

Center za fizikalne meritve

Št.: LMSAR-25/2015-GO

Datum: 31.03.2015

**NADZOR RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA RUDNIKA URANA
ŽIROVSKI VRH MED IZVAJANJEM KON NE UREDITVE
ODLAGALIŠ JAZBEC IN BORŠT
TER
OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PREBIVALCEV V VPLIVNEM
OKOLJU RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH
PORO ILO ZA LETO 2014**



Ljubljana, marec 2015

Avtor: Gregor Omahen

Naročnik:	RUDNIK ŽIROVSKI VRH, javno podjetje za zapiranje rudnika urana, d.o.o Todraž 1, 4224 Gorenja vas
Izvajalci meritev:	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana Polje Institut »Jožef Stefan« Jamova 39 1000 Ljubljana ERICo Velenje Inštitut za ekološke raziskave d.o.o. Koroška cesta 58 3320 Velenje
Naročilna številka:	129/5/15 z dne 16.03.2015
Nosilec naloge:	dr. Gregor Omahen
Naslov poročila:	Nadzor radioaktivnosti okolja Rudnika urana Žirovski vrh med izvajanjem končne ureditve odlagališča Jazbec in Boršt ter ocena izpostavljenosti prebivalcev v vplivnem okolju Rudnika urana Žirovski vrh, poročilo za leto 2014
Avtor poročila:	dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.
Izvajalci meritev:	
Zavod za varstvo pri delu:	dr. Gregor Omahen, dr. Marko Giacomelli, Peter Jovanovič, inž. fiz., Dušan Konda, Majda Levstek, Lili Peršin
Institut »Jožef Stefan«:	prof. Borut Smodiš, doc. dr. Ljudmila Benedik, doc.dr. Zvonka Jeran, dr. Benjamin Zorko, dr. Marijan Nemec, mag. Branko Vodenik, Janja Smrke
ERICo Velenje Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.:	Andrej Glinšek, univ.dipl.kem.
Kopije:	Naročnik (6 x) Arhiv CFM (1x) Nosilec naloge (1 x) IJS (2 x)

NASLOV POROČILA:

**NADZOR RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH MED
IZVAJANJEM KONTROLNE UREDITVE ODLAGALIŠČ JAZBEC IN BORŠT TER OCENA
IZPOSTAVLJENOSTI PREBIVALCEV V VPLIVNEM OKOLJU RUDNIKA URANA
ŽIROVSKI VRH, POROČILO ZA LETO 2014**

Avtorji

dr. Gregor Omahen

KLJUČNE BESEDE:

Rudnik urana, radioaktivnost v okolju, dolgoživi radionuklidi, kemijski onesnaževalci, emisije, imisije, razpadni produkti, ocena izpostavljenosti za prebivalstvo.

POVZETEK:

Meritve radioaktivnosti v okolju nekdanjega Rudnika urana Žirovski vrh v letu 2014 so pokazale, da znaša ocenjena skupna letna efektivna doza zaradi rudnika urana za odraslega prebivalca 0,058 mSv, za otroka starega 10 let 0,075 mSv in za otroka starega 1 leto 0,130 mSv, kar predstavlja približno 5% dovoljene letne doze za prebivalstvo.

REPORT TITLE:

**MEASUREMENTS OF THE RADIOACTIVITY IN THE ŽIROVSKI VRH URANIUM
MINE ENVIRONMENT AND ASSESSMENT OF ITS ENVIRONMENTAL IMPACTS**

Authors:

Gregor Omahen, Ph.D

KEYWORDS

Uranium mine, environmental radioactivity, long-lived radionuclides, chemical pollutants, emission, imission, decay products, assessment of public exposure

ABSTRACT:

Measurements of radioactivity in the environment of the former uranium mine at Žirovski vrh showed that the annual effective dose because of uranium mine for adult inhabitant in the year 2014 was about 0,058 mSv, for 10 years old child 0,075 mSv and for 1 year old child 0,130 mSv. This represents approximately 5% of recommended dose limit for public exposure.

KAZALO

UVOD	7
I. METODE MERJENJA	10
I.1 ZRAK.....	10
I.2 VODE	11
I.3 SEDIMENTI.....	12
I.4 ZUNANJE SEVANJE GAMA.....	12
I.5 RIBE.....	13
I.6 MLEKO	13
II. POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI.....	14
II.1 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA RŽV PO ZAKLJU KU KON NE UREDITVE ODLAGALIŠ JAZBEC IN BORŠT, LETO 2014 14	
II.2 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI EMISIJ ODLAGALIŠ A BORŠT.....	17
II.3 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI EMISIJ ODLAGALIŠ A JAZBEC	20
II.4 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI IMISIJ ODLAGALIŠ A JAZBEC (NADZOR OKOLJA)	21
III. OVREDNOTENJE REZULTATOV	22
III.1 ZRAK.....	22
III.1.1 Koncentracije dolgoživih radionuklidov U-238, Ra-226 in Pb-210.....	22
III.1.2 Koncentracije Rn-222 v okolju.....	22
III.1.3 Meritve radona v bližini emisijskih virov	30
III.2 POVRŠINSKE VODE IN PODTALNICA	32
III.2.1 Vodotoki	32
III.2.2 Podtalnica	37
III.3 SEDIMENTI	38
III.4 MLEKO.....	41
III.5 RIBE	41
III.6 ZUNANJE SEVANJE GAMA.....	41
IV. OCENA PREJETIH DOZ SEVANJA.....	44
IV.1 PREJETE DOZE SEVANJA PO ZRA NI POTI	44
IV.1.1 Dolgoživi radionuklidi v zraku.....	44
IV.1.2 Rn-222, inhalacija.....	45
IV.1.3 Kratkoživi potomci Rn-222, inhalacija	45
IV.2 PREJETE DOZE PO PREHRAMBENI POTI.....	47

IV.2.1	Ocena doze zaradi ingestije – hrana	47
IV.2.2	Ocena doze zaradi ingestije - pitna voda	49
IV.3	DOZE ZARADI ZUNANJEGA OBSEVANJA.....	50
IV.3.1	Trdni delci z dolgoživimi radionuklidi.....	50
IV.3.2	Radon-222 in radonovi potomci	50
IV.3.3	Zunanje sevanje gama v okolici odlagališ	51
IV.4	IZPOSTAVLJENOST PREBIVALSTVA SEVANJU IZ VIROV RŽV	52
IV.5	IZPOSTAVLJENOST SEVANJU NARAVNIH VIROV	54
V.	ZAKLJU KI IN OCENA VPLIVOV NA OKOLJE.....	55
VI.	PREDLOGI.....	59
VII.	REZULTATI MERITEV	61

UVOD

Sistematski in celovit nadzor nad radioaktivnostjo v okolici rudnika urana Žirovski vrh poteka redno in neprekinjeno od decembra 1984, ko so v rudniku prišli s poskusno proizvodnjo uranovega tehnicega koncentrata. Z rudarjenjem so prenehali julija 1990. Proizvodnja uranovega tehnicega koncentrata je bila z odlobo Ministrstva za energetiko ustavljena, 24. julija 1992 pa je parlament sprejel zakon o trajnem prenehanju izkoriščanja uranove rude.

V času obratovanja rudnika urana od 1985 do 1990 je program upošteval osnovne značilnosti obratovanja rudnika urana in njegovega okolja. Pri nadzoru so bile upoštevane lokacije in značilnosti emisijskih virov in specifičnosti živiljenjskega okolja.

Program nadzora med obratovanjem je temeljil na izhodiščih, navedenih v ameriških navodilih U.S. NRC Regulatory Guide 4.14 (1980) [1] in ga je potrdila tudi Strokovna komisija za jedrsko varnost. V programu so bile upoštevane vse možne prenosne poti razširjanja radioaktivnih snovi v okolje. Upoštevani so bili vsi možni mediji: zrak (aerosoli, radon in njegovi kratkoživi potomci), voda (površinske vode in podtalnice), vodna biota (ribe), sedimenti, kmetijski pridelki in krma (seno) ter zemlja.

Prenehanje obratovanja rudnika v letu 1990 je zahtevalo določene spremembe v samem programu nadzora. Opuščene so bile trenutne meritve koncentracij radona v zraku v okolici rudnika, meritve specifičnih aktivnosti dolgoživih radionuklidov v bioindikatorjih (lišajih) in v Brebovščici pred izpusti iz rudnika. V programu se je upoštevalo, da so odlagališča tehnološke jalovine in jamske izkopenine v pripravljalni fazi pred dokončno sanacijo. Vsa ta izhodišča pri spreminjanju programa so bila potrjena na 4. seji Strokovne komisije za varstvo pred ionizirajočimi sevanji pri MZ dne 17.6.1992.

Po letu 2005 je program nadzora radioaktivnosti v okolici v skladu z Letnim programom nadzora radioaktivnosti okolja RŽV med izvajanjem končne ureditve odlagališča Jazbec in Boršt, kateremu je Uprava RS za jedrsko varnost dala soglasje št. 39202-1/2005/11 z dne 01.06.2005. Letni program je naveden v Varnostnem poročilu za odlagališče rudarske jalovine Jazbec. V primerjavi s programom, ki se je izvajal v obdobju 1992-2005, se po letu 2005 ne izvajajo redne vsakoletne meritve radioaktivnosti v hrani in ribah, mesečne meritve koncentracije radona s kasetami na aktivno oglje, meritve koncentracije radonovih razpadnih produktov, meritve ekshalacije radona, meritve koncentracije radionuklidov v zemlji in meritve koncentracije radionuklidov v krmi oziroma se nekatere od teh meritev izvede občasno. Prav tako je bil obseg meritev koncentracij radionuklidov v sedimentih, vodi in meritev zunanjšega sevanja precej zmanjšan. Opuščena so bila vzorčenja in analize, pri katerih so bile vrednosti analiz vzorcev v preteklih letih na meji detekcije uporabljenih metod, prispevki k dozi pa majhni oziroma zanemarljivi in se v zadnjih letih niso spreminjali. Pri vseh je bil opazen trend upadanja zaradi opustitve izvajanja del in postopnega saniranja rudniških objektov.

V letu 2014, prvem letu, ko se izvaja program dolgoročnega okoljskega monitoringa odlagališča Jazbec in tretje leto po zaprtju odlagališča Boršt, je bil predviden program monitoringa v skladu z Varnostnim poročilom za odlagališče Jazbec (Varnostno poročilo za

odlagališ e rudarske jalovine Jazbec, IBE, št. UZVJ-B103/048A, revizija A, maj 2005) in dopolnitvijo varnostnega poro ıla, št. UZJV---OP/01A, rev. A, september 2012. Finan na sredstva, ki jih je imel na voljo RŽV d.o.o., niso zadoš ala za izvedbo celotnega programa (izjava RŽV d.o.o). RŽV d.o.o. se je odlo il za izvedbo meritev v obsegu, ki še omogo a spremljanje izpustov iz rudniških objektov.

V letu 2014 so bile v programu imisijskega monitoringa meritve koncentracije radona z detektorji sledi na lokacijah v dolini Brebovš ice: Todraž, Pod transportnim trakom, Gorenja Dobrava in Gorenja vas. Predvidene so bile poletne meritve v mesecih IV-IX in X-III, ali e to ni mogo e, etrtletne meritve. RŽV je v dolini Brebovš ice izvedel eno etrtletno meritve (januar-marec 2014) in eno poletno meritev (april-september 2014). Meritve v zadnjem kvartalu v 2014 in prvem kvartlu 2015 bodo izvedene na polletni ravni. Zato rezultatov meritev za zadnji kvartal 2014 ni v poro ılu oziroma ne moremo oceniti vpliva za leto 2014 na osnovi meritev, ki še niso opravljene.

Meritve ekshalacije radona na odlagališ ih v letu 2014 je, tako kot v 2013 izvedel Rudnik Žirovski vrh sam. V letih pred tem je bil dolo en del meritev, 10%, izveden skupaj s pooblaš eno organizacijo, kar je omogo alo nek nadzor oziroma potrditev rezultatov.

Program nadzora površinskih voda je v letu 2014 zajemal meritve koncentracij najpomembnejših dolgoživih radionuklidov v kvartalnih vzorcih Todraš ice, medtem ko lokacije iz Brebovš ice niso bile v programu. V programu za leto 2014 so bile tudi meritve enkratno odvzetih vzorcev vode v Brebovš ici v Gorenji Dobravi (lokacija BREBOVŠ ICA PO). V preteklih letih se je izkazalo, da je prispevek k obsevanosti prebivalstva po vodni poti, v primeru uporabe vode iz potokov za pitje, zelo majhen, saj je radioaktivnost v površinskih vodah od 2-10 % mejne vrednosti za pitno vodo (Ur.L RS št. 49, 2004, [6]).

V letu 2014 je bila v programu meritev tudi voda iz izvira Mrzlek v Dolenji Dobravi in voda iz kanala Jazbec.

V letu 2014 so bile izvedene meritve koncentracije naravnih radionuklidov v sedimentih v Brebovš ici, Todraš ici in Sori, eprav meritve niso bile predvidene v programu monitoringa. Nadzor je bil obsežen, merilo se je kvartalne vzorce iz Brebovš ice PO in Sore PO. Takšna pogostost nadzora se je nazadnje izvajala 2005.

V letu 2014 so bile po letu 2010 ponovno izvedene meritve radioaktivnosti v vzorcih rib. Izvedlo se je meritve v ribah iz Brebovš ice po vtoku voda iz rudniških objektov, v ribah iz Poljanske Sore in v ribah iz Selške Sore, ki predstavljajo referen ni vzorec. Izvedeni program meritev rib popravlja napako iz leta 2013, ko so bile meritve rib v programu, a niso bile izvedene.

V 2014 so se izvajale tudi meritve zunanjega sevanja gama s termoluminiscentnimi dozimetri na odlagališ u Jazbec in Boršt. Pogostost meritev je bila kvartalna. RŽV d.o.o. je prvi kvartal še izvajal meritve na lokaciji v Todražu, nato pa je dozimeter prestavil na lokacijo »Boršt v ograji«. Po programu monitoringa iz Varnostnega poro ıla za odlagališ e Jazbec lokacija meritev v Todražu v 2014, to je po kon anem petletnem prehodnem obdobju, ki se je izteklo v letu 2013, ni ve predvidena.

Program meritev v letu 2014 soizvajali Institut "Jožef Stefan", ZVD Zavod za varstvo pri delu in Erico Velenje. ZVD je kot pooblašeni izvedenec varstva pred sevanji ocenil vplive na okolje ter izračunal dozno obremenjenost prebivalstva zaradi izvajanj končnih ureditvenih odlagališč.

V letu 2014 smo za določanje posameznih prenosnih poti uporabili iste mikrolokacije ter enake analize oziroma merilne metode kot v preteklih letih, seveda z upoštevanjem zmanjšane obsega programa. Pri metodologiji ocene doze smo upoštevali najnovejša priporočila stroke in veljavno zakonodajo. Od leta 2006 dalje ocenjujemo dozo za tri starostne skupine: odraslega prebivalca, mladostnika (10 let) in otroka (1-2 leti). Tako so tudi v poročilu za leto 2014 izračunane učinkovite doze predstavnikov referenčnih skupin, ki živijo v vplivnem območju RŽV, v skladu s Pravilnikom o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (Ur.L RS št. 115/2003 [7]). Doze smo izračunali le za tiste prenosne poti za katere smo imeli merne podatke. Za prenosne poti, ki se ne spremljajo, ocene doze nismo naredili.

I. METODE MERJENJA

Metode vzorčenja in določevanja radionuklidov se v letu 2014 ne razlikujejo od metod v preteklih letih. V nadaljevanju naštevamo vse metode, ki so se uporabljale pri izvajanju nadzora v 2014 ali v preteklosti, kljub temu, da nekaterih meritev ni bilo v programu. Vse metode navajamo, ker se program monitoring po letih spreminja v skladu z varnostnim poročilom za odlagališče Jazbec in bodo nekatere metode aktualne še v naslednjih letih, tudi jih v letu 2014 nismo uporabili.

I.1 Zrak

I.1.1 Za meritve koncentracije radona v okolju uporabljamo dve metodi.

Prva je določevanje koncentracije radona z detektorji sledi. Koncentracijo določimo preko daljših časovnih obdobij; po programu nadzora merimo trimesečne povprečne koncentracije. Pri meritvah smo uporabili detektorje, ki so jih izdelali v LANDAUER NORDIC iz Uppsale na Švedskem. Laboratorij je akreditiran za odčitavanje detektorjev sledi po standardu SIST EN ISO/IEC 17025. Metoda omogoča merjenje koncentracij Rn-222 do nekaj Bq/m³.

Druga metoda je adsorpcija radona na aktivnem oglju in je primerna za določevanje radona v krajšem časovnem obdobju. Ogleni adsorber za dva dni postavimo na merilno mesto in nato izmerimo zbrano aktivnost preko kratkoživih radonovih potomcev Pb-214 in Bi-214 z metodo VL spektrometrije gama. Metoda je zelo občutljiva in omogoča meritve koncentracij Rn-222 do 2-3 Bq/m³. Ogleni adsorberji so bili umerjeni na BFS v Nemčiji, Institut für Strahlenschutz, na interkalibracijah evropske skupnosti v NRPB v Veliki Britaniji in redno preverjeni s primerjalnimi laboratorijskimi meritvami. Izvajalec meritev ZVD ima metodo akreditirano po standardu SIST ISO 17025.

I.1.2 Zrak bioindikatorji (lišaji in mahovi)

Mah vzorčimo v krogu 20 m, lišaje pa zaradi majhne količine na večji površini v krogu 100 m ali več na lubju dreves (običajno debla bukve). Za geografske koordinate podamo eno samo vrednost. Vzorce v laboratoriju očistimo in odstranimo morebitne iglice, liste ali dele lubja. Nato jih nekaj ur sušimo pri 105-110 °C in pripravimo za meritve. Vzorce merimo z metodo visokoločljivostne (VL) spektrometrije gama na germanijevem detektorju in določimo dolgožive radionuklide U-238, Ra-226 in Pb-210. Detektor redno umerjamo s standardnimi vzorci in to kalibriramo. Izvajalec meritev ZVD ima metodo akreditirano po standardu SIST ISO 17025.

I.2 Vode

Vodo iz potoka Brebovš ica smo vzor evali enkrat letno. Odvzelo se je 30 l vode. Vodo iz potoka Todraš ica smo vzor ili le ob delovnih dnevih in sicer po 1 L vode. Vzorce smo takoj po odvzemu prefiltrirali skozi filter (Milipore - 0,45 μm), nakisali s koncentrirano dušikovo (V) kislino ter shranili za kasnejšo laboratorijsko analizo.

- I.2.1 Raztopljeni U-238 smo v vzorcih površinskih vod dolo ali z radiokemi no nevtronsko aktivacijsko analizo (meritve na Inštitutu Jožef Stefan). Metoda temelji na hitri in selektivni osamitvi urana s tri-n-butilfosfatom (TBP) iz kislega medija po kon ani nevtronski aktivaciji in merjenju vrha gama U-239 na HP Ge detektorju z izvrtino [8]. Radiokemijski izkoristek smo dolo ili s sledilcem U-235. Spodnja meja ob utljivosti metode je nekaj $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Detektor smo umerili s standardnimi viri (Analytics, ZDA). Kakovost meritev smo preverjali s sodelovanjem pri medlaboratorijskih primerjalnih meritvah.

Raztopljeni U-238 v teko ih vzorcih so v laboratoriju Erico Velenje dolo ali po metodi SIST EN ISO 17294-2:2005. Instrument je ICP-MS. Spodnja meja dolo anja je 0,1 mg U-238/m³, razširjena merilna negotovost 12,6 % (95 %, k=2). Metoda je bila pred uvedbo preizkušena s primerjalnimi meritvami enakih vzorcev v laboratorijih RŽV in IJS (RNAA) v letu 2006.

- I.2.2 Raztopljeni Ra-226 v vodi smo dolo ali z metodo radiokemijske separacije Ra-226 in meritve na spektrometru alfa [10]. Vzorcju vode smo dodali znano aktivnost sledilca radiokemijskega izkoristka Ba-133 (Analytics, ZDA). Zatem smo dodali H₂SO₄ in sooborili Ba ter Ra v obliki PbSO₄. Vzorec smo oddekantirali, oborino pa centrifugirali in raztopili z EDTA ter NaOH. Ra-226 smo sooborili v obliki Ba(Ra)SO₄ z dodatkom Ba nosilca, očetne kisline, Na₂SO₄ in BaSO₄. Oborino smo nato prefiltrirali skozi 0,45 μm filter. Tako pripravljen vir za meritve smo zalepili na aluminijasto ploš ico. Radiokemijski izkoristek smo dolo ili z meritvami Ba-133 na spektrometru gama, aktivnost Ra-226 pa smo izmerili na spektrometru alfa. Meja detekcije znaša 0,03 Bq/m³. Detektor smo umerili s standardnim virom (Analytics, ZDA). Kakovost meritev smo preverjali s sodelovanjem pri medlaboratorijskih primerjalnih meritvah.

- I.2.3 Za dolo itev Pb-210 in Po-210 smo vzorcem vod najprej dodali znano aktivnost sledilca radiokemijskega izkoristka Po-209 (Analytics, ZDA), nato pa vzorce skoncentrirali s soobarjanjem z MnO₂. Po radiokemijski osamitvi smo z meritvijo na spektrometru alfa dolo ili aktivnost Po-210. Pb-210 smo dolo ili na osnovi meritve aktivnosti beta njegovega potomca Bi-210 [11]. Izkoristek detektorja smo dolo ili s standardno raztopino Pb-210 (Analytics, ZDA). Meje detekcije so za Pb-210 2 Bq/m³ in za Po-210 0,03 Bq/m³. Kakovost meritev smo preverjali s sodelovanjem pri medlaboratorijskih primerjalnih meritvah.

- I.2.4 Th-230 smo dolo ali tako, da smo vzorcem vod najprej dodali znano aktivnost sledilca radiokemijskega izkoristka Th-229 (Analytics, ZDA), nato radionuklide sooborili s pomo jo Fe(OH)₃, separirali z uporabo ekstrakcijskih rezin (TEVA, Eichrom Technologies, Inc.), pripravili tankoplastni vir s postopkom mikroprecipitacije z NdF₃

in izmerili specifično aktivnost Th-230 s spektrometrom alfa [9]. Meja detekcije znaša $0,03 \text{ Bq/m}^3$. Kakovost meritev smo preverjali s sodelovanjem pri medlaboratorijskih primerjalnih meritvah.

I.3 Sedimenti

Povprečne vzorce sedimentov v glavnih vodotokih zbiramo s posebnimi pastmi za suspendirane delce (sedimentatorji). Vsebnosti naravnih radionuklidov smo določili v polletnih zbirnih vzorcih. V manjših vodotokih vzorcu ujemo z enkratnim odvzemom. Rezultate podajamo v Bq/kg suhe mase sedimenta. Germanijev detektor je bil umerjen enako kot pod točko I.2.1. Izvajalec meritev IJS ima metodo akreditirano po standardu SIST ISO 17025.

I.3.1 U-238 smo določili z metodo VL spektrometrije gama.

I.3.2 Ra-226 smo določili z metodo VL spektrometrije gama.

I.3.3 Th-230 smo določili z metodo VL spektrometrije gama.

I.3.4 Pb-210 smo določili z metodo VL spektrometrije gama.

Meje detekcije za določanje zgornjih izotopov z metodo VL spektrometrije gama so za U-238 2 Bq/kg , za Ra-226 1 Bq/kg , za Pb-210 4 Bq/kg in za Th-230 15 Bq/kg .

I.4 Zunanje sevanje gama

I.4.1 Merjenje zunanjega sevanja gama opravljamo s termoluminiscentnimi dozimetri ali s prenosnim scintilacijskim merilnikom sevanja AUTOMES 6150 AD6, sonda 6150 AD-b s kristalom s plastičnim scintilatorjem. Termoluminiscentne detektorje in prenosni merilnik redno umerjamo v sekundarnih dozimetričnih laboratorijih. Izvajalec meritev ZVD ima metode meritev akreditirane po standardu SIST ISO 17025.

Meritve izvajamo na višini 1 meter od tal, nad neobdelanim zemljiščem, dovolj daleč od zidanih objektov in cestnih nasutij. Jakost absorbirane doze lahko določimo tudi z integracijskim odčitavanjem, kar precej zniža statistično negotovost. Velikost meritev je okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$.

I.4.2 Zunanje sevanje gama merimo v neposredni okolici nadzorovanega območja jalovišč in odlagališč. Meritve smo izvajali v različnih smereh od sredine odlagališča.

Identifikacijo merilnih mest v naravi smo opravljali s pomočjo natančne karte terena in

kompassa. Pri meritvah smo uporabljali prenosni merilnik (to ka I.4.1) z možnostjo integracijskega odčitavanja. Merili smo na višini 1 meter od tal. Rezultate za okoliški ekvivalent doze podajamo v enotah $\mu\text{Sv/h}$.

I.5 Ribe

Vzorci rib smo očiščili in posušili. V primeru, da so bile vzorčne ribe, smo ribje meso ločili od kosti in ju analizirali ločeno, v primeru, da so bile vzorčne ribe premajhne, smo analizirali celotne ribe. Vsebnost radionuklidov Ra-226 in Pb-210 v tako pripravljenih vzorcih je bila določena s pomočjo visokoločilnostne spektrometrije gama, ki je akreditirana po standardu SIST ISO 17025.

I.6 Mleko

I.6.1 Vzorec mleka za določitev U-238 in Ra-226 je bil sežgan na $650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorcju sta bila dodana Ba-133 za določitev kemijskega izkoristka za Ra-226 in U-232 za določanje kemijskega izkoristka za U-238. Po žganju je bil vzorec razkrojen s pomočjo HNO_3 , HCl in H_2O_2 . Po razkroju je bil vzorec uparjen do suhega in raztopljen v HNO_3 . Temu je sledilo soobarjanje Ra s pomočjo PbSO_4 . Po centrifugiranju je bila oborina, v kateri je bil Ra, raztopljena z NaOH in EDTA. Priprava vira za meritev Ra-226 je bila izvedena s pomočjo mikroprecipitacije z BaSO_4 ter filtracije oborine skozi $0,1\ \mu\text{m}$ filter. Tako pripravljen vir je bil pomerjen v spektrometru alfa. Iz preostalega supernatanta po centrifugiranju je bil sooborjen U s pomočjo $\text{Fe}(\text{OH})_3$. U je bil separiran od ostalih elementov na koloni UTEVA. Priprava vira za meritev je bila izvedena s pomočjo mikroprecipitacije z NdF_3 ter filtracije oborine skozi $0,1\ \mu\text{m}$ filter. Tako pripravljen vir je bil pomerjen v spektrometru alfa.

I.6.2 Vzorcju mleka za določitev Pb-210 je bil dodan Pb sledilec za določitev kemijskega izkoristka. Nato je bil vzorec razkrojen s pomočjo HNO_3 in HCl . Preostanek po razkroju je bil prefiltriran, raztopina vzorca pa uparjena do suhega in ponovno raztopljena v HCl . Pb-210 je bil ločen od ostalih radionuklidov na koloni Sr Resin. Raztopina, v kateri je bil ločen Pb-210, je bila uparjena do suhega in preostanek raztopljen v vodi. Svinjevi ioni so bili oborjeni z dodatkom H_2SO_4 v obliki PbSO_4 in preneseni na merilno ploščico. Tako pripravljen vir je bil pomerjen v plinskem proporcionalnem števcu.

II. POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI

Program nadzora radioaktivnost se deli na program nadzora radioaktivnosti okolja (imisije) in program nadzora na odlagališih Jazbec in Boršt (emisije)

II.1 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA RŽV PO ZAKLJUČU KONE UREDITVE ODLAGALIŠ JAZBEC IN BORŠT, LETO 2014

Program monitoringa radioaktivnosti okolja RŽV je iz dokumenta »Dopolnitev varnostnega poročila za odlagališča rudarske jalovine Jazbec, št. elaborata UZJV---OP/01A, številka projekta UJZV-B103/048, september 2012«, izdelovalec IBE d.d. in sicer je opredeljen v Prilogi 14-7 na strani 14P-14/64. Vzor evalna mesta z oznako * pripadajo nadzoru odlagališča hidrometalurške jalovine Boršt.

Vrsta in opis meritve	Vzor evalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzor evanja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
1. ZRAK					
1.2. Radon (Rn-222) (kontinuirna meritev) metoda z detektorji sledi, 1-3 detektorji/merilno mesto	Ba enški mlin* Debelo Brdo* Referen. lokacija Ljubljana-Polje	zrak	kontinuirno vzor evanje	kvartalno	4
1. ZRAK BIOINDIKATORJI					
1.3. U, Ra-226, Pb-210 VL gama spektrometrija	Ni v programu				

Vrsta in opis meritve	Vzor evalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzor evanja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
2. VODE – BREVOŠ ICA, TODRAŠ ICA IN SORA					
2.1. U-238 raztopljen, specifi na radiokemijska analiza	Todraš ica po*	voda	dnevno, trenutni vzorec	kvaratalno, kompozitum	4
2.2. Ra-226 raztopljen, specifi na radiokemijska analiza	Todraš ica po*	voda	dnevno, trenutni vzorec	kvartalno, kompozitum	4
2.3. Pb-210 raztopljen, specifi na radiokemijska analiza	Todraš ica po*	voda	dnevno, trenutni vzorec	kvartalno, kompozitum	4
2. VODE – PODTALNICA					
Ni v programu za 2014					
3. SEDIMENTI – BREVOŠ ICA, TODRAŠ ICA IN SORA					
Ni v programu za 2014					

Vrsta in opis meritve	Vzor evalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzor evanja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
4. VODNA BIOTA – RIBE					
4.1. Ra-226 VL gama spektrometrija	Brebovš ica (Gorenja Dobrava) Poljanska Sora po (Žabja vas) Selška Sora (referen na to ka) Ni v programu za 2014, izvedeno, ker v 2013 ni bilo	ribe	1 krat letno	1 krat letno, jeseni	1 1 1
4.2. Pb-210 VL gama spektrometrija	Brebovš ica (Gorenja Dobrava) Poljanska Sora po (Žabja vas) Selška Sora (referen na to ka) Ni v programu za 2014, izvedeno, ker v 2013 ni bilo	ribe	1 krat letno	1 krat letno, jeseni	1 1 1
5. HRANA – PRIDELKI, KRMA					
Ni v programu za 2014					
6. ZUNANJE SEVANJE GAMA					
6.1. Zunanje okolje TLD	S brežina odlagališ a Boršt, zgoraj*	zunanje sevanje	kontinuirno	kvartalno	4

II.2 PROGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI EMISIJ ODLAGALIŠ A BORŠT

Program monitoringa tekočih in plinastih izpustov iz odlagališča hidrometalurške jalovine Boršt je določen v »Varnostnem poročilu za Odlagališče hidrometalurške jalovine Boršt«, Junij 2006, št. Dokumentacije UZVP-0P/01, izdelovalec IBE d.d., priloga 14.6.

Vrsta in opis vzorčenja/meritve	Merilno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
ZRAK					
²²² Rn, detektor sledi	Kozolec Potokar* MP BORŠT* BORŠT etaža BORŠT zgoraj*	zrak	kontinuirno, (po potrebi 2 detekt. istočasno)	etrletno 3. – 5. leto	4
				3. – 5. leto	4
				1. – 5. leto	4
				3. – 5. leto	4
²²² Rn, kontinuirno vzorčenje, merilnik radona	MP BORŠT BORŠT etaža BORŠT zgoraj	zrak	občasno, 3-4 dni, istočasno z meritvijo PAEC	polletno,	2
					2
				1. - 5. leto	2
²²² Rn kratkoživi potomci, kontinuirno vzorčenje, spektrometrija alfa	MP BORŠT	zrak	kontinuirno merjenje zraka	vsako uro 1. - 5. leto	vsako uro
²²² Rn kratkoživi potomci, trenutni vzorec spektrometrija alfa	drenažni tunel	zrak	občasno	pred vstopom v drenažni tunel, 1. – 5. leto	po potrebi
IZHAJANJE RADONA IZ TAL					
²²² Rn, radonski tok iz tal, 48 urna izpostavljenost, metoda z ogljenimi adsorberji ali merilnikom radona	odlagališče Boršt 4 kontr. točke na brežinah 3 kontr. točke na zgornjem ravnem delu odlagališča	zrak	občasno, sušno obdobje, zmerno mokro obdobje	polletno poleti in jeseni, brez padavin 1. – 5. leto	8 6

Opomba: (*) 1. in 2. leto vklju eno v Program radioaktivnosti okolja RUŽV po zaklju ku kon ne ureditve odlagališ Jazbec in Boršt, prehodno (petletno) obdobje

Vrsta in opis vzor enja/meritve	Merilno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzor enja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
VODE					
²³⁸ U, ²²⁶ Ra (raztopljena), NH ₄ ⁺ , Ca, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , spektrometrija (uran), standardne metode (kem. parametri)	BPG SDIJ SDB ZDZ ZDV TUNEL	voda	dnevno, mese ni sestavljeni vzorec	mese no 1. – 5. leto	12 12 12 12 12 12
²³⁸ U, (raztopljen), temperatura vode, pH, elektroprevod. raztopljene snovi, usedljive snovi, ²³⁸ U (razt), KPK _b , NH ₄ ⁺ , Ca, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ spektrometrija (uran) standardne metode (kem. parametri)	BPG (to ka mešanja) SDIJ, CDZ J-3/2 SDB ZDZ ZDV 13 TUNEL	voda	ob asno, enkrat mese no	mese no 1. – 5. leto	12 12 4 12 12 12 12
Ca, Cl ⁻ , NH ₄ ⁺ , SO ₄ ²⁻ , standardne metode (kem. parametri)	Todraž PO	voda	dnevno, mese ni sestavljeni vzorec	mese no, 1. – 5. leto	12
²³⁸ U (raztopljen) temperatura vode, pH, elektroprevodnost, raztopljene snovi, ²³⁸ U (razt), NH ₄ ⁺ , SO ₄ ²⁻ spektrometrija (uran) standardne metode (kem. parametri)	Todraš ica Pred Todraž PO	voda	ob asno, polletno	polletno 3. – 5. leto	2 2
²³⁸ U, ²²⁶ Ra, ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po (raztopljeni), specifi na radiokemijska analiza	SDIJ ali BPG	voda	ob asno, enkrat letno	letno 1. – 5. leto povpre ni pretok	1

*Opomba: (**) Merilno mesto CD se je uporabljalo samo 1 leto, kasneje uporaba merilnega mesta SDB
Ob vzor enju voda se izmeri oz. oceni ter zabeleži pretok na vsakem merilnem mestu*

Vrsta in opis vzor enja/meritve	Merilno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzor enja	Pogostost meritev, analiz	Letno število
ZUNANJE SEVANJE					
Zunanje (gama) sevanje, TLD dozimeter	BORŠT etaža	-	ob asno	etrletno 1. – 5. leto	4

II.3 POGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI EMISIJ ODLAGALIŠ A JAZBEC

Program monitoringa emisij iz odlagališ a Jazbec je iz dokumenta »Dopolnitev varnostnega poro ıla za odlagališ e rudarske jalovine Jazbec, št. elaborata UZJV---OP/01A, številka projekta UJZV-B103/048, september 2012«, izdelovalec IBE d.d. in sicer je opredeljen v tabeli 14-9 na strani 14-87/107.

Tabela 14-9: Parametri rednega in izrednega monitoringa odlagališča Jazbec

Kontrola	Pogostost	Meritve in analize
Iztok izcednih voda iz propusta MM Jazbec	1 x letno	pretok, T vode, pH, el. prevodnost, KPK _o , ²³⁸ U, ²²⁶ Ra, ²³⁰ Th, ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po, SO ₄ ²⁻ , raztopljene snovi
Tekoči izpust iz odlagališča Jazbec, MM Kanal Jazbec	1 x letno	²³⁸ U, ²²⁶ Ra
Podtalnica v telesu in v podlagi odlagališča, piezometri BS-6, Pz-JA-1, PZ-JA-2, Pz-JA-3, Pz-JA-4 Dotok zaledne vode, izvir 1	1 x letno	v piezometru: nivo podtalnice, T vode, pH, el. prevodnost v laboratoriju: ²³⁸ U, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , K, Na, raztopljene snovi
Podtalnica v piezometrih na zunanjem robu odlagališča, piezometri BS-25, BS-27, BS-28, BS-29	1 x letno	v piezometru: nivo podtalnice, T vode, pH, el. prevodnost v laboratoriju: ²³⁸ U, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , K, Na, raztopljene snovi
Koncentracija radona, merilno mesto SV brežina odlagališča, zgoraj	2 x letno	detektor sledi (IV-IX, X-III), v kolikor to ni mogoče kvartalno (I-III, IV-VI, VII-IX, X-XII)
Koncentracija radona, emisija, MP Jazbec	2 x letno	detektor sledi (meseci IV-IX, X-III), v kolikor to ni mogoče četrletno (I-III, IV-VI, VII-IX, X-XII)
Ekshalacija ²²² Rn na prekrivki: 2 x zgornja etaža, 5 x brežine	1 x letno	ogljeni filtri, 48 ur ali aktivna meritev z instrumentom in merilnim zabojem za radon, 4 ure/merilno mesto
Zunanje sevanje (gama), SV brežina odlagališča, zgoraj površina odlagališča (20 merilnih točk) in zunani rob (10 merilnih točk)	2 x letno 1 x letno	TLD merilni instrument
Geodetska opazovanja, 32 kontrolnih točk	na 3 leta	geodetska oprema, satelitska navigacija
Opazovanje stabilnosti brežin, Inklinometra INC-JA1, INC-JA2	1 x letno	merilni instrument

II.4 PROGRAM NADZORA RADIOAKTIVNOSTI IMISIJ ODLAGALIŠA JAZBEC (nadzor okolja)

Program, ki se izvaja po zaključku prehodnega petletnega obdobja, je določen v dokumentu »Dopolnitev varnostnega poročila za odlagališče rudarske jalovine Jazbec, št. elaborata UZJV--OP/01A, številka projekta UJZV-B103/048, september 2012«, izdelovalec IBE d.d. in sicer je opredeljen v tabeli 14-11 na strani 14-94/107.

Kontrola	Pogostost	Meritve in analize
MP Gorenja Dobrava	1 x letno	meritev ali ocena pretoka, ^{238}U , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po
Dolenja Dobrava, Mrzlek	1 x letno	ocena pretoka, raztopljene snovi, ^{238}U , ^{226}Ra
Piezometer BS-30	1 x letno	v piezometru: nivo podtalnice, T vode, pH, el. prevodnost, v laboratoriju: ^{238}U , ^{226}Ra , SO_4^{2-} , raztopljene snovi
Dolina Brebovšice Todraž, Gorenja Dobrava Dolina Poljanske Sore, Gorenja vas ali Srednja vas	2 x letno oz. 4 x letno	detektor sledi (meseči IV-IX, X-III), v kolikor to ni mogoče letno (I-III, IV-VI, VII-IX, X-XII)

III. OVREDNOTENJE REZULTATOV

III.1 ZRAK

III.1.1 Koncentracije dolgoživih radionuklidov U-238, Ra-226 in Pb-210

Meritve koncentracije dolgoživih radionuklidov v zraku niso ve v programu. RŽV d.o.o. ne izvaja dejavnosti, ki bi povzro ale prašenje in s tem onesnaževanje okolja s prašnimi delci na katere so vezani naravni radionuklidi iz okolja rudnika.

III.1.2 Koncentracije Rn-222 v okolju

Emisijska vira Rn-222 na nadzorovanem podro ju sta:

- Odlagališ e rudarske jalovine Jazbec,
- Odlagališ e hidrometalurške jalovine Boršt.

V asu zapiranja rudnika je RŽV d.o.o. izvedel ve del z namenom zmanjšanja emisij radona. Vsa dela so opisana v poro ilih o Nadzoru radioaktivnosti v okolju Rudnika urana Žirovski vrh med izvajanjem programa trajnega prenehanja izkoriš anja uranove rude in ocena vplivov na okolje [2]. V nadaljevanju zato le naštevamo izvedena dela.

Odlagališ e Jazbec

- ✓ V obdobju 2000-2006 je bila v propust odlagališ a Jazbec vgrajena zra na zadelka
- ✓ V letu 2008 so bila v propustu odlagališ a Jazbec vgrajena kovinska vrata s sifonom za odvod izcednih voda iz propusta v kanal Jazbec.
- ✓ V 2000so odstranili nasutje jamske jalovine z neprekritih površin platoja P-10, kar ima od leta 2000 dalje za posledico manjše prispevke radona v okolje iz teh površin.
- ✓ V letu 2003 je bila nazaj v jamo odpeljana uranova ruda, ki se je nahajala na platoju nad nekdanjo drobilnico.
- ✓ V letu 2007 sta bili preoblikovani JZ brežina in zgornja etaža odlagališ a Jazbec, izdelovanje prekrivne plasti in zatravitev (60% pokritje površine)
- ✓ V letu 2008 prekrito celotno odlagališ e Jazbec. S tem se je ekshalacija radona na površini odlagališ e iz vrednosti 0,5 – 1,0 Bq/m²s zmanjšala na nivo naravnega ozadja (okoli 0,02 Bq/m²s).

Povpre na vrednost ekshalacije radona iz odlagališ a Jazbec za obdobje 2012-2014 je v tabeli (Tabela III-1). Za leti 2013 in 2014 je meritve izvedel RŽV d.o.o. v 2012 pa pooblaš ena organizacija. Predlagamo, da vsaj del meritev ekshalacije v 2015 **naredita skupaj RŽV d.o.o. in pooblaš ena organizacija** in se na ta na in preveri zanesljivost meritev RŽV d.o.o. ter tudi oceni merilna negotovost, ki je RŽV d.o.o. ne podaja. Na izhajanje radona iz tal imajo velik vpliv vremenske razmere. V primeru suhega in toplega vremena se zemlja izsuši, naredijo se razpoke, iz katerih izhaja radon oziroma ekshalacija radona je v takšnem vremenu

ve ja. V letu 2014 je bilo veliko padavin z nižjimi poletnimi temperaturami, zato ocenjujemo, da je bilo izhajanje radona iz zemlje v letu 2014 manj.

V letu 2014 sta se na odlagališ u Jazbec zaradi velike koli ine padavin iz 21.10. na 22.10.2014 sprožila dva manjša usada na prekrivki odlagališ a. Poškodbe prekrivke niso vplivale na pove ano izhajanje radona. Predlagamo, **da se na mestih, kjer je prekrivka poškodovana, izvede merjenje ekshalacije radona.**

Tabela III-1: Povpre ne letna ekshalacija radona na odlagališ ih Jazbec in Boršt v letih 2012-2014 (Bq/m²s). Meritve je izvajal RŽV sam, merilnih negotovosti v rezultatih ne podaja.

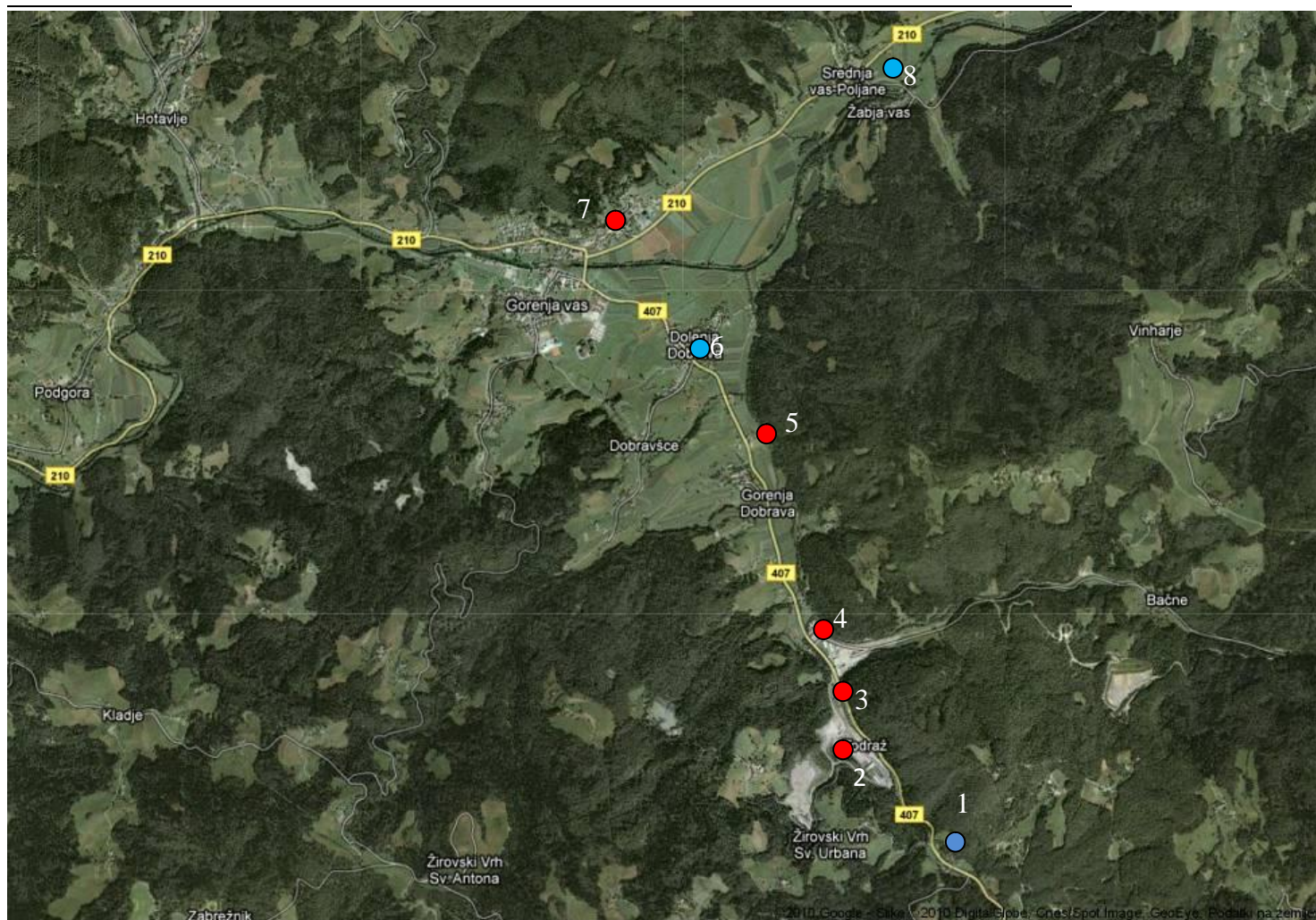
Leto	2014	2013	2012
Odlagališ e Jazbec			
Zimsko obdobje	Ni v programu	0,034	Ni izvedeno (razmo enost terena)
Letno obdobje	0,022	0,028	0,025
Odlagališ e Boršt			
Zimsko obdobje	0,031	0,030	Ni izvedeno (razmo enost terena)
Letno obdobje	0,024	0,080	0,037

Odlagališ e Boršt

- ✓ Vgradnja kon ne prekrivke v letu 2008, pokritih 50% celotne površine odlagališ a Boršt.
- ✓ V letu 2009 je s prekrivko pokrito celotno odlagališ e Boršt .
- ✓ Z vgrajevanjem prekrivne plasti se je ekshalacija radona na odlagališ u Boršt zmanjšala na povpre no vrednost $0,04 \pm 0,03$ Bq/m²s.

Povpre na vrednost ekshalacije radona iz odlagališ a Boršt za obdobje 2012-2014 so v tabeli (Tabela III-1).

V letu 2014 so se meritve koncentracije radona z detektorji sledi izvajale na lokacijah v dolini Brebovš ice in Sore (Slika 1). V primerjavi z letom 2014 so opuš ene meritve na lokacijah Brebovnica, Dolenja Dobrava in Srednja vas.



Slika 1: Lokacije meritev koncentracije radona z detektorji sledi v dolini Brebovšice na zemljevidu Google maps., 2-Jazbec, 3-Transportni trak, 4-Todraž, 5-Gorenja Dobrava, 7-Gorenja vas. Lokacije, ki jih ni bilo več v letu 2014, so označene z modrimi krogi: 1-Brebovnica, 6-Dolenja Dobrava, 8-Srednja vasaž

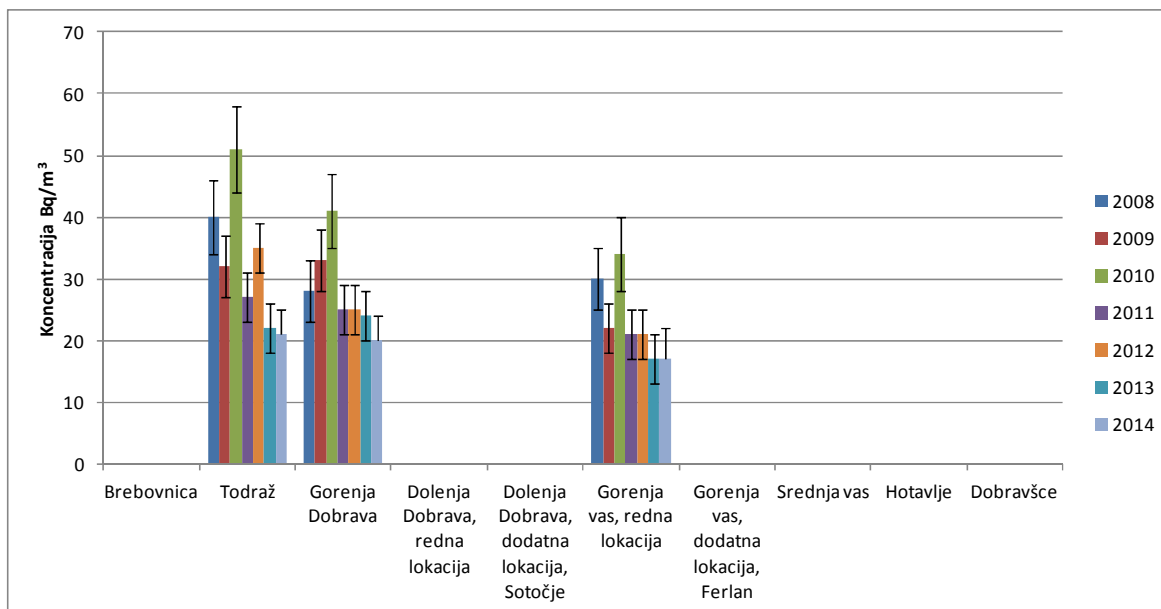
Redna lokacija v Gorenji vasi (lokacija št. 7) je bila v letu 2008 na zahtevo lastnika zemljiš a prestavljena iz travnika, torej iz odprtega prostora, 20 m višje med hiše.

V tabeli (Tabela III-2) povzemamo povpre ne vrednosti koncentracije radona v dolini Brebovš ice, izmerjene z detektorji sledi, v letih 2008-2014.

Tabela III-2: Povpre ne letne koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi, v dolini Brebovš ice v letih 2008-2014 (Bq/m³)

	Brebovnica	Todraž	Gorenja Dobrava	Dolenja Dobrava, redna lokacija	Dolenja Dobrava, dodatna lokacija, Soto je	Gorenja vas, redna lokacija	Gorenja vas, dodatna lokacija, Ferlan	Srednja vas	Hotavlje
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2014		21 ± 4	20 ± 4			17 ± 5			
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2013	24 ± 4	22 ± 4	24 ± 5	18 ± 4		17 ± 4		17 ± 4	
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2012	22 ± 4	35 ± 6	25 ± 4	21 ± 4		21 ± 4		21 ± 4	
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2011	31 ± 5	27 ± 4	25 ± 4	23 ± 4		21 ± 4		23 ± 4	
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2010	31 ± 6	51 ± 7	41 ± 6	27 ± 5	46 ± 7	34 ± 6	27 ± 5	35 ± 5	32 ± 6
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³), leto 2009	39 ± 5	32 ± 5	33 ± 5	26 ± 4	27 ± 5	22 ± 4	28 ± 5	22 ± 4	29 ± 5
Povpre na koncentracija radona (Bq/m ³) leto 2008	43 ± 6	40 ± 6	28 ± 5	27 ± 5	27 ± 4	30 ± 5	35 ± 5	25 ± 4	

Koncentracija radona je bila v 2014 najvišja v Todražu (Slika 2), kjer so sicer tudi običajno izmerjene najvišje koncentracije.



Slika 2: Koncentracije Rn-222 v dolini Brebovšice in Poljanske Sore, merjeno z detektorji sledi. Prikazane so le lokacije, na katerih so se izvajale meritve v vseh letih v obdobju 2008-2014.

V letu 2014 so vrednosti izmerjene z detektorji na najnižji ravni v zadnjih letih. To je posledica zelo mokrega leta brez sušnih obdobj, ko bi lahko nastale razpoke v tleh, preko katerih bi bilo možno izhajanje radona iz tal. Po končanem zapiralnih delih v letih 2008 in 2009 so emisije radona iz odlagališč komaj kaj višje od ozadja.

Zapiralna dela na odlagališčih v preteklosti so vplivala na zmanjšanje emisij radona. Z zmanjševanjem prispevka radona je dolgoletna metodologija za izračun prispevka RŽV k povečanju koncentracij radona v okolju postala neprimerna. Sprva smo menili, da prispevka rudnika k povečanju koncentracije radona v okolju ne moremo zanesljivo oceniti zaradi ne dovolj natančne merilne metode z detektorji sledi. Izvajalec meritev je zato v 2011 zamenjal dobavitelja detektorjev sledi. Namesto nemškega laboratorija KfK iz Karlsruhea po letu 2011 detektorje sledi dobavlja podjetje Landauer Nordic, ki je za meritve radona z detektorji sledi akreditirano po standardu SIST EN ISO 17025. Izkazalo se je, da so akreditirane meritve bolj zanesljive, kar je vidno iz nadzora v preteklih letih [3], a vendar menjava izvajalca meritev ni zadovoljivo pojasnila nihanja koncentracije radona na lokacijah meritev.

Manjši prispevek radona iz virov RŽV pomeni, da prispevka ni več mogoče oceniti oziroma smo že prešli mejo dodatnega prispevka, ki smo jo še lahko določili z metodologijo iz preteklosti. Za izračun prispevka rudnika smo do vključno 2009 upoštevali razliko koncentracij radona na Gorenji Dobravi in Gorenji vasi, kjer vpliva praviloma ni bilo zaznati. Pri tem smo uporabili rezultate koncentracij Rn-222, izmerjene z detektorji sledi (Tabela

V.1.3).

Že v 2009 se je izkazalo, da po ureditvi rudniških virov radona, ki še prispevajo dodatni radon v dolino potoka Brebovšica, obstoječa metodologija ne zadošča za oceno prispevka rudniškega radona k morebitnim povečanim koncentracijam radona v okolju. Zato je RŽV v 2010 naročil izdelavo študije »Metodologija za oceno Rn-222 prispevka RUŽV« [1]. Študija ugotavlja, da metodologija iz preteklosti ni več ustrezna za ugotavljanje prispevka radona iz rudniških virov, obenem pa na osnovi analiz vseh razpoložljivih rezultatov meritev še vedno ugotavlja, da prispevek radona obstaja. Iz razmerja koncentracije radona na odlagališču Jazbec iz obdobja po zaprtju rudnika, ko se še niso začela izvajati zapiralna oziroma ureditvena dela (1991-1995) in povprečnega prispevka rudniškega radona na lokaciji v Gorenji Dobravi v tem obdobju (1991 – 1995) lahko sklepamo na prispevek rudniškega radona v Gorenji Dobravi v tekočem letu. Študija predlaga izračun prispevka rudniškega radona na lokaciji v Gorenji Dobravi po naslednji formuli:

$$\Delta C_{Rn,Y} = \Delta C_{Rn, 1991-1995} * \frac{\Delta \bar{C}_{Rn, Jazbec, Y}}{\Delta \bar{C}_{Rn, Jazbec, 1991-1995}},$$

pri čemer je

$\Delta C_{Rn, Y}$	Prispevek RŽV k povečanju koncentracije radona v Gorenji Dobravi za leto Y
$\Delta C_{Rn, 1991-1995}$	Povprečen prispevek RŽV k povečanju koncentracije radona v Gorenji Dobravi v obdobju 1991 – 1995. Vrednost je 7,3 Bq/m ³ .
$\Delta \bar{C}_{Rn, Jazbec, Y}$	Povprečna letna koncentracija radona na odlagališču Jazbec (merilna postaja Jazbec ali Transportni trak) za leto Y
$\Delta \bar{C}_{Rn, Jazbec, 1991-1995}$	Povprečna letna koncentracija radona na odlagališču Jazbec (merilna postaja Jazbec) iz obdobja 1991-1995. Vrednost je 94 Bq/m ³ .

Z uporabo navedene metodologije dobimo za leto 2014 prispevek rudniškega radona na lokaciji Gorenja Dobrava:

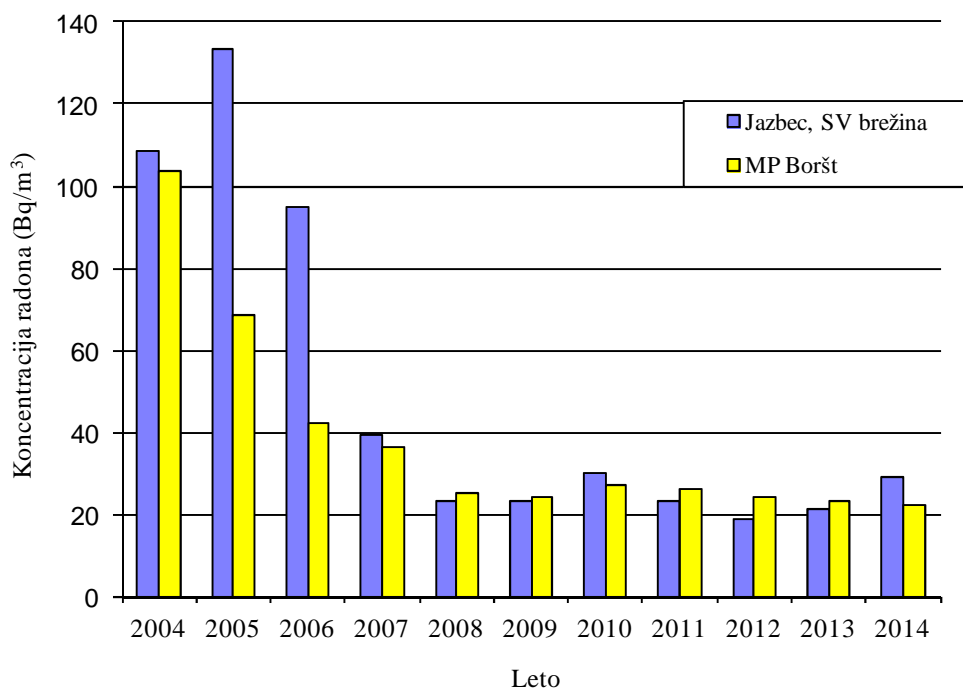
$$\Delta C_{Rn,Y} = 7,3 \pm 1,5 \text{ Bq/m}^3 * \frac{30 \pm 5 \text{ Bq/m}^3}{94 \pm 9 \text{ Bq/m}^3} = 2,3 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$$

Negotovost ocene je podana s faktorjem zaupanja $k=2$.

e namesto izmerjene koncentracije na lokaciji Pod transportnim trakom vstavimo izmerjeno koncentracijo na lokaciji Jazbec – merilna postaja, bi bil izra unani prispevek rudniškega radona na lokaciji v Gorenji Dobravi malenkost nižji in sicer $2,25 \pm 0,75 \text{ Bq/m}^3$ v primerjavi z $2,33 \pm 0,76 \text{ Bq/m}^3$, e upoštevamo lokacijo Pod transportnim trakom. Zaradi konservativnega pristopa k izra unu doze, upoštevamo prispevek iz tiste lokacije, ki je ve ji.

Ocena rudniškega prispevka po navedeni metodologiji je konservativna, saj ne upošteva ozadja v izra unanih povpre jih v obdobju 1991-1995.

Zanimivo je, da so na odlagališ u Boršt (Boršt, merilna postaja) in Jazbec (SV brežina odlagališ a, zgoraj) izmerjene vrednosti koncentracije radona v 2008 - 2014 za ve kot dvakrat nižje kot pred 2008 (Slika 3). Na ostalih lokacijah v okolici RŽV, predvsem pa v dolini Brebovš ice, ve jih sprememb oziroma opaznega zmanjšanja koncentracije radona ni. Možno je, da so že vrednosti naravnega ozadja tako visoke, da vpliv rudnika, ki se zmanjšuje, postaja nemerljiv z obstoje o metodologijo. V letih 2009 in 2010 je zaradi ugotavljanja prispevka rudniškega radona in primerjave z ozadjem ZVD v dogovoru z RŽV izvedel meritve koncentracije radona tudi v Hotavljah ob doma iji Jezeršek in na Dobravščah v dolini pod hišo Lavri evih [3]. Iz izmerjenih vrednosti na lokacijah po dolini Brebovš ice se ni dalo ugotoviti prispevka rudniškega radona na osnovi dosedanje metodologije, to je primerjave koncentracij radona izmerjene z detektorji sledi na razli nih lokacijah. Vrednosti v Todražu, Gorenji Dobravi, Dolenji Dobravi, Gorenji vasi, Hotavljah ali Dobravščah so namre razlikujejo znotraj merilne negotovosti.



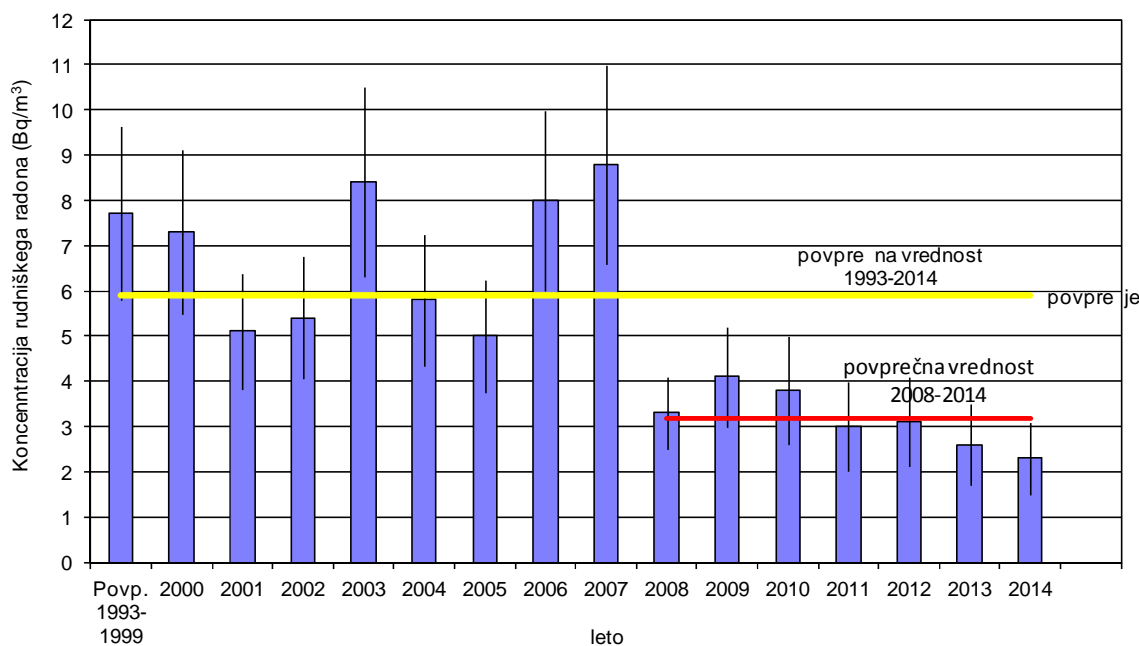
Slika 3: Koncentracije radona izmerjene z detektorji sledi na odlagališ ih Jazbec in Boršt

Iz tabele (Tabela III-3) in slike (Slika 4) lahko ugotovimo, da se prispevki h koncentraciji radona zaradi rudnika postopoma umirjajo na nižji ravni kot je bila pred letom 2000. Po obsežnih zapiralnih delih v 2007 in 2008 je prispevek rudniškega radona padel. Z merilnimi metodami prispevka ni več možno oceniti in ga od leta 2010 določamo na osnovi modela [1].

Tabela III-3: Prispevek rudnika h koncentraciji Rn-222 v Gorenji Dobravi po posameznih letih (Bq/m³)

Leto	Povpre je 1993-2000	Povpre je 2001-2007
Prispevek RŽV	7,6	6,6 ± 3,4

Leto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Prispevek RŽV	3,3±0,8	4,1±1,1	3,8±1,2	3,0 ± 1,0	3,1 ± 1,0	2,6 ± 0,9	2,3 ± 0,8



Slika 4: Prispevek rudniškega Rn-222 k celotni koncentraciji Rn-222 v okolju

Povpre na vrednost letnega prispevka RŽV h koncentraciji radona v obdobju po prenehanju obratovanja rudnika 1991-2014 je $5,9 \text{ Bq/m}^3$. Izrazit je padec prispevka h koncentraciji radona v okolici RŽV po izvedenih delih na odlagališ ih Jazbec in Boršt. Povpre na vrednost pove anja koncentracije radona v obdobju 2008-2014 je $3,1 \text{ Bq/m}^3$ in je skoraj dvakrat nižja kot v obdobju pred 2008.

S prenehanjem obratovanja rudnika in izvedenimi zapiralnimi deli se je zmanjševal tudi obseg nadzora koncentracij radona v okolju RŽV. Spremembe so bile naslednje:

- ✓ Po letu 2005 se je prenehalo z izvajanjem mese nih meritev dvodnevni koncentracij Rn-222 po dolini Brebovš ice med Gorenjo vasjo in Brebovnico ter na odlagališ ih Jazbec in Boršt. Namesto mese nih meritev se je dvakrat letno, v zimskem in letnem asu, izmerilo višinski profil po dolinah Brebovš ice in Todraš ice.
- ✓ V letu 2012 so bile meritve zaradi pomanjkanja finan nih sredstev izvedene le v letnem asu, meritve v zimskem asu pa so bile zaradi navedenih težav narejene na za etku leta 2013.
- ✓ V letu 2014 meritev dvodnevni koncentracij (meritve se izvajajo isto asno na ve lokacijah) ni ve v programu.

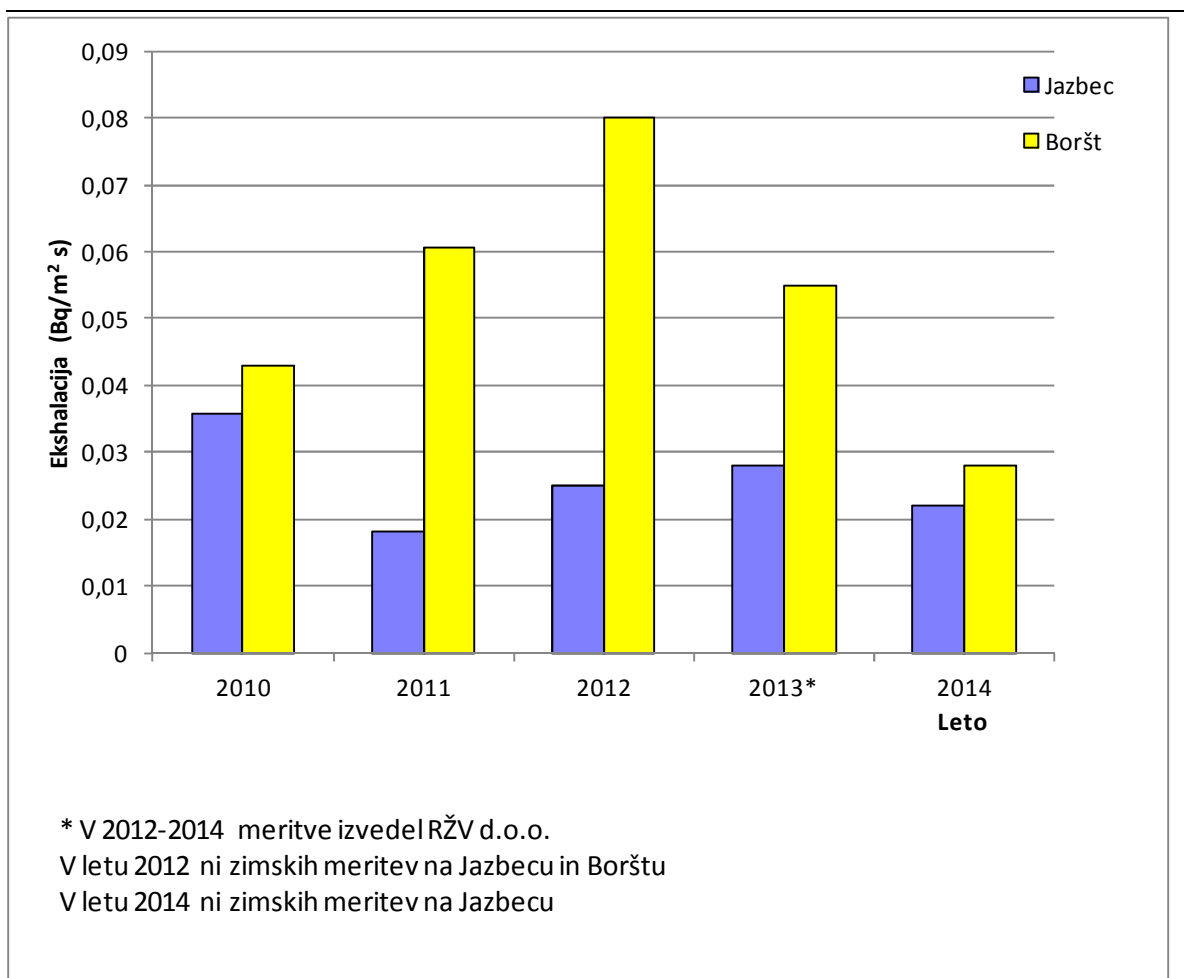
II.1.3 Meritve radona v bližini emisijskih virov

Od leta 2012 v programu nadzora radioaktivnosti ni meritev koncentracije radona v bližini emisijskih virov z metodo oglenih adsorberjev, to je v okolici odlagališ Boršt in Jazbec.

Povpre na letna ekshalacija radona iz odlagališ je prikazana na sliki (Slika 5). Ker se meritve ekshalacije izvajajo ob asno, so rezultati mo no odvisni od vremenskih razmer v asu meritve. Suha, razpokana zemlja vpliva na ve jo ekshalacijo, medtem ko mokra in zbita zemlja prepuš a manj radona. Po letu 2011 RŽV d.o.o. sam izvaja meritve in po druga ni metodi kot v letih poprej pooblaš ena organizacija za izvajanje meritev radona. Predlagamo, da dolo en del meritev v 2015 naredita skupaj pooblaš ena organizacija in RŽV d.o.o. in se na ta na in preveri metodo RŽV d.o.o. oziroma izvede primerjalne meritve.

Ekshalacija radona se je na prekritih površinah zmanjšala iz **0,5 – 1,0 Bq/m²s** na vrednosti nekaj **10⁻² Bq/m²s**.

Poudariti je potrebno, da so izmerjene vrednosti ekshalacije radona nekajkrat manjše od avtorizirane vrednosti za ekshalacijo radona iz površine odlagališ a: $0,1 \text{ Bq/m}^2 \text{ s}$ za odlagališ e Jazbec in $0,7 \text{ Bq/m}^2 \text{ s}$ za odlagališ e Boršt.



Slika 5: Ekshalacija radona iz odlagališ Jazbec in Boršt po izvedenih zapiralnih delih. Prikazano je povprečje letnih in zimskih meritev.

Obsežna zapiralna in sanacijska dela na odlagališih Jazbec in Boršt so vplivala na zmanjševanje koncentracije radona na odlagališih. Vpliv del na zmanjšanje koncentracije je prikazan na sliki (Slika 3). Na odlagališču Jazbec so bile izmerjene koncentracije radona pred sanacijskimi deli običajno višje kot na Borštu. Sedaj so koncentracije radona na obeh odlagališčih izenačene in na vrednosti gibljejo okoli 20 Bq/m³. Zanimivo je, da izmerjene vrednosti z detektorji sledi ne potrjujejo meritev ekshalacije. Pri akevali bi, da bo na odlagališču Boršt, kjer so izmerjene večje ekshalacije radona bile izmerjene tudi večje koncentracije radona. Razlog je morda v nereprezentativnih meritvah ekshalacije. Seveda je možno, da so razlike v meritvah ekshalacije radona in meritvah koncentracije radona na odlagališču Boršt posledica vremenskih razmer in izvedbe meritev ekshalacije radona v obdobju, ko je bila zemlja bolj suha in je bilo v tleh več razpok. RŽV meritve namreč izvaja, ko je prekrivka suha oziroma ko voda odteče.

V preteklosti, ko so bile koncentracije radona na Jazbecu večje od koncentracij na Borštu, smo to razlagali tudi z meteorološkimi pogoji. V zimskih dneh, ko je temperaturna inverzija

pogostejša in daljša, so koncentracije radona na odlagališču u Jazbec višje kot na odlagališču u Boršt. Odlagališče u Jazbec se namreč nahaja pod mejo povprečne letne inverzijske plasti, ki je po podatkih ARSO v dolinah Brebovšice in Todrašice na ~ 500 m n.v., odlagališče u Boršt v celoti nad njo. V letih po sanaciji je očitno, da meteorološki pogoji ne vlivajo tako, kot smo razlagali v preteklosti ali pa je le zelo malo dni s temperaturno inverzijo.

III.2 POVRŠINSKE VODE IN PODTALNICA

III.2.1 Vodotoki

Merili smo koncentracije raztopljenih dolgoživih radionuklidov v Todrašici in Brebovšici. Rezultati so podani v tabelah (Tabele V.2.1-V.2.3). Zaradi zapiranja rudnika se je nadzor v preteklih letih zmanjšal. Bistvene spremembe so:

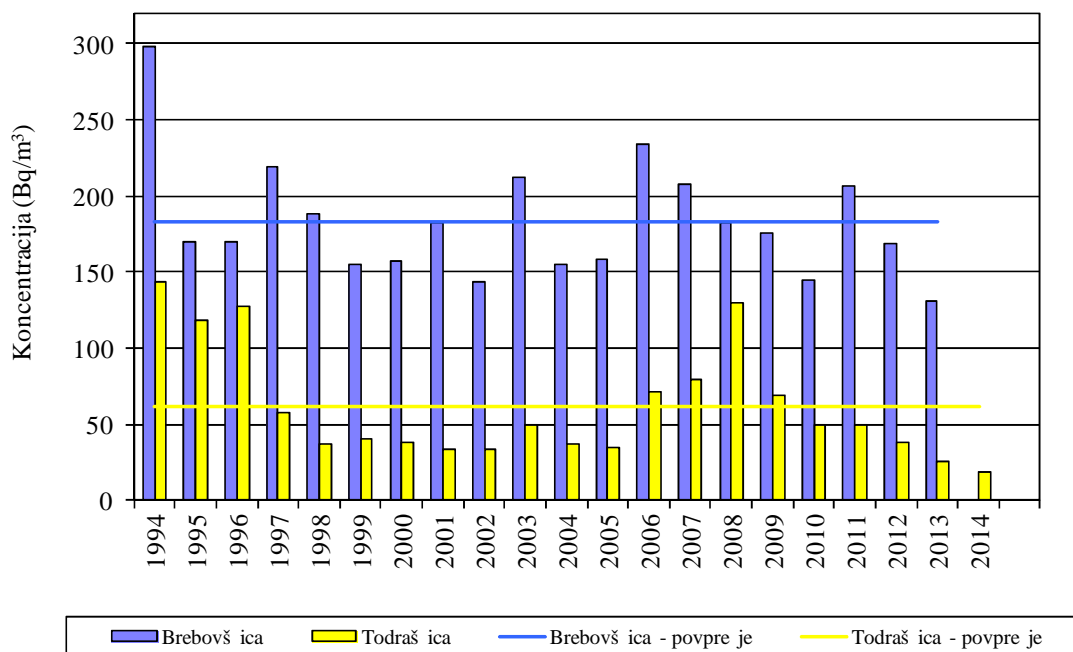
- ✓ Do leta 2011 je bilo vzorčenje na izbranih lokacijah v Brebovšici in Todrašici kontinuirano, merilo pa se je sestavljeno mesečni vzorec. V letu 2012 in 2013 se je v Brebovšici in Todrašici merilo kvartalno sestavljene vzorce.
- ✓ Meritve enkratnih vzorcev, ki so sicer bile v programu za 2013, RŽV d.o.o. v 2013 ni izvedel.
- ✓ V 2014 ni bilo v programu meritve sestavljenih vzorcev v Brebovšici.
- ✓ V 2014 so bile v programu meritve enkratnih vzorcev v Brebovšici na lokaciji v Gorenji Dobravi in ne na lokacijah Brebovšica pred, Sora pred in Sora po.
- ✓ V 2014 bi bilo v programu enkratnih vzorcev v Todrašici.

Prispevek rudnika k onesnaženju voda ocenimo iz primerjave med koncentracijami radionuklidov v vodah po izlivu rudniških iztokov in koncentracijami istih radionuklidov v neonesnaženih vodah. Primerjava povprečnih koncentracij (absolutnih vrednosti) v obdobju obratovanja in zadnjih let je podana na slikah (Slika 6, Slika 7, Slika 8). V letu 2014 je bila količina padavin za 25% višja kot v 2013, v 2013 pa za 20% višja kot v 2012. Veja količina padavin vpliva tako na večje pretoke kot na koncentracijo radionuklidov.

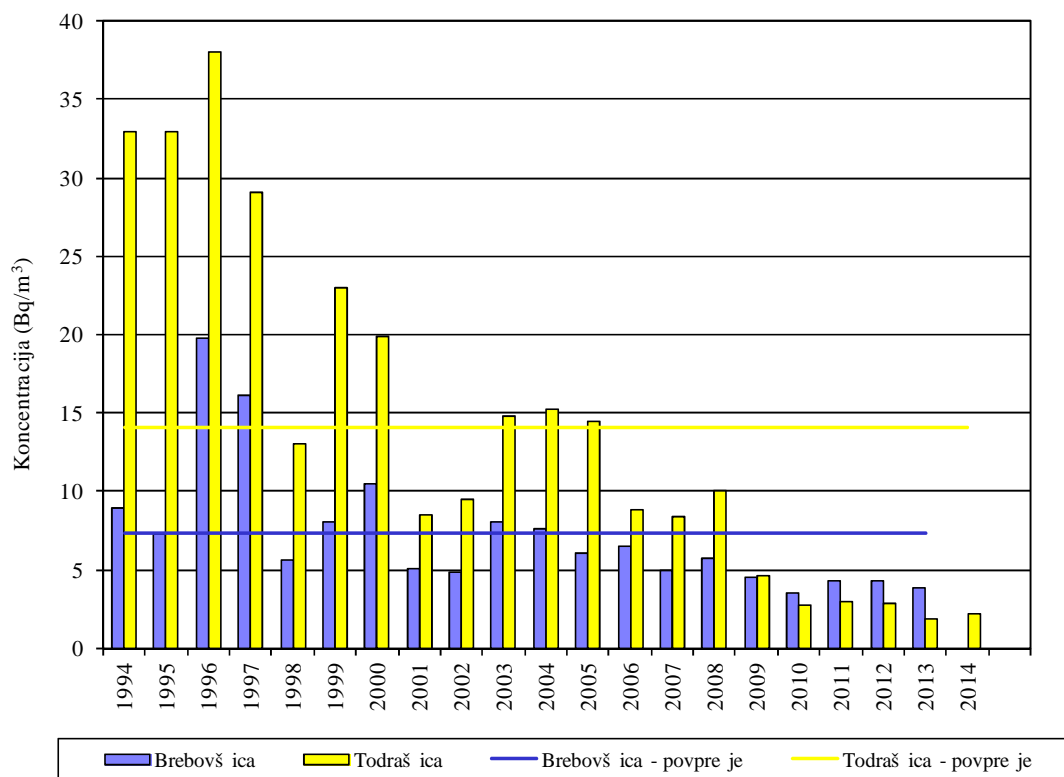
Povprečne koncentracije so določene kot aritmetično povprečje koncentracij izmerjenih po posameznih mesecih in ne kot uteženo povprečje z upoštevanjem pretokov. Izmerjene koncentracije med obratovanjem rudnika v obdobju 1985 - 1990 so zbrane v tabeli (Tabela III-4).

Tabela III-4: Koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v Todrašici in Brebovšici med obratovanjem rudnika v letih 1985 – 1990

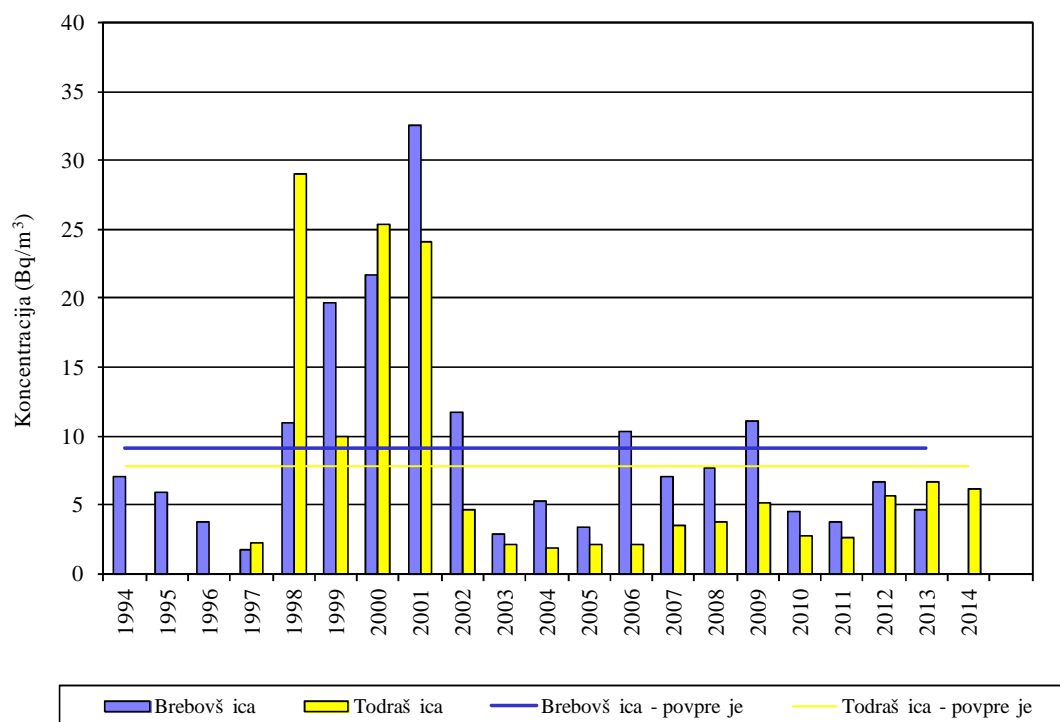
	U-238 (Bq/m ³)	Ra-226 (Bq/m ³)	Pb-210 (Bq/m ³)
Brebovšica	200-330	20-30	5-10
Todrašica	100	50-60	10



Slika 6: Povpre ne letne koncentracije U-238 v Brebovš ici in Todraš ici



Slika 7: Povpre ne letne koncentracije Ra-226 v Brebovš ici in Todraš ici



Slika 8: Povpre ne letne koncentracije Pb-210 v Brebovš ici in Todraš ici

Koncentracije posameznih merjenih radionuklidov U-238, Ra-226 in Pb-210 so nizke in dosejajo nekaj odstotkov mejne izpeljane koncentracije za pitno vodo za U-238 (IK = 3000 Bq/m³), za Pb-210 (IK = 190 Bq/m³) in za Ra-226 (IK = 480 Bq/m³) [6]. Dodatno kontaminacijo reke Sore zaradi prispevkov RŽV lahko ocenimo iz razmerja pretokov Sore in Brebovš ica, ki je približno 9:1.

Po prenehanju obratovanja rudnika so površinski onesnaževalci voda: jamska voda, izcedne vode iz odlagališ a rudarske jalovine Jazbec ter izcedne in meteorne vode iz odlagališ a hidrometalurške jalovine na Borštu. Glavni onesnaževalec površinske vode z Ra-226 je jamska voda. Prispevek odlagališ a Boršt se je po izvedenih sanacijskih delih zmanjšal in je podoben kot prispevek odlagališ a Jazbec (Tabela III-5). Izpusti Ra-226 iz posameznega odlagališ a so približno desetkrat manjši kot iz jame (jamska voda). Pred zapiralnimi deli v jamskem obratu, je bil prispevek jamskega obrata približno trikrat ve ji od prispevka odlagališ a .

Koncentracija Ra-226 se v Todraš ici pove a po dotoku izcednih vod iz odlagališ a Boršt (zahodni Boršt potok). Kakšno je bilo pove anje iz meritev v 2014 ne moremo oceniti, saj meritev na lokaciji Brebovš ica pred ni bilo v programu za 2014. V programu monitoringa za leto 2014 so bile meritve enkratnih vzorcev voda v Brebovš ici v Gorenji Dobravi, ne pa meritve na lokacijah, ki se je jih je spremljalo v preteklosti: v Brebovš ici pred rudniškimi objekti, v Poljanski Sori pred vtokom Brebovš ica in v Poljanski Sori po vtoku Brebovš ica.

Brebovš ica v reko Soro prinese U-238 in Ra-226. Pove anje v Sori po dotoku Brebovš ica, v primerjavi s koncentracijami nad dotokom Brebovš ica, je sorazmerno z velikostjo pretokov

Brebovš ica in Sore. Zadnje meritve so bile izvedene v 2013 in so za uran potrdile, da je pove anje koncentracije v Sori približno v razmerju pretokov Sore in Brebovš ica. V letu 2013, so bile koncentracije U-238 v Brebovš ici PO ($121 \pm 4 \text{ Bq/m}^3$) in v Sori PO pa ($17,5 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$).

Za ostale radionuklide Pb-210, Po-210 in Th-230 so bile zadnje meritve enkratnih vzorcev izvedene v 2010. V zadnjem letu 2010, ko so se še izvajale meritve koncentracije v enkratnih vzrocih voda, zaradi nizkih koncentracij, pove anja v Sori po dotoku Brebovš ica ni bilo možno potrditi. Vrednosti se v okviru merske negotovosti niso razlikovale.

Iz pregledne tabele (Tabela III-5) sledi, da je glavni onesnaževalec z uranom jamska voda, sledijo izcedne vode odlagališ a Jazbec in nato Boršt. Teko inske emisije so mo no odvisne od koli ine padavin. V letih, ko je ve padavin, je ve izpiranja in posledí no ve emisij urana in radija. V letu 2014 ni bilo v programu nadzora kontinuiranih meritev teko inskih emisij iz jame in odlagališ a Jazbec. So pa bile meritve enkratnih vzorcev vod, ki jih je RŽV odvzel 17.6.2014 (Tabela V.2.6.). Iz meritev enkratnih vzorcev ni mogo e oceniti celoletnih teko inskih emisij.

Teko inske emisije U_3O_8 iz odlagališ a Boršt so bile v 2008 in 2009 ve je kot je povpre je po letu 2000, po letu 2010 pa so nižje in na ravni 10 – 20 kg letno . Pove anje v 2008-2009 pripisujemo intenzivnim zapiralnim delom na odlagališ u (predvsem u inkom izvedbe dodatnih drenaž telesa odlagališ a), zmanjšanje po letu 2010 pa uspešnosti teh del.

Tabela III-5: Letne teko inske emisije U_3O_8 in Ra-226 iz Jamskega obrata, odlagališ a Jazbec in odlagališ a Boršt. Vir: letna poro íla Službe za varstvo pred sevanji RŽV

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Letne teko inske emisije U_3O_8 (kg)								
Jamski obrat	100	156	173	184	147	134	158	Ni meritev
Jazbec	65	44	32	38	21,8	30	39	Ni meritev
Boršt	21	77	43	29	12	10	17	14
SKUPAJ	185	276	248	251	180,8	174	214	Ni možno oceniti
Letne teko inske emisije Ra-226 (MBq)								
Jamski obrat	20	27	32	37,1	29	28	33,7	Ni meritev
Jazbec	9,3	5	3	4,6	2,2	3,1	4,9	Ni meritev
Boršt	11,9	35	13	12,5	3	3,4	5,8	5,0
SKUPAJ	41,2	67	48	54,3	34,2	34,5	44,4	Ni možno

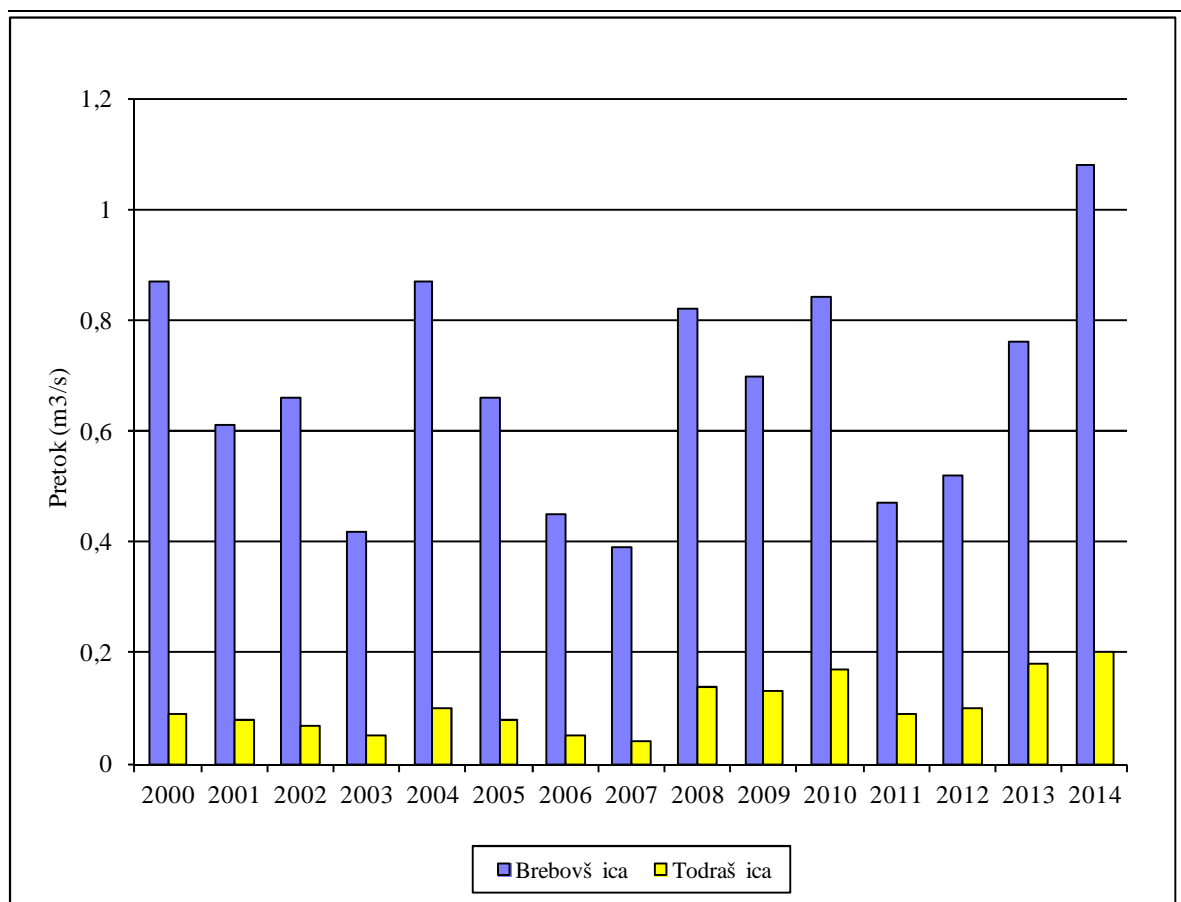
									oceniti
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------

Koncentracije urana in radija v Brebovš ici in Todraš ici so po koncu obratovanja padle, v letih 2006 – 2008 pa je vidno pove anje koncentracije U-238 v Todraš ici, kar je posledica intenzivnih del na odlagališ u Boršt (Slika 6).

Na izmerjene koncentracije radionuklidov vplivajo tudi pretoki vodotokov (Slika 9). Majhna koli ina padavin vpliva na višje koncentracije radionuklidov v vodi, eprav so lahko emisije nespremenjene. Tako so bile npr. letne mase emisije U_3O_8 iz odlagališ a hidrometalurške jalovine Boršt v obdobju 2004 – 2007 približno enake, a so izmerjene koncentracije U-238 v sušnem letu 2006 in 2007 ve je kot leta 2005 in tudi ve je kot leta 2008, eprav so bile emisije leta 2008 ve je. V letu 2011 in 2012 so npr. emisije urana manjše kot v 2010, izmerjene vrednosti v Brebovš ici in Todraš ici pa višje, saj sta povpre na letna pretoka Brebovš ice in Todraš ice v 2010 višja. V letih 2011 in 2012 so emisije urana najnižje v zadnjih letih, a sta bili leti precej sušni in izrazitega padca v povpre nih koncentracijah urana in radija v Todraš ici in Brebovš ici ni opaziti. V 2013 pa so emisije urana in radija višje kot v 2012 ali 2011 pa so povpre ne koncentracije obeh elementov v Brebovš ici in Todraš ici nižje kot v 2012 ali 2011. eprav je celotna masa izpranega urana in radija v letu 2013 višja kot v 2012 pa so koncentracije v Brebovš ici in Todraš ici, prav zaradi red enja z ve jimi koli inami vode, nižje. V letu 2014 je bila koli ina padavin in posledi no pretoki Brebovš ice in Todraš ice najvišji v zadnjih letih. Tudi zato so povpre ne koncentracije U-238 in Ra-226 najnižje v zadnjih letih.

Povpre ne koncentracije Ra-226 v Brebovš ici in Todraš ici se z leti zmanjšujejo in so po letu 2009 pod 5 Bq/m^3 . Z izvedenimi zapiralnimi deli na odlagališ ih Jazbec in Boršt so se izpusti Ra-226 zmanjšali in ustalili na letni ravni okoli 35-40 MBq.

Koncentracije Pb-210 so na podobno nizki ravni od leta 2001 dalje in so 3 do 5 krat nižje kot pred letom 2001 (Slika 8).



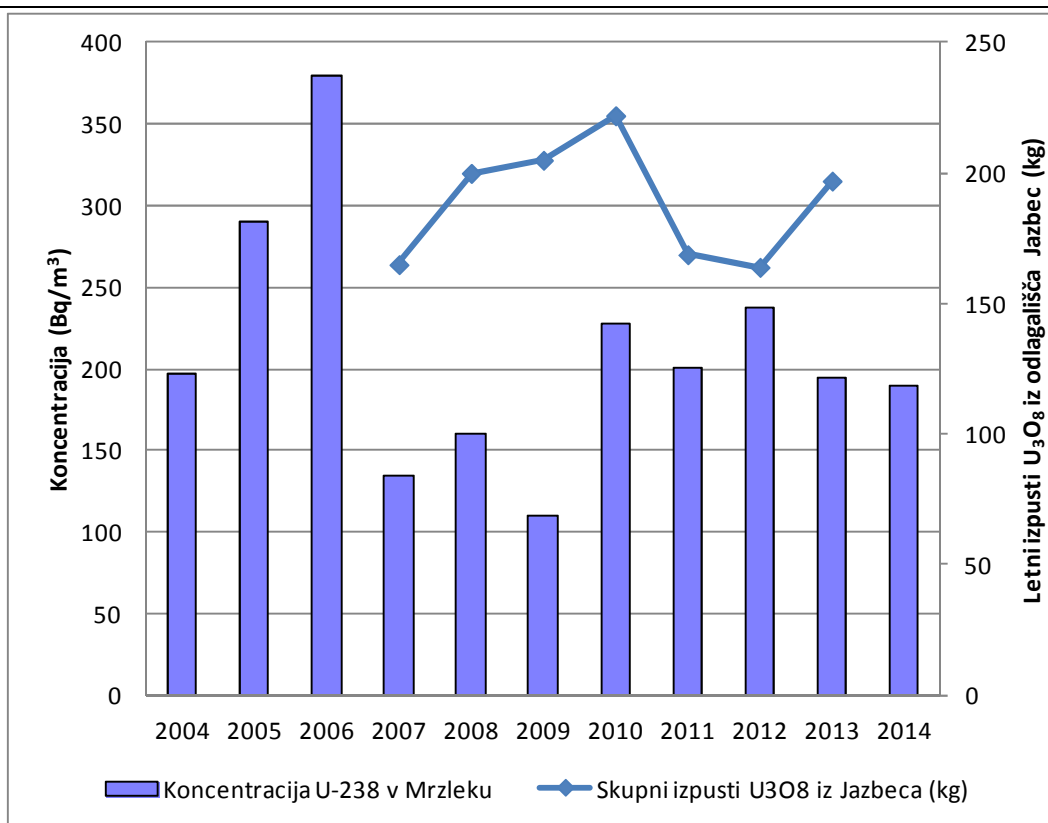
Slika 9: Povpre ni pretoki v Brebovš ici in Todraš ici

III.2.2 Podtalnica

V programu nadzora so bile v letu 2014 tudi meritve radioaktivnosti enkratnega vzorca podtalnice v izviru Mrzlek v Dolenji Dobravi, za katerega je bila z raziskavami ugotovljena povezava z vodami iz odlagališ a Jazbec, in na odlagališ u Jazbec.

Ker je glavni vir imisij odlagališ e Jazbec, smo v izcednih vodah iz odlagališ a Jazbec (voda iz propusta pod Jazbecom, pred to ko mešanja) merili koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210. Rezultati so podani v tabeli (Tabela V.2.7). Pri akovano so bile koncentracije vseh radionuklidov najve je v izcednih vodah iz odlagališ a Jazbec in so približno za velikostni red višje kot v izviru Mrzlek.

Na sliki (Slika 9) je gibanje koncentracije U-238 v izviru Mrzlek in letni izpusti U_3O_8 iz odlagališ a Jazbec. Neposredne korelacije med izpusti iz odlagališ a in koncentracijo v izviru Mrzlek ni. Se je pa koncentracija U-238 v izviru Mrzlek pove ala po kon anih ureditvenih delih na Jazbecu (pove anje od leta 2010) in je od tedaj naprej konstantna okoli 200 Bq/m^3 .



Slika 10: Koncentracije U-238 v izviro Mrzlek (Bq/m³) in letni izpusti U₃O₈ (kg) iz odlagališ a Jazbec

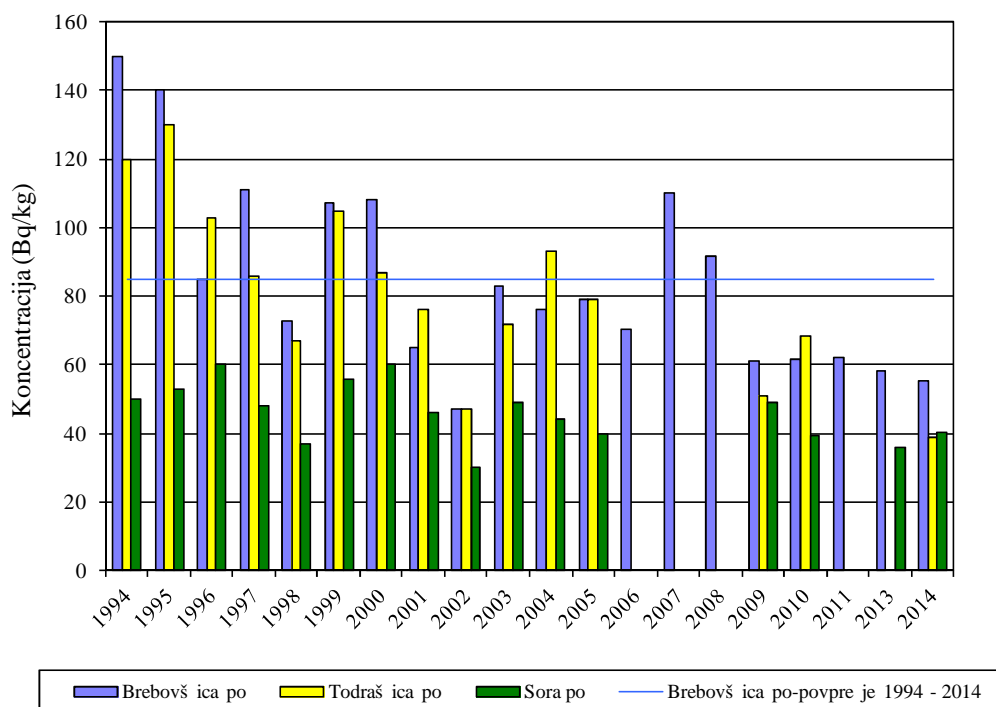
III.3 SEDIMENTI

V tabeli (Tabela V.3.1 – V.3.3.) so podani rezultati meritev vsebnosti U-238, Ra-226, Pb-210 in Th-230 v zbirnih vzorcih sedimentov v Brebovš ico PO (mesto vzor enja po vtoku Todraš ico v Brebovš ico, rudniške imisije), Todraš ico PO in Sori PO (mesto vzor enja po vtoku Brebovš ico v Soro). Intervali vzor enja niso bili enaki na vseh lokacijah. V skladu z varnostnim poro ilom za odlagališ e Jazbec [4] meritve sedimentov sicer niso bile predvidene v letu 2014. Izvedene meritve so kvartalne (meritve zbirnih kvartalnih vzorcev), kar je bilo nazadnje izvedeno leta 2005. V ostalih letih se je izvajalo meritve polletnih zbirnih vzorcev vendar vseh lokacij v Brebovš ico in Todraš ico ni bilo v programu.

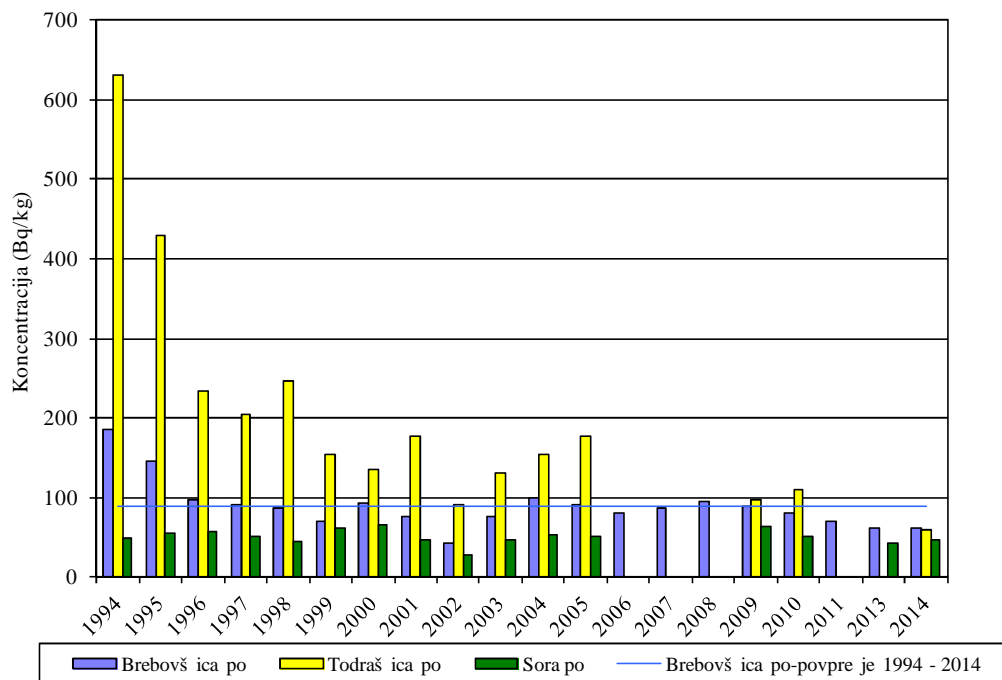
V tabeli (Tabela III-6) so podane koncentracije radionuklidov v sedimentih v obdobju obratovanja rudnika. Na slikah (Slika 11, Slika 12 in Slika 13) so grafi ni prikazi gibanja koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih voda v okolici RŽV.

Tabela III-6: Koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih Todraš ica po, Brebovš ica po in Sora po med obratovanjem rudnika v letih 1985 – 1990

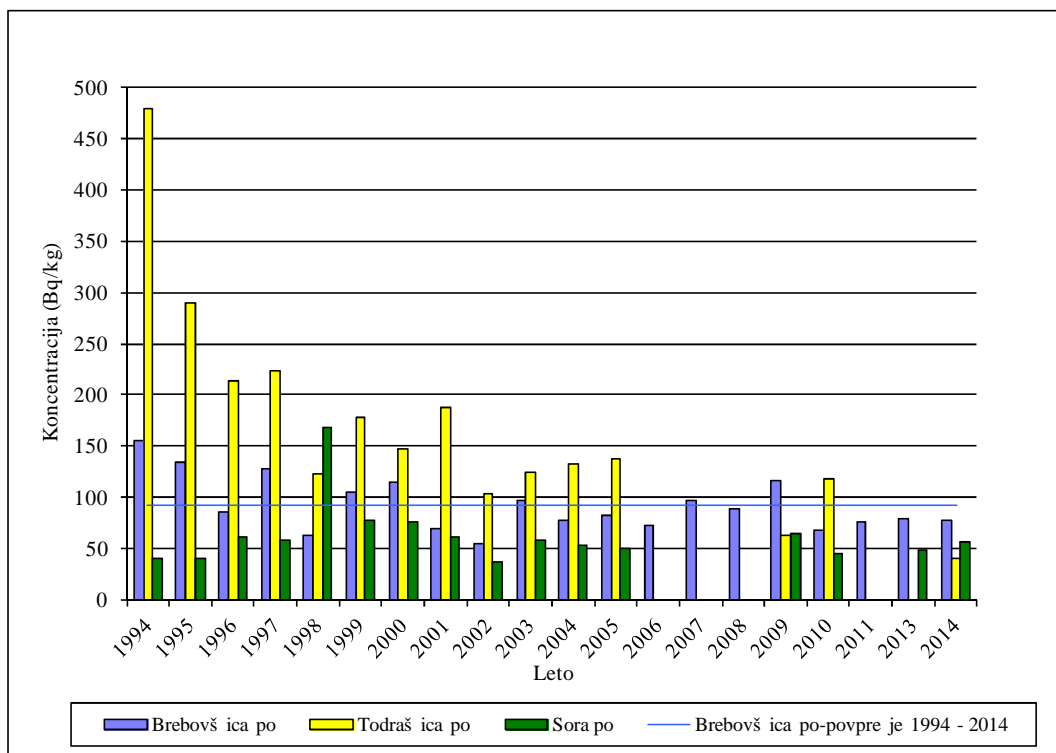
	U-238 (Bq/m ³)	Ra-226 (Bq/m ³)	Pb-210 (Bq/m ³)
Brebovš ica po	200-250	250-300	200-300
Todraš ica po	180 -250	500-600	450 - 550
Sora po	50 -65	60-70	50 - 60



Slika 11: Koncentracija U-238 v sedimentih voda v okolici RŽV



Slika 12: Koncentracija Ra-226 v sedimentih voda v okolici RŽV



Slika 13: Koncentracija Pb-210 v sedimentih voda v okolici RŽV

Vsebnosti radionuklidov U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih Brebovš ica so po kon anih zapiralni delih v 2008 in 2009 nižje od povpre ja po koncu obratovanja rudnika. Koncentracije U-238 so bile v letih 2007 in 2008 višje kot v 2001 – 2005, kar povezujemo z intenzivnimi

deli na odlagališih. Meritve koncentracije Pb-210 so obremenjene s precejšno negotovostjo (negotovost meritve skoraj 30%, faktor zaupanja $k=1$), zato enkratne višje vrednosti v 2009 v Brebovšici PO ali Todrašici PO v 2010, ne moremo pripisati delom na odlagališih.

Koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih iz Todrašice v letu 2014 so nižje kot v 2005, 2009 ali 2010, ko je izvajalec zadnji izvedel meritve.

Značilen je trend upadanja koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih Brebovšice in Todrašice. Z zapiralnimi deli se je očitno uspešno preprečilo izpiranje snovi iz odlagališ. Iz tabel V.3.1.-V.3.3. lahko razberemo, da so bile najnižje koncentracije urana v Brebovšici izmerjene v obdobju december 2013-februar 2014. V tem obdobju je bilo zelo veliko padavin in bi pri akovali več sedimenta v vzor evalniku in tudi višje izmerjene vrednosti. Vendar je bila količina vzorca zelo majhna (0,05 kg), kar morda pomeni, da se zaradi močnega toka sediment ni uspešno zbiral v vzor evalniku oziroma je vzorec odnašalo. V naslednjem obdobju vzor enja (5.3.-4.6.2014) je količina padavin bistveno nižja, a količina zbranega vzorca je večja (0,13 kg).

III.4 MLEKO

Meritev mleka v letu 2014 ni bilo v programu. Nadzor v preteklih letih [2] je pokazal, da so bile v vzorcih mleka iz okolice rudnika povečane vrednosti naravnih radionuklidov. Največja razlika med referenčno lokacijo in okolico RŽV je pri Pb-210. Koncentracija Pb-210 v mleku iz okolice Jazbeca je približno trikrat večja od koncentracije v mleku iz referenčne lokacije. Razlog je v tem, da je v okolici nekdanjega rudnika urna povečana koncentracija Rn-222, ki razpada, med potomci pa je tudi Pb-210. Pb-210 se vseda na površine, tudi travo in druge rastline ter tako pride v prehrabeno verigo krav.

III.5 RIBE

V letu 2014 je RŽV, namesto v 2013 kot je bilo predvideno v programu monitoringa [4], izvedel meritve rib iz potoka Brebovšica, Poljanske Sore in Selške Sore. Meritve so bile izvedene v 2014, ker so v letu 2013 v spodnji del Brebovšice, torej tudi na področje Dolenje Dobrave, vložili ribe iz zgornjega dela Brebovšice, medtem ko so v zgornji del Brebovšice vložili ribe iz ribogojnice.

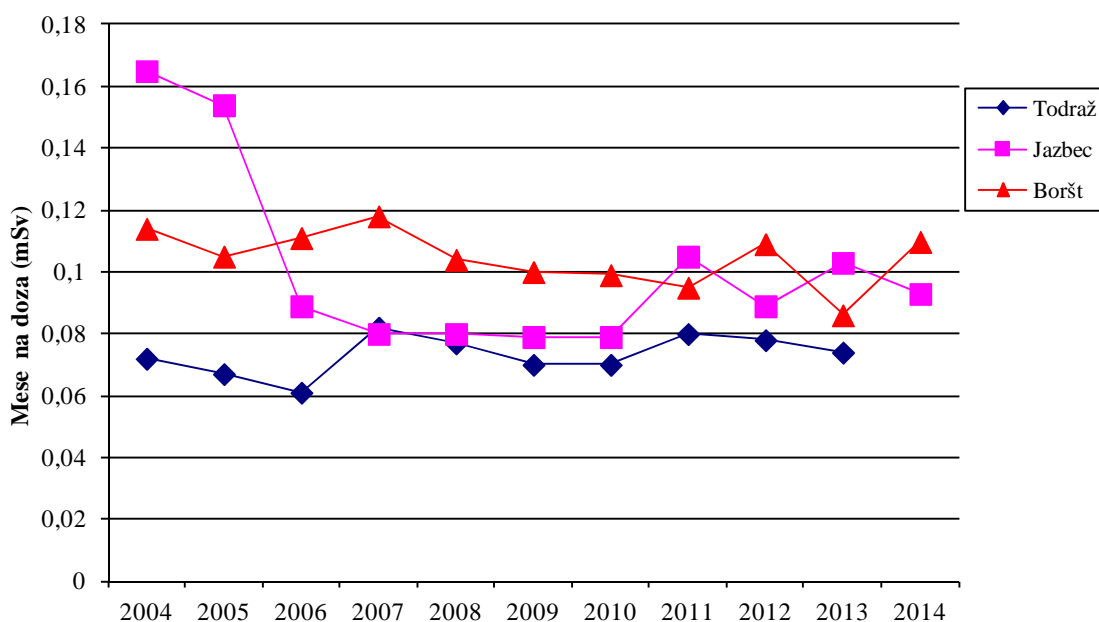
Rezultati meritev so v tabeli V.4.1. Vrednosti Ra-226 v ribah iz okolice RŽV so povečane glede na referenčno lokacijo, medtem ko pri Pb-210 lahko ugotovimo, da s samo metodo gama spektrometrije ni možno zaznati povečanja v ribah iz okolice RŽV glede na ribe iz referenčne lokacije.

III.6 ZUNANJE SEVANJE GAMA

V programu monitoringa za 2014 so bile meritve zunanjega sevanja s termoluminiscentnimi dozimetri na odlagališih Jazbec in Boršt. Absorbirano dozo v zraku smo merili s

termoluminiscentnimi dozimetri na treh lokacijah: na odlagališih Jazbec in Boršt ter v prvem kvartalu v Todražu. Po prvem kvartalu je RŽV zahteval prenehanje meritev na lokaciji Todraž in jo je nadomestil z lokacijo na odlagališču Boršt (»Boršt v ograji«). Rezultati so predstavljeni v tabeli (Tabela V.5.1).

Do leta 2005 smo meritve mese ne izvajali na 9 lokacijah v okolici RŽV. Po letu 2005 so meritve kvartalne na treh lokacijah. Pregled povpre nih mese nih doz izmerjenih s TL dozimetri je na sliki (Slika 14). Mese ne doze smo v letih, ko so meritve kvartalne, dobili tako, da smo jih izražali iz rezultatov kvartalnih meritev (rezultat meritve delimo s faktorjem 3). Obsežna zapiralna dela, predvsem nanašanje prekrivke, so vplivala na zmanjšanje doze na odlagališču Jazbec. Tako je povpre na izmerjena mese na doza na odlagališču Jazbec že skoraj enaka povpre ni izmerjeni mese ni dozi v Todražu, kjer lahko privzamemo, da so izmerjene doze posledice naravnega ozadja.



Slika 14: Povpre ne mese ne doze izmerjene s TL dozimetri

V splošnem velja [14], da k sevanju ozadja oziroma k zunanjemu sevanju prispevata uranova in torijeva razpadna vrsta, K-40, kozmi no sevanje in ernobilsko kontaminacija. Vrednosti ozadja izmerjene že pred obratovanjem rudnika in pred ernobilsko kontaminacijo [15] so bile med 0,10-0,12 $\mu\text{Gy/h}$ (hitrost absorbirane doze v zraku). Naravni sevalci gama so enakomerno porazdeljeni v zemlji, medtem ko je ernobilsko kontaminacija višja v zgornjih plasteh.

V letu 2014 so bile skladno s programom radiološkega monitoringa [4] izvedene meritve hitrosti doze z merilnimi inštrumenti na odlagališču Jazbec na površini odlagališ a in na zunanjem robu odlagališ a. Rezultati so v tabeli V.5.2. Meritve je izvedel RŽV sam. V meritvah je zajeta tudi površina usadov in v bližini usadov je izmerjena hitrost doze višja kot

na ostalih površinah odlagališ a. Višjih hitrosti doze ne moremo pripisati odkriti površini, saj je bilo izvedenih premalo meritev. Sicer so izmerjene hitrosti na površini odlagališ a Jazbec v okviru pri akovanih vrednosti. Nadzor v preteklosti je pokazal, da odlagališ e Jazbec ne prispeva ve povišane doze gama sevanja v okolici.

Meritve absorbirane doze na odlagališ u Boršt so bile nazadnje izvedene 2011. Ponovno bodo v programu 5. leto prehodnega obdobja po izvedenih zapiralnih delih na odlagališ u Boršt, to je v letu 2015.

IV. OCENA PREJETIH DOZ SEVANJA

Izračun prejetih doz smo opravili za vse možne prenosne poti razširjanja radioaktivnih snovi v okolje, za katere smo imeli merske podatke oziroma se jih je spremljalo v programu radiološkega monitoringa. Upoštevali smo zunanje sevanje in notranje obsevanje zaradi vnosa radioaktivnih snovi.

Pri izračunu smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje za ingestijo in inhalacijo po *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih* [6] in *Pravilniku o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* [7]. Faktorji so enaki tistim v BSS (Basic Safety Standards, IAEA, 1996, [18]), ki smo jih uporabljali v izračunih pred letom 2005.

Pri oceni efektivne ekvivalentne doze pri inhalaciji radonovih kratkoživih potomcev smo uporabili dozno konverzijo po *Pravilniku o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* [7]. Dozna konverzija iz *Pravilnika o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* [7] ima osnovo v ICRP 65 [17].

V skladu z [7] smo izračunali doze za tri starostne skupine: odrasle, otroke stare 10 let (7-12 let) in dojenčke (otroci stari 1 leto). Do leta 2006 smo izračunane doze izvajali le za odraslega prebivalca iz okolice RŽV.

Prebivalci v okolici RŽV so izpostavljeni sevanju naravnega ozadja in sevanju zaradi prispevka rudnika. Pri izračunu smo prispevek naravnega sevanja odšteli in s tem določili dozo zaradi vpliva rudnika. Naravno ozadje smo določili z meritvami izven vplivnega območja rudnika.

Za prispevke k skupni dozi prebivalstva iz rudniških virov, za katere se meritve v letu 2014 niso izvajale, ocene doz nismo ocenili. Izjema je doza zaradi zaužitega mleka, kjer smo pri izračunu upoštevali podatke meritev iz leta 2013.

IV.1 PREJETE DOZE SEVANJA PO ZRAČNI POTI

IV.1.1 Dolgoživi radionuklidi v zraku

Po končanem zapiralnih delih na odlagališčih Jazbec in Boršt ni več aktivnosti, ki bi povzročale prašenje in s tem razširjanje prašnih radioaktivnih delcev v okolje. Zadnje meritve koncentracije dolgoživih radionuklidov so bile izvedene v 2011 na lokaciji Gorenja Dobrava.

Ker RŽV ne izvaja aktivnosti, ki bi povzročale prašenje, ocenjujemo, da ni prispevka k dozi prebivalstva zaradi vdihavanja dolgoživih radionuklidov.

IV.1.2 Rn-222, inhalacija

Podobno kot inhalacija dolgoživih radionuklidov uran-radijeve vrste, tudi inhalacija Rn-222 ne pomeni večjega prispevka k dozi. Izraun doze in konverzijski faktor smo privzeli po ICRP 65 [17]. Pri zadrževanju v stavbah ali na prostem smo upoštevali po M. Križmanu [19]. Kot osnovni merski podatek za izraun smo upoštevali povprečno vrednost dodatne koncentracije Rn-222 zaradi RŽV.

Ocenjena efektivna doza zaradi inhalacije Rn-222 v letu 2014 je:

$$\begin{aligned} E &= 1,2 \pm 0,4 \mu\text{Sv za odraslega prebivalca,} \\ E &= 0,8 \pm 0,3 \mu\text{Sv za otroka starega 10 let,} \\ E &= 0,3 \pm 0,1 \mu\text{Sv za otroka starega 1 leto.} \end{aligned}$$

in je podobna dozi v preteklih letih.

IV.1.3 Kratkoživi potomci Rn-222, inhalacija

Pri izraunu smo, tako kot doslej upoštevali, da se del prebivalstva vozi na delo v druge kraje, drugi del pa se ukvarja s kmetijstvom in je tako stalno izpostavljen vplivu rudnika. V dnevnem času, ko je lovek najbolj aktiven so koncentracije radona najnižje [21]. Koncentracija radona se sicer nenehno spreminja in najvišje vrednosti doseže v nočnem času. V stabilnih vremenskih razmerah je bila najvišja koncentracija na posameznih lokacijah tudi do 10 krat večja od najnižje, v vetrovnem in nestabilnem vremenu pa je bila ta razlika bistveno manjša. Primerjava izraunov z upoštevanjem dnevnega spreminjanja koncentracij ali izraunov s predpostavljeno enakomerno koncentracijo radona, pokaže le majhne razlike v oceni doze velikosti nekaj odstotkov.

Dozne pretvorbene faktorje smo privzeli po *Pravilniku o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* [7].

Za povprečni ravnovesni faktor rudniškega radona na prostem na območju Gorenje Dobrave smo privzeli vrednost 0,4 [6], za radon v hišah pa prav tako ravnovesni faktor 0,4.

Produkt koncentracije in ravnovesnega faktorja, to je ravnotežna ekvivalentna koncentracija radona iz rudniških virov, je najvišja na področju Gorenje Dobrave [21]. V Todražu in Dolenji Dobravi je nekaj odstotkov nižja. Vendar so te razlike sorazmerno majhne in vse prebivalce v dolini Brebovščice, v skladu s priporo ili ICRP 43 [22] za homogenost referenčne skupine, obravnavamo kot eno referenčno skupino.

Zaradi rudnika je bila koncentracija radona na prostem v letih 1993 – 2007 v povprečju večja za okoli 7 Bq/m^3 (Slika 4). V obdobju obratovanja rudnika so se prirastki h koncentraciji gibali med $6,2\text{-}9,3 \text{ Bq/m}^3$.

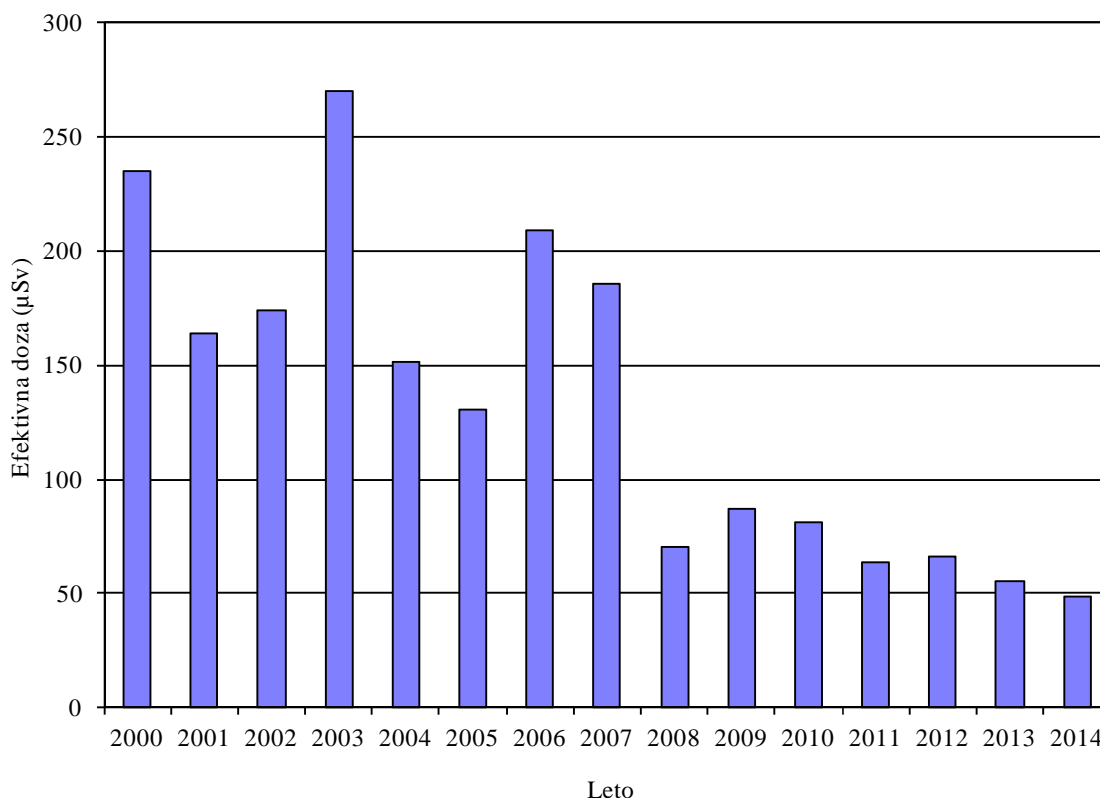
V letu 2013 je koncentracija radona povečana za $2,3 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$. Efektivna doza zaradi inhalacije radonovih kratkoživih potomcev je bila v letu 2014:

$$\begin{aligned} E &= 49 \pm 17 \text{ } \mu\text{Sv za odraslega prebivalca,} \\ E &= 46 \pm 18 \text{ } \mu\text{Sv za otroka starega 10 let,} \\ E &= 53 \pm 21 \text{ } \mu\text{Sv za otroka starega 1 leto.} \end{aligned}$$

Najbolj izpostavljeni so kmetje, ki vseskozi živijo na območju vpliva rudnika in so v letu 2014 prejeli dozo $57 \pm 20 \text{ } \mu\text{Sv}$. Delavci, ki se na delo vozijo v druge kraje, so manj obremenjeni in so prejeli dozo $40 \pm 14 \text{ } \mu\text{Sv}$. Negotovosti ocene doz so podane s faktorjem pokritja $k=2$.

Ocenjene efektivne doze zaradi vdihavanja radonovih kratkoživih potomcev za obdobje 2008-2014 so si podobne in so bistveno nižje kot pred izvedenimi zapiralnimi deli. To je bilo znižanje v letu 2007 glede na leto 2006 posledica spremenjene metodologije izračuna doze (namesto metodologije iz ICRP 50 [17][16], metodologija iz Pravilnika o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji [7] ter ravnovesni faktor na prostem 0,4 in ne 0,45; sprememba metodologije je oceno doze znižala za okoli 20%), pa je nižja doza po letu 2008 posledica majhnega ocenjenega prispevka rudniškega radona.

Največji delež k celotni dozi zaradi rudnika Žirovski vrh prispeva inhalacija radonovih kratkoživih potomcev. Letna efektivna doza od prenehanja proizvodnje se je do leta 2008 gibala med 0,15 mSv in 0,3 mSv (Slika 15), po letu 2008 pa je prispevek k dozi, nekajkrat manjši in znaša med 0,05 mSv in 0,08 mSv. Najbolj so obremenjeni prebivalci, ki živijo v dolinskem področju v oddaljenosti 2-2,5 km od rudniških obratov, saj so tam koncentracije potomcev največje (poročila IJS 1990-1995, 1998, ZVD 1996-2000, IJS/ZVD 2001-2008, ZVD 2009-2011). Seveda ves radon ne izvira iz rudnika. Ocenjeni prispevek rudniškega radona k celotni koncentraciji radona v okolju je bil pred letom 2008 približno tretina, kar smo ocenili iz razlike koncentracij radona na območju, kjer je možno z meritvami zaznati vpliv rudnika in območju kjer vpliva ni. Glede na izvedena sanacijska dela na odlagališčih, se je izkazalo, da ocena prispevka rudniškega radona z odštevanjem izmerjenih koncentracij ni več ustrezna [1]. Ocenjeni prispevek rudniškega radona ni več tretina, pa tudi le še okoli 5%.



Slika 15: Efektivne letne doze zaradi vdihavanja radonovih kratkoživih potomcev za odraslega prebivalca v okolici RŽV

IV.2 PREJETE DOZE PO PREHRAMBENI POTI

IV.2.1 Ocena doze zaradi ingestije – hrana

V programu nadzora radioaktivnosti v okolici Rudnika Žirovski vrh so bili vzorci hrane nazadnje v letu 2005. Zaradi omejitev glede merilnih metod s katerimi se je izvajal nadzor, prispevka k dozi po tej prenosni poti nikoli nismo mogli zanesljivo in natančno ovrednotiti. Ocene doz so se gibale okoli 50 μSv na leto za odraslega prebivalca. Ker je bilo že v času intenzivnih zapiralnih del težko ovrednotiti prispevek, sedaj, ko aktivnosti RŽV skoraj ni več in prav tako ne meritev, je ocenjevanje doz po prehrambeni poti zelo težko oziroma ocenjevanje doz na osnovi podatkov iz leta 2005 nima prave vrednosti. Zato prispevek RŽV k dozi zaradi uživanja pridelkov iz okolice RŽV ocenjujemo le za zauživanje mleka, pri čemer smo uporabili podatke meritev iz okolice RŽV za leto 2013 in podatke meritev iz leta 2011 za referenčno lokacijo.

Za mleko je namreč RŽV v letu 2013 izvedel analizo več vzorcev iz območja RŽV, ne pa iz referenčne lokacije, kjer so bile meritve nazadnje izvedene v 2011. Analize je izvedel Institut Jožef Stefan z radiokemično separacijo in meritvijo na spektrometru alfa (Ra-226 in Po-210) ali proporcionalnem števcu (Pb-210). U-238 je bil določen z uporabo nevtronske aktivacijske analize. V tabeli (Tabela IV-1) podajamo vsebnosti radionuklidov v vzorcih mleka, ki so jih izmerili na IJS v letu 2013.

Tabela IV-1: Povprečne vsebnosti U-238, Ra-226 in Pb-210 v mleku iz območja RŽV in referenčne lokacije. Meritve so bile izvedene v letu 2013 na območju RŽV in 2011 na referenčni lokaciji.

	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Pb-210 (Bq/kg)	Po-210 (Bq/kg)
Območje RŽV	0,00030 ± 0,00004	0,009 ± 0,002	0,105 ± 0,040	0,095 ± 0,008
Referenčna lokacija (podatki za leto 2011)	0,0024 ± 0,0003	0,0074 ± 0,0008	0,028 ± 0,014	Ni podatka

Pri količinah zaužite hrane smo upoštevali študijo J. Rojca [23], M. Križmana [21] in ICRP 101 [24]. Letna količina zaužitega mleka za odraslega prebivalca je 122 l, za otroka starega 10 let 183 l in za otroka starega 1 leto 273 l.

Efektivne doze (E) smo izračunali z uporabo konverzijskih faktorjev iz *Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih* [6]. Pri oceni smo upoštevali vsebnosti Ra-226 in Pb-210 v nekaterih tipih živilih, ki jih pridelujejo ljudje na območju vpliva rudnika.

Ocenjena efektivna doza je zaradi omejitve merilne metode opremljena z veliko negotovostjo. Ocenjene letne efektivne doze zaradi zauživanja mleka za leto 2014 so:

$$\begin{aligned} E_{(\text{ingestija mleko})} &= \mathbf{6,5 \pm 4,4 \mu\text{Sv za odraslega prebivalca,}} \\ E_{(\text{ingestija mleko})} &= \mathbf{27 \pm 18 \text{ za otroka starega 10 let,}} \\ E_{(\text{ingestija mleko})} &= \mathbf{76 \pm 33 \mu\text{Sv za otroka starega 1 leto.}} \end{aligned}$$

Pri otroku starem 1 leto smo privzeli, da uživa le mleko. Prav tako smo privzeli, da je vse mleko iz vplivnega področja RŽV, kar verjetno ni povsem realno.

Ocenjeni prispevek k dozi zaradi kontaminacije mleka v letu 2014 znaša 0,006 mSv za odraslega prebivalca.

Ocenjena doza zaradi zauživanja hrane je obremenjena z veliko negotovostjo zaradi zelo nizkih vrednosti naravnih radionuklidov v hrani, ki so na meji detekcije. Zato so ocenjene doze po letih lahko zelo različne, vrednosti pa moramo jemati z veliko mero previdnosti.

Ribe iz Brebovšice in Sore predstavljajo le manjši delež v prehrani ljudi. V letu 2014 je RŽV naredil meritve Ra-226 in Pb-210 v vzorcih rib v Brebovšici in Poljanski Sori. Z mersko metodo povečanja Pb-210 ni mogoče ugotoviti, razlike so vidne le pri Ra-226 med vzorci iz okolice RŽV in vzorci iz referenčne lokacije v Selški Sori. Zato ocenjujemo pri dozi le prispevek zaradi Ra-226. Po ocenah iz prejšnjih poročil povzemamo, da naj bi bil povprečni ulov na prebivalca 5 kg rib na leto. Tudi to upoštevamo, da vsak posameznik zaužije vseh 5 kg, je ocenjena efektivna doza zaradi zauživanja rib:

$$E_{(\text{ingestija ribe})} = 1,8 \mu\text{Sv}.$$

IV.2.2 Ocena doze zaradi ingestije - pitna voda

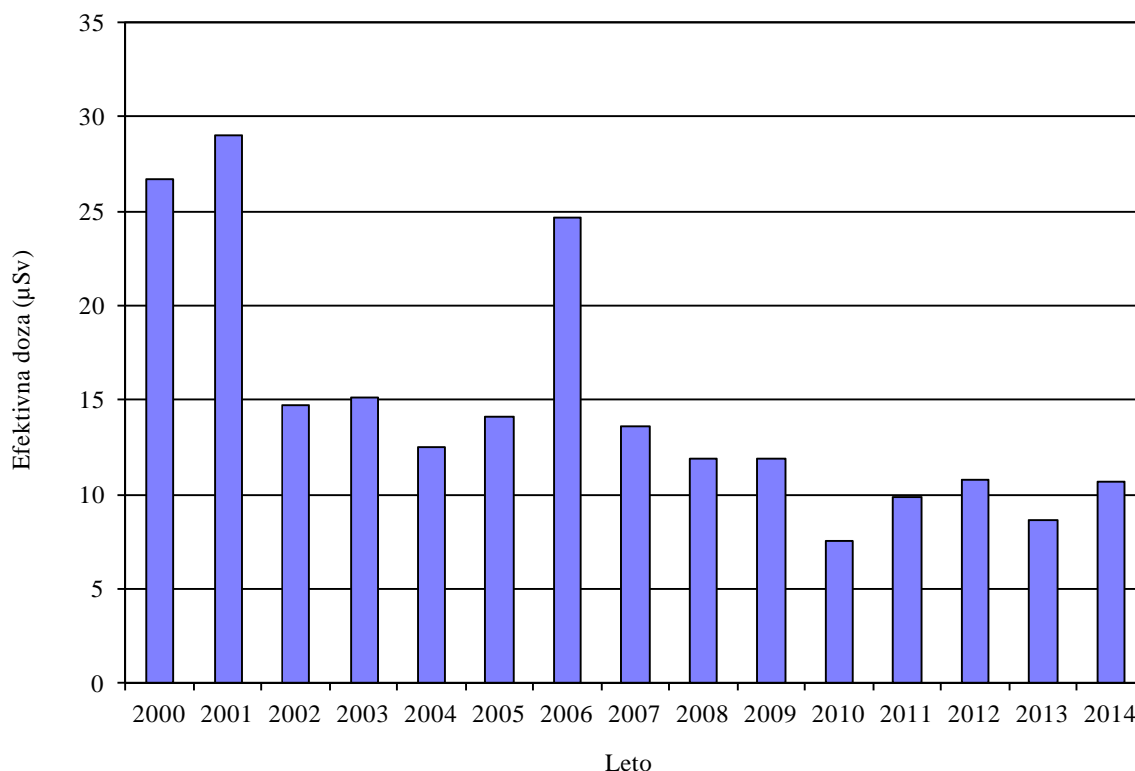
Izračunali smo dozo tudi zaradi pitja vode kljub temu, da ljudje površinskih voda in vode iz vodnjakov s področja RŽV ne uporabljajo za pitje, zalivanje ali napajanje živine. Ocena doze je izdelana, če bi ljudje uporabljali vodo iz Brebovšice in znaša:

$$E_{(\text{ingestija, voda, odrasli})} = 10,7 \pm 6,5 \mu\text{Sv za odraslega prebivalca,}$$

$$E_{(\text{ingestija, voda, otroci 10 let})} = 11,5 \pm 7,0 \mu\text{Sv za otroke stare 10 let,}$$

$$E_{(\text{ingestija, voda, otroci 1 leto})} = 9,2 \pm 5,5 \mu\text{Sv za otroke stare 1 leto,}$$

Izračunana letna efektivna doza je podobna kot v preteklih letih (Slika 16). Za količine zaužite vode smo upoštevali [25].



Slika 16: Letne efektivne doze zaradi pitja vode (Brebovš ica) za odraslega prebivalca iz okolice RŽV

IV.3 DOZE ZARADI ZUNANJEGA OBSEVANJA

IV.3.1 Trdni delci z dolgoživimi radionuklidi

Podobno kot ocenjujemo, da prispevka rudnika k dozi zaradi vdihavanja aerosolov v 2014 ni, tudi prispevek zunanega sevanja zaradi talne depozicije aerosolov ocenjujemo na ni .

IV.3.2 Radon-222 in radonovi potomci

Pri izra unu smo uporabili pretvorbene faktorje za zra no imerzijo po UNSCEAR 2000 [25]. Za radon v hišah je pretvorbeni faktor $0,01 \text{ nGyh}^{-1}/\text{Bqm}^{-3}$, na prostem pa $0,25 \text{ nGyh}^{-1}/\text{Bqm}^{-3}$. Upoštevali smo faktor slabitve sevanja zaradi stavbe, as zadrževanja zunaj in znotraj stavb in faktor ravnotežja na prostem in v hišah. Prišteli smo tudi dozo zunanega sevanja zaradi depozicije radonovih potomcev.

Letna efektivna doza zaradi zunanega obsevanja zaradi radona in njegovih potomcev znaša:

$$E = 0,8 \mu\text{Sv.}$$

Tako za otroke kot odrasle smo privzeli enake predpostavke v izraunu doz.

IV.3.3 Zunanje sevanje gama v okolici odlagališ

V letu 2014 se meritev zunanjega gama sevanja v okolici odlagališ ni izvajalo. V okolici odlagališ nismo izmerili poveanih hitrosti doze. Nadzor v preteklih letih [2] je pokazal, da odlagališ a ne prispevajo k poveani dozi zunanjega sevanja. Že na samih odlagališ ih so hitrosti doze na nivoju ozadja. Izven odlagališ posamezna poveanja pripisujemo geološkim posebnostim in ne vplivu odlagališ a.

Za bližino odlagališ ocenjujemo letno efektivno dozo zaradi zunanjega obsevanja na:

$$E = 0,0 \mu\text{Sv.}$$

IV.4 IZPOSTAVLJENOST PREBIVALSTVA SEVANJU IZ VIROV RŽV

Skupno izpostavljenost prebivalstva virom sevanja iz virov RŽV dobimo s seštevanjem prispevkov k dozi po vseh prenosnih poteh. Pri vsakem izračunu smo upoštevali najbolj realne možnosti in končna doza je realna doza, ki bi jo lahko dobil posameznik zaradi RŽV. Ocena je narejena za povprečnega odraslega posameznika, za otroka starega 10 let in za otroka starega 1 leto iz referenčne skupine ljudi v dolini Brebovske. Posamezni prispevki k dozi po različnih prenosnih poteh so podani v tabeli (Tabela IV-2). Za prispevke prenosnih poti smo uporabili podatke meritev iz leta 2014 razen za mleko, kjer smo v izračunu uporabili podatke iz leta 2013 (okolica RŽV) in 2011 (referenčna lokacija).

Tabela IV-2: Letna efektivna doza zaradi rudnika urana za prebivalce v okolici RŽV

Prenosna pot	Pomembnejši radionuklidi	Letna efektivna doza ODRASLI (μSv)	Letna efektivna doza OTROCI 10 let (μSv)	Letna efektivna doza OTROCI 1 leto (μSv)
Inhalacija	- aerosoli z dolgoživimi radionuklidi - samo Rn-222 - Rn, kratkoživi potomci	0,0 1,2 49	0,0 0,8 46	0,0 0,3 53
Ingestija	- U, Ra-226, Pb-210, Th-230 v pitni vodi - ribe (Ra-226, Pb-210) - kmetijski pridelki – mleko (Ra-226, Pb-210)	(10,7) 0,8 6,5	(11,5) 0,8 27	(9,2) - 76
Zunanje sevanje	- sevanje Rn-222 in potomcev (depozicija, imerzija) - sevanje dolgoživih radionuklidov - sevanje v okolici odlagališ	0,8 - -	0,8 - -	0,8

Skupna letna efektivna doza zaradi izpostavljenosti sevanju iz rudnika urana v 2014 je:

58 μSv (0,058 mSv) za odraslega prebivalca

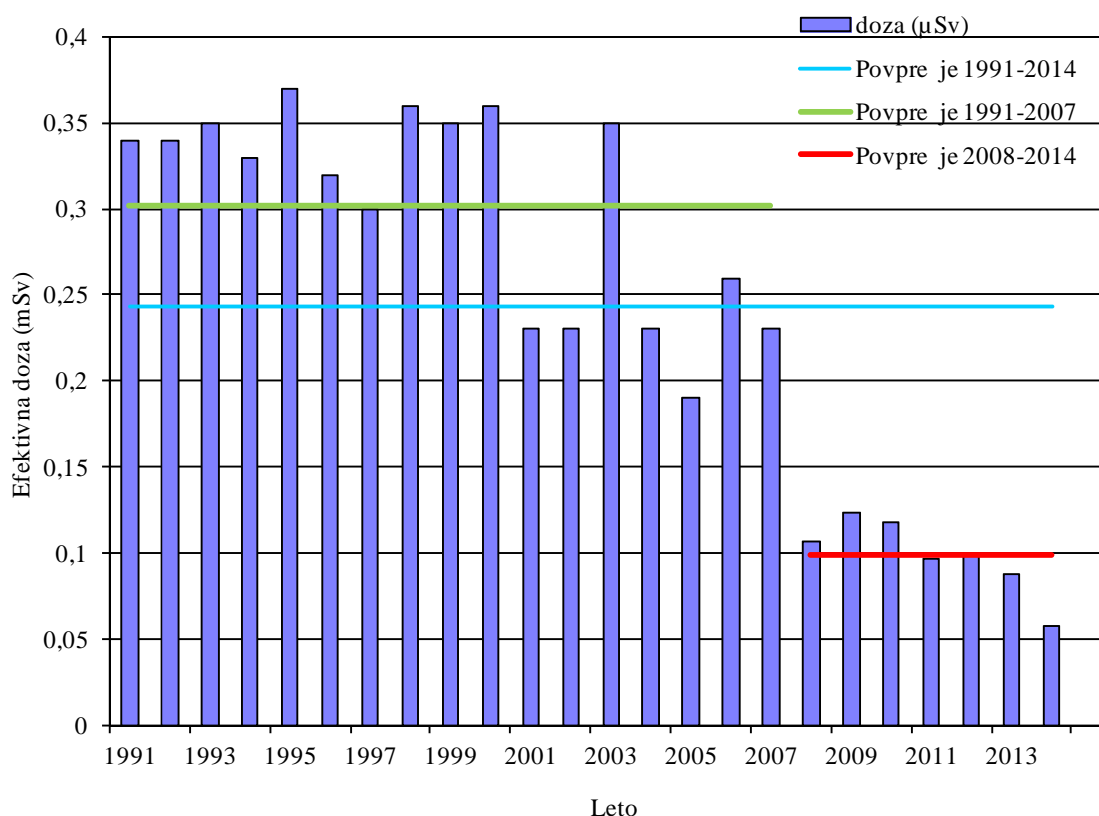
75 μSv (0,075 mSv) za otroka starega 10 let

130 μSv (0,130 mSv) za otroka starega 1 leto

(zaokroženo, prispevek vode ni upoštevan).

Po Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur. L. RS, št. 49/2004) je letna efektivna doza, ki jo sme prejeti posameznik iz prebivalstva 1 mSv. Prispevek rudnika dosega nekaj odstotkov te vrednosti. Dodatna letna efektivna doza, ki jo sme prejeti posameznik iz kritične skupine prebivalstva v vplivnem območju RŽV je 0,3 mSv[8]. Izračunani prispevek za odraslega prebivalca predstavlja 20% avtorizirane mejne vrednosti.

Letne učinkovite doze odraslega prebivalca se gibljejo med 0,1 in 0,35 mSv (Slika 17). Po letu 2000 je viden pomik k nižjim vrednostim zaradi izvedenih del v obdobju 2000-2002, s katerimi so se zmanjšale emisije radona, ki največ prispeva k dozni obremenitvi prebivalstva. Po letu 2007 pri izračunu doz uporabljamo hitrosti dihanja iz reference [20]. Pred tem smo v izračunu dozne obremenjenosti uporabljali hitrosti dihanja za težko delo preko vsega dneva, kar je preveč konzervativna predpostavka. V primeru, da bi računali po enaki metodologiji kot pred letom 2007, so ocenjene letne učinkovite doze okoli 10% višje. V letu 2010 smo spremenili metodologijo ocene prispevka rudnika k povečanju koncentracije radona, saj z merskimi metodami po izvedenih zapiralnih delih, prispevka ni bilo več mogoče oceniti. Od leta 2014 dalje je v prispevku k oceni doze zaradi uživanja hrane upoštevano le mleko, niso pa upoštevana ostala živila za katera ni rezultatov meritev po letu 2005. V oceni doze od 2014 dalje ni upoštevana prenosna pot zaradi inhalacije dolgoživih radionuklidov v zraku (aerosoli). Prispevek k dozi zaradi uživanja hrane iz okolice RŽV je za odraslega loveka znašal v letu 2005, ko se je nazadnje celovito vzorilo hrano, manj kot 40 µSv. Prispevek k dozi zaradi inhalacije dolgoživih radionuklidov iz okolice RŽV je za odraslega loveka znašal v letu 2010, ko se je nazadnje celovito vzorilo aerosole, 3 µSv.



Slika 17: Skupne letne učinkovite doze prebivalcev po letih zaradi vpliva RŽV

IV.5 IZPOSTAVLJENOST SEVANJU NARAVNIH VIROV

Na osnovi meritev radona in sevanja gama v hišah in na prostem v letih 1987-1989 so sodelavci IJS izdelali okvirno oceno o celokupni izpostavljenosti prebivalstva v dolini RŽV naravnemu sevanju. Upoštevali so vse glavne vire, ki jim je izpostavljeno prebivalstvo. Glede na izboljšanje bivalnega standarda prebivalstva v zadnjem desetletju, je najbrž sedanja vrednost nižja. Smiselno bi bilo naravno izpostavljenost ponovno oceniti in upoštevati novejšo metodologijo ocene doz ter bivalni standard prebivalstva.

Ocena je pokazala [26], da znaša povprečna izpostavljenost prebivalcev naravnim virom sevanja v okolju RŽV okoli 5,5 mSv na leto. To je dvakrat več od svetovnega povprečja. Doza zaradi RŽV v letu 2014 je 0,058 mSv, tako da je celotna letna doza za prebivalca v okolici RŽV 5,6 mSv, pri čemer nista upoštevana prispevek ernobilske kontaminacije in medicinskega obsevanja. V celotnem prispevku naravnega sevanja (brez medicinskega obsevanja in ernobilske kontaminacije) znaša prispevek rudnika okoli 1 %.

V. ZAKLJU KI IN OCENA VPLIVOV NA OKOLJE

V tem poglavju podajamo oceno vplivov RŽV na okolje in primerjavo med obdobjem, ko je rudnik obratoval, obdobjem, ko so se izvajala dela kon ne ureditve nekdanjih rudniških objektov ter po kon ani ureditvi rudniških objektov.

1. Radioaktivni aerosoli, ki vsebujejo dolgožive radionuklide uranove razpadne vrste nastajajo predvsem pri izkopu, drobljenju, transportu, odlaganju in ravnanju jamske jalovine in kontaminiranega materiala. Vdihavanje teh delcev, njihovo usedanje na površine in imerzija ne predstavljajo ve je dozne obremenitve. Ocenjujemo, da v letu 2014 tega prispevka ni ve , saj RŽV ni izvajal aktivnosti, ki bi povzro ala prašenje. Od leta 2012 teh meritev tudi ni ve v programu.

V fazi zapiranja rudnika se je doza zaradi inhalacije radioaktivnih aerosolov še bistveno zmanjšala v primerjavi z obratovalnim obdobjem. V asu obratovanja (1985-1990) je bila koncentracija urana ali Ra-226 0,05-0,10 mBq/m³. Po ustavitvi drobljenja in predelave rude se je koncentracija zmanjšala na 0,01-0,02 mBq/m³. Koncentracija Pb-210 se ni bistveno spremenila, ker je odvisna predvsem od koli ine radona v ozra ju.

Po zaprtju rudniških objektov so vrednosti U-238 in Ra-226 v okviru naravnega ozadja ob upoštevanju merilne negotovosti meritev.

2. Najpomembnejši vir radiološke obremenitve okolice RŽV je radon (Rn-222) s svojimi kratkoživimi potomci. Vir radona sta odlagališ i hidrometalurške jalovine Boršt in odlagališ e rudarske jalovine Jazbec. Na odlagališ u Jazbec so v obdobju 2006-2008, na odlagališ u Boršt pa v obdobju 2007-2010 potekale aktivnosti kon ne ureditve odlagališ a (preurejanje površine, vgradnja kon ne prekrivke, drenaže). Odlagališ e Jazbec so v letu 2008 v celoti prekrili s kon no prekrivko, v letu 2009 pa še odlagališ e Boršt. Posledica prekrivanja so zmanjšane ekshalacije radona in nizke izmerjene koncentracije radona na obeh odlagališ ih.

V letu 2014 so potekale meritve koncentracije radona na 5 lokacijah v dolini Brebovš ice, pred tem na 9 lokacijah. K pove anju koncentracije radona v dolini Brebovš ice prispeva radon iz odlagališ Jazbec in Boršt. Ocenjujemo, da oba objekta k pove anju koncentracije v Gorenji Dobravi prispevata okoli 5% celotne koncentracije. Zaradi majhnega deleža je prispevek težko izmeriti sploh ob zelo zmanjšanem programu monitoringa zraka oziroma radona v zraku.

Povpre ne letne vrednosti koncentracij Rn-222 se v dolinah Brebovš ice in Todraš ice gibljejo med 25-30 Bq/m³, v dolini reke Sore pa okoli 20 Bq/m³. Koncentracije radona so povišane zlasti v dolinah Brebovš ice in Todraš ice. Radonski tok nato potuje s Poljansko Soro navzdol in ne seže po toku navzgor do Gorenje vasi. V ozkem pasu se ob reki razteza do razdalje 3-4 km od rudnika [27]. Meritve v preteklih letih (2009-2010) so pokazale, da obstajajo lokacije z naravno povišanimi koncentracijami radona predvsem na površini severovzhodnega pobo ja masiva Žirovskega vrha.

Pomemben vpliv na koncentracijo radona in s tem na oceno prispevka k dozi, imajo vremenske razmere. V primeru temperaturne inverzije so lahko koncentracije radona bistveno večje kot v primeru normalnih vremenskih razmer. Na koncentracije radona v Gorenji vasi imajo verjetno vpliv zračni tokovi, ki pritečejo po dolini reke Sore navzdol oziroma po pobočjih nad merilno postajo v Gorenji vasi.

3. Teko iz rudnika in odlagališča na Jazbecu in Borštu zvišujejo vsebnost radioaktivnih snovi v površinskih vodah okoli rudnika, to je v Todrašici in Brebovšici. Glavni vir onesnaževanja z uranom je jamska voda, izcedne vode odlagališča a Boršt in odlagališča a Jazbec po izvedenih zapiralnih delih prispevajo približno enako, to je vsak okoli 10% vseh emisij urana.

Tudi z Ra-226 je glavni onesnaževalec jamska voda.

Koncentracije Ra-226 so bile vse do 2009 višje v Todrašici, vendar je pretok Todrašice 5-6 x manjši kot pretok Brebovšice. Skupna aktivnost je tako večja v Brebovšici. Po letu 2009 so v Todrašici koncentracije Ra-226 nižje kot v Brebovšici, kar potrjuje tezo, da je glavni onesnaževalec, po izvedenih zapiralnih delih na Borštu, z Ra-226 jamska voda.

V Todrašici in Brebovšici niso presežene mejne vrednosti za pitno vodo predpisane z *Uredbo o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur. L. RS, št. 49/2004)*. Največji delež k dozni obremenitvi bi pri uporabi te vode prispevala kontaminacija z uranom in Ra-226.

Vodotokov in podtalnice v okolici RŽV prebivalci ne uporabljajo za pitje, namakanje polj ali napajanje živine, zato onesnaženost voda z radionuklidi ne vpliva na sevalno obremenjenost prebivalstva.

Koncentracije urana in radija v Brebovšici in Todrašici so po koncu obratovanja padle, v letih 2006 – 2008 pa je vidno povečanje koncentracije U-238 v Todrašici, kar je posledica intenzivnih del na odlagališču a Boršt, predvsem izvedba dodatnih drenažnih sistemov v odlagališču.

4. Sedimenti ne predstavljajo večjega vira sevanja za okoliške prebivalce.

Vsebnosti radionuklidov U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih Brebovšice so po 2009 nižje od povprečja po koncu obratovanja rudnika. Koncentracije U-238 so bile v letih 2007 in 2008 višje od povprečja, kar povežujemo z intenzivnimi deli na odlagališčih.

Meritev koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v sedimentih iz Todrašice v letu 2014 kažejo nižje vrednosti kot v 2010 in 2009, ko so bile nazadnje izvedene. Zelo verjetno

je to posledica zapiralnih del in zmanjšanja izpiranja delcev iz odlagališ a Boršt.

5. Vsebnost Ra-226 in Pb-210 v ribah iz vodotokov, kamor se stekajo teko i izpusti iz rudnika in odlagališ je nizka, običajno istega velikostnega reda kot v ribah izven širšega vpliva rudnika. Ker same ribe predstavljajo le majhen delež v prehrani prebivalcev, je tudi prispevek k dozi majhen (1,5%).
6. Pri kmetijskih pridelkih je morebitne vplive rudnika težje določiti. Nalogo še oteži uporaba mineralnih gnojil z vsebnostjo dolgoživih radionuklidov uran-radijeve vrste. Do kontaminacije kmetijskih pridelkov pride predvsem po zraku in prenosni poti. Radioaktivni delci se usedajo na zunanje dele rastlin ali na zemljo od koder pridejo v globino in preko korenin v rastlino. S prenehanjem delovanja rudnika se je koncentracija radionuklidov v trdnih delcih občutno zmanjšala, kar ima za posledico manjšo površinsko kontaminacijo. Prispevek k dozi zaradi zauživanja hrane v 2014 smo ocenili le za zauživanje mleka. Za ostale kmetijske pridelke ni na voljo merskih podatkov. Tudi v letu 2005, ko se je nazadnje celovito vzorilo in ocenilo doze zaradi zauživanja hrane iz okolice RŽV, je bila ocena obremenjena z veliko negotovostjo zaradi omejitev merilne metode.
7. K radioaktivnosti zemlje dodatno prispeva usedanje radioaktivnih prašnih delcev iz rudniških emisijskih virov. Vendar je že v času obratovanja rudnika ta prispevek znašal le 0,01% skupne radioaktivnosti vorni plasti tal. Po letu 1990 se je prispevek useda znižal skoraj za cel velikostni razred in s tem tudi kontaminacija zemlje. S prekritjem obeh rudniških odlagališ ter zaprtjem jame je ostala kot vir radioaktivnih prašnih delcev samo resuspenzija.

Dodatno zunanje sevanje, ki izvira od virov RŽV, je zelo majhno v primerjavi z naravnim ozadjem. Pripišemo ga lahko le imerziji zaradi radona, ne pa vplivu odlagališ .

Imerzijski prispevek kratkoživih radonovih potomcev v zraku je zelo majhen in znaša 0,8 μ Sv.

Skupno znaša delež zunanjega gama sevanja iz virov RŽV okoli 1 %.

9. Celotno dozo, ki so jo prejeli odrasli posamezniki iz referenčne skupine prebivalcev zaradi RŽV, smo v letu 2014 ocenili na 0,058 mSv. Ocenjena letna efektivna doza za otroke stare 10 let je 0,075 mSv in za otroke stare 1 leto 0,130 mSv. Značilen je padec doz po letu 2000. V letu 2007 smo pri oceni doze začeli uporabljati novo metodologijo in ocenili doze za tri starostne skupine: odrasle, otroke stare 10 let in otroke stare 1 leto.

Izraunani dodatni prispevek k efektivni dozi okolišnega prebivalstva, zaradi posledice

rudarjenja in predelave uranove rude, je po letu 2008 nekajkrat manjši od ocen pred tem. Na zmanjšanje vplivajo obsežna zapiralna dela in verjetno tudi spremenjene klimatske razmere, ki vplivajo na razširjanje radona iz rudniških virov. Prejeta doza (0,058 mSv) predstavlja približno pet odstotkov letne doze za prebivalstvo, ki jo določajo predpisi Republike Slovenije in mednarodna priporočila oz. 20% avtorizirane mejne vrednosti letne doze, ki znaša 0,3 mSv.

10. Celotno izpostavljenost naravnim virom sevanja za prebivalce v okolici rudnika so ocenili sodelavci IJS v študiji v letih 1987 - 1990 na 5,5 mSv letno. Pri tem ni upoštevana ernobilska kontaminacija in medicinska uporaba sevanja. Ocenjena vrednost je znatno višja od svetovnega povprečja (2,4 mSv), kar uvršča to področje med kritičnejša v Sloveniji.

VI. PREDLOGI

Zaradi lažjega spremljanja radioaktivnosti v okolici RŽV, sprememb zaradi izvedenih zapiralnih del, nejasnosti glede programa monitoringa radioaktivnosti (prekrivanje obdobja po zapiranju odlagališ a Jazbec in odlagališ a Boršt), neizvedenih meritev, ki so bile v programu monitoringa v posameznih letih in nekaterih nezanesljivih meritev v obdobju 2011-2014 predlagamo naslednje:

- *Programa nadzora radioaktivnosti v okolici RŽV je zelo skr en in pomanjkanje meritev zelo otežuje oceno vplivov na okolje in oceno doz prebivalstva. Menimo, da je potrebno celoten program nadzora radioaktivnosti revidirati in si postaviti cilje, kaj želimo s programom spremljati. Ocena doz ob redkih meritvah niso ve smiselne. V nadaljevanju navajamo svoje predloge glede meritev v programu monitoringa:*

- ✓ *RADON – meritve z detektorji sledi:*

Ni pokrito celotno obdobje leta na vseh lokacijah. Manjka zadnji kvartal Gorenja vas, Gorenja Dobrava, Todraž, Transportni trak, Jazbec SV brežina. RŽV je v skladu s programom (poglavje II) izvedel oziroma izvaja polletni nadzor v obdobjih april-september in september-marec. S tem obdobjem je sicer pokrit celotni letni interval, vendar pa je letno oceno za obdobje januar-december nemogo e narediti oziroma jo lahko naredimo le na osnovi meritev, ki so na voljo v asu pisanja poro ilo. To pa bodo vsako drugo leto le podatki iz obdobja april-september, vsako prvo leto pa podatki iz obdobja september preteklo leto–september teko e leto. Menimo, da je smiselno, da se ohrani kvartalne meritve z detektorji sledi za emisijski nadzor izpustov radona. Zato predlagamo, da se v program monitoringa ponovno vklju i kvartalne meritve, polletni interval pa se ne uporablja. Takšne meritve lahko služijo le za primerjavo koncentracije radona s preteklimi leti, ocena doz pa ni smiselna.

- ✓ *SEDIMENTI*

Meritve v 2014 izvedene, v programu nadzora niso bile predvidene. Pogostost meritev je bila kvartalna, kar je bilo nazadnje izvedeno v 2005.

- *Predlagamo da se redno spremlja ekshalacijo radona iz odlagališ in potrjuje majhen vpliv na koncentracije radona v dolini Brebovš ice in Todraš ice. V 2012, 2013 in 2014 meritve izvajal RŽV. Merski rezultati ne podajajo merilne negotovosti, meritve niso izvedene v letnem in zimskem asu,. Obenem ni prav, da »onesnaževalec« z meritvami nadzira samega sebe. Eden od možnih na inov potrditve meritev, ki jih izvaja RŽV d.o.o. sam je, da se meritve izvede podvojeno s pooblaš enim izvajalcem meritev. Predlog podajamo že drugo leto zapored.*

-
- *V letu 2014 sta se na odlagališču u Jazbec zaradi velike količine padavin iz 21. na 22.10.2014 sprožila dva usada. RŽV je na odlagališču u Jazbec izvedel meritve hitrosti doze v skladu s programom v decembru 2014. Iz meritev se zdi, da je na lokaciji usadov nekaj višja hitrost doze kot na ostalih delih odlagališča. Vendar je iz ene ali dveh meritev to težko zaključiti. Predlagamo, da se izvede meritve hitrosti doze v bolj gosti mreži točk na površini in okolici usadov.
Menimo tudi, da bi bilo potrebno na obeh usadih izmeriti ekshalacijo radona. Predlagamo, da se to izvede takoj in oceni morebitne poškodbe oziroma spremenjeno izhajanje radona iz poškodovane površine.*
 - *Če želimo spremljati razširjanje radionuklidov po vodni poti od virov, to je iz obeh odlagališč in jame, v okolje, je potrebno jemati enkratne vzorce vode na vseh lokacijah, ki omogočajo oceno vpliva, to je na lokacijah: Brebovšica PRED, Brebovšica PO, Todrašica PRED, Todrašica PO, Sora PRED in SORA PO in meriti vsaj koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210. Zaradi velikega doznega pretvorbenega faktorja pa bi bilo smiselno tudi merjenje koncentracije Po-210.*
 - *Menimo, da je potrebno na odlagališčih u Jazbec in Boršt ter v jamski vodi meriti letno tekočinske izpuste U3O8 in Ra-226. V letu 2014 ni bilo izvedenih meritev, ki bi omogočile letno oceno tekočinskih izpustov U3O8 iz Jazbeca in jame. Ob zelo zmanjšanem emisijemskem monitoringu samo reden emisijski monitoring omogoča spremljanje izpustov v okolje in preko modelov oceno vplivov na okolje.*
 - *V programu monitoringa ni vključena prehranske prenosne poti. Menimo, da bi moral biti v rednem programu vsaj nadzor trave/sena iz odlagališč. Vsaj preko tega indikatorja bi lahko ocenjevali prenos radionuklidov v prehransko verigo. Nadzor bi moral biti letni. Ob tem pa bi bil potreben tudi monitoring mleka, predlagamo triletno periodo, v kateri se trava uporablja za krmljenje krav. Ob tem je potrebno izvesti vedno tudi meritve mleka iz referenčnih lokacij.*
 - *Meritve sedimentov naj se izvajajo v istih časovnih obdobjih na vseh lokacijah. Izvajanje meritev samo v določenih in različnih obdobjih ne omogoča ocenjevanja snovi iz odlagališč in jame v okolje oziroma letnih ocen.*

VII. REZULTATI MERITEV

V.1. ZRAK

Koncentracije Rn-222 v okolici Rudnika Žirovski vrh in na jaloviših

Tabela V.1.3. Povprejna koncentracija Rn-222, merjena z detektorji sledi

Merilno mesto	Koncentracija 1. etrtletje 30.12.13 - 31.3.14 Bq/m ³	Koncentracija 2. etrtletje 31.3. - 2.7.14 Bq/m ³	Koncentracija 3. etrtletje POLLETNE MERITVE 31.3. - 1.10.14 Bq/m ³	Koncentracija 4. etrtletje 1.10.14 - 5.1.15 Bq/m ³	Koncentracija letno povpreje Bq/m ³
DOLINA BREBOVŠICE					
Pod transportnim trakom	28 ± 5		32 ± 5		30 ± 5
Todraž	19 ± 4		23 ± 4		21 ± 4
Gorenja Dobrava	20 ± 4		18 ± 3		
Gorenja Dobrava	22 ± 4		19 ± 3		
Gorenja Dobrava povpreje	21 ± 5		18 ± 4		20 ± 4
Gorenja vas (MP, Brenc)	19 ± 5		17 ± 3	18 ± 4	
Gorenja vas (MP, Brenc)	13 ± 6		20 ± 3	17 ± 4	
Gorenja vas (MP, Brenc) povpreje	16 ± 6		19 ± 4		17 ± 5
	30.12.13 - 31.3.14	31.3. - 2.7.14	2.7.-1.10.2014	1.10.14 - 5.1.15	
ZVD- Ljubljana*	30 ±	11 ± 4	14 ± 3	14 ± 4	17 ± 3

* primerjalna lokacija

DOLINA TODRAŠICE

Merilno mesto	Koncentracija 1. etrtletje 30.12.13 - 31.3.14 Bq/m ³	Koncentracija 2. etrtletje 31.3. - 2.7.14 Bq/m ³	Koncentracija 3. etrtletje 2.7.-1.10.2014 Bq/m ³	Koncentracija 4. etrtletje 1.10.14 - 5.1.15 Bq/m ³	Koncentracija letno povpreje
Ba enski mlin	23 ± 6	22 ± 5	43 ± 7	31 ± 5	30 ± 6
Debelo Brdo	9 ± 4	8 ± 3	16 ± 4	10 ± 3	11 ± 3

Tabela V.1.3. nadaljevanje, etrtletna povpre ja koncentracije Rn-222, merjena z detektorji sledi

JALLOVIŠ EJAZBEC

Merilno mesto	Koncentracija 1. etrtletje 30.12.13 - 31.3.14 Bq/m ³	Koncentracija 2. etrtletje 31.3. - 2.7.14 Bq/m ³	Koncentracija 3. etrtletje POLLETNE MERENJE 31.3. - 1.10.14 Bq/m ³	Koncentracija 4. etrtletje 1.10.14 - 5.1.15 Bq/m ³	Koncentracija letno povpre je Bq/m ³
Jazbec , SV brežina odlagališ a, zgoraj	25 ± 5		34 ± 5		29 ± 5

JALLOVIŠ EBORŠT

Merilno mesto	Koncentracija 1. etrtletje 30.12.13 - 31.3.14 Bq/m ³	Koncentracija 2. etrtletje 31.3. - 2.7.14 Bq/m ³	Koncentracija 3. etrtletje 2.7.-1.10.2014 Bq/m ³	Koncentracija 4. etrtletje 1.10.14 - 5.1.15 Bq/m ³	Koncentracija letno povpre je Bq/m ³
---------------	--	--	--	--	---

Boršt, ovinek-most	18 ± 4	16 ± 4	26 ± 5	24 ± 4	21 ± 4
Boršt zgoraj	41 ± 6	16 ± 4	18 ± 5	24 ± 4	25 ± 5
MP Boršt	20 ± 5	18 ± 4	28 ± 5	22 ± 4	22 ± 5
Kozolec Potokar	18 ± 5	20 ± 4	20 ± 5	25 ± 4	21 ± 4

V.2 VODA

Tabela V.2.1: Koncentracija raztopljenega U-238 v Brebovš ica v Gorenji Dobravi (Brebovš ica po) in v Todraš ica pred izlivom v Brebovš ico (Todraš ica po) ter povpre ni mese ni pretok Todraš ica v letu 2014

	BREBOVŠ ICA PO		TODRAŠ ICA PO	
	Bq/m ³	Pretok (m ³ /s)	Bq/m ³	Pretok (m ³ /s)
	<i>Raztopljen</i>		<i>Raztopljen</i>	
I. kvartal		1,61	15,0 ± 0,8	0,30
II. kvartal		0,33	24,7 ± 1,0	0,06
III. kvartal		0,68	22,3 ± 1,0	0,13
IV. kvartal		1,70	15,7 ± 1,3	0,32
Povpre je		1,08	19 ± 3	0,20

Meritve opravljene na IJS, Odsek za znanosti o okolju

V.2 VODA

Tabela V.2.2: Koncentracija raztopljenega Ra-226 v Brebovš ica v Gorenji Dobravi (Brebovš ica po) in v Todraš ica pred izlivom v Brebovš ico (Todraš ica po) ter povpre ni mese ni pretok Todraš ica v letu 2014

	BREBOVŠ ICA PO		TODRAŠ ICA PO	
	Bq/m ³	Pretok (m ³ /s)	Bq/m ³	Pretok (m ³ /s)
	<i>Raztopljen</i>		<i>Raztopljen</i>	
I. kvartal		1,61	1,3 ± 0,2	0,30
II. kvartal		0,33	3,4 ± 0,3	0,06
III. kvartal		0,68	2,5 ± 0,2	0,13
IV. kvartal		1,70	1,5 ± 0,2	0,32
Povpre je		1,08	2,2 ± 0,2	0,20

Meritve opravljene na IJS, Odsek za znanosti o okolju

V.2 VODA

**Tabela V.2.3: Koncentracija raztopljenega Pb-210 v Brebovš ica v Gorenji Dobravi (Brebovš ica po)
in v Todraš ica pred izlivom v Brebovš ico (Todraš ica po) ter povpre ni mese ni pretok
Todraš ica v letu 2014**

	BREBOVŠ ICA PO		TODRAŠ ICA PO	
	Koncentracija (Bq/m ³)	Pretok (m ³ /s)	Koncentracija (Bq/m ³)	Pretok (m ³ /s)
I. kvartal		1,61	3,7 ± 0,6	0,30
II. kvartal		0,33	5,4 ± 0,6	0,06
III. kvartal		0,68	12,0 ± 0,8	0,13
IV. kvartal		1,70	3,8 ± 0,7	0,32
Povpre je		1,08	6,2 ± 0,9	0,20

Meritve opravljene na IJS, Odsek za znanosti o okolju

V.2 VODA

Tabela V.2.5: Koncentracija raztopljenih U-238, Ra-226, Pb-210, Po-210 in Th-230 v enkratnih vzorcih vod v letu 2014

Datum odvzema vzorca: 17.06.2014

Merilno mesto	U-238	Ra-226	Pb-210	Po-210	Th-230
	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³
	<i>Raztopljen</i>	<i>Raztopljen</i>	<i>Raztopljen</i>	<i>Raztopljen</i>	<i>Raztopljen</i>
Brebovš ica pred Brebovš ica, Gorenja Dobrava Todraš ica pred Todraš ica po Sora pred, most Gorenja vas Sora po, Žabja vas	234 ± 8	5,4 ± 0,4	1,2 ± 0,9	1,4 ± 0,1	1,76 ± 0,16

Meritve opravljene na IJS, Odsek za znanosti o okolju

V.2 VODA

Tabela V.2.6 Koncentracija raztopljenega U-238 v enkratnih vzorcih vod v letu 2014 iz odlagališ a Jazbec

Datum odvzema vzorca: 17.06.2014

Merilno mesto	U-238
	Bq/m ³
	<i>Raztopljen</i>
MM Jazbec	4154 ± 523
Jazbec kanal	1143 ± 144
JV-P-10	2145,0 ± 270

Meritve opravljene na ERICO d.o.o.

V.2 VODA

Meritve radioaktivnosti podtalnice v okolju RŽV

Tabela V.2.7 Koncentracije U-238, Ra-226 in Pb-210 v vrtinah na lokaciji RŽV in v okoliških vodnjakih v letu 2014

Datum odvzema vzorca: 17.06.2014

Oznaka vrtine	Koncentracija		
	U-238 (Bq/m ³)	Ra-226 (Bq/m ³)	Pb-210 (Bq/m ³)
BS 30 Mrzlek, Dolenja Dobrava	190 ± 24*	4,5 ± 0,3	4,7 ± 0,
Vodnjaki Dolenja Dobrava			
Drmota			
Vodnjaki Jazbec			
	4007 ± 152	53,8 ± 2,4	21,5 ± 2,0
Jazbec	Po-210 (Bq/m ³)	Th-230 (Bq/m ³)	
	5,2 ± 0,2	1,92 ± 0,14	

Meritve opravljene na IJS, Odsek za znanosti o okolju

*Meritve opravljene v Inštitutu za ekološke raziskave ERICO

V.3 SEDIMENTI

Lokacija: Brebovš ica po

Tabela V.3.1: Vsebnost naravnih radionuklidov U-238, Ra-226, Pb-210, Th-230 v sedimentih Brebovš ice po vletu 2014

Rezultati so podani v Bq/kg suhega, presejanega vzorca

Datum vzor enja	4.12.2013-5.3.2014	5.3.2014-4.6.2014	4.6.2015-5.9.2014	5.9.2014-3.12.2014
IZOTOP	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
U-238	25 ± 7	84 ± 5	53 ± 4	60 ± 3
Ra-226	61 ± 4	71 ± 5	59 ± 4	57 ± 4
Pb-210	87 ± 8	110 ± 10	55 ± 30	60 ± 3
Th-230	< 200	170 ± 40	< 100	56 ± 10

Lokacija: Todraš ica po

Tabela V.3.2: Vsebnost naravnih radionuklidov U-238, Ra-226, Pb-210, Th-230 v sedimentih Todraš ice po vletu 2014

Rezultati so podani v Bq/kg suhega, presejanega vzorca

Datum vzor enja	21.1.2014-5.11.2014	
IZOTOP	Bq/kg	
U-238	39 ± 5	
Ra-226	60 ± 4	
Pb-210	< 40	
Th-230	64 ± 40	

Lokacija: Sora po

**Tabela V.3.3: Vsebnost naravnih radionuklidov U-238, Ra-226, Pb-210, Th-230 v
sedimentih Sore po vletu 2014**

Rezultati so podani v Bq/kg suhega, presejanega vzorca

Datum vzor enja	4.12.2013-5.3.2014	5.3.2014-4.6.2014	4.6.2015-5.9.2014	5.9.2014-3.12.2014
IZOTOP	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
U-238	37 ± 3	44 ± 3	42 ± 2	38 ± 4
Ra-226	45 ± 3	54 ± 4	50 ± 4	36 ± 7
Pb-210	47 ± 4	< 80	63 ± 3	57 ± 30
Th-230	48 ± 30	< 100	< 90	

V.4. VODNA BIOTA - RIBE

Tabela V.4.1.: Vsebnost Ra-226 in Pb-210 v ribah iz Brebovšice in Sore po VLETU 2014

* rezultati so podani na svežo težo

Datum vzorjenja		29.9.2014	
Mesto vzorjenja	Vsebnost (Bq/kg)		
	vrsta vzorca	Ra-226	Pb-210
Brebovšica po, Gorenja Dobrava	cele ribe	$1,5 \pm 0,4$	$0,84 \pm 0,60$
Poljanska Sora po, Žabja vas	meso	< 0,2	< 1,0
	kosti	$2,9 \pm 0,7$	$2,0 \pm 0,5$

V.5. ZUNANJE SEVANJE GAMA

Kvartalne doze zunanjega sevanja gama v okolici RŽV

Merjeno s termoluminiscentnimi dozimetri

Tabela V.5.1 Kvartalne doze zunanjega sevanja gama v okolici RŽV

Rezultati so podani v mSv

	1. kvartal	2.kvartal	3.kvartal	4. kvartal	Letna doza
Todraž	0,212				
Jazbec	0,283	0,274	0,277	0,282	1,116
Boršt	0,316	0,327	0,333	0,341	1,317
Boršt v ograji*		0,282	0,293	0,331	0,906

* (lokacija uvedena namesto lokacije Todraž po prvem kvartalu 2014)

Tabela V.5.2 Hitrosti doz na odlagališč u Jazbec (nSv/h), december 2014, Merilnik
Automes AD6150b, meritve je izvedel RŽV.



LITERATURA

- [1] M. Križman, Metodologija za oceno Rn-222 prispevka RUŽV, Ljubljana, 2010.
- [2] G. Omahen, Nadzor radioaktivnosti v okolju Rudnika urana Žirovski vrh med izvajanjem programa trajnega prenehanja izkoriš anja uranove rude in ocena vplivov na okolje, za leta 2013, 2012, 2011, 2010
- [3] G. Omahen, Nadzor radioaktivnosti v okolju Rudnika urana Žirovski vrh med izvajanjem programa trajnega prenehanja izkoriš anja uranove rude in ocena vplivov na okolje, 2010
- [4] Varnostno poro ilo za odlagališ e rudarske jalovine Jazbec, IBE, št. UZVJ-B103/048A, revizija A, maj 2005) in dopolnitevo varnostnega poro ila, št. UZJV---OP/01A, rev. A, september 2012
- [5] Regulatory Guide 4.14, "Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills," U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1980
- [6] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in interevencijskih nivojih, Ur. L. RS št. 49/2004.
- [7] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajo imi sevanji, Uradni list RS, 115/2003.
- [8] Lokacijska dokumentacija št. 531-4/231/76-34/L14 z dne 24.04.1996.
- [9] A. R. Byrne, L. Benedik, Determination of uranium at trace levels by radiochemical neutron-activation analysis employing radio isotopic yield evaluation, *Talanta* 35 (1988), 161-166.
- [10] Lozano, J.C., Fernandez, F., Gomez, J.M. Determination of radium isotopes by BaSO₄ coprecipitation for the preparation of alpha-spectrometric sources, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Vol.223, No.1-2 (1997), 133-137.
- [11] BENEDIK, Ljudmila, VRE EK, Polona. Determination of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in environmental samples. *Acta chim. slov.*, 2001, no. 2, vol. 48, str. 199-213.
- [12] Eichrom Technologies. Analytical Procedures, Thorium in Water. ACW10, Rev. 1.0
- [13] M. Križman, Meritve radioaktivnosti v okolju rudnika urana Žirovski vrh in ocena vplivov na okolje, letna poro ila IJS 1990-1995.
- [14] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Exposures from Natural Sources of Radiation, Dunaj, 2000.
- [15] Poro ila o monitoringu radioaktivnosti v življenskem okolju RS, 1964-2006, ZVD
- [16] Lung Cancer Risk from Indoor Exposure to Radon Daughters, ICRP Publication 50, 1986, Pergamon Press, New York.
- [17] Protection Against Radon-222 at Home and at Worh, ICRP Publication 65, 1993, Pergamon Press, New York.
- [18] International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Dunaj, 1996.
- [19] M.J. Križman, Metodologija za ocenjevanje doz sevanja za referen ne skupine prebivalstva na obmo ju RŽV, RŽV, 2008.
- [20] Age dependent Doses to Memembers of the Public from Intake of Radionuclides,: Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71, 1995, Pergamon Press, New York.
- [21] M. Križman, Meritve radioaktivnosti v okolju rudnika urana Žirovski vrh in ocena vplivov na okolje, IJS, 1990.
- [22] Principles of Monitoring for the Radiation Protection od Population, ICRP Publication 43, Pergamon Press, Oxford, 1984.
- [23] J. Rojc, Prehrambene navade prebivalcev v okolici RŽV, 2008.
- [24] Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and the Optimisation of Radiological Protection, ICRP Publication 101, Elsevier, 2006
- [25] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Exposures from Natural Sources of Radiation, Report of the General Assembly, UN, New York, 2000.
- [26] M. Križman, Meritve radioaktivnosti v okolju rudnika urana Žirovski vrh in ocena vplivov na

okolje, IJS, 1989.

- [27] M. Križman, Radon in njegovi kratkoživi potomci v okolju kot posledica rudarjenja urana na Žirovskem vrhu, doktorska disertacija, Ljubljana, 1999
- [28] G. Omahen, B. Smodiš, M. Štok, Nadzor radioaktivnosti v okolju Rudnika urana Žirovski vrh med izvajanjem programa trajnega prenehanja izkoriščanja uranove rude in ocena vplivov na okolje, 2007