnovesna) koncentracija je dosežena v približno 14 dneh. Takrat se vzpostavi ravnovesje med nastajanjem, razpadom in izpusti radona iz skladišča. Radon je žlahtni plin, ki kljub temu, da zatesnimimo vse prezračevalne odprtine, še vedno uhaja iz prostora skozi majhne razpoke.



V letu 2013 je bila najvišja izmerjena koncentracija radona v zaprtem in neprezračevanem skladišču okrog 6600 Bq/m^3 v zimskem obdobju, kar je podobno kot v letu 2012 (graf 1). Najvišja koncentracija radona v poletnih mesecih je bila okrog 5500 Bq/m^3 . Že nekaj let zapored opažamo najvišje izmerjene koncentracije radona v zimskih mesecih. To lahko morda pojasnimo tudi z daljšimi nočmi, krajšimi dnevi in posledično bolj umerjenim ozračje z dolgo temperaturno inverzijo. Podoben trend sezonskih sprememb lahko vidimo tudi v običajnih hišah, kar nakazujejo na možnost, da je pomemben delež radona v prostoru posledica naravne radioaktivnosti in ne radioaktivnih odpadkov. Za CSRAO je bil namreč pred letom 2008 značilen obraten trend nižjih koncentracij radona v zimskih mesecih kot v poletnih mesecih.

Podobno kot v preteklih letih smo po isti metodologiji iz meritev naraščanja koncentracije radona pri neprezračevanem in zaprtem skladiščnem prostoru ocenili izpuste radona v okolje (glej poglavje Atmosferski izpusti).



Graf 1: Rezultati meritev spreminjanja koncentracije radona v CSRAO po ustavitvi prezračevanja izmerjene v poletnem in zimskem obdobju. Na grafu je tudi krivulja, ki jo dobimo s prileganjem modelskih parametrov na realne meritve opravljene v poletnih mesecih.

2.4 MERITVE V OKOLJU

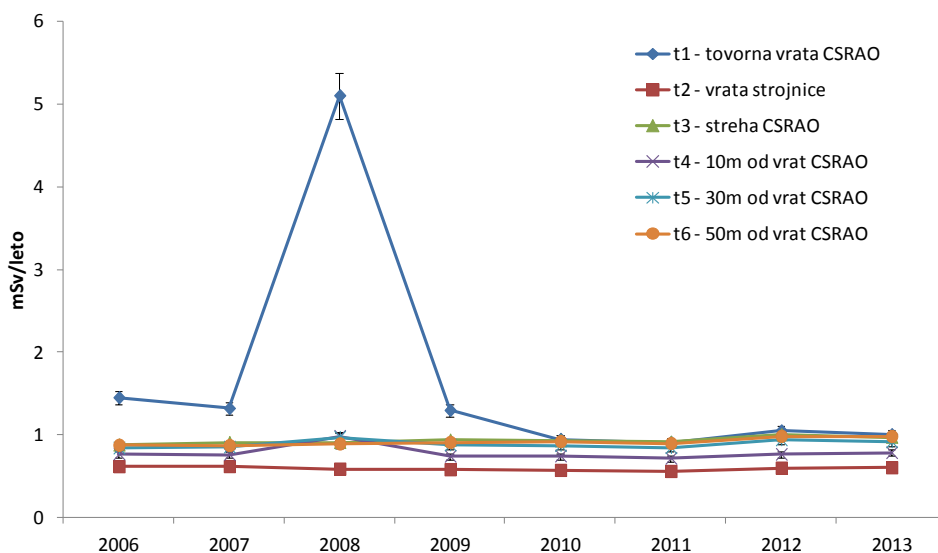
2.4.1 ZUNANJE SEVANJE

V okviru nadzora se izvajajo meritve zunanjega sevanja s TL dozimetri na petih lokacijah in sicer na vratih skladišča, na vratih strojnice, na strehi skladišča, 10 m od vrat skladišča in 30 m od vrat skladišča. TL dozimetri se menjavajo enkrat mesečno. Dodatno se izvajajo meritve tudi na referenčni lokaciji na ograji Reaktorskega centra 50 m od skladišča. Rezultati meritev so v tabeli 5 ter na grafih 2 in 3. Meritve je opravil IJS, Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij, Laboratorij za TLD.

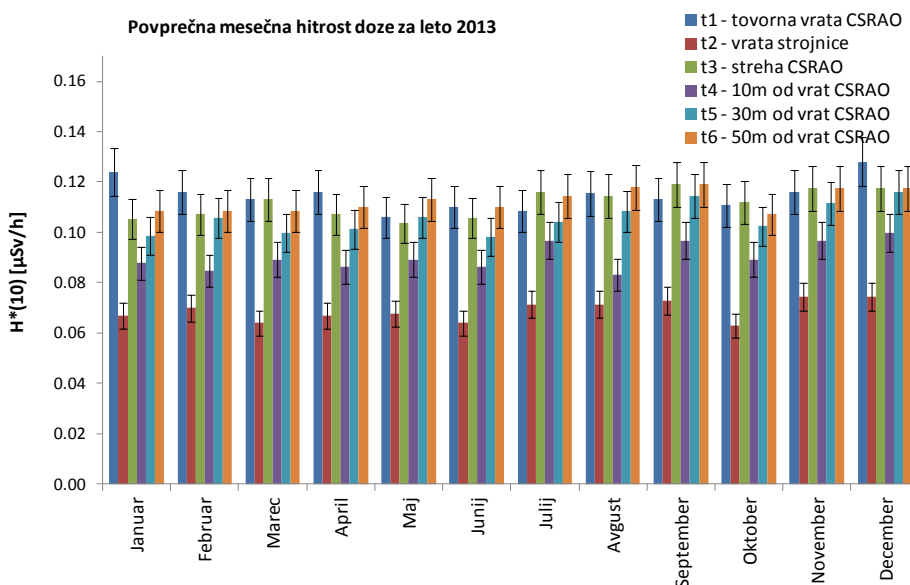
Izmerjena letna doza (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) na vratih skladišča je znašala $1,01 \text{ mSv}$



(1,05 mSv v letu 2012). Iz grafa 2 je razvidno, da je v zadnjih letih zunanje sevanje ob vratih skladišča že primerljivo z naravnim ozadjem in bistveno nižje od zakonskih omejitev (0,5 μ Sv/h). To je posledica prepakiranja RAO v ustreznejšo embalažo in boljše razmestitev RAO v skladišču. Največja povprečna mesečna hitrost doze je bila izmerjena na vratih skladišča v mesecu decembru 0,13 μ Sv/h (graf 3). Na strehi skladišča in ob strojnici so bile letne doze na nivoju običajnega naravnega ozadja. Razlike med posameznimi lokacijami so bolj odvisne od sestave tal (naravne radioaktivnosti, deleža vlage v zemlji), kot od sevanja iz samega skladišča. Iz meritev lahko zaključimo, da je bil vpliv skladišča iz vidika zunanjega sevanja nemerljiv, saj je bila izmerjena letna doza 10 m od vrat 0,80 mSv in je bila nižja kot na referenčni lokaciji na ograji RC (0,99 mSv). Podobno je bilo tudi 30 m od skladišča (letna doza 0,93 mSv), kjer je zunanje sevanje nižje od referenčne lokacije.



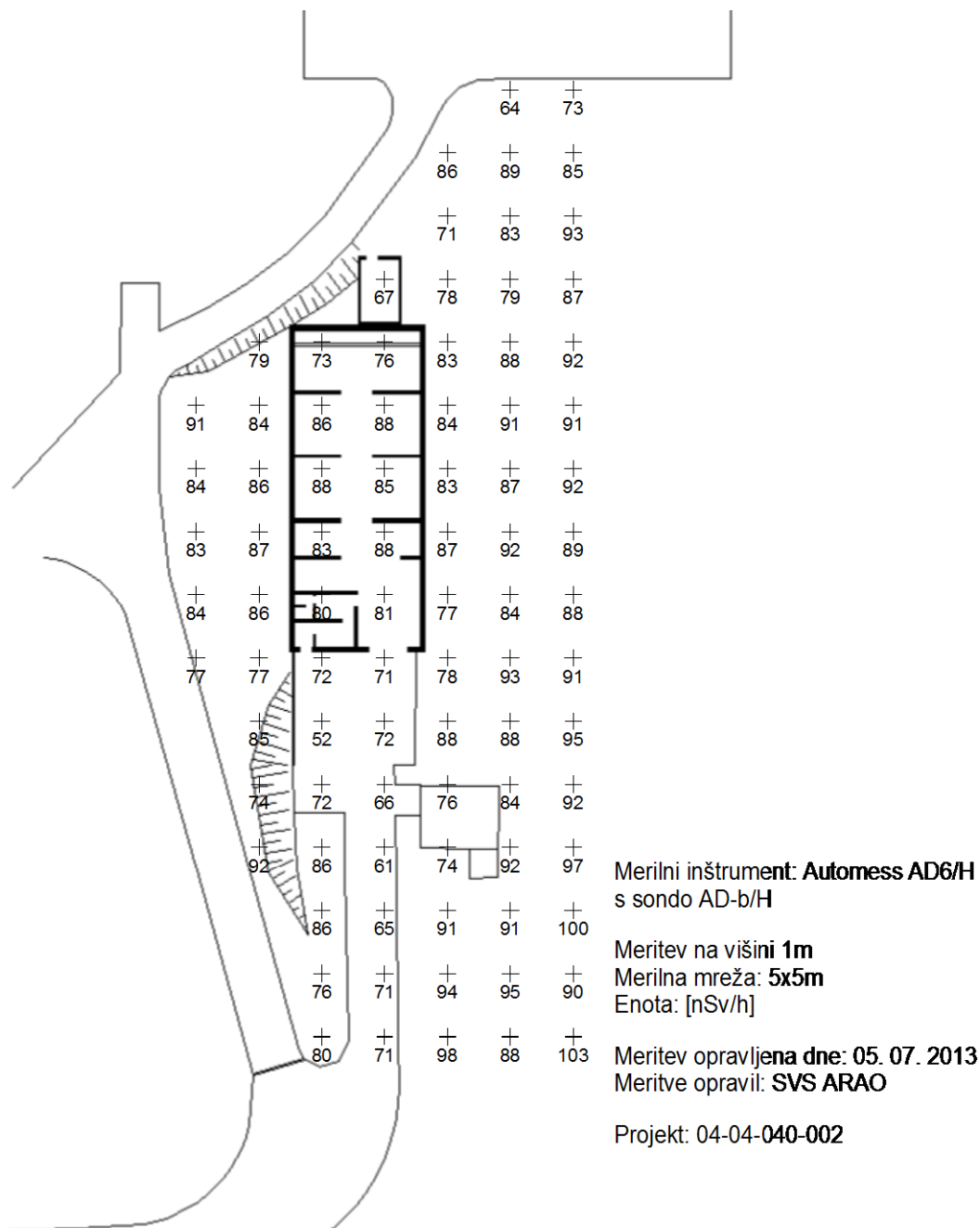
Graf 2: Rezultati meritev zunanjega sevanja s TLD okrog skladišča



Graf 3: Povprečne mesečne hitrosti doze zunanjega sevanja v okolici skladišča leta 2013



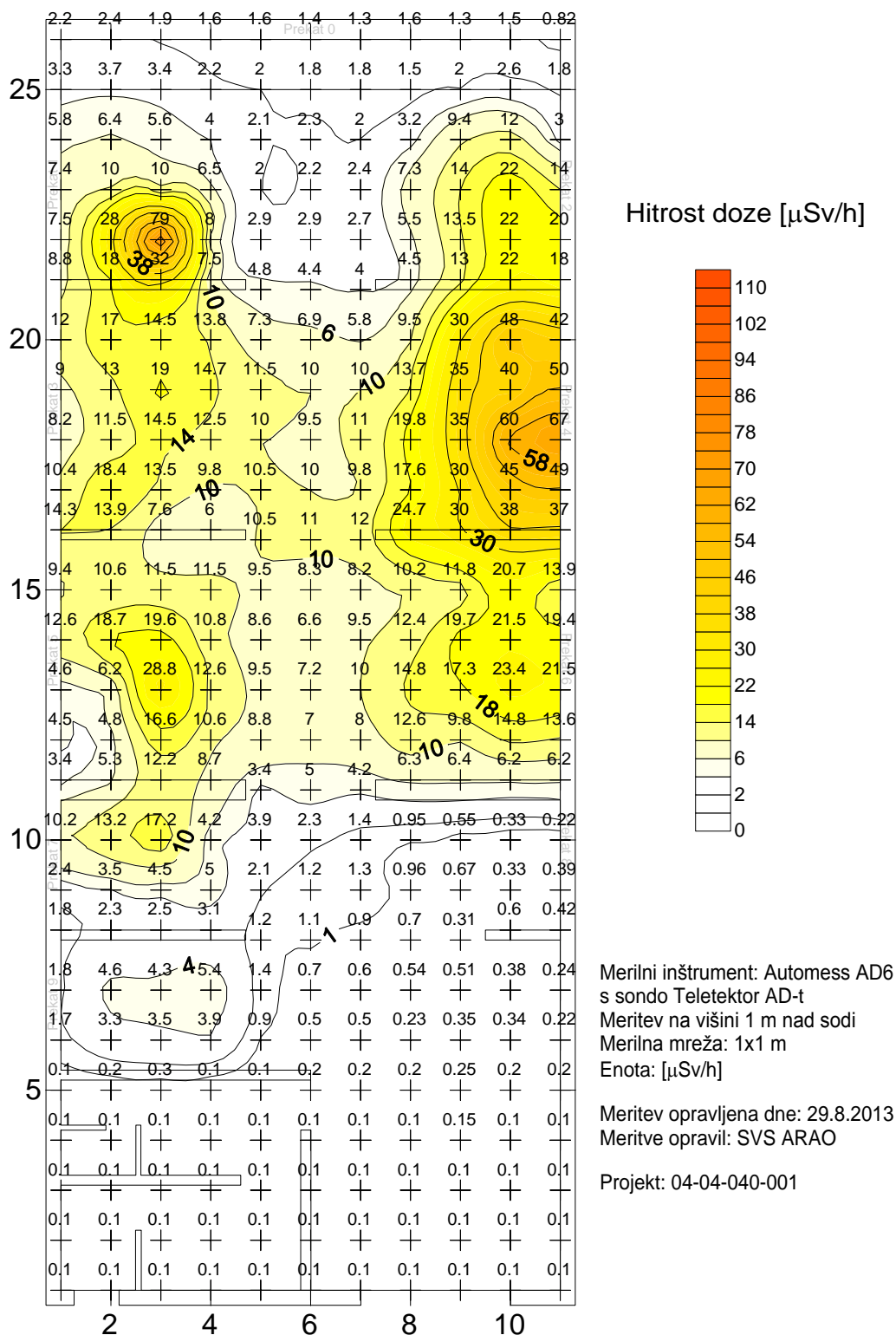
Kot dopolnilni nadzor so bile izvedene tudi meritve hitrosti doze s prenosnimi merilniki na višini 1 m v okolici skladišča v mreži 5 m × 5 m (slika 2). Meritve so opravili delavci ARAO v sklopu nadzora sevanja. Izmerjene hitrosti doze so bile od 0,067 $\mu\text{Sv/h}$ (betonska površina za CSRAO) pa do 0,103 $\mu\text{Sv/h}$ (na travniku ob pomožnem objektu). Vrednosti so primerljive z meritvami TLD.



Slika 2: Meritve hitrosti doze $H^*(10)$ [nSv/h] s prenosnim merilnikom v okolici skladišča



Na sliki 3 so prikazane meritve hitrosti doze v skladišču. Nivoji zunanjega sevanja so dosti nižji, kot v preteklih letih zaradi prepakiranja RAO v letu 2008 in nove razmestitve, tako da se bolj aktivni sodi nahajajo globlje v prekatih. Največja izmerjena hitrost doze v prekatu 1 je bila nižja od $100\mu\text{Sv/h}$.



Slika 3: Meritve hitrosti doze ($\mu\text{Sv/h}$) s prenosnim merilnikom v skladišču. Merske točke so bile oddaljene najmanj pol metra od sodov.



2.4.2 ZRAK (radon v okolju)

Meritve koncentracije radona v okolju se izvajajo z detektorji sledi (Rn etched-track detektorji), ki so integrirni merilniki. Detektorji sledi so bili nameščeni za obdobje treh mesecev (kvartalno). Meritve je izvajal ZVD na treh lokacijah (slika 1):

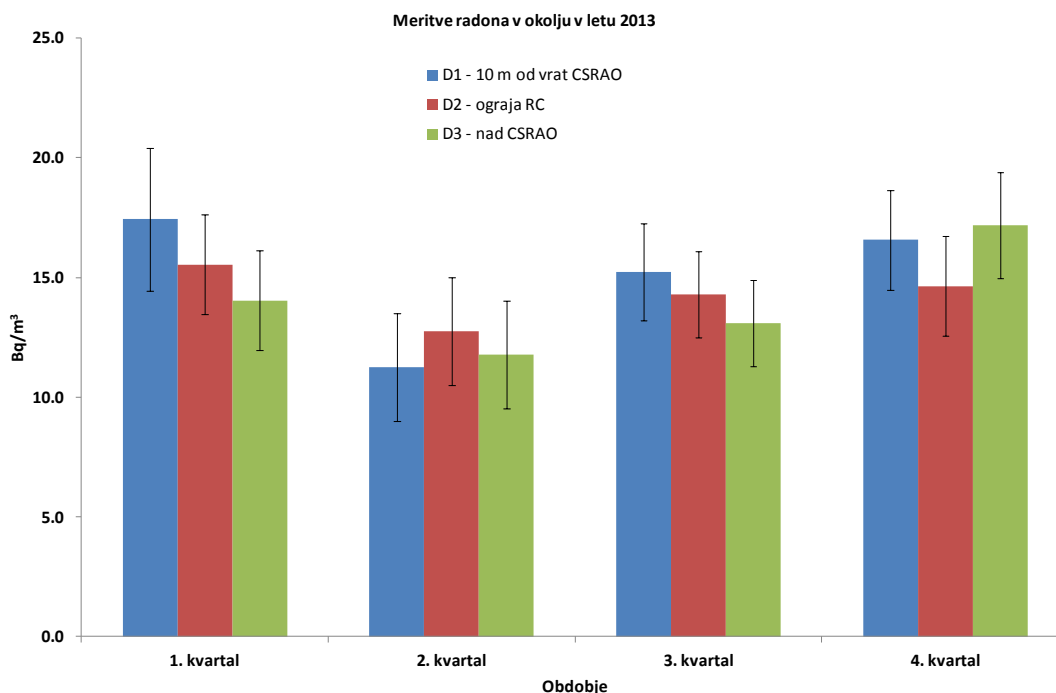
- ob pomožnem objektu 10 m od CSRAO (lokacija - D1);
- na ograji RC - južno (lokacija – D2);
- nad CSRAO - severno (lokacija – D3).

Na vsakem merilnem mestu je bilo istočasno izpostavljenih več detektorjev (običajno trije) na višini 150 cm nad tlemi. Rezultati meritev so podani na grafu 4 in v tabeli 6. Povprečna letna koncentracija radona na lokaciji D1 (10 m od skladišča) je bila $(15 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$. Na lokaciji D3 (nad CSRAO ob stavbi IJS) in D2 (ograja RC) je bila povprečna koncentracija $(14 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$. Vse povprečne vrednosti so primerljive z rezultati meritev iz preteklih let ($15 \text{ Bq/m}^3 - 35 \text{ Bq/m}^3$).

Na splošno so koncentracije radona v neposredni okolici skladišča takšne, kot jih običajno izmerimo drugod v Sloveniji – okrog 20 Bq/m^3 (v Ljubljani 17 Bq/m^3 leta 2012, referenca: Letno poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v RS).

Ob tem je potrebno poudariti, da ventilacija skladišča obratuje nekaj ur na teden in so izpusti radona povišani le prvo uro po vklopu prezračevanja, medtem ko detektorji sledi merijo trimesečno povprečje.

Iz primerjave meritev na različnih lokacijah v okolju ni mogoče ovrednotiti vpliva skladišča zaradi izpustov radona, saj so izpusti tako majhni, da jih ni mogoče zaznati s tovrstno mersko metodo.



Graf 4: Povprečna koncentracija radona v okolici skladišča



2.4.3 VODA (podtalnica)

Od leta 2006 se izvaja program vzorčenja podtalnice. Vzorci vode so bili vzeti na južni vrtini (slika 1, oznaka p2) in severni vrtini (oznaka p1). Obe lokaciji sta približno 30 m od skladišča. Podtalnica se giblje od severa proti jugu, tako da je severna vrtina (p1) referenčna, medtem ko se na južni vrtini (p2) meri morebitni vpliv skladišča. Rezultati meritev so podani v tabeli 7.

V vzorcu podtalnice iz vrtine p2 so bili prisotni samo naravni radionuklidi. Izmerjeni so bili, Ra-226 ($1,1 \text{ Bq/m}^3$), Pb-210 ($<5 \text{ Bq/m}^3$), Ra-228 ($1,1 \text{ Bq/m}^3$), Th-228 ($0,7 \text{ Bq/m}^3$), K-40 (31 Bq/m^3).

Izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov so v okviru merske negotovosti enake, kot smo jih izmerili na referenčni lokaciji p1 in so običajne za naravno okolje.

Umetni radionuklid Cs-137 je bil zaznan v severni vrtini p1 ($<0,4 \text{ Bq/m}^3$) in je posledica globalne kontaminacije. V južni vrtini je bil cezij pod mejo detekcije.

2.5 VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI

2.5.1 MERITVE KONTAMINACIJE TAL

V okviru vzdrževanja pripravljenosti so bile opravljene primerjalne meritve s spektrometrijo gama in-situ med ARAO in IJS (ELME) na lokaciji južno od pomožnega objekta skladišča. Namen meritev je preverjanje usposobljenosti ekipe in merilne opreme, da lahko v primeru izrednega dogodka v okolju naredi hitro oceno stopnje kontaminacije tal.

Rezultati meritev so podani v tabeli 8. Predpostavljena je enakomerna porazdelitev naravnih radionuklidov v zemlji in da so naravni radionuklidi torijevega (Th-232, Ra-228, Th-228) in uranovega (U-238, Ra-226) razpadnega niza v ravnovesju. Rezultati za Cs-137 so podani ločeno s predpostavko površinske kontaminacije. Primerjava rezultatov meritev kaže zadovoljivo ujemanje med meritvami IJS in ARAO. Izmerjene vsebnosti naravnih radionuklidov in Cs-137 so običajne za naravno okolje.

2.5.2 TALNI USED

V okviru vzdrževanja pripravljenosti je nameščena vazelinska plošča na lokaciji južno ob ograji 50 m od skladišča, ki meri celoletni suhi used. Namen meritev useda na vazelinski plošči je ocena depozita radioaktivnosti v primeru izrednega dogodka. Iz tabele 9 je razvidno, da so bili na vazelinski plošči izmerjeni naravni radionuklidi in Cs-137, ki je del globalne kontaminacije. Rezultati so bili v okviru merske negotovosti primerljivi z meritvami iz predhodnih let. Dobro se tudi ujema aktivnosti kozmogenega radionuklida Be-7 pri meritvah talnega useda in meritvah in-situ (tabela 8 in 9).

3 OCENA VPLIVA NA OKOLJE

3.1 ATMOSFERSKI IZPUSTI

Atmosferski izpusti iz Centralnega skladišča RAO so posledica povečane koncentracije radona v skladišču. Radon nastaja v radioaktivnih odpadkih, ki vsebujejo radij.

Izpusti zaradi izhajanja radona iz skladišča so ocenjeni z modelom, ki je natančneje opisan v



poročilu ARAO-T1511-3/2 "Emisije radona iz skladišča radioaktivnih odpadkov in vpliv na okolje". V modelu predpostavimo, da radon stalno uhaja iz skladišča, tudi kadar ne prezračujemo skladišča. Občasno se vklaplja tudi prezračevanje. Izpusti se ovrednotijo na podlagi kontinuirnih meritev radona v skladišču in prilagajanja modelskih parametrov na realne meritve (glej graf 1).

Ocenjujemo, da je povprečna hitrost izpuščanja v okviru merske negotovosti podobna kot v preteklem letu (6 ± 2) Bq/s. Pri tem smo predpostavili enako kot v preteklih letih, da je prezračevanje skladišča delovalo polovico leta. Izpusti vključujejo tudi prispevek radona zaradi naravnega okolja (prehod radona skozi stene in talno ploščo skladišča). V tabeli 1 je primerjava med ocenami izpustov v preteklih letih. Vse ocene so bile narejene po isti metodologiji. Znižanje izpustov radona je posledica rekonstrukcije skladišča in v kasnejšem obdobju premeščanja in prepakiranja RAO (projekti kondicioniranja RAO v letu 2005 in 2008).

Tabela 1: Ocena povprečnih izpustov radona iz skladišča v preteklih letih

Obdobje	Ocenjeni Izpusti
Pred rekonstrukcijo skladišča (pred letom 2004)	~75 Bq/s
Po rekonstrukciji in pred izvedbo kondicioniranja RAO (po letu 2004 in pred koncem leta 2005)	~52 Bq/s
V letih 2006 in 2007	~33 Bq/s
Po kondicioniranju RAO leta 2008	~10 Bq/s
V letih 2009 in 2010	~4 Bq/s
V letih 2011, 2012 in 2013	~6 Bq/s

Skupni letni izpust radona v okolje v letu 2013 ocenjujemo na približno 0,2 GBq/leto, kar je enako kot smo ocenil v letu 2011 in 2012.

Prispevek k povišanju koncentracije radona v okolici skladišča zaradi izpustov smo ocenili z Gaussovimi modelom. Ob tem smo upoštevali naslednje predpostavke:

- privzeli smo Gaussov model za talni izpust ($h = 0$ m);
- normaliziran disperzijski faktor $v \cdot \chi / Q$ je vzet iz referenc – stabilnost ozračja D in E;
- povprečna hitrost vetra v je 1 m/s.

Iz tabele 2 je razvidno, da je po Gaussovem modelu povprečna koncentracija radona na razdalji 50 m od vira (razdalja do ograje reaktorskega centra) okrog $0,35 \text{ Bq/m}^3$ nad ozadjem.



Tabela 2: Parametri Gaussovega modela za različne oddaljenosti od vira. Upoštevali smo izpust 6,22 Bq/s.

Oddaljenost od vira (m):	10	30	50	100
Disperzijski faktor $v \cdot \chi/Q$ razred D:	0,8	0,1	0,04	1,00E-02
χ – Koncentracija Radona (Bq/m ³)	4,98	0,62	0,25	0,06
Disperzijski faktor $v \cdot \chi/Q$ razred E:	1,8	0,2	0,07	2,00E-02
χ – Koncentracija Radona (Bq/m ³)	11,2	1,24	0,44	0,12

3.2 TEKOČINSKI IZPUSTI

Rezultati vzorčenja vode iz podzemnega rezervoarja skladišča (odpadne vode iz skladišča) kažejo, da je v vodi prisoten v sledovih Am-241. Izmerjena koncentracija je daleč pod mejo za opustitev nadzora (Uredba o sevalni dejavnosti UV1, tabela 3) in tudi daleč pod omejitvijo za pitno vodo.

Po opravljenih meritvah so bile odpadne vode odpeljane iz podzemnega rezervoarja na komunalno čistilno napravo. Vpliv skladišča preko te prenosne poti je bil nemerljiv.

3.3 OCENA PREJETE DOZE

Ocena izpostavitve je narejena na podlagi 27. člena pravilnika o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (Uradni list RS št. 50/03).

Pri oceni prejete efektivne doze smo upoštevali dve prenosni poti:

- vpliv zunanjega sevanja gama;
- inhalacijo radonovih potomcev.

Vpliv zunanjega sevanja smo ovrednotili na podlagi rezultatov meritev TLD.

Vpliv radona in potomcev smo ocenili na podlagi ocenjenega povprečnega izpusta 6,22 Bq/s. Oceno prejete doze smo naredili za tri odrasle predstavnike referenčne skupine:

- za varnostnika-receptorja, ki se pogosteje zadržuje okoli skladišča;
- za zaposlenega IJS v stavbi v neposredni bližini skladišča in
- za okoliškega kmeta, ki se zadržuje ob ograji Reaktorskega centra (odrasla oseba).

Slednji predstavlja referenčno skupino iz prebivalstva. Po naših ocenah se druge starostne skupine prebivalstva časovno zelo omejeno zadržujejo v neposredni okolici Reaktorskega Centra in jih zato nismo upoštevali.

Pri izračunu doze smo upoštevali naslednje predpostavke:

1. Ocenimo, da je skupen čas zadrževanja na tej lokaciji 65 ur/leto za varnostnika in za okoliškega kmeta. Zaposleni na IJS se zadržuje v svoji pisarni v neposredni bližini 1700 ur/leto.



2. Predpostavimo, da se varnostnik-receptor ob rutinskem ogledu okolice skladišča zadržuje v povprečju 10 m od skladišča in da se okoliški kmet zadržuje na razdalji 50 m od skladišča. Za zaposlenega na IJS smo upoštevali oddaljenost 30 m od skladišča.
3. Predpostavimo Gaussov model redčenja ob konstantni smeri vetra (zelo konzervativno predpostavka, glej poglavje *Atmosferski izpusti*). Upoštevamo, da so polovico časa razmere razreda D in polovico časa razmere razreda E. Pri varnostniku in okoliškem kmetu predpostavimo, da veter stalno piha v njuno smer s hitrostjo 1 m/s. V resnici je povprečna hitrost vetra višja. Pri zaposlenem na IJS predpostavimo, da veter piha le 30 % časa v smeri prostorov IJS.
4. Konzervativno predpostavimo, da radonovi potomci iz skladišča deloma uhajajo v okolje. Tako smo uporabili ravnovesni faktor $f = 0,1$ med radonom in potomci. Za zaposlenega na IJS upoštevamo ravnovesni faktor $f = 0,3$ v zaprtem prostoru (pisarni).
5. Upoštevamo dozni pretvorbeni faktor DF iz koncentracije radona in potomcev v dozo za okoliškega kmeta in varnostnika IJS - $7,8 \times 10^{-9} \text{ Sv}/(\text{Bq ura}) / \text{m}^3$.
 Faktor je dobljen iz produkta doznega pretvorbenega faktorja $1,4 \text{ Sv}/(\text{J h m}^{-3})$ za delovno okolje in pretvorbenega faktorja iz Bq/m^3 EEC v J/m^3 PAEC, ki je $20,8 \mu\text{J} / 3700 \text{ Bq}$.
 Podobno dobimo dozni faktor za pisarniškega delavca na IJS - $6,1 \times 10^{-9} \text{ Sv}/(\text{Bq ura}) / \text{m}^3$, kjer upoštevamo zaradi manjše hitrosti dihanja dozni pretvorbeni faktor $1,1 \text{ Sv}/(\text{J h m}^{-3})$.
 Upoštevamo, da je doza zaradi radona zanemarljiva, saj je ta delež približno 1 % doze radonovih potomcev.
6. Ocenjujemo, da je prispevek hitrosti doze zaradi zunanega sevanja iz skladišča na razdalji 10 m od skladišča nemerljiv. Na referenčni lokaciji je namreč letna doza zaradi zunanega sevanja višja kot na razdalji 10 m od skladišča (glej rezultate meritev TLD).

V tabeli 3 so prikazane izračunane letne efektivne doze za omenjene primere. **Na podlagi zgornjih predpostavk ocenjujemo, da so letne efektivne doze za zaposlene na IJS in za okoliško prebivalstvo zanemarljive.**

Tabela 3: Ocenjena letna efektivna doza za referenčno skupino

	Varnostnik - receptor	Okoliški kmet	Delavec IJS
Oddaljenost (m):	10	50	30
Radonovi potomci (μSv)	0,41	0,02	0,87
Zunanje sevanje (μSv)	0	0	0
Skupna efektivna doza (μSv)	0,41	0,02	0,87



4 MERSKI REZULTATI

4.1 PROGRAM NADZORA

Osnova za monitoring radioaktivnosti je Program nadzora okolja skladišča, ki je opredeljen v Varnostnem poročilu za CSRAO v Brinju, rev. 0, ARAO-0401026000/07, december 2007.

(A) - Meritve emisij

VODA (podzemni rezervoar)

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Izotopska analiza, VL gama spektrometrija	Jašek večjega prekata podzemnega rezervoarja	Voda (enkratni trenutni vzorec)	Pred praznjenjem, najkasneje pri zapolnitvi 75 % volumna podzemnega rezervoarja	Pred praznjenjem, najkasneje pri zapolnitvi 75 % volumna podzemnega rezervoarja	Najmanj 2 × letno

ZUNANJE SEVANJE

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Zunanje sevanje, TL dozimeter	t1 – Vrata skladišča t2 – Vrata strojnice t3 – Nad CSRAO t4 – 10 m od transp. vrat t5 – 30 m od transp. vrat	Doza zunanjega sevanja	Kontinuirano, 1 mesec	1 × mesečno	12 × 5 TLD



(B) - Meritve imisij

ZUNANJE SEVANJE

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Zunanje sevanje, TL dozimeter	t6 – Ograja (50 m od skladišča) referenčno mesto	Doza zunanjega sevanja	Kontinuirano, 1 mesec	1 × mesečno	12 × 1 TLD

ZRAK

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Kontinuirne meritve koncentracije radona, detektor sledi	d1 – 10 m od transp. vrat d3 – Pred zgradbo IJS, smer NW d2 – Ograja (50 m od skladišča), referenčno mesto	Zrak	Kvartalno	Kvartalno	4 × 3 × 3 (prvo leto 3 detektorji na merilno mesto)

VODA (podtalnica)

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Izotopska analiza, VL gama spektrometrija	p – 2 piezometer, južna vrtina p – 1 piezometer severna vrtina	Voda	Letno	Letno	1 ×



(C) – Vzdrževanje pripravljenosti

MERITVE KONTAMINACIJE TAL

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
In-situ gama spektrometrija (NaJ(Tl))	Na ožjem območju zunaj skladišča NSRAO	Travnata tla	-	1 × letno	1 × letno

TALNI USED

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Vazelinska plošča, izotopska analiza z VL gama spektrometrijo	40 m ESE od vhodnih vrat skladišča, znotraj zunanje ograje območja	Trdni zračni delci	Kontinuirno, letni kompozitum kvartalnih vzorčenj ali zbirni celoletni vzorec	1 × letno	1 × letno



4.2 TABELE MERITEV PROGRAMA A, B IN C

4.2.1 Voda (podzemni rezervoar)

Tabela 4: *Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih vode iz podzemnega rezervoarja. Meritve je opravil IJS.*

Oznaka vzorca	RA13VN151 31. 5. 2013
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ³)
Be-7	3,7E+00 ± 1,0E+00
K-40	4,5E+01 ± 6,0E+00
Cs-137	-
Pb-210	1,0E+01 ± 2,0E+00
Ra-226	< 2,0E+00
Ra-228	< 1,0E+00
Th-228	3,0E-01 ± 2,0E-01
U-238	1,2E+01 ± 7,0E+00
Am-241	2,3E-01 ± 1,0E-01

4.2.2 Zunanje sevanje

Tabela 5: *Mesečne doze (mSv), izmerjene s TLD v okolici CSRAO od januarja do decembra 2013. Meritve je izvedel IJS.*

Datum	Mesec	t1 - vrata skladišča	t2 - vrata strojnice	t3 - streha skladišča	t4 - 10m od vrat	t5 - 30m od vrat	t6 - 50m od vrat
4.1. - 11.2. 2013	Januar	0.113	0.061	0.096	0.08	0.09	0.099
11.2. - 11.3.2013	Februar	0.078	0.047	0.072	0.057	0.071	0.073
11.3. - 8.4.2013	Marec	0.076	0.043	0.076	0.060	0.067	0.073
8.4. - 6.5.2013	April	0.078	0.045	0.072	0.058	0.068	0.074
6.5. - 9.6.2013	Maj	0.089	0.057	0.087	0.075	0.089	0.095
10.6. - 8.7.2013	Junij	0.074	0.043	0.071	0.058	0.066	0.074
8.7. - 5.8.2013	Julij	0.073	0.048	0.078	0.065	0.070	0.077
5.8. - 9.9.2013	Avgust	0.097	0.060	0.096	0.070	0.091	0.099
9.9. - 7.10.2013	September	0.076	0.049	0.080	0.065	0.077	0.080
7.10. - 11.11.2013	Oktober	0.093	0.053	0.094	0.075	0.086	0.090
11.11. - 9.12.2013	November	0.078	0.050	0.079	0.065	0.075	0.079
9.12. - 6.1.2014	December	0.086	0.050	0.079	0.067	0.078	0.079
Letna doza (mSv):		1.01	0.61	0.98	0.80	0.93	0.99



4.2.3 Zrak

Tabela 6: Rezultati meritev koncentracij radona z detektorji jedrskih sledi. Meritve je opravil Zavod za varstvo pri delu ZVD, ki je uporabil detektorje jedrskih sledi Gammadata iz Švedske.

2013	Koncentracija [Bq/m ³]							
	Lokacija	2.1. - 2.4. 2013	Uteženo povprečje	2.4. - 27.6. 2013	Uteženo povprečje	27.6. - 1.10. 2013	Uteženo povprečje	1.10. - 2.1. 2014
D1 - 10 m od tovornih vrat CSRAO	11.3 ± 3.6	17.4 ± 3.0	10.6 ± 3.9	11.3 ± 2.3	14.8 ± 3.5	15.2 ± 2.0	17.9 ± 3.6	16.6 ± 2.1
	31.2 ± 5.4		9.2 ± 3.9		14.8 ± 3.5		19.7 ± 3.6	
			14 ± 3.9		16.1 ± 3.5		12.1 ± 3.6	
D2 - Ograja RC	12.7 ± 3.6	15.5 ± 2.1	11.6 ± 3.9	12.7 ± 2.3	13 ± 2.6	14.3 ± 1.8	11.6 ± 3.6	14.6 ± 2.1
	17.2 ± 3.6		14 ± 3.9		14.4 ± 3.5		16.6 ± 3.6	
	16.7 ± 3.6		12.6 ± 3.9		16.5 ± 3.5		15.7 ± 3.6	
D3 - Nad CSRAO	14.5 ± 3.6	14.0 ± 2.1	12.1 ± 3.9	11.8 ± 2.3	12.2 ± 2.6	13.1 ± 1.8	15.7 ± 3.6	17.2 ± 2.2
	12.2 ± 3.6		10.6 ± 3.9		14.8 ± 3.5		17.0 ± 4.5	
	15.4 ± 3.6		12.6 ± 3.9		13 ± 3.5		18.8 ± 3.6	

4.2.4 Voda (podtalnica)

Tabela 7: Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih vode iz vrtin (severna vrtina P1 in južna vrtina P2). Meritev je opravil IJS.

Oznaka vzorca:	RA13-VRP191 Severna vrtina 9. 9. 2013	RA13-VRP291 Južna vrtina 9. 9. 2013
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ³)	Specifična aktivnost (Bq/m ³)
Be-7	–	7,7E+00 ± 1,0E+00
K-40	3,1E+01 ± 4,0E+00	3,1E+01 ± 5,0E+00
Cs-137	< 4,0E-01	–
Pb-210	< 2,0E+00	< 5,0E+00
Ra-226	3,0E+00 ± 8,0E-01	1,1E+00 ± 6,0E-01
Ra-228	1,5E+00 ± 6,0E-01	1,1E+00 ± 7,0E-01
Th-228	< 5,0E-01	7,2E-01 ± 2,0E-01
U-238	< 5,0E+00	3,3E+00 ± 2,0E+00



4.2.5 Meritve kontaminacije tal

Tabela 8: In-situ spektrometrija gama na travniku južno od CSRAO. Primerjalne meritve med IJS (ELME) in ARAO.

	HPGe –IJS (ELME) 24. 9. 2013	3×3" NaI(Tl) – ARAO 24. 9. 2012
Predpostavljena enakomerna porazdelitev	(Bq/kg)	
Be-7	13 ± 3	–
K-40	300 ± 50	333
Cs-137	32 ± 5	38
Ra-226	42 ± 6	34
Ra-228	31 ± 5	–
Th-228	34 ± 5	19*
Predpostavljena površinska porazdelitev	(Bq/m²)	
Be-7	500 ± 130	–
Cs-137	1360 ± 220	1122

* Th-228 izračunan iz aktivnosti izmerjenega Tl-208 (7 Bq/kg) z upoštevanjem razvejitenega deleža 35,9%

4.2.6 Talni used

Tabela 9: Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcu talnega useda. Meritev je opravil IJS

Oznaka vzorca:	RA13-PV1-M1 4. 1. 2013 – 6. 1. 2014
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ²)
Be-7	7,1E+02 ± 2,8E+01
K-40	3,2E+00 ± 4,5E-01
Cs-137	2,9E-01 ± 3,2E-02
Pb-210	6,7E+01 ± 8,0E+00
Ra-226	4,0E-01 ± 9,8E-02
Ra-228	1,9E-01 ± 6,9E-02
Th-228	3,0E-01 ± 3,9E-02
U-238	3,4E-01 ± 2,2E-01



4.3 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.

VODA

- Aktivnost se navaja v enotah: Bq/m^3 .

ZEMLJA

- Aktivnost vzorcev zemlje se podaja v Bq/kg "osušene zemlje" in v Bq/m^2 . Pri in-situ meritvah je aktivnost podana v Bq/kg mokre zemlje.

ZUNANJA DOZA

- Podajamo jo z okoljskim doznim ekvivalentom $H^*(10)$ izraženim z enoto Sv (Sievert). Okoljska doza za običajno naravno okolje je: $H^*(10) = 1,22 \times K_a$. K_a je absorbirana doza v zraku izražena z enoto Gy (Gray).

ZRAK

- Aktivnost radona brez podatkov o potomcih se podaja v " Bq/m^3 Rn".
- Aktivnost radonovih potomcev se podaja s koncentracijo radona v ravnovesju s potomci " Bq m^{-3} EEC" - ekvivalentne ravnovesne koncentracije radona (Equilibrium Equivalent radon Concentration).
- Ravnovesni faktor F je ravnovesje med radonom in radonovimi potomci in se izraža kot razmerje med koncentracijo EEC in dejansko koncentracijo radona v Bq/m^3 :

$$F = \text{EEC} / \text{Konc.}_{\text{Rn-222}}$$



4.4 ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG SPEKTROMETRIJO

V tabeli 10 so podane orientacijske spodnje detekcijske meje za VLG na IJS (*Odsek F-2*).

Tabela 10: *Spodnje detekcijske meje VLG na IJS*

medij	VODA
enota	Bq/m ³
velikost vzorca	0,05 m ³
Be-7	4,0
Cr-51	8,0
Mn-54	0,45
Co-57	0,27
Co-58	0,33
Fe-59	0,72
Co-60	0,16
Zn-65	0,6
Zr-95	0,4
Nb-95	0,54
Ru-103	0,57
Ru-106	3,0
Sb-124	0,27
Sb-125	0,7
I-131	5,7
Cs-134	0,17
Cs-136	0,9
Cs-137	0,33
Ba-140	1,2



4.5 REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Rezultati mednarodnih primerjalnih meritev potrjujejo usposobljenost laboratorijev za meritve izpustov (emisij) in meritve vzorcev v okolju (imisij).

4.5.1 Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2012 NPL – Velika Britanija

GL – kontaminirana vodna raztopina

V aprilu 2013 smo prejeli končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2012 (NPL Report IR 28) by Julian Dean, Sean Collins and George Ham, kjer je sodeloval IJS Odsek F-2 (koda laboratorija 21), pri meritvi vzorca GL. Preliminarni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednji preglednici. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (IJS rezultat ! NPL vrednost) \cong 100% \div NPL vrednost

ζ -test = (IJS rezultat ! NPL vrednost) \div [(IJS negotovost)² + (NPL negotovost)²]^{1/2}

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

NPL – GL / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize IJS, Odsek F-2 opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/kg]			
Co-60	17,68 \pm 0,08	17,5 \pm 0,6	-1,0	-0,30
Cs-134	2,190 \pm 0,017	2,16 \pm 0,07	-1,4	-0,23
Cs-137	4,12 \pm 0,04	4,25 \pm 0,13	3,1	0,53
K-40	16,4 \pm 0,8	16,4 \pm 0,8	0,0	0,00
Pb-210	19,46 \pm 0,22	21,6 \pm 0,9	11,0	2,30



4.5.2 IAEA, Analytical Quality Control Services, Avstrija

ALMERA proficiency test on the determination of natural and artificial radionuclides in soil, hay and water, IAEA-TEL-2012-04

V januarju 2013 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec sena in zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je *Odsek F-2* sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli januarja 2014.

V naslednjih 3 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 344 za *Odsek F-2*) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode. Vzorec 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

IAEA-TEL-2012-04					
Spiked Water, Sample 1					
analize IJS opravljene <i>od januarja do aprila 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	82,6 ± 0,71	81,5 ± 2,4	-1,33	-0,44	A
Eu-152	118,6 ± 1,0	118,2 ± 3,5	-0,34	-0,11	A

IAEA-TEL-2012-04					
Spiked Water, Sample 2					
analize IJS opravljene <i>od januarja do aprila 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	120,9 ± 0,74	124,3 ± 3,7	2,81	0,90	A
Cs-134	102,5 ± 0,75	103,8 ± 3,1	1,27	0,41	A



<p style="text-align: center;">IAEA-TEL-2012-04 Spiked Water, Sample 3 analize IJS opravljene <i>od januarja do aprila 2013</i>, individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i></p>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-60	201,4 ± 1,8	200 ± 6	0,70	0,22-	-
Cs-137	125,8 ± 0,8	127,2 ± 3,8	1,11	-0,36	-



4.6 REFERENČNA DOKUMENTACIJA

- Mesečna poročila o rezultatih analiz v okviru programa nadzornih meritev v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju, IJS
- Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju (poročila iz preteklih let), IJS
- Emisije radona iz skladišča radioaktivnih odpadkov in vpliv na okolje, ARAO-T1511-3/2.
- In-situ kalibracija NaI(Tl) spektrometra NANOSPEC, ARAO-T1511-3/6
- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-UPB2) (Ur.l. RS št. 102/2004), ZVISJV-C (60/11)
- Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur.l. RS, št. 49/2004)
- Protection against Radon-222 at Home and at Work (ICRP Publication 65)
- **Seznam pomembnih dokumentov akreditiranega laboratorija LMR na IJS:**

Organizacijski postopki

- LMR-OP-04/05* Organizacija laboratorija in razporeditev delavcev - Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti
- LMR-OP-05/06* Sistematizacija in razporeditev delavcev - Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti

Delovna navodila

- LMR-DN-05/03* Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod
- LMR-DN-06/10* Priprava sušine vzorcev vode
- LMR-DN-08/07* Priprava vzorcev za visokoločljivostno spektrometrijo gama
- LMR-DN-09/08* Označevanje vzorcev za visokoločljivostno spektrometrijo gama
- LMR-DN-10/12* Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju
- LMR-DN-11/09* Dodatna navodila za uporabo programov za analizo meritev na VLG
- LMR-DN-27/05* Rokovanje z vzorci
- ELME-DN-14/08* Meritve in situ s prenosnim spektrometrom gama

Kontrolni postopki

- LMR-KP-06/02* Zagotavljanje kakovosti merskih rezultatov
- LMR-KP-07/02* Medlaboratorijske primerjalne meritve in preverjanja usposobljenosti laboratorija
- LMR-KP-08/01* Kriteriji sprejemljivosti delovanja spektrometrov gama
- LMR-KP-09/01* Preverjanje kakovosti kontrolnih virov

Računski postopki

- LMR-RP-01/01* Ocena sevalnih obremenitev
- LMR-RP-02/00* Struktura direktorijev in kratek opis datotek na delovni postaji Alpha
- LMR-RP-03/00* Program za analizo meritev na VLG na delovni postaji *Alpha*



LMR-RP-04/00 Seznam in kratek opis algoritmov za analizo spektrov na VLG
LMR-RP-05/03 Ocena merilne negotovosti

- **Seznam dokumentov akreditiranega laboratorija za TLD na IJS**

Organizacijski postopki

TLD-OP-01/02 Opis del in nalog osebja v *Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo*

Delovna navodila

TLD-DN-01/08 Priprava, izdaja in sprejem termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD)
TLD-DN-02/08 Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD)
TLD-DN-03/07 Izpisovanje, dokumentiranje in arhiviranje poročil o TL dozah

Kontrolni postopki

TLD-KP-03/03 Zagotavljanje kakovosti merskih rezultatov

Računski postopki

TLD-RP-01/02 Kratek opis metode za čitanje doz s TL analizatorjem IJS MR 200 (C)
TLD-RP-02/02 Ocena merilne negotovosti pri čitanju doz s TL analizatorjem IJS MR 200 (C)