



NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2017

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS storitve za okolje, Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2017



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS storitve za okolje, Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2017

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za NEK: mag. Borut Breznik

Skrbnik za NEK: Aleš Volčanšek, univ. dipl. kem.

Izvajalci meritev in drugi sodelujoči

so navedeni na 3. strani v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: dr. Jože Gasperič;

poročilo (razen angleškega prevoda izvlečka) je lektorirano po mednarodnem standardu ISO 80000

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič - Cindro

Likovno in grafično uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Fotografije: mag. Denis Glavič - Cindro, doc. dr. Benjamin Zorko, arhiv NEK

Oprema in vezava: ABO grafika in Institut "Jožef Stefan"

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: april 2018

Naročnik: NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško

Pogodba št.: 3152312 (Z-8140401) z dne 29. 12. 2015

Št. delovnega poročila: IJS-DP-12499

Redakcija je bila končana marca 2018.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017* ter obeh prilog k poročilu: *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498* ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oziroma na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©. Avtorska dela so intelektualna last Instituta "Jožef Stefan".

Naklada: 56 izvodov



NASLOV:

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško

IJS-DP-12499

april 2018

KLJUČNE BESEDE:

poročanje o rezultatih meritev, radioaktivno onesnaženje okolja, zračni in tekočinski radioaktivni izpusti, umetni in naravni radionuklidi, vsebnost radionuklidov, specifična aktivnost radionuklidov, površinske vode, podtalnica, vodovod, deževnica, talni in suhi used, zrak, aerosoli, zemlja, hrana, doze zunanjšega sevanja, ocena učinkovitih doz, razredčitveni faktor, referenčna skupina prebivalstva, primerjalne meritve

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozijskih prenosnih poteh so podani z ocenami učinkovitih doz. Konzervativni oceni učinkovite doze posameznika zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2017 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,13 μSv na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,01 μSv na leto. V letu 2017 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,14 μSv na leto, kar je 0,27 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK (50 μSv ; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh). Iz meritev so bile ocenjene tudi izpostavitve naravnemu sevanju in prispevki zaradi splošne radioaktivne onesnaženosti okolja, ki so jo povzročile poskusne jedrske eksplozije in černobilska nesreča. ***Ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne učinkovite doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno 0,006 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-12499

April 2018

KEYWORDS:

reporting measurement results, radioactive contamination of the environment, airborne and liquid radioactive effluents, man-made and natural occurring radionuclides, specific activities, surface waters, underground water, tap water, rainwater, dry and ground deposition, airborne radionuclides, soil, foodstuffs, external radiation doses, effective dose assessments, dilution factor, reference (critical) population group, intercomparison measurements

ABSTRACT:

Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic and natural occurring radionuclides are presented by different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated effective dose received by members of general public as the result of Krško NPP emissions in the year 2017 gives to a value of the *effective dose* of 0.13 μSv per year for atmospheric discharges at the Krško NPP fence and 0.01 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. Thus, in 2017, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.14 μSv per year, what presents 0.8 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence (50 μSv ; the sum of the contributions from all exposure pathways). From the measurements the exposure to the natural radiation and to the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl accident were assessed. ***The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the Krško NPP to the member of the public at the fence perimeter is 0.006 % of the characteristic unavoidable natural background radiation.***





IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)

D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:

dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

Koordinator projekta za IRB - ZIMO: dr. Željko Grahek

Izvajalci na IRB – Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju (IRB–ZIMO–LRE):

dr. D. Barišić, I. Coha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, T. Jovanović, dipl. inž., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. M. Nodilo (do 1. 7. 2017), dr. I. Tucaković

Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:

dr. J. Barešić, mag. D. Borković, dr. I. Krajcar Bronić, dr. I. Lovrenčić Mikelić, A. Rajtarić, dr. A. Sironić

Izvajalci na IRB – Služba zaštite od zračenja i Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju:

R. Bernat, dr. M. Nodilo (do 1. 7. 2017)

IZVAJALCI EMISIJSKIH MERITEV ZNOTRAJ OGRAJE NE KRŠKO NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO (NEK), KRŠKO

Nosilec projekta za NE Krško: mag. Borut Breznik

Izvajalci v NEK:

M. Simončič, univ. dipl. kem., M. Pavlin, dipl. str., M. Urbanč, D. Mešiček, B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem.

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU DELCEV, MEIS, MALI VRH PRI ŠMARJU

Izvajalci v MEIS:

dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar





VSEBINA

Uvod in upravne podlage	ix / lx
Izveček	xiii / lx
Summary	xxxi / lx
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	xlix / lx

AVTORJI

Poročilo	mag. Denis Glavič - Cindro doc. dr. Benjamin Zorko
Izveček in angleški prevod izvlečka	doc. dr. Benjamin Zorko
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič - Cindro

Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice
ISBN 978-961-264-124-5

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)

Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-122
Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice Tabele merskih rezultatov	M-87 / M-122
<i>Tabele interkomparacijskih rezultatov</i> Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-95 / M-122

Poročilo *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –*
Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498 je na priloženi zgoščenki.





LETNO POROČILO

Po pogodbi št. 3152312 (Z-8140401) z dne 29. 12. 2015 z NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško, obravnavamo v poročilu radiološko sliko v okolici NEK in širše. V ta namen v uvodu povzemamo ovrednotenja po posameznih sklopih, kot to zahtevata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007, in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [11]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice*, kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2017.

Odgovorni za izdajo:

doc. dr. Benjamin Zorko





UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega vpliva majhnih količin radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna Krško. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007, in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [11]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2016–2017 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 1/2015, in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 8, poglavje 3.12, strani 43–62.

Da bi zajeli vse vplive radioaktivnosti na prebivalstvo, meritve v okolici elektrarne obsegajo zunanje sevanje (sevanje radionuklidov v zraku, iz tal, kozmično sevanje ter sevanje neposredno iz elektrarne) in koncentracije radioaktivnih snovi v zraku, hrani in vodi. Te snovi z vnosom v telo povzročijo notranje obsevanje. Koncentracije radionuklidov v zraku, hrani in vodi se merijo v odvzetih vzorcih v laboratorijih zunaj vpliva na okolje, ki ga povzroča elektrarna. Za izračun doz so avtorji uporabili znanstveno potrjene modele in postopke. Ovrednotenje se nanaša na imisijske meritve v okolju ter povzetek programa emisijskih meritev. Za evalvacijo merskih podatkov in oceno doznih obremenitev so bili kot dopolnilni ali vzporedni podatki uporabljeni tudi:

- mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2017;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2017;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS storitve za okolje, d. o. o., za okolico NEK v letu 2017;
- mesečna poročila o meritvah koncentracije H-3 v podtalnici na dodatnih lokacijah v okolici NEK (vrtine VOP-1/06, V 12/77 in V-7/77);
- mesečna poročila o meritvah savske vode, sedimentov in biote iz *Dodatnega programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice*, meritve se izvajajo od julija 2017 dalje;
- nekateri merski podatki iz *Programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Republike Slovenije* in posebnih meritev IJS.

Vpliv objektov, ki v okolje spuščajo radioaktivne snovi, nadziramo na dva načina. Na samem viru izpustov merimo emisije, to je sestavo radionuklidov in izpuščeno aktivnost, ter z modelom transporta snovi v okolju ocenjujemo dozne obremenitve prebivalstva v okolici objektov. Po drugi strani pa z neposrednimi meritvami ugotavljamo vnos radioaktivnih snovi v okolje, kar omogoča neposredno oceno izpostavljenosti prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi oceno izpostavljenosti prebivalstva naravnemu sevanju in vplivom širšega okolja, kot so bile jedrske eksplozije in černobilska nesreča.

Zunanje sevanje se meri z elektronskimi merilniki hitrosti doze, ki se uporabljajo pri sprotnem spremljanju zunanjega sevanja (MFM-203), in s pasivnimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Radioaktivnost v zraku se določa iz vzorcev, dobljenih s črpanjem zraka skozi aerosolne filtre in filtre, ki zadržijo jod iz zraka, ter iz vzorcev deževnice in suhega useda. Radioaktivnost v reki Savi, kamor se iztekajo tekočinski izpusti, se določa iz meritev vzorcev vode, sedimentov in rib, radioaktivnost podzemnih vod pa iz vzorcev podtalnice in vzorcev vodovodne vode iz zajetij in črpališč. Vzorci hrane, ki so pridelani v okolici elektrarne in v katerih se meri vsebnost radionuklidov, so izbrani tako, da se lahko oceni celotni prispevek radioaktivnosti hrane k dozi. Poleg tega se določa še vsebnost radionuklidov v zemlji.

Izvajalci meritev so bili Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) iz Ljubljane ter Institut Ruđer Bošković (IRB) iz Zagreba, Republika Hrvaška. Emisijske meritve znotraj ograje Nuklearne elektrarne Krško so izvedli sodelavci NEK.

Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) sta pooblaščenca za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 123. in 124. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski



varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 - ZVISJV-UPB2 in Ur. l. RS št. 70/08 - ZVO-1B) ter 11. in 12. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 20/07) s pooblastiloma 35400-9/2014/9 z dne 18. 6. 2014 (IJS) in 35400-7/2014/2 z dne 21. 3. 2014 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5) (Uradni list RS, št. 115, stran 15 700, 24. 11. 2004) [13] zahteva, da morajo poročilo o ocenah doz za posamezne značilne in referenčne skupine izdelati pooblaščen izvedenci varstva pred sevanji.

Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji je pooblastila za dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih glede izdelave ocen varstva izpostavljenih delavcev pred sevanji, delovnih razmer izpostavljenih delavcev, obsegu izvajanja ukrepov varstva pred sevanji na opazovanih in nadzorovanih območjih, preverjanju učinkovitosti teh ukrepov, rednem umerjanju merilne opreme ter preverjanju uporabnosti zaščitne opreme na področju izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti, naslednje sodelavce Instituta "Jožef Stefan" in Zavoda za varstvo pri delu:

- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-25/2017-3 z dne 4. 12. 2017
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-1/2013-3 z dne 26. 2. 2013
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 1864-17/2011-3 z dne 10. 8. 2011 in 1864-11/2016-3 z dne 20. 7. 2016
- mag. Matjaža Stepišnika z odločbo 1864-16/2017-3 z dne 2. 8. 2017
- doc. dr. Benamina Zorka z odločbo 1864-10/2013-3 z dne 16. 10. 2013 ter
- dr. Marka Giacomellija z odločbo 1864-5/2014-3 z dne 28. 7. 2014

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-2/2017-5 z dne 30. 3. 2017 na podlagi 30. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 – ZVISJV-UPB2, Ur. l. RS št. 70/08 – ZVO-1B in Ur. l. RS št. 60/11 – ZVISJV-C) ter 11. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04) pooblaščen kot izvajalec dozimetrije za ugotavljanje izpostavljenosti zunanjemu obsevanju in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih na podlagi termoluminiscenčne dozimetrije sevanja gama, sevanja beta in rentgenske svetlobe.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 1864-7/2017-3 z dne 21. 9. 2017, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 27. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 – ZVISJV-UPB2, Ur. l. RS št. 70/08 – ZVO-1B in Ur. l. RS št. 60/11 – ZVISJV-C) ter 6. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04), pooblaščen kot izvedenec varstva pred sevanji za dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih in za izvajanje nadzornih meritev na nadzorovanih in opazovanih območjih, pregledov virov sevanja in osebne varovalne opreme.

Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost je z odločbo št. 3571-3/2017/2 z dne 6. 3. 2017 pooblastila Institut "Jožef Stefan" za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost na področju izdelave varnostnih poročil in druge dokumentacije v zvezi s sevalno in jedrsko varnostjo za ocenjevanje vplivov jedrskih in sevalnih objektov na okolje.

Institut "Jožef Stefan" ima izdelan sistem zagotovitve kakovosti. Sistem kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2), v okviru katerega delujejo Laboratorij za meritve radioaktivnosti, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo, Ekološki laboratorij z mobilno enoto in Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, je opisan v *Poslovniku kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F2-PK)*. Vsa dela, povezana z meritvami radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško*, potekajo v skladu z institutskim in odsečnim poslovnikom in po postopkih, na katere se odsečni poslovnik sklicuje. Laboratorij za meritve radioaktivnosti je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za meritve sevalcev gama v trdnih in tekočih vzorcih, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo za meritve doz s termoluminiscenčnimi dozimetri za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji ter Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) za merjenje hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja in za neposredne meritve površinske



kontaminacije s sevalci alfa, beta in z nizkoenergijskimi sevalci gama. Laboratorij za tekočinsko-scintilacijsko spektrometrijo je akreditiran za določanje tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in po metodi z elektrolitsko obogatitvijo. Z akreditacijsko listino št. LP-022 jim Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 pri teh dejavnostih. Odsek za znanosti v okolju, v okviru katerega deluje Laboratorij za radiokemijo, ima ravno tako izdelan sistem kakovosti, ki je skladen z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005. Metodi za določanje vsebnosti stroncija in tritija v vzorcih iz okolja sta od junija 2009 dalje akreditirani pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-090.

Na Institutu Ruđer Bošković ima Laboratorij za radioekologijo akreditacijo Hrvatske akreditacijske agencije (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Zavod za varstvo pri delu ima delujoč sistem zagotovitve kakovosti, v katerega so vključene vse dejavnosti, povezane z meritvami v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolice NE Krško*. Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za izvajanje visokoločljivostne spektrometrije gama v vzorcih aerosolov, padavin, zemlje, sedimentov in živil ter za določanje vsebnosti Sr-89 in Sr-90 v vzorcih iz okolja in živil. Z akreditacijsko listino št. LP-032 mu Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 pri teh dejavnostih.





IZVLEČEK

UVOD

Podobno kot v svetu, je prebivalstvo Slovenije izpostavljeno naravnemu ionizirajočemu sevanju in nekaterim antropogenim virom ionizirajočega sevanja, predvsem zaradi uporabe ionizirajočega sevanja v medicini in vpliva preostale černobilske kontaminacije in atmosferskih jedrskih poskusov. Pri prebivalstvu okolice Nuklearne elektrarne Krško (NEK) so dodatno mogoče izpostavitve zaradi atmosferskih in tekočinskih izpustov radioaktivnih snovi iz NEK in zaradi neposrednega sevanja iz objektov znotraj njene ograje. Pri tem mora NEK upoštevati *avtorizirane meje* in druge mejne vrednosti, ki se nanašajo na izpuste, ter druge sevalne vplive na okolje in prebivalstvo. Omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva je bila določena že v lokacijski dokumentaciji NEK leta 1974, kjer je navedena zahteva, da celotna letna učinkovita doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje ne sme presegati 50 μSv . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne učinkovite doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 μSv na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Izpolnjevanje zahtev dokazuje NEK z *obratovalnim nadzorom radioaktivnosti*, katerega obseg in način izvajanja določata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (UV2)* (Ur. l. RS, št. 20/2007) in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS, št. 97/2009) [11]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Obseg nadzora radioaktivnosti določa priloga 4 omenjenega pravilnika (Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti jedrske elektrarne). Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizo opremo in načine ter poti izpostavljenosti, ki jih je treba upoštevati pri ocenjevanju doz. Poleg NEK, ki meri emisije, sodelujejo pri izvedbi nadzora radioaktivnosti tudi različni *pooblaščenji izvajalci nadzora*.

To poročilo podaja rezultate nadzora radioaktivnosti, ki so ga NEK kot zavezanec in pooblaščenji izvajalci nadzora radioaktivnosti opravili v letu 2017. Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozicijskih prenosnih poteh so podani z ocenami učinkovite doze, ki so predstavljene v poglavju "*OCENA VPLIVOV*" (tabela C). Ocena doz sledi metodologiji ICRP in IAEA [30] [31] [32]. V letu 2017 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,14 μSv na leto, kar je 0,27 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK. Za atmosferske emisije je bila ocenjena učinkovita doza 0,13 μSv na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva učinkovita doza 0,01 μSv na leto. Največ prispeva ingestija hrane zaradi C-14, 0,1 μSv na leto.

V okolju v okolici NEK so bili izmerjeni tudi drugi radionuklidi, ki so pretežno del globalne (C-14, Sr-90, Cs-137) ali izredne (Ru-106) kontaminacije ali uporabe v medicini (I-131). Prispevki k letni učinkoviti dozi po medijih za vse umetne izotope, ki jo prejme prebivalstvo (odrasli) iz najbližjih naselij, oziroma referenčnih lokacij in primerjava s prejšnjimi leti, so zbrani v tabeli 1. V tem primeru je bil v letu 2017 največji prispevek zaradi zunanjega sevanja – posledica prisotnosti Cs-137 v zemlji. Drugi največji prispevek je zaradi C-14 v hrani. V obeh primerih gre za globalno onesnaženje.

Tako lahko ugotovimo, da so sevalni vplivi NEK v primerjavi z globalnim onesnaženjem in uporabi radioizotopov v medicini za red velikosti nižji. Še več, ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne učinkovite doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno 0,006 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja. Izvleček povzema monografijo *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice*, ki je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2017*, interna oznaka 4/2018, Ljubljana, april 2018.

V poročilu niso obravnavane izpostavitve prebivalstva ionizirajočemu sevanju zaradi medicinskih diagnostičnih preiskav, ki so v razvitem svetu in tudi pri nas za naravnim sevanjem drugi najpomembnejši vir izpostavitve.



Tabela 1: Pregled ocenjenih letnih efektivnih doz za vse umetne izotope po nadzorovanih medijih izpostavitve za odraslo osebo v okolici NEK od leta 2014 do leta 2017. Zaznani umetni radionuklidi so pretežno ali del globalne kontaminacije (C-14, Sr-90, Cs-137) ali izredne (Ru-106) ali uporabe v medicini (I-131). Vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici so zanemarljivo majhni v primerjavi z globalnim onesnaženjem (tabela C) in so ocenjeni na manj kot 0,27 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK.

Nadzorovani medij	Letna efektivna doza umetnih radionuklidov E (μSv)				Lokacija	Opombe
	2014	2015	2016	2017		
Reka Sava	0,089	0,15	0,15	0,13	Brežice	pitje (H-3) kopanje (Cs-137) ingestija rib (Sr-90)
	0,00052	0,0007	0,0008	0,0014	Brežice	
	0,6	0,15	0,17	1,1	Brežice	
Črpališča in vodovodi	0,037	0,026	0,031	0,035	Brege	pitje vode (H-3)
Padavine in suhi used	0,024	0,021	0,020	0,042	Brege	ingestija (H-3)
Zrak	0,00062	0,0009	0,0005	0,24	Povprečje po lokacijah	inhalacija in imerzija (Cs-137, Ru-106)
Zunanje sevanje	25,2	33,6	33,6	27,7	Vse lokacije	(Cs-137)
Hrana	14,8	14,7	14,8	15,3	Ograja NEK; Vse lokacije in ograja NEK	ingestija (C-14*, Cs-137)
	0,7	1,1	1,8	1,5		
Skupaj	41,5	49,8	50,6	46,1		

* Del pripada kontaminaciji zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, del pa kozmogenemu izvoru, saj C-14 nastaja v ozračju ob jedrskih reakcijah molekul dušika s hitrimi (kozmičnimi) protoni.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV VZORCEV IZ OKOLJA

Vzorčevanje in meritve so v letu 2017 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora z rezultati iz preteklih let in določitev mogočih usmeritev. Zaradi izgradnje HE Brežice je bil uveden dodatni radiološki merilni nadzor v akumulacijskem jezeru. Značilnosti vzorčevanja in meritev so:

1) Reka Sava

- kontinuirno vzorčevanje na štirih lokacijah (Krško – 3,2 km vzvodno, nad jezom HE Brežice – 7,2 km nizvodno, Brežice – 8,2 km nizvodno in Jesenice na Dolenjskem – 17,5 km nizvodno) za dolgožive radionuklide in enkratni vzorci nefiltrirane vode v Krškem, levem in desnem bregu akumulacijskega jezera, v nadomestnem habitatu, nad jezom HE Brežice, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Podsusedu pri Zagrebu (HR, okrog 30 km nizvodno od NEK) za kratkožive radionuklide;
- enkratni četrletni vzorci reke Save v Krškem in Brežicah;
- vzorčevanje sedimentov na desetih lokacijah (Krško vzvodno, pod jezom NEK, Pesje, na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, nad jezom HE Brežice, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused - HR nizvodno);
- vzorci rib: Krško, akumulacijsko jezero, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR).

Zaradi izgradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezoma NEK in HE Brežice. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice je skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije. Ker ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer lahko pričakujemo največje nanose v talnem sedimentu in ki lahko vsebuje radionuklide zaradi izpustov NEK,



predlagamo, da zavezanec za merilni nadzor in izvajalci le tega poskušajo dolgoročno zagotoviti tudi spremljanje radioaktivnosti sedimentov na dnu akumulacijskega jezera.

Meritve vzorcev vključujejo določanje koncentracije aktivnosti in specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG), določanje koncentracije aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in določanje Sr-90/Sr-89 z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu.

2) Vodovodi in črpališča

- a) enkratni letni vzorci vode iz vodovoda v Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) enkratni četrtletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem in Brežicah;
- c) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Rorah, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- č) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtletni enkratni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni enkratni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in na dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtini Medsave in Šibice);
- d) mesečni vzorci vrtin VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77.

Meritve vzorcev vključujejo določanje koncentracije aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG), določanje koncentracije aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in določanje koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-89 z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

3) Padavinski in suhi usedi

- a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem in na referenčni lokaciji v Dobovi ter v Ljubljani (kontrolna lokacija; v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);
- b) mesečna menjava vazelinskih zbiralnikov suhega useda na osmih lokacijah v ožji in širši okolici NEK ter v Ljubljani (referenčna lokacija).

Pri vzorcih padavin so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama, določena je bila še koncentracija aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in koncentracija aktivnosti Sr-90/Sr-89 z radiokemično analizo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Na vazelinskih vzorcih so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

4) Zrak

- a) vzorčevanje aerosolov se opravlja s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre, ki se menjajo vsakih 15 dni; črpalke so postavljene na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in referenčna lokacija Dobova) ter na kontrolni lokaciji v Ljubljani (nadzor radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);
- b) vzorčevanje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčevanje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebno črpalko le v Dobovi;
- č) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvezemajo vzorci za meritev joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO₂ je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2017 bilo skupno zbranih dvanajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu, R Hrvaška.

Meritve filtrov za aerosole in posebnih filtrov za I-131 se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifična meritev Sr-90/Sr-89 pa se opravlja s scintilacijskim spektrometrom



beta. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Merjenje specifične aktivnosti C-14 v atmosferskem CO₂ poteka z uporabo tekočinskoscintilacijskega števca, pri čemer iz CO₂ tvorimo benzen.

5) Zunanja izpostavljenost sevanju

Zunanje sevanje

- doza zunanjega sevanja (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se meri s 57 TL-dozimetri v okolici NEK (nameščeni so krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km) in devetimi TL-dozimetri na ograji NEK; dozimetri se odčitavajo v polletnih presledkih; referenčni dozimeter za vse meritve doze zunanjega sevanja je v Ljubljani; dodatnih 10 TL-dozimetrov je postavljenih na Hrvaškem;
- vzporedno potekajo meritve s TL-dozimetri na 50 lokacijah po državi;
- v okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov sevanja MFM-203, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 60 kontinuirnih merilnikov.

Vsi TL-dozimetri v Sloveniji se odčitavajo na sistemu IJS MR 200 (C), dozimetri na Hrvaškem pa na sistemu, ki je v uporabi na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Podatke iz kontinuirnih merilnikov zbira in posreduje URSJV.

Zemlja

- vzorke zemlje zbiramo na treh lokacijah neobdelane zemlje nizvodno od NEK na poplavnih območjih (Amerika – 3,5 km od NEK, Gmajnice – 2,5 km od NEK in Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK); vzorčevanje poteka dvakrat letno, in sicer ločeno po globinah do 30 cm.

Meritve sevalcev gama se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifična aktivnost Sr-90/Sr-89 pa se določa z radiokemijsko analizo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

6) Hrana

- vzorčevanje v letu 2017 je potekalo na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso), Libna (grozdje). Skupaj je bilo odvzetih 32 vrst živil. Tudi v letu 2017 smo namesto vina vzorčevali dve vrsti grozdja.
- pogostost vzorčevanja je odvisna od vrste živila: mleko mesečno oziroma trimesečno za specifično meritev Sr-90/Sr-89, meso, jajca in žito enkrat letno, povrtine, poljščine in sadje sezonsko;
- vzorčevanje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje specifične aktivnosti C-14 je potekalo v letu 2017 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 33 vzorcev.

Specifične aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Uvod

Pri evalvaciji merskih rezultatov z visokoločljivostno spektrometrijo gama, opravljenimi na IJS, smo upoštevali neposredne merske rezultate, $y \pm u(y)$ iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, enako kot v zadnjih dveh letih. Tu je $u(y)$ združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z



68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.

Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo neposredni merski rezultat, ki ga označimo z znakom "‡", pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije;

Za izračun letne doze uporabljamo aritmetično sredino periodičnih merskih rezultatov [47]. Negotovost izračunane letne doze je apriorna negotovost aritmetičnega povprečja, ki upošteva negotovosti periodičnih merskih rezultatov. Negotovost aritmetičnega povprečja lahko ocenimo tudi s predpostavko, da so periodični merski rezultati porazdeljeni po normalni verjetnostni porazdelitvi. Standardno deviacijo takšne porazdelitve imenujemo stresanje. Če jo delimo s korenem števila meritev, pa pridemo do aposteriorne negotovosti aritmetičnega povprečja. Definicije teh izrazov so v delovnem poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*. Definicije izrazov so prav tako združljive z visokošolskim učbenikom prof. S. Širce [48], le da se namesto aposteriorne negotovosti tam uporablja izraz raztresenost povprečja.

Kadar se poroča meja detekcije (največkrat pri Pb-210, H-3, Sr-90, itd.), se na podlagi priporočila Evropske komisije (*European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; str. L2:32; odstavka 6 in 7) [49] v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Te vrednosti ne podajamo s pripadajočo negotovostjo in so v tabelah označene z znakom "†". Zaradi tega tudi negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajamo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo (tj. upoštevamo stresanje vrednosti). Takšni zapisi so v tabelah označeni z "x". Tako smo poenotili tudi merske izide vseh sodelujočih organizacij in odsekov: IJS-F2, IJS-O2, NEK, IRB in ZVD.

Pri drugih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele nismo pisali. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89. Poročane specifične aktivnosti Sr-89/Sr-90 se tako nanašajo le na koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti Sr-90, saj kratkoživi Sr-89 ni prisoten v okolju od počernobilskega obdobja dalje. To potrjujejo tudi redna mesečna poročila o izpustih iz NEK, kjer Sr-89 ni bil zaznan.

1) Reka Sava

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Največji mesečni tekočinski izpust H-3 v letu 2017 je bil v decembru (4,2 TBq), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letu 2016. Skupni letni izpust 8,6 TBq je bil približno 2,3-krat manjši kot v letu 2016 (19,9 TBq) in je nižji tudi od dolgoletnega povprečja (dolgoletno povprečje od 1999 do 2017 je 12,3 TBq).

Zaradi izgradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane nekatere vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezoma pri NEK in HE Brežice. Nove lokacije so namenjene spremljanju radioaktivnosti v akumulaciji jezera HE Brežice. Vzorcenja na teh lokacijah so se začela izvajati v drugi polovici leta 2017.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 nad jezo HE Brežice 2,3 kBq/m³ (povprečje druge polovice leta) je višja od referenčnega odvzemnega mesta Krško 0,59 kBq/m³. V Brežicah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 2,5 kBq/m³, kar je zelo podobno kot nad jezo HE Brežice. Povprečna koncentracija aktivnosti je nižja od dolgoletnega povprečja 4,2 kBq/m³ zadnjih 14 let. Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v juniju 9,0 kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško 0,8 kBq/m³. Najvišja



izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je 11-krat višja kot na referenčnem odvzemu.

V Jesenicah na Dolenjskem so meritve prav tako pokazale povišane koncentracije aktivnosti H-3 z letnim povprečjem $1,4 \text{ kBq/m}^3$ in z največjo vrednostjo $3,5 \text{ kBq/m}^3$, prav tako v mesecu juniju. Aritmetična sredina mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2017 je v Brežicah višja kot v Jesenicah na Dolenjskem za faktor 1,8, kar je lahko posledica dodatnega razredčenja vode reke Save zaradi pritokov Krke in Sotle, za katere predpostavljamo, da imata približno enako koncentracijo aktivnosti tritija kot Sava v Krškem oziroma druge reke v Sloveniji (pod 1 kBq/m^3). Povišanih vsebnosti tritija v istem časovnem obdobju pri odvzemu enkratnega vzorca vode v kraju Podsused pri Zagrebu nismo zaznali.

Meritve enkratnih vzorcev vode nad HE Brežice nakazujejo na možnost, da ne poznamo dovolj dobro vpliva novih hidrodinamskih razmer na mešanje efluentov v reki Savi, predvsem v akumulacijskem jezeru. Na podlagi rezultatov meritev enkratnih vzorcev vode obstaja možnost, da so neposredno po izpustu koncentracije izpuščenih radionuklidov na desnem bregu akumulacijskega jezera višje kot na levem. Pričakovali pa bi višje izmerjene vrednosti na levem bregu, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu. Tudi kontinuirni vzorčevalni postaji HE Brežice in Brežice, ki se uporabljata za vrednotenje mesečnih in letnih vplivov, zajemata vodo na levem bregu. Predlagamo, da se opravi podrobna analiza širjenja koncentracije aktivnosti H-3 med izpustom nizvodno od NEK, predvsem v akumulacijskem jezeru.

Skupna letna izpuščena aktivnost C-14 v Savo v letu 2017 je bila $0,13 \text{ GBq}$ [26]. To je za red velikosti manj kot v preteklih letih. Ob tem je potrebno poudariti, da v tem letu ni bilo remonta v NEK.

C-14 je bil v letu 2017 merjen v savski vodi in v ribah. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti enkratni vzorci vode v zadnjih dveh četrletjih. Povprečna koncentracija aktivnosti C-14 na desni obali akumulacijskega jezera je bila $86,4 \text{ pMC}$ ($9,8 \text{ Bq/m}^3$ vode) kar je enako, kot je bila povprečna koncentracija na levi obali $87,6 \text{ pMC}$ ($9,9 \text{ Bq/m}^3$ vode). Izmerjena relativna specifična aktivnost C-14 v ribi, ki je bila ulovljena v akumulacijskem jezeru HE Brežice, je bila 93 pMC . To je nižje od navadne atmosferske aktivnosti C-14, ki je $\approx 103 \text{ pMC}$.

V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131 iz NEK. I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Povprečna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih je bila od $1,6 \text{ Bq/m}^3$ do $4,7 \text{ Bq/m}^3$ in je bila najvišja na odvzemnem mestu na levem bregu jezera HE Brežice. Najvišja posamična vrednost $8,3 \text{ Bq/m}^3$ je bila izmerjena v Jesenicah na Dolenjskem in se ni bistveno odmikala od najvišje posamične izmerjene vrednosti na referenčnem mestu v Krškem ($7,5 \text{ Bq/m}^3$). V okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [16] so bile meritve na reki Savi v Brežicah podobne kot v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem $4,4 \text{ Bq/m}^3$ v Brežicah.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih.

Letni tekočinski izpust Cs-137 iz NEK v reko Savo je bil $1,0 \text{ MBq}$, kar je podobno kot v letu 2016.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v rečni vodi je bila na referenčnem mestu v Krškem pod $0,09 \text{ Bq/m}^3$ (v vseh vzorcih je bila poročana vrednost pod mejo detekcije), v Brežicah $0,22 \text{ Bq/m}^3$, na HE Brežice pa je bila $0,29 \text{ Bq/m}^3$ (v vseh vzorcih je bila poročana vrednost pod mejo detekcije), na levem bregu reke Save nad jezom HE Brežice je bila $0,2 \text{ Bq/m}^3$, na desnem bregu pa pod mejo detekcije. Vsebnost Cs-137 v reki Savi pripisujemo globalni kontaminaciji, saj je izračunani prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 v Brežicah, če upoštevamo letne tekočinske izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, $0,2 \text{ mBq/m}^3$. Tega prispevka ni mogoče ločiti od nehomogeno porazdeljene globalne kontaminacije.

Izmerjena koncentracija aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji [16] variira glede na lokacijo vzorčevanja, najvišja je bila $(1,1 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$ v reki Dravi. Povprečna koncentracija aktivnosti C-137



v letu 2017 je bila od 0,08 Bq/m³ v Savi Brežice in do 0,81 Bq/m³ v Dravi. Povprečni koncentracij aktivnosti Cs-137 v Kolpi in Soči smo izvzeli, saj gre v obeh primerih za kombinacijo merskega rezultata, ki je bil pod mejo kvantifikacije in merskega rezultata, ko radionuklid ni bil detektiran.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v obrežnih sedimentih je bila v Krškem (pod mostom) 4,8 Bq/kg, pod jezom NEK 7,2 Bq/kg, na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) 5,0 Bq/kg, v Brežicah 3,5 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem 1,4 Bq/kg in v Podsusedu 1,3 Bq/kg. Ugotavljamo, da se specifična aktivnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje, kar je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. V letu 2017 je izjema lokacija pod jezom NEK, kjer pa se občasno (2003, 2010) pojavijo odmiki od splošne usmeritve zniževanja vrednosti.

Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah so od 0,04 Bq/kg do 0,11 Bq/kg, pri čemer je bila poročana specifična aktivnost Cs-137 v ribah pod mejo kvantifikacije v 14 primerih od 19 na vseh lokacijah od referenčne v Krškem do Jesenic na Dolenjskem. Najvišja vrednost na referenčnem mestu v Krškem pred NEK je bila 0,038 Bq/kg, v akumulaciji HE Brežice 0,15 Bq/kg, v Brežicah 0,019 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem pa je bila specifična aktivnost Cs-137 v ribah pod mejo detekcije v vseh vzorcih.

Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno izmerjen v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2017 je bila izpuščena aktivnost v reko Savo 0,13 MBq (0,07 MBq v letu 2016, 0,08 MBq v letu 2015, 0,16 MBq v letu 2014).

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni povprečni koncentraciji aktivnosti 1,7 Bq/m³ kot v nadzornem mestu nad jezom HE Brežice 1,8 Bq/m³, v Brežicah 2,7 Bq/m³ ali v Jesenicah na Dolenjskem 2,1 Bq/m³. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrtletna povprečja od 2,4 Bq/m³ do 4,8 Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila nad jezom HE Brežice 6,5 Bq/m³.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne ali višje, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 2,8 Bq/m³, v reki Muri 2,2 Bq/m³ in v Dravi 1,5 Bq/m³ [16].

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti so bile 1,6 Bq/kg v Krškem, 0,1 Bq/kg na levem bregu jezera HE Brežice, 1,7 Bq/kg na desnem bregu jezera HE Brežice, 1,0 Bq/kg v Brežicah in 2,4 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let.

Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. Povprečne specifične aktivnosti Sr-90 v ribah so bile 0,15 Bq/kg v Krškem, 0,72 Bq/kg pred jezom HE Brežice, 0,85 Bq/kg v Brežicah in 0,15 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem, kar je v okviru stresanja podatkov za Krško in Jesenice na Dolenjskem podobno kot v preteklih letih. V Brežicah je povprečna aktivnost Sr-90 v ribah višja kot v prejšnjih letih.

Nekateri fizijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2017 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. V zadnjih nekaj letih, prav tako tudi v letu 2017, ni bil noben izmed naštetih radionuklidov zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu.

Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 do 6,3 Bq/m³, Ra-226 do 1,9 Bq/m³, Pb-210 do 8 Bq/m³, Ra-228 do 1,8 Bq/m³ in Th-228 do 0,6 Bq/m³. Vrednosti so podobne tistim, izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracije aktivnosti K-40 so nekoliko višje in so od 27 Bq/m³ do 53 Bq/m³. Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila v Jesenicah na Dolenjskem (70 ± 8) Bq/m³ pri najnižjem pretoku Save v mesecu avgustu. Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je



povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Najvišja koncentracija aktivnosti K-40 je bila izmerjena v Savinji 138 Bq/m^3 [16]. Redno je bil v vodi izmerjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7.

2) Vodovodi in črpališča

Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena meseca februarja v Bregah, in sicer je bila koncentracija aktivnosti tritija $(2,1 \pm 0,3) \text{ kBq/m}^3$. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila v letu 2017 $(1,8 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$, kar je primerljivo s prejšnjim letom in v okviru standardne deviacije (stresanje podatkov) ustreza povprečju zadnjih 16 let, ki je $1,6 \text{ kBq/m}^3$. V vodi na črpališču Rore je bila povprečna koncentracija tritija $(0,58 \pm 0,02) \text{ kBq/m}^3$. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(1,7 \pm 0,06) \text{ kBq/m}^3$, kar je višje kot 16-letno povprečje, ki je $1,1 \text{ kBq/m}^3$. Predpostavljamo, da se je vodovod Spodnji Stari Grad v letu 2017 napajal predvsem z vodo, načrpano v Bregah.

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izračunana povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(0,53 \pm 0,04) \text{ kBq/m}^3$, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(0,10 \pm 0,05) \text{ kBq/m}^3$. Vrednosti so v okviru stresanja podatkov primerljive s prejšnjimi leti.

Kot referenčno vrednost lahko vzamemo v letu 2017 izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu $(0,45 \pm 0,06) \text{ kBq/m}^3$. Tudi v Ljubljani je dolgoletna usmeritev razvoja koncentracije aktivnosti tritija padajoča in potrjuje globalno zmanjševanje tritija zaradi nadzemnih jedrskih poskusov v vodnem krogu.

Četrletno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo $(1,7 \pm 0,06) \text{ kBq/m}^3$. Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz vrtine VOP-4 je bilo $(12 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$. V vrtini E1 je bila izmerjena najvišja vrednost $(2,6 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$ v zadnji četrtini leta (vzorec je bil vzorčen novembra), v vrtini VOP-4 pa v vzorcu, vzorčenem 1. marca $(29,0 \pm 1,0) \text{ kBq/m}^3$. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda.

Zaradi izgradnje HE Brežice se od junija 2016 vzorčujejo tudi vrtine VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77. V teh vrtinah nismo opazili izrazitih nihanj oziroma odmikov koncentracij aktivnosti H-3 od povprečnih vrednosti. Tako je bilo povprečje v VOP-1/06 1 kBq/m^3 , v V-7/77 in V-12/77 pa $1,5 \text{ kBq/m}^3$.

V letu 2017 so bila opravljena intenzivna zemeljska dela v bližini NEK in VOP-4 zaradi priprave terena na akumulacijsko jezero HE Brežice. Iz večletnega pregleda rezultatov meritev koncentracij aktivnosti tritija v pitni in podzemni vodi je razvidno, da je bil vodonosnik nekako do junija 2017 do vznetnejši za priliv Save, medtem ko so se že v 14 dneh po zaključku polnjenja akumulacijskega jezera koncentracije aktivnosti tritija znižale na razmeroma nizke vrednosti, čeprav je to obdobje, ko se tekočinski izpusti iz NEK povečajo. V letu 2017 torej lahko govorimo o neposredni celoletni povezavi med izpusti v Savo in koncentracijo aktivnosti tritija v vodonosniku samo še v primeru vrtine Medsave, kjer je tovrstna odvisnost lepo izražena že dolga leta.

V vodovodnih sistemih in vrtinah za zdaj nismo zaznali večjih sprememb glede koncentracij aktivnosti tritija, ki bi bile posledica spremenjenega hidrološkega režima na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice. V letu 2017 se je, predvsem v prvi polovici leta, drugače vedla le vrtina VOP-4: višja vrednost okrog 30 kBq/m^3 je vztrajala dlje časa, ni pa presegla najvišjih vrednosti, izmerjenih v zadnjih 7 letih.

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta nehomogeno razširjena tudi na naših tleh. V majhnih količinah se pojavljata tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov, zato njihovo prisotnost v vzorcih podzemne vode razlagamo kot stik atmosfere in podzemne vode. Iz tabel z merskimi podatki je razvidno, da se Cs-137 pojavlja le v dobri petini vzorcev, pri drugih je poročan pod mejo kvantifikacije. Stroncij je bil nad mejo kvantifikacije poročan pri 60 % vseh vzorcev pitne oziroma podzemne vode.



Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila $(0,16 \pm 0,1)$ Bq/m³ v junijskem vzorcu iz črpališča Brege. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 na petih lokacijah je bila od 0,0033 Bq/m³ v brežiškem vodovodu do 0,031 Bq/m³ v črpališču Brežice. Vrednosti so v okviru stresanja podatkov primerljive z večletnimi povprečji na posameznih lokacijah.

Najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 je bila $(0,93 \pm 0,09)$ Bq/m³ v februarjem vzorcu vodovoda Spodnji Stari Grad. Povprečna koncentracija aktivnosti Sr-90 na petih lokacijah je bila od 0,09 Bq/m³ v Brežicah do 0,55 Bq/m³ v črpališču Rore. V krškem vodovodu je bilo povprečje 0,62 Bq/m³. V brežiškem vodovodnem sistemu so bile koncentracije aktivnosti Sr-90 v vseh vzorcih pod mejo detekcije.

Aritmetično povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bilo leta 2017 3,6 Bq/m³, v Medsavah pa 1,9 Bq/m³, pri čemer se vrednosti ne odklikata od usmeritve prejšnjih let. Podobno je s povprečno vrednostjo za vrtino E1, ki je bila v letu 2017 3,8 Bq/m³.

V mesečnih ali četrtnih vzorcih I-131 na vseh vzorčevalnih mestih v Krškem in Brežicah ter tudi na Hrvaškem ni bil zaznan v pitni vodi ali pa je bil pod mejo kvantifikacije.

V letu 2017 smo v oktobrskem vzorcu iz vodovoda Brežice zaznali sled Ru-106. Vzorec je bil vzorčen v času, ko je celo Evropo zajel radioaktivni oblak z Urala. Izmerjena vrednost 0,6 Bq/m³ je bila obremenjena z veliko negotovostjo.

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Koncentracija aktivnosti K-40 je bila povečana v vodi na črpališču Brege in vodovodu Spodnji Stari Grad, kar nakazuje na zunanje vplive (gnojenje, večji vodostaj Save). V Bregah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 74 Bq/m³, v vodovodu Spodnji Stari Grad 65 Bq/m³, na drugih črpališčih in vodovodih pa je bila med 22 Bq/m³ in 28 Bq/m³. Vrednosti sledijo dolgoletnim usmeritvam, izjema je le vodovod Spodnji Stari Grad.

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje aritmetično povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodovodu Brežice, in sicer $(4,1 \pm 0,9)$ Bq/m³ in na črpališču Rore $(4,7 \pm 1,0)$ Bq/m³. Mesečne aritmetične povprečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od 0,5 Bq/m³ (vodovod Brežice) do 2,7 Bq/m³ (črpališče Brege). Mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Pb-210 je bilo od 2,1 Bq/m³ v vodi, načrtani na črpališču Rore in vodovodu Krško, in do 5,5 Bq/m³ v vodi iz vodovoda Spodnji Stari Grad. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 2,1 Bq/m³. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v vodovodu Brežice je bila 0,4 Bq/m³, v Krškem pa 1,1 Bq/m³. Povprečne mesečne koncentracije Th-232 se gibljejo med 0,3 Bq/m³ (Brežice) in 0,9 Bq/m³ (Brege). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila 3,6 Bq/m³ v Brežicah, v Rorah in Spodnjem Starem Gradu pa 4,6 Bq/m³.

3) Padavinski in suhi usedi

Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v naravi v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, obenem pa na splošni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je stanje pri drugih umetnih radionuklidih v padavinah in usedih nekoliko drugačno. V splošnem lahko rečemo, da je stanje v Ljubljani in v okolici NEK precej podobno, razmerja med radionuklidi so praktično enaka, kar pomeni, da izmerjenih radionuklidov v splošnem ne moremo pripisati jedrski elektrarni.

V letu 2017 je bilo mesečno manj padavin kot v letu 2016, razen v mesecu septembru, ko je padlo 29 % celoletnih padavin v Ljubljani in povprečno 37 % celotnih padavin v okolici NEK. Zaradi septembra je celoletni prispevek padavin primerljiv z letom 2016 in nekoliko višji v primerjavi z letom 2015. Količina padavin je bila v Bregah, Krškem in Dobovi primerljiva, razlika je bila kvečjemu 4 %. Največ dežja je padlo v Krškem, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 531 mm), približno 40 % več od povprečja v okolici NEK.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira, in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m³



bi lahko pripisali izpustom iz NEK [42]. V letu 2017 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od 2 kBq/m^3 le enkrat, in sicer v Bregah v mesecu februarju. Pojavnost povišanih vrednosti se je v zadnjih treh letih znižala. V Ljubljani so se izmerjene vrednosti gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo ($0,27 \pm 0,08$) kBq/m^3 in ($1,1 \pm 0,08$) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo ($0,67 \pm 0,04$) kBq/m^3 , v Bregah med ($0,57 \pm 0,07$) kBq/m^3 in ($2,6 \pm 1,0$) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo ($1,4 \pm 0,03$) kBq/m^3 , v Krškem med ($0,67 \pm 0,09$) kBq/m^3 in ($1,7 \pm 0,1$) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo ($1,04 \pm 0,03$) kBq/m^3 in Dobovi med ($0,43 \pm 0,08$) kBq/m^3 in ($1,4 \pm 0,1$) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo ($0,87 \pm 0,02$) kBq/m^3 . Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2017 je bila na vseh lokacijah najnižja v zadnjih 15 letih; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je časovna usmeritev od leta 2005 naprej.

Najvišji mesečni padavinski usedi H-3 so bili izmerjeni v Bregah, do 310 Bq/m^2 v mesecu septembru. Vrednosti in časovna poteka za Ljubljano in Dobovo sta primerljiva, vrhovi se skladajo z meseci, ko je bilo padavin več. Nekoliko drugačen je potek za Krško in Brege, kjer se izraziti vrh oktobra sklada z mesecem, ko so bili izpusti tritija najvišji (september). Usedi tritija v letu 2017 so bili nižji kot v prejšnjih letih.

Najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah za kraje v okolici NEK je bila ugotovljena za julijski vzorec v Krškem ($1,6 \pm 0,3$) Bq/m^3 , medtem ko je bila v Ljubljani najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v marcu ($5,6 \pm 0,7$) Bq/m^3 . Veliko merskih rezultatov ima veliko negotovost, kar pomeni, da so vrednosti pod mejo kvantifikacije, prav tako je bilo tudi veliko mesecev, ko Cs-137 v padavinah nismo zaznali. Ni opaziti korelacije s količino padavin v krajih v okolici NEK oziroma Ljubljani.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile izmerjene v Ljubljani $0,19 \text{ Bq/m}^2$ marca in $0,08 \text{ Bq/m}^2$ julija, v Bregah in Krškem $0,11 \text{ Bq/m}^2$ julija in v Dobovi $0,09 \text{ Bq/m}^2$ prav tako julija pri zmerni količini padavin (resuspenzija prašnih delcev s tal).

V primerjavi z zadnjimi petimi leti se je letni padavinski used Cs-137 zvišal v Ljubljani, Krškem in Bregah, medtem ko se je v Dobovi znižal. Vrednosti v letu 2017 so podobne tistim iz leta 2011. Used je na vseh lokacijah primerljiv vrednostim iz predčrnoobilskega obdobja med letoma 1982 in 1985.

Tudi v letu 2017 Sr-90 nismo posebej obravnavali, saj so praktično vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije in tako ne moremo oceniti vpliva NEK na okolje zaradi izpustov Sr-90. V primerjavi za zadnjih 10 let ugotavljamo usmeritev nižanja letnega useda Sr-90.

4) Zrak

Čprav je v zračnih izpustih iz NEK (7,5 TBq) največ tritija (6,1 TBq) in C-14 (77 GBq), le teh v okolju ne ugotavljamo oziroma nista v programu meritev. Njunu prisotnost v okolju ocenjujemo z uporabo modela razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2017 zaznani izpusti Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m, Cs-137 in Sr-90, vendar ti izotopi z izjemo Cs-137 in Sr-90, niso bili detektirani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani. Cs-137 in Sr-90 sta v okolju pretežno posledica splošne kontaminacije. Med umetnimi radionuklidi smo v zraku zaznali umetni Ru-106, ki se je pojavil konec septembra – začetek oktobra, najverjetneje zaradi izpusta v Rusiji.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2017 so bile nižje od dolgoletnih povprečij ter dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji. Domnevamo, da je prisotnost Cs-137 v zraku posledica uporabe trdih goriv (drva, briketi, peleti), manj pa zaradi resuspenzije prašnih delcev s tal. Najvišja poročana koncentracija aktivnosti Cs-137 nad mejo kvantifikacije v okolju v okolici NEK je bila ($3,6 \pm 0,8$) $\mu\text{Bq/m}^3$ v januarju v Bregah. Najvišje povprečje $1 \mu\text{Bq/m}^3$ v letu 2017 pa je bilo na lokaciji v Vihrah.

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in še to na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2017 je bila $0,11 \mu\text{Bq/m}^3$, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je manjše od $0,7 \mu\text{Bq/m}^3$. Radionuklid Sr-89 v letu 2017 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.



Radionuklid I-131 v letu 2017 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK (manj kot $0,01 \text{ mBq/m}^3$), kjer so postavljene kombinirane črpalke, prav tako so bile mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v ogleh filtrih pod mejno merilno koncentracijo aktivnosti $0,1 \text{ mBq/m}^3$. Tudi zmožljivejše aerosolne črpalke, kjer je mejna koncentracija aktivnosti $0,001 \text{ mBq/m}^3$, na mestih v Dobovi in Ljubljani niso pokazale prisotnosti I-131 v zraku.

Koncentracije aktivnosti Ru-106 v aerosolnih vzorcih iz Ljubljane in Krškega, ki so bili odvzeti konec septembra ali v začetku oktobra, so bile v okviru stresanja merskih rezultatov enake. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti Ru-106 v Ljubljani je bila $(3,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$, ki je bila izmerjena med 2. in 4. 10. 2017. Najvišja koncentracija aktivnosti Ru-106 v mesečnih vzorcih v okolici NEK je bila izmerjena v Stari vasi v septembru $(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$.

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih v vzorcih iz okolice NEK kažejo prisotnost radionuklidov, ki jih merimo v okviru nadzornih meritev tudi na drugih mestih v Sloveniji. Pri tem velja, da se vrednosti Be-7 in Pb-210 dobro ujemata na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani, ki je kontrolna lokacija, ter delno tudi z drugimi lokacijami po Sloveniji. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2017 v okolici NEK je bila $3\,800 \mu\text{Bq/m}^3$, Pb-210 pa $640 \mu\text{Bq/m}^3$. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji $4\,400 \mu\text{Bq/m}^3$ in $780 \mu\text{Bq/m}^3$. Pri drugih naravnih radionuklidih (izotopi uranove in torijeve razpadne verige ter K-40) so bile razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov, kar je posledica večje resuspenzije na obdelovanih kmetijskih površinah.

5) Zunanja izpostavljenost sevanju

Zunanje sevanje

V letu 2017 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,83 \pm 0,11$) mSv v razponu od 0,51 mSv do 1,07 mSv. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,51 mSv in 0,63 mSv na leto in povprečna vrednost ($0,59 \pm 0,03$) mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta ($0,90 \pm 0,17$) mSv na leto, kar je v okviru negotovosti povprečja primerljivo. Tudi v Ljubljani, na referenčnem mestu, se povprečni letni okoljski dozni ekvivalent ($0,83 \pm 0,09$) mSv ne odmika od povprečja v okolici NEK oziroma po Sloveniji. Tudi dozimetri na Hrvaškem v okviru negotovosti posameznih meritev in povprečja dajejo enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK ($0,75 \pm 0,13$) mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti se v okviru stresanja vrednosti ne odmikajo od večletnega povprečja.

Meritve $H^*(10)$ s 14 kontinuirnimi merilniki MFM-203 v okolici NEK je v letu 2017 dala povprečno vrednost ($0,83 \pm 0,11$) mSv na leto (v razponu od 0,63 mSv do 1,00 mSv), kar je v okviru stresanja merskih vrednosti enako kot letni dozni ekvivalent, dobljen s TL-dozimetri.

Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri 60 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2017 ($0,88 \pm 0,16$) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,34 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 60 MFM, je v okviru stresanja merskih vrednosti enak, kot ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije. V primerjavi s prejšnjimi leti ne opazamo statističnih odmikov.

Za meritve zunanjega sevanja v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta, predvsem v prvih letih po černobilski nesreči (1986). Ta usmeritev se nadaljuje tudi v letu 2017. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v zemljo. Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,11 mSv, kar je 3-krat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Gmajnice.



Zemlja

Vzorčevanje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčevanja.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji v letu 2017 so bile od 1,5 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 86 Bq/kg v globini 10–15 cm v Gmajnicah. Iz rezultatov meritev je razvidno, da gre za precejšnje stresanje specifičnih aktivnosti Cs-137 v posameznih letih. Veliko stresanje izračunanih vrednosti useda Cs-137 do globine 30 cm v zadnjih letih na neobdelanih površinah lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbina) ter zapletenosti mehanizma migracije nanosa (depozita) na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). To ugotovitev lahko podkrepimo, če ugotavljamo premikanje težišča nanosa v globino na lokaciji Kusova Vrbina. Opazimo lahko izrazita skoka v globini težišča, ki sta vsekakor posledica poplav, ki so povzročile dodaten nanos sveže mivke. To je tudi razlog, da je prodiranje Cs-137 v zemljo navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, če upoštevamo podatke od leta 1992, pa je ustrezno večja. Iz podatkov je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh. Na vseh lokacijah je opazno zniževanje usedov z leti, najizrazitejše je v Kusovi Vrbini, v Ameriki se je v zadnjih 5 letih zniževanje usedov praktično ustavilo, v Gmajnicah pa stresanje izmerkov kaže na veliko nehomogenost useda.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2017 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($7,7 \pm 0,1$) kBq/m², ($9,0 \pm 0,09$) kBq/m² in ($1,89 \pm 0,04$) kBq/m². Te vrednosti v povprečju presegajo oziroma so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi ($6,0 \pm 0,09$) kBq/m², ($0,53 \pm 0,02$) kBq/m² in ($3,6 \pm 0,2$) kBq/m². To spet kaže na to, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Pripomniti je potrebno, da je prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz plasti 15–30 cm največ 5 % prispevka iz plasti 0–15 cm.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2017 so bile v razponu od 0,07 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 0–5 cm do 1,9 Bq/kg v globini 15–30 cm v Gmajnicah. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je močnejše izpiranje zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.

Tudi usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK do globine 15 cm so v okviru stresanja izmerkov v povprečju nižji kot na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji.

V zraku nad Slovenijo je bil konec septembra in v začetku oktobra tudi Ru-106 neznanega izvora, najverjetneje iz Rusije. Ker je bilo vzorčevanje zemlje opravljeno tik pred kontaminacijo zraka z Ru-106, le-ta pri meritvah vzorcev zemlje ni bil opažen. Ker je bil ugotovljen v suhem usedu in padavinah, lahko pri naslednjem vzorčevanju zemlje pričakujemo tudi detekcijo Ru-106.

Sicer so se v izpuhu NEK, poleg kratkoživih radionuklidov, v letu 2017 pojavili tudi Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m in Cs-137, katerih prisotnost v usedu zemlje nismo zaznali.

Nobeden izmed radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem pa izmerjene specifične aktivnosti na lokacijah okrog NEK v primerjavi z vrednostmi na referenčni lokaciji v Ljubljani kažejo, da ni posledica izpustov iz NEK, temveč zgolj globalne kontaminacije.

Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v ravnovesju, ker je uran v vodi topnejši od radija in se zato bolj izpira. Rezultati meritev kažejo, da so specifične aktivnosti potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) se ujemajo s povprečnimi specifičnimi aktivnostmi, ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [55].



6) Hrana

Tritij se v okviru rednega merilnega nadzora NEK v hrani ne ugotavlja. Vendar najnovejše raziskave, izvedene na IJS, kažejo povečane vsebnosti tritija v rastlinju neposredno ob ograji NEK, v primerjavi z rastlinjem na kontrolni točki. Vzorčevanje rastlinja za analize H-3 je bilo namreč opravljeno po istem sistemu kot za C-14, v vzorcih pa je bil ugotovljen tritij v prosti tkivni vodi in organsko vezan tritij. Največje vsebnosti so bile izmerjene v listju jablan ($334 \pm 5,8$) Bq/L, v jabolkih ob ograji NEK pa ($20,5 \pm 0,8$) Bq/L. Na kontrolni točki so se vrednosti v jabolkih gibale okrog ($3,0 \pm 1,0$) Bq/L.

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrabno verigo ljudi. Primerjave meritev v vzorcih iz okolice NEK in Dobove so v preteklih letih pokazale, da dodatni C-14 iz NEK poveča specifično aktivnost C-14 v rastlinah v bližnji okolici ograje NEK predvsem takrat, ko je remont in s tem večji izpusti potekajo neposredno pred oziroma med vegetacijo, kot na primer v letih 2012 in 2015. V letu 2013 in 2016 je bil remont po obdobju vegetacije, tako da je bilo povišanje specifičnih aktivnosti C-14 v rastlinstvu v bližnji okolici NEK manjše kot v letu 2012. Čeprav v letu 2017 ni bilo remonta, so bile izpuščene aktivnosti C-14 povišane v rastni dobi rastlinja. V letu 2017 smo ugotavljali vsebnost C-14 v okolici NEK v jabolkih, listju jablan, ječmenu, koruzi, lucerni, travi, repici in pšenici, in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja), so bile julija največje ob ograji NEK (244 ± 5) Bq na kilogram ogljika, v zunanem krogu (238 ± 6) Bq na kilogram ogljika in (238 ± 4) Bq na kilogram ogljika v Dobovi. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih (lokacija D) v juliju (253 ± 5) Bq na kilogram ogljika. Povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju so bile v septembru višje kot v juliju, kar se sklada z višjimi izpusti C-14 iz NEK v juniju, juliju in avgustu 2017, ki so bile posledica izpustov iz zbiralnika za razpad plinov (slika 3, Poročilo IRB). Tako so bile povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju septembra največje ob ograji NEK (263 ± 7) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog (253 ± 6) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi pa so živila vsebovala (240 ± 6) Bq na kilogram ogljika. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v travi (lokacija C) v septembru (295 ± 6) Bq na kilogram ogljika, prav tako višja pa je bila vsebnost v jabolkih na lokaciji J (288 ± 7) Bq na kilogram ogljika. Na lokaciji J smo tudi v letu 2016 opazili najvišjo vsebnost C-14 v jabolkih (330 ± 8) Bq na kilogram ogljika. Lokacija J je jugozahodno od osi reaktorja in leži na področju, kjer ugotavljamo najvišje razredčitvene faktorje.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila do $0,14$ Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu ($0,14 \pm 0,02$) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, $< 0,001$ Bq/kg. Specifične aktivnosti Cs-137 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti, v večini živil (npr. v mleku) je že na ravni predčernobilskega obdobja.

Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2017 detektiran v vseh skupinah živil. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila do $0,78$ Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost je bila ugotovljena v zeleni ($0,78 \pm 0,07$) Bq/kg. V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito, podzemna in listna zelenjava, sledijo sadje, plodovke in mleko ter skupina živil živalskega izvora, kjer je povprečna specifična aktivnost Sr-90 najnižja. Tudi pri vzorčenju drugod po Sloveniji se razvrstitev skupin živil po vsebnosti Sr-90 sklada z vzorčevanjem v okolici NEK.

V zraku nad Slovenijo je bil konec septembra in v začetku oktobra tudi Ru-106 neznanega izvora, ki pa ga v hrani nismo zaznali.

Prav tako v hrani nismo zaznali radionuklidov, ki so bodisi v zračnih bodisi v tekočinskih izpustih. Izjemi sta Cs-137 in Sr-90, ki pa sta pretežno posledica globalne kontaminacije.

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. V letu 2017 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 35 Bq/kg (jagode) do 457 Bq/kg (fižol). Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane največ prispeva Pb-210 (63 %). Največ Pb-210 je bilo v letu 2017



v okolici NEK v listni zelenjavi. Najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v mleku. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v bezgu (plodovke) ($2,55 \pm 0,62$) Bq/kg. Iz statistične analize merskih podatkov je razvidno, da največ naravnih radionuklidov vsebujejo žita, listna zelenjava, plodovke ter meso in jajca, kar gre na račun vsebnosti U-238 v piščančjem mesu ($0,76 \pm 0,48$) Bq/kg, najmanj pa mleko, podzemna zelenjava in sadje. Z analizo grozdov pa ugotavljamo, da razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj se večinoma grupirajo glede na vrsto živila in ne na mesto vzorčevanja. Izjema je specifična aktivnost Cs-137 v mesu in jajcih, ki je drugod po Sloveniji večja od tiste v okolici NEK, in pa skupina plodovk, ki vsebuje več U-238 v vzorcih od drugod po Sloveniji, kot je v okolici NEK.

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2017 so bile izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2017 drugod po Sloveniji.

OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

Ob normalnem delovanju jedrske elektrarne so koncentracije aktivnosti izpuščenih radionuklidov, razen H-3, v okolju znatno pod detekcijskimi mejami oziroma je morebitni prispevek teh radionuklidov težko ločiti od ozadja (C-14, Cs-137). Zato njihov vpliv na človeka in okolje posredno ovrednotimo iz podatkov o izpustih v ozračje in o tekočinskih izpustih. Z uporabo modelov, ki opisujejo razširjanje radionuklidov po raznih prenosnih poteh v okolju, pa se ocenjuje izpostavljenost prebivalstva.

Zaradi izgradnje HE Brežice in nastanka akumulacijskega jezera, je prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva. Sedanja ocena vplivov izpuščenih radionuklidov, ki je opisana v nadaljevanju, temelji na starih predpostavkah in ne vključuje novega stanja. Prav tako ugotavljamo, da dosedanji preprost model podcenjuje izmerjene vrednosti. To ugotovitev lahko pripišemo tudi dejstvu, da model ne upošteva vseh hidravličnih lastnosti reke Save (mešanje na jezu, negotovosti pretokov, zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred izgradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice) in druge). Predlagamo, da se revidira obstoječi model izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo.

Za tekočinske izpuste je bil razvit model, ki kot referenčno skupino prebivalstva upošteva ribiče in njihove otroke. Ribiči lovijo tudi 350 m nizvodno od jezera NEK, preživijo določen čas na obrežju in uživajo savske ribe. Modelni izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevajoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da je efektivna doza za odraslega zaradi izpustov v reko Savo v letu 2017 v Brežicah $0,004 \mu\text{Sv}$ na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Na referenčni lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna efektivna doza za odraslega $0,01 \mu\text{Sv}$. Letna efektivna doza je nižja kot prejšnje leto, predvsem zaradi za red velikosti nižjih tekočinskih izpustov C-14. Ta prispeva največ k celotni dozi iz vseh prispevkov (49 %), pri čemer je prevladujoča prenosna pot ingestija rib. Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je večina celotne obremenitve zaradi izpustov Co-60 in Co-58 (97 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, pa bi bil dominanten prispevek H-3 (100 %).

Atmosferski izpusti

Pri ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov upoštevamo naslednje skupine radionuklidov:

- **žlahtni plini**, ki so izključno pomembni za zunanjo izpostavitve ob prehodu oblaka;
- **čisti sevalci beta**, kot sta H-3 in C-14, ki sta biološko pomembna le v primeru vnosa v organizem zaradi inhalacije (H-3, C-14) in ingestije (C-14);
- **sevalci beta/gama** v aerosolih (izotopi Co, Cs, Sr itd.) s prenosnimi potmi: inhalacija, zunanje sevanje iz useda, ingestija na rastline usedlih radionuklidov;
- **izotopi joda** v raznih fizikalnih in kemijskih oblikah, pomembnih pri inhalaciji ob prehodu oblaka in zaradi vnosa v telo z mlekom.



Tabeli A1 in A2 prikazujeta ovrednotenje zračnih emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2017 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti za prebivalce v naselju Spodnji Stari Grad, ki je najbližje naselje zunaj ograje NEK (tabela A1), in ob ograji NEK (tabela A2). Zahtevana omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje je, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva ne sme presežati 50 μSv . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjšega sevanja na ograji objekta (200 μSv na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Iz tabel A1 in A2 lahko ugotovimo, da so prispevki k letni efektivni dozi za prebivalca ob ograji NEK 0,27 % od predpisane omejitve 50 μSv , medtem ko je prispevek v Spodnjem Starem Gradu 0,014 % od predpisane omejitve 50 μSv .

Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom, ki upošteva značilnosti terena v okolici NEK in večji nabor meteoroloških spremenljivk. Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen še z Gaussovimi modelom z upoštevanjem talnega izpusta [5]. Ocena za zračno imerzijo v letu 2017 je enaka kot v letu 2016 in je v okviru stresanja podatkov primerljiva za zadnjih 5 let. Ocena za inhalacijo v letu 2017 je dvakrat višja kot v letu 2016, a nižja kot pred letom 2014. V juniju, juliju in avgustu 2017 so se vršili tudi izpusti iz zbiralnikov za razpad plinov, ki so prispevali k večjim izpustom C-14 v obliki CH_4 [54]. Ker je pretvorbeni dozni faktor za CH_4 višji kot za CO_2 , je tudi prispevek C-14 k dozi zaradi inhalacije v letu 2017 bistveno večji kot v prejšnjih letih.

Tabela A1: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2017

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi I in Co, Cs-137)	2,7E-7 1,6E-13
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	6,7E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	0*

* Rezultat je manjši od negotovosti meritve

Tabela A2: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) ob ograji NEK zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2017

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi I in Co, Cs-137)	7,1E-7 1,2E-12
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	2,4E-5
ingestija	rastlinska hrana	C-14	1,0E-4


Tabela B: Efektivne doze E zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2017

Vir	Letna efektivna doza E (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#]	0,69
– kozmični nevtroni [55]	0,08
ingestija (K, U, Th) ([55], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,34

Opomba: [#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbene faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999). Pretvorbene faktorji v območju od 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89.

^{##} Značilni prispevek kratkoživih radonovih potomcev k efektivni dozi je bil ocenjen v poročilu za leto 2000 (IJS-DP-8340, #3 na strani 7).

Tabela C: Povzetek letnih izpostavitvev prebivalstva v okolici NEK za leto 2017

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	- gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,69 ^{**}
	- kozmični nevtroni	0,08
	- ingestija (K, U, Th)	0,27
	- inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	2,34
NEK – neposredno sevanje ob ograji NEK	neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti* (ob ograji NEK)	- zunanje sevanje iz oblaka	7,1E-7
	- zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137)	1,2E-12
	- inhalacija iz oblaka (H-3, C-14)	2,4E-5
	- ingestija (C-14)	1,0E-4
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	- referenčna skupina (350 m pod jezom NEK)	8,0 E-6
	- odrasla oseba, Brežice	4,0 E-6
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje ^{**}	< 0,033 ^{***}
	ingestija rastlinske in živalske hrane (brez C-14)	1,4E-3
	ingestija rastlinske hrane (C-14)	1,5E-2
	ingestija rib	1,1E-3
	inhalacija (Ru-106)	2,4E-4

* Skupne vsote prispevkov NEK ne navajamo, saj vsi prispevki niso aditivni, ker ne gre za iste skupine prebivalstva.

** Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbene faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999).

*** V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1. Gre za konzervativno oceno.



Meritve C-14 so bile v letu 2017 izvedene na vzorcih jabolk, listja jablan, ječmena, koruze, lucerne, trave, repice in pšenice na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Rezultati meritev kažejo pričakovano rahlo povišanje specifične aktivnosti C-14 v vzorcih na razdalji do 1 km od osi reaktorja glede na vzorce, vzete na referenčni točki v Dobovi. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je tako v okolici NEK (do 1 km) za 0,1 μSv višja kot na kontrolni točki v Dobovi. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo konzervativno privzeli, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne bližine NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je potem v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčevanja, za druge radionuklide pa to ni mogoče zaradi različnih načinov vzorčevanja. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi. V primeru umetnih izpustov C-14 pa se razmerje med izotopi C-14 in C-12 tako v atmosferi kot v organizmih lahko spremeni, saj izotopi C-14 zamenjujejo izotope C-12 v organskih molekulah.

Ugotavljamo, da so bili vsi načini izpostavitve prebivalstva zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.

Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2017 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, ki ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okolici NEK je bil na prostem v povprečju 0,823 mSv. To je primerljivo z oceno letne efektivne doze za zaprte prostore 0,83 mSv (1998). K temu je treba dodati še prispevek $H^*(10)$ nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,097 mSv na leto. Tako je bila skupna doza naravnega zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2017 v okolici NEK 0,92 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,77 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritve specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani pokažejo vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [55].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,34 mSv, kar je nižje, a v okviru stresanja vrednosti primerljivo s prejšnjimi leti ter s svetovnim povprečjem, ki je 2,4 mSv na leto [55].

Naravni radionuklidi

Izmerjene aktivnosti naravnih radionuklidov (uranova in torijeva veriga, K-40, Be-7) se ne razlikujejo bistveno od vrednosti, izmerjenih v drugih krajih Slovenije, in vrednosti, ki jih podaja literatura. To velja tako za reko Savo, podtalnice, vodovode in usede kot za zrak in hrano. Prav tako velja, da so vrednosti primerljive z vrednostmi iz preteklih let.

Primerjava s preteklimi leti

V tabeli C so predstavljeni posamezni prispevki k letni efektivni dozi za odraslo osebo ob ograji NEK zaradi emisij NEK v letu 2017. Izjema je doza zaradi zunanjega sevanja, ki jo merijo TLD-ji. Ob ograji NEK so odstranili vrhno plast zemlje in nasuli s prodom, zaradi česar je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK za 40 % višji od tistega na ograji NEK. Zaradi tega tu podajamo povprečni okoljski dozni ekvivalent za okolico NEK.

Če seštejemo vrednosti za atmosferske in tekočinske izpuste, ugotovimo, da je vpliv nadzorovanih izpustov iz NEK na prebivalstvo znatno pod avtorizirano mejo. Pri tem je treba poudariti, da gre za različne skupine



prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze.

Od leta 2005 do 2011 se seštevek znižuje, v letu od 2012 pa je bila letna efektivna doza na prebivalca ob ograji NEK nekoliko višja zaradi vpliva na prehrabno verigo med vegetacijo (C-14), vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Tudi v letih 2013 in 2014 lahko opazimo povišanje letne efektivne doze, vendar ga lahko pripišemo izključno prispevku C-14 v tekočinskih izpustih, ki ga v prejšnjih letih nismo upoštevali. V letu 2017 je seštevek primerljiv z letom 2015 in je še nižji. Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati še, da se pri izračunu zunanega sevanja iz oblaka in inhalacije iz oblaka od leta 2007 uporablja Lagrangeev model, ki daje nižje vrednosti izpostavitve, ter da so bile vrednosti prispevka dozi zaradi ingestije C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn.

Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije in nesreča v Fukušimi

V letu 2017 sta bila, podobno kot v preteklih letih, od antropogenih radionuklidov v zemlji merljiva še Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij. Radionuklidov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi leta 2011, v letu 2017 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,033 mSv na leto, kar je 4 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva z ocenami v preteklih letih.

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije radionuklidov, ki so posledica splošne kontaminacije (Cs-137 in Sr-90), je za odraslega posameznika ocenjena na 0,5 nSv na leto.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledih v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2017 ocenjena na 0,12 μ Sv na leto za Cs-137 in 1,3 μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj 1,3 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

K letni efektivni dozi v hrani največ prispeva C-14, ki je v prehransko verigo prišel po naravni poti in zaradi nadzemnih jedrskih poskusov v 60-letih prejšnjega stoletja.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2017 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK ob ograji NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij:

- **v letu 2017 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a ob ograji NEK in 350 m nizvodno od jezua NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,14 μ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je majhna v primerjavi z avtoriziranima mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μ Sv na leto na razdalji 500 m (ograja NEK) za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanega sevanja 200 μ Sv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a ob ograji NEK je približno 0,006 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.**



S U M M A R Y

INTRODUCTION

The population of Slovenia, like populations elsewhere in the world, is exposed to natural ionizing radiation as well as to certain anthropogenic sources of ionizing radiation, which come primarily from the use of such radiation sources in medicine, the residual Chernobyl contamination and the contamination generated by atmospheric nuclear tests. When it comes to the residents in the surroundings of the Krško Nuclear Power Plant (Krško NPP), we could add the releases of atmospheric and liquid radioactive substances from the Krško NPP and the direct radiation emanating from the buildings and objects inside the power plant's fenced perimeter. The Krško NPP is required to comply with *authorised limits* and other dose limits related to releases, as well as other radiation impacts on the environment and population. The limitation of additional exposure of the population was laid down already in the site plan documentation for the Krško NPP in 1974, which required the total annual effective dose from all exposure pathways to the reference person at the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond not to exceed 50 μSv . After the commissioning and start of the Krško NPP operation, this limit was supplemented with the requirement that the annual effective dose from external radiation at the perimeter fence shall not exceed 200 μSv per year.

The Krško NPP is required to provide evidence of compliance by performing *operational radioactivity monitoring*, the scope and method of which are prescribed by the *Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 20/2007) or *the Rules amending the Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 97/2009) [10]. Operational radioactivity monitoring includes measurements of *emissions* on the premises, measurements of *imissions* in the surroundings, measurements of external radiation in the environment, evaluation of measurement results and dose estimation. The scope of monitoring is defined in Annex 4 of the above Rules (Design of the operational radioactivity monitoring programme for the nuclear power plant). The Rules also define requirements that must be met by the providers of radioactivity monitoring, technical requirements for measurement and analysis equipment as well as the methods and exposure pathways that must be considered in dose evaluation. Apart from the Krško NPP, which is in charge of emission measurements, radioactivity monitoring is performed by various *authorised monitoring providers*.

This Report presents the results of radioactivity monitoring that was performed in 2017 by the Krško NPP – as the entity liable for monitoring, and by the authorised radioactivity monitoring providers. Summarised results of radioactivity measurements of anthropogenic and natural occurring radionuclides are presented by different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses, which are presented in Chapter "*DOSE ESTIMATE*" (Table C). The dose assessment is based on the principles of ICRP and IAEA [30] [31] [32].

Thus, in 2017, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.14 μSv per year, what presents 0.27 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence. The estimated effective dose at the Krško NPP fence received by members of general public as the result of Krško NPP atmospheric discharges is estimated to 0.13 μSv per year, while it is estimated to 0.008 μSv per year due to the Krško NPP liquid discharges. The major contribution of 0.1 μSv per year to the total effective dose comes from food ingestion due to the C-14 fallout (discharge).

In the environs of the Krško NPP also other artificial radionuclides were detected, among them: C-14, Cs-137, Sr-90 (global contamination), Ru-106 (one-time accidental release from the unknown source), and I-131 (medicine usage). The contributions to the total effective dose after various media are collected in Table 1. It should be noted that the major contribution is because of external radiation – the presence of Cs-137 in the soil (the Chernobyl accident's remnant). The second largest contribution is because of C-14 in foodstuff, which is partly of natural origin and partly from the fallout of nuclear test explosions in the past.

The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the Krško NPP to the member of the public at the fence perimeter is 0.006 % of the characteristic unavoidable natural background



radiation. The Summary expresses the most important facts from the Monography *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice*, which is the standalone supplement of the report *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2017*, interna oznaka 4/2018, Ljubljana, april 2018.

The Report does not deal with the exposure of the population to the ionizing radiation caused by diagnostic medical examinations, which represents the second main source of exposure after natural radiation in the developed world as well as in Slovenia.

Table 1: Overview of annual effective doses for all artificial radionuclides delivered to the adult in the vicinity of Krško NPP through various contamination media from 2014 to 2017. The detected artificial radionuclides are mainly from the global contamination (C-14, Sr-90, Cs-137), accidental release (Ru-106), or use in medicine (I-131). The ionizing radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings are small compared to the global contamination (*Table C*), and they are estimated to 0.27 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence.

Contamination medium	Annual effective dose of artificial radionuclides <i>E</i> (μSv)				Location	Remarks
	2014	2015	2016	2017		
Sava River	0.089	0.15	0.15	0.13	Brežice	drinking (H-3)
	0.00052	0.0007	0.0008	0.0014	Brežice	swimming (Cs-137)
	0.6	0.15	0.17	1.1	Brežice	fish ingestion (Sr-90)
Waterworks and pumping stations	0.037	0.026	0.031	0.035	Brege	drinking (H-3)
Precipitation and dry fallout	0.024	0.021	0.020	0.042	Brege	ingestion (H-3)
Air	0.00062	0.0009	0.0005	0.24	Average for all locations	Inhalation and imersion (Cs-137)
External radiation	25.2	33.6	33.6	27.7	All locations	(Cs-137)
Food consumption	14.8 0.7	14.7 1.1	14.8 1.8	15.3 1.5	Fence perimeter; All locations and the fence perimeter	Ingestion (C-14*, Cs-137)
Total	41.5	49.8	50.6	46.1		

* C-14 is a radionuclide with global occurrence and partly natural origin in the upper atmosphere by the reaction of neutrons originating from cosmic rays with nitrogen and, to a lesser extent, with oxygen and carbon. Smaller doses but lasting for about 10 000 years will be delivered by the long-lived C-14 (half-life 5730 years), which was produced during nuclear weapons test in the atmosphere at concentrations by about a factor of two higher than its cosmogenic levels.

CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2017, the scope and method of sampling and measurements was the same as in previous years, which enables comparison of the monitoring results with the results from previous years as well as the determination of trends. Because of the construction of the Brežice hydroelectric power plant (Brežice HPP) dam, additional radiological monitoring sampling locations were introduced in the reservoir. The characteristics of the sampling and measurements are as follows:

1) Sava River

- a) continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, before Brežice HPP dam – 7.2 km downstream, Brežice– 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.5 km downstream) for long-lived radionuclides and single samples of unfiltered water at Krško, left



and right riverbanks in the reservoir, surrogate habitat, before Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (CRO, around 30 km downstream from the Krško NPP) for short-lived radionuclides;

- b) quarterly single water samples from Sava at Krško and Brežice;
- c) sediment sampling at ten locations (Krško upstream, under the Krško NPP dam, Pesje, left and right riverbanks in the reservoir, before Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – downstream of the Krško NPP dam);
- d) fish samples: Krško, reservoir, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (CRO) and Otok (CRO).

Sample measurements involved the determination of the activity concentration and specific activity of gamma emitters using high resolution gamma-ray spectrometry (HRGS), tritium (H-3) the activity concentration and specific activity determination with liquid scintillation beta spectrometry and the determination of Sr-90/Sr-89 using radiochemical separation, and counting with a proportional counter.

2) Waterworks and pumping stations

- a) single water sample from Ljubljana water system (reference location);
- b) quarterly water samples from the waterworks in Krško, Brežice;
- c) monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Rore, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice;
- d) sampling of groundwater in the immediate vicinity of the Krško NPP (quarterly samples from the E1 borehole inside the Krško NPP perimeter fence and monthly samples from the VOP-4 borehole and two locations in Croatia (Medsave and Šibice boreholes);
- e) monthly single samples from boreholes VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77.

The measurements were performed using the same methodology as that used for the Sava River samples.

3) Precipitation and dry fallout

- a) monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško and the reference location in Dobova and Ljubljana (control location);
- b) monthly replacement of Vaseline collecting plates for dry fallout at eight locations in the immediate and wider surroundings of the Krško NPP, and in Ljubljana (reference location).

Precipitation samples underwent measurements using high resolution gamma-ray spectrometry, tritium (H-3) activity concentration determination with liquid scintillation beta spectrometry and the determination of Sr-90/Sr-89 using radiochemical analysis. Measurements using high resolution gamma-ray spectrometry were performed on Vaseline samples.

4) Air

- a) aerosol sampling comprised of continuously pumping air through aerosol filters, which were exchanged every fifteen days. Pumps are located at eight locations in the surroundings of the Krško NPP (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna and reference location Dobova) and in Ljubljana (control location);
- b) iodine (I-131) sampling was performed with special pumps and filters at the same locations as the sampling of aerosols (except for the Dobova location);
- c) sampling for the purpose of Sr-90/Sr-89-specific measurement was performed with special pumps in Dobova;
- d) emission measurements were performed at the Krško NPP's main vent, whereby samples for the measurement of iodine, tritium (H-3), carbon (C-14), aerosols and noble gases were collected;



- e) sampling of airborne C-14 in CO₂ was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2017, a total of twelve samples were collected and analysed. The control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

The measurements of aerosol filters and dedicated filters for I-131 were performed with high resolution gamma-ray spectrometry, and the Sr-90/Sr-89-specific measurement was performed using a beta scintillation spectrometer.

5) External Exposure to Radiation

External radiation

- a) external radiation dose (gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation) was measured using 57 TL dosimeters in the vicinity of the Krško NPP (the locations surround the plant up to a 10 km distance) and 9 TL dosimeters on the Krško NPP perimeter fence. Data was collected from the dosimeters every six months. Ljubljana was the reference location for all external radiation measurements. Additional 10 dosimeters were located in Croatia;
- b) measurements using 50 TL dosimeters at 50 locations distributed throughout Slovenia were performed in parallel with the measurements in the vicinity of the Krško NPP;
- c) 14 continuous radiation detectors MFM-203 operate in the vicinity of the Krško NPP as part of the Early Warning Network. In addition to these, 60 other continuous radiation detectors are in operation at other locations in Slovenia, also as a part of the Early Warning Network.

All TL dosimeters used for monitoring in Slovenia were evaluated on the IJS MR 200 (C) system. Dosimeters in Croatia were evaluated on the system, which is located at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The data from continuous detectors are collected and processed by the Slovenian Nuclear Safety Administration.

Soil

- a) soil samples were collected at three locations on the flood plains downstream of the Krško NPP (Amerika – 3.5 km from the Krško NPP, Gmajnice – 2.5 km from the Krško NPP, and Kusova Vrbina-Trnje – 8.5 km from the Krško NPP). Sampling was performed twice a year with samples taken in layers from different depths (down to 30 cm on non-cultivated land and down to 50 cm on cultivated land).

Sample measurements were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while strontium specific activity determination was performed using radiochemical analysis.

6) Food

- a) the sampling of food was performed in the following locations: orchard next to the Krško NPP (fruits), Pesje (milk, vegetables), Spodnja Pohanca (fruits), Zgornja Pohanca (fruits), Brege (meat, milk, vegetables), Vihre (milk, vegetables), Vrbina (eggs, vegetables, cereals), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables), Žadovinec (vegetables), Trnje (vegetables), Leskovec (meat), Libna (grapes); 32 various food samples were collected in 2017;
- b) sampling frequency depends on food category: milk was sampled monthly or quarterly (for the Sr-90/Sr-89-specific measurements); meat, eggs and cereals were sampled annually; vegetables, crops and fruits once per season;
- c) the sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 specific activity determination took place twice in 2017 (July and September) at 16 locations in the surroundings of the Krško NPP and in the reference location in Dobova; a total of 33 samples were collected and analyzed;

Measurements of the specific activity of gamma emitters were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while Sr-90/Sr-89 specific activity determination was performed using radiochemical analysis.



MEASUREMENT RESULTS AND TIME-TRENDS

Introduction

For the data interpretation and dose assessment the primary measurement, $y \pm u(y)$, results obtained from gamma-ray spectrometry measurement results carried out by JSI (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*) are used the same as in recent years. The $u(y)$ represents combined standard deviation of the specific activity related to 68 % confidence interval (coverage factor $k = 1$). The combined standard deviation incorporates statistical fluctuations of the net signal, uncertainty of the background signal, spectrometer calibration, nuclear data and the sample quantity. The uncertainties originating from sampling, except the sample quantity, are not taken into account.

If the uncertainty of the measurement result was greater than 80 % of the observed values (quantification limit), the primary measurement result is reported. Such an outcome is designated by a symbol "‡", and under the Table, a footnote explaining that the result is below the quantification limit is given.

The annual dose is calculated from the arithmetic average of periodic measurement outcomes [47]. The uncertainty of the average could either be evaluated with a-priori uncertainty (uncertainty propagation rule) or with a-posteriori uncertainty (standard deviation divided by the square root of the number of samples).

When the detection limit is still reported (usually by Pb-210, H-3, Sr-90 radionuclides) a 1/4th of the detection limit is reported in tables, as a predicted value, under the recommendation of the European Council (*European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; pp L2:32; paragraphs 6 in 7). This value has no associated uncertainty. For this reason the uncertainty of the arithmetic average is represented with a-posteriori uncertainty. In such cases the records are designated by a symbol "x". In other cases, the a-priori uncertainty of the average is reported. In this way all the measurement outcomes provided by different authorized laboratories (IJS-F2, IJS-O2, NEK, IRB and ZVD) were standardized.

By other non-detected radionuclides - for the reason of clear representation - their limit of detections are not provided. In such cases the empty fields in tables are taken as zero values.

Definitions of these terms are in line with university textbook of prof. S. Širca [48], just that instead of the term »a-posteriori uncertainty«, a term »average scattering of the mean« is used.

Definitions of these terms is given in the report *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto leto 2017, IJS-DP-12498*.

The designation Sr-90/Sr-89 means, that the separation to determine the activity of Y-90 was not performed. The separation to determine the activity of Y-90 shall be carried out only in cases, when the counting rate of Sr-90/Sr-89 decreases, and the difference is a result of a radioactive decay rate of Sr-89. Thus, the reported activity concentrations or specific activities of Sr-89/Sr-90 refer only to activity concentrations or specific activities of Sr-90, because the short-lived Sr-89 has not been present in the environment since post-Chernobyl period. This is also confirmed by periodic monthly reports on atmospheric discharges from the Krško NPP, where the radionuclide Sr-89 was not detected.

1) Sava River

The data from liquid effluent measurements show that liquid H-3 effluents in 2017 (8.6 TBq) were 19 % of the activity limit for H-3 (45 TBq per year), what is 2.3-times lower than in 2016 (19.9 TBq), and lower than the long-term average of 12.3 TBq (from 1999 to 2017). The highest monthly release of H-3 was 4.2 TBq, which occurred in December.

Due to the construction of the Brežice HPP dam 7.2 km downstream from Krško NPP some additional sampling locations for water, sediments and fish catching areas between the Krško NPP and Brežice HPP dams were introduced in the second half of 2017. New sampling locations are intended to be used for radioactivity monitoring in the reservoir before the Brežice HPP dam.



In 2017 the average monthly activity concentration of H-3 before the Brežice HPP dam (in the reservoir) 2.3 kBq/m^3 (the average for the second half of the year) was comparable with the average monthly activity concentration of H-3 2.5 kBq/m^3 after the Brežice HPP dam (old sampling location). The latter value is lower than the long-term (14 years) average of 4.2 kBq/m^3 at that place. The average monthly activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (before the paper mill) was 0.59 kBq/m^3 . At Brežice the highest value of monthly value of H-3 was 9.0 kBq/m^3 in June, while the highest value of monthly value of H-3 was 0.8 kBq/m^3 at Krško in the same period.

The measurements at Jesenice na Dolenjskem obtained an monthly average of 1.4 kBq/m^3 , with the highest value of 3.5 kBq/m^3 in June such as in Brežice. The average monthly activity concentration of H-3 at Brežice in 2017 was higher than the average at Jesenice na Dolenjskem by a factor of 1.8, which is the consequence of an additional dilution of the water in the Sava River by the water from the rivers Krka and Sotla, for which we presume to have approximately the same activity concentration of tritium as the Sava at Krško or as other rivers in Slovenia (around 1 kBq/m^3).

The estimated total activity of C-14 in liquid discharges into Sava river was 0.13 GBq in 2017. This value is an order of magnitude lower than the long-term average for recent years.

The activity concentration of C-14 was measured in one-time samples in Sava river quarterly in 2017. The average monthly activity concentration of C-14 at the right side riverbank in the reservoir was 86.4 pMC (9.8 Bq/m^3 in water), which is comparable with the average monthly activity concentration of C-14 at opposite side of the riverbank, 87.6 pMC (9.9 Bq/m^3 in water).

The relative specific activity of C-14 measured in fish sample, caught in the reservoir, was 93 pMC . This value is lower than the ordinary atmospheric relative specific activity of C-14, which amounts $\approx 103 \text{ pMC}$.

In 2017 the short-lived I-131 was not detected in the liquid effluents from the Krško NPP. Nevertheless, the I-131 was detected in the Sava River in Krško, Brežice and Jesenice. The measured activity concentrations of I-131 at those locations are similar than those measured in other rivers in Slovenia due to the medical use of I-131.

The I-131 average activity concentrations in river Sava in quarterly grab samples in 2017 were between 0.8 Bq/m^3 and 2.0 Bq/m^3 in Krško and Brežice, respectively. The highest value was recorded at the sampling locations at the left side riverbank in the reservoir before Brežice HPP dam. The highest monthly value of I-131 was 8.3 Bq/m^3 at Jesenice na Dolenjskem, but it was comparable with 7.5 Bq/m^3 at Krško in the same sampling period.

The I-131 isotope was not detected in river sediments and fish samples in 2017.

The annual liquid discharge of Cs-137 was 1.0 MBq in 2017, what is comparable with 2016, higher than in 2014 (0.4 MBq) and lower than in 2013 (2.4 MBq).

The monthly average of Cs-137 for water measurements yielded 0.09 Bq/m^3 in Krško (for all samples the limit of detection was reported), 0.29 Bq/m^3 before the Brežice HPP dam (for all samples the limit of detection was reported), and 0.22 Bq/m^3 in Brežice. At the left side riverbank in the reservoir the monthly average of Cs-137 for water measurements was 0.2 Bq/m^3 , while it was below the limit of detection at the opposite side. The average monthly activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.09 Bq/m^3 . We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to $2 \text{ E-}04 \text{ Bq/m}^3$ due to the Krško NPP influence. The estimation is based on the data on the releases of Cs-137 in liquid effluent and the dilution ratio in Brežice 1.5. The increase of Cs-137 activity concentration in Brežice is much below the detection limit of 0.1 Bq/m^3 . The contribution of Cs-137 due to the liquid discharges from the Krško NPP is thus indistinguishable from heterogeneous global contamination. The average concentrations of Cs-137 in the water of other rivers around Slovenia (also originating from heterogeneous global contamination) are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP. The highest average activity concentration of Cs-137 in other rivers was measured in the Drava River, 0.81 Bq/m^3 . The values obtained by measurements in the vicinity of Krško NPP and around Slovenia are similar from the point of view of data variation and being aware of that most of the reported data were less than the limit of detection.



Measurements of the radioactivity in river sediments indicated the quarterly average values for Cs-137 were 4.8 Bq/kg, 7.2 Bq/kg, 5.0 Bq/kg, 3.5 Bq/kg, 1.4 Bq/kg, 1.3 Bq/kg at the reference point under the bridge at Krško, at the location downstream from the Krško NPP dam, at the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam (Pesje), Brežice, Jesenice na Dolenjskem, and Podsused in Republic of Croatia, respectively. From the results it is evident that the cesium in sediment systematically decreases at all locations over the years. This is related to the decay of the isotope (from the global contamination), and at the same time to washing off the bottom sediment. In 2017 the only exception is the location downstream from the Krško NPP dam, where the deviations from the systematic decrease trend occasionally occur (2003, 2010).

The average specific activities of Cs-137 in fish range from 0.04 Bq/kg to 0.11 Bq/kg. Thus, the specific activity of Cs-137 in fish was < 0.11 Bq/kg at all locations (to the extent of data variation). It should be noted that at all locations upstream and downstream from the Krško NPP dam the reported specific activities of Cs-137 were below the limit of detection in 14 out of 19 records. The highest measured value at the reference point under the bridge at Krško was 0.038 Bq/kg, in the reservoir of the Brežice HPP was 0.15 Bq/kg, while it was 0.019 Bq/kg in Brežice. At the location point at Jesenice na Dolenjskem the specific activity of Cs-137 in fish was below the limit of detection in all samples.

The radioactive isotope of Strontium, Sr-90 is also regularly detected in liquid effluents from the Krško NPP. In 2017 its total activity in liquid discharges was 0.13 MBq that is comparable with recent years (0.07 MBq in 2016, 0.08 MBq in 2015, and 0.16 MBq in 2014).

The average of Sr-90 for water samples taken at Krško yielded 1.7 Bq/m³, before the Brežice HPP dam 1.8 Bq/m³, at Brežice 2.7 Bq/m³, and at Jesenice na Dolenjskem 2.1 Bq/m³. The monthly activity concentrations of Sr-90 in one-time water samples are comparable with the measured values in continuously collected samples. For water samples taken quarterly the average of Sr-90 yielded from 2.4 Bq/m³ to 4.8 Bq/m³ for all locations in 2017. The highest measured value was reported for the location before the Brežice HPP dam, 6.5 Bq/m³. The average concentrations of Sr-90 in the water of other rivers around Slovenia are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP. The average activity concentration of Sr-90 in Slovenian rivers in the year 2017 was the highest at Laze (Ljubljana) 2.8 Bq/m³.

The average strontium specific activities in river sediments were 1.6 Bq/kg in Krško, 0.1 Bq/kg at the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 1.7 Bq/kg at the right side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 1.0 Bq/kg in Brežice and 2.4 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem. Strontium specific activities in river sediment are thus comparable to the measurement results obtained in previous years.

Average specific activities of Sr-90 in fish ranged from 0.15 Bq/kg at the reference point under the bridge at Krško and Jesenice na Dolenjskem to 0.85 Bq/kg at Brežice. The values obtained by measurements at Krško and Jesenice na Dolenjskem are similar from the point of view of data variation to the ranges from previous years. At Brežice the average value for Sr-90 in sediments in 2017 differs from the values in previous years.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of the Krško NPP (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) were not detected at any sampling location in 2017. The discharges of those artificial radionuclides into Sava river in 2017 were 6 order of magnitude lower than the total discharge of H-3 into the river.

Of the naturally occurring radionuclides, we measured K-40 and the representatives of the uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and thorium decay series (Ra-228 and Th-228) in 2017. The activity concentrations of U-238 in unfiltered water in 2017 were up to 6.3 Bq/m³, of Ra-226 up to 1.9 Bq/m³, of Pb-210 up to 8 Bq/m³, of Ra-228 up to 1.8 Bq/m³, and of Th-228 up to 0.6 Bq/m³. Those values measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP are similar to those in the water of other rivers around Slovenia. The activity concentrations of K-40 measured in the Sava River at different locations upstream and downstream from the Krško NPP dam range from 27 Bq/m³ to 53 Bq/m³ with the highest monthly value of (70 ± 8) Bq/m³ at Jesenice na Dolenjskem in August (lowest daily average river flow rate). Cosmogenic Be-7 was also measured in the Sava River.



2) Waterworks and pumping stations

Similarly as in previous years, the highest H-3 concentrations in 2017 were measured at the pumping stations Brege. The monthly average value at the Brege pumping station was (1.8 ± 0.1) kBq/m³, while the highest monthly value of (2.1 ± 0.3) kBq/m³ was measured in February. The average of H-3 in water samples from Rore was (0.58 ± 0.02) kBq/m³. In Spodnji Stari Grad the monthly average was (1.7 ± 0.06) kBq/m³, what is higher than the long-term average (16 years) of 1.1 kBq/m³. It is assumed that the water in waterworks of Spodnji Stari Grad was given from the pumping station in Brege most of the time in 2017. The monthly average for tritium in the Brežice waterworks in 2017 was 0.12 kBq/m³, which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011–2016, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station was 0.13 kBq/m³.

The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was 0.53 kBq/m³, while the average at the Petrol gas station in Brežice was 0.1 kBq/m³. The values are similar from the point of view of data variation to the ranges from previous years.

As the assumed reference value for H-3 activity concentration in Ljubljana waterworks the measured value of (0.45 ± 0.06) kBq/m³ in 2017 can be used. In Ljubljana the long term decreasing time trend of H-3 activity concentration can be observed which confirms that the global bomb produced tritium is gradually removing from the atmosphere and subsequently from the hydrological cycle.

The quarterly average H-3 activity concentration in the E1 borehole was 1.7 kBq/m³, and the monthly average in the VOP-4 borehole 12 kBq/m³. The highest value in the E1 borehole was found in the last quarter of the year, (2.6 ± 0.2) kBq/m³, while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in March (29 ± 1) kBq/m³.

Due to the construction of the Brežice HPP dam 7.2 km downstream from Krško NPP the water from boreholes at locations VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77 have been analyzed for monthly activity concentrations of H-3 since June 2016. The monthly values of H-3 in those boreholes did not vary statistically from the monthly average activity concentrations in 2017. The average values in 2017 were 1 kBq/m³, 1.5 kBq/m³, and 1.5 kBq/m³ in VOP-1/06, V-7/77, and V-12/77, respectively.

So far we have not noticed any significant or long-lasting changes of monthly activity concentrations or monthly averages of tritium in waterworks systems or boreholes due to the altered hydrological conditions at the Krško-Brežice region. In 2017, the only exception was found for VOP-4 borehole. Higher monthly values of H-3 in that water near 30 kBq/m³ were measured until April, but they did not exceeded the highest values found in the last 7 years.

The effects of liquid Cs-137 and Sr-90 emissions in 2017 on drinking water in the surroundings of the Krško NPP could not be detected. Since these radionuclides are part of the global contamination, they are present everywhere on Earth's surface and we cannot directly prove their origin. Both isotopes can be used as the tracers to study the transport processes, therefore their presence in the groundwater can be explained as the contact between the atmosphere and the groundwater. From the tables with measurement results it is evident that the Cs-137 and Sr-90 radionuclides were detected in 20 % and 60 % of all water samples from all sampling locations in the Krško NPP surroundings, respectively.

The highest monthly value of Cs-137 in groundwater was (0.16 ± 0.10) Bq/m³ at Brege in June. The monthly average activity concentrations at 5 sampling locations ranged from 0.0033 Bq/m³ in Brežice waterworks to 0.031 Bq/m³ at Brežice pumping station. From the point of view of data scattering the reported values are similar to the average values from previous years at all sampling locations.

The monthly average of Sr-90 activity concentration in the Krško pumping stations and the waterworks was 0.62 Bq/m³, while it was less than 0.1 Bq/m³ (below the limit of detection) in the Brežice waterworks system. The monthly average activity concentration of Sr-90 varied from 0.09 Bq/m³ at Brežice to 0.55 Bq/m³ at the pumping station Rore. The highest activity concentration of Sr-90 (0.93 ± 0.09) Bq/m³ was measured in water sample from Spodnji Stari Grad in February. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2017 was less than 0.1 Bq/m³ (below the limit of detection), while since 2002 it varied between 0.4 Bq/m³ and 1.5 Bq/m³.



At the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) an average annual Sr-90 activity concentration of 3.7 Bq/m^3 was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average monthly activity concentrations of Sr-90 were 1.9 and 3.6 Bq/m^3 , respectively. None of the presented values deviates significantly from the data from previous years.

The I-131 radionuclide was not detected in drinking water in any monthly and quarterly samples at any of the sampling points in Krško, Brežice, and Republic of Croatia.

In the water sample collected at waterworks Brežice in October a trace amount of Ru-106 was detected. The sample was obtained in the time when the air in Eastern Europe was contaminated by a radioactive cloud most probably originating from Ural region, Russia. The reported value of 0.6 Bq/m^3 is associated with a high uncertainty.

The activity concentrations of the naturally occurring K-40 isotope were measured at all sampling points. In the waterworks of Brege, Rore and Spodnji Stari Grad, the average monthly activity concentration of K-40 was 74 Bq/m^3 , 27 Bq/m^3 , and 65 Bq/m^3 respectively. The average activity concentration in the Brežice water supply system was 26 Bq/m^3 . The values are consistent with long-term trends at all locations, but at Spodnji Stari Grad.

The monthly averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks, whereby the highest annual average was measured in Rore at 4.7 Bq/m^3 . The average monthly activity concentrations of Ra-226 ranged from 0.5 Bq/m^3 (Brežice waterworks) to 2.7 Bq/m^3 (Brege pumping station). The activity concentration of Pb-210 ranged from 2.1 Bq/m^3 in Krško waterworks to 5.5 Bq/m^3 in the water from waterworks of Spodnji Stari Grad. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was 2.1 Bq/m^3 . The annual average for Ra-228 ranged from 0.4 Bq/m^3 (Brežice pumping station) to 1.1 Bq/m^3 in Krško waterworks. The concentrations of Th-232 ranged from 0.3 Bq/m^3 (Brežice) to 0.9 Bq/m^3 in Brege pumping station. Be-7 was occasionally detected at all pumping stations and waterworks in Krško and Brežice. The average monthly activity concentration of Be-7 ranged from 3.6 Bq/m^3 in Brežice pumping station to 4.6 Bq/m^3 in Rore pumping station and Spodnji Stari Grad waterworks.

3) Precipitation and dry fallout

While tritium is practically the only radionuclide that can – in the surroundings of the Krško NPP – be attributed partly to the releases from the nuclear power plant, we (still) do not have (reproducible) stable natural values again on the global scale and the situation in terms of other radionuclides is slightly different. In general, we can say that the situation in Ljubljana and in the surroundings of the Krško NPP are rather similar with the ratios between radionuclides being practically the same, which means that the measured radionuclides can in general not be attributed to the nuclear power plant.

The annual precipitation quantity in Krško, Brege and Dobova as well as in Ljubljana in 2017 is similar to 2016, and higher than in 2015. In September 29 % of the annual amount of precipitation were fallen in Ljubljana, and 37 % in Krško-Brežice region. The largest amount of precipitation occurred in Ljubljana ($1\,531 \text{ mm}$) in 2017. In Krško, Brege and Dobova the average amount of precipitation was ($1\,110$) mm.

The activity concentrations of tritium in precipitation varies widely, so only activity concentration larger than 2 kBq/m^3 could likely be attributed to the atmospheric discharges from the Krško NPP [37]. The activity concentration of H-3 in precipitation was larger than 2 kBq/m^3 in Brege only in February in 2017. The occurrence of monthly values larger than 2 kBq/m^3 have been continuously decreasing for the last three years. In Ljubljana the activity concentration of tritium in precipitation samples in 2017 ranged from 0.27 kBq/m^3 to 1.1 kBq/m^3 , in Brege from 0.57 kBq/m^3 to 2.6 kBq/m^3 , in Krško from 0.67 kBq/m^3 to 1.7 kBq/m^3 , and in Dobova from 0.43 kBq/m^3 to 1.4 kBq/m^3 . The monthly average activity concentration of H-3 at all sampling location in 2017 was the lowest in the last 15 years. The monthly average of H-3 activity concentrations in precipitation at Brege was 1.4 kBq/m^3 , at Krško was 1 kBq/m^3 , while at Dobova (reference location) and Ljubljana (control location) they were 0.87 kBq/m^3 and 0.67 kBq/m^3 , which follow the trends obtained for the last decade.



The highest monthly fallout of H-3 was measured in Brege, 310 Bq/m² in September. The long-term trend of the fallout of H-3 is similar for locations Ljubljana and Dobova (coincide with the highest precipitation quantity), while it is different for Brege and Krško (coincide with the highest atmospheric releases of tritium). In 2017 the fallout of H-3 at all locations was smaller than in previous years.

The highest Cs-137 activity concentration was found in the July sample from Krško, (1.6 ± 0.3) Bq/m³, while it was the highest for the sampling location in Ljubljana (5.6 ± 0.7) Bq/m³ in March. Most of the primary measurement results were either below the quantification or detection limit. The correlation between the specific activities of Cs-137 in precipitation and the precipitation quantity for all locations in the Krško NPP surroundings was not observed.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured in 2017: in Ljubljana 0.19 Bq/m² (March), in Dobova 0.09 Bq/m² (July), and in Brege and Krško 0.11 Bq/m² (July). In 2017 the Cs-137 fallout increased in Ljubljana, Krško in Brege, while in Dobova decreased with respect to the values obtained in the last five years. The values in 2017 are similar to those obtained in 2011. The Cs-137 fallout at all sampling locations in Krško NPP surroundings is comparable with the values from the pre-Chernobyl era (1982-1985).

Almost all measured activity concentrations of Sr-90 in precipitations are below the limit of the detection. The interpretation of such outcomes is meaningless. For the last decade we have been noticing the decrease of the Sr-90 fallout.

4) Air

Although in atmospheric emissions from Krško NPP (7.5 TBq) prevail tritium (6.1 TBq) and C-14 (77 GBq), only the activity concentrations of C-14 in the air at the Krško NPP fence perimeter are measured. The presence of H-3 and C-14 in the air at the aerosol sampling sites are evaluated using dedicated models which describe the dispersion of radionuclides in the environment based on the data of the released atmospheric effluents.

During the operation in 2017 the releases of Co-60, Te-123m, Te-125m, Te 127m, Cs-137 in Sr-90 were recorded at the Krško NPP stack. None of those isotopes, except the Cs-137 and Sr-90, were found on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP and Ljubljana. The Cs-137 and Sr-90 are part of the global contamination.

In a short time from the end of the September and first week of the October also the Ru-106, coming presumably from Russia, was detected on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP and in Slovenia.

The measured average annual activity concentrations of Cs-137 at individual measurements locations in the surroundings of the Krško NPP were at the level of the long-term mean 1 μBq/m³. The measured values of Cs-137 are smaller than the values obtained from locations within the scope of the monitoring of radioactivity in the environment in the Republic of Slovenia. The highest activity concentration of Cs-137 in the air was (3.6 ± 0.8) μBq/m³ at Brege in January. In 2017 the highest monthly average activity concentration of Cs-137 was 1 μBq/m³ at Vihre.

A model calculation shows that, even in the case of the highest calculated monthly activity concentration the calculated average concentrations of Cs-137 are several orders of magnitude beneath the guideline value ~1 μBq/m³, which is achieved in the aerosol measurements. We can conclude from the above that the measured average monthly concentrations of Cs-137 of a few μBq/m³ on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP are not the result of releases from the Krško NPP but rather the use of solid fuels (firewood, briquettes, pellets) and the the resuspension of Cs-137 from soil, which is the result of the Chernobyl accident and nuclear tests performed in the 50s and 60s of the previous century.

Specific Sr-90 measurements took place only at Dobova (reference location), where the measured activity concentrations are low, namely below the limit of the detection (0.11 μBq/m³) in 2017. The long-term average is 0.7 μBq/m³. The radionuclide Sr-89 in 2017 was also not detected in atmospheric



releases from Krško NPP.

The activity concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2017 in all samples from charcoal filters (gas) and aerosol filters (particles).

The activity concentrations of Ru-106 on aerosol filters in Ljubljana and Krško region, sampled in September and October, were the same in the frame of the measurement uncertainty. The highest activity concentration of Ru-106 in Ljubljana was $(3.4 \pm 0.1) \cdot 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$ (sampling period: 2. 10. – 4. 10. 2017). The highest monthly value on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP was $(3.2 \pm 0.3) \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ at Stara Vas in September.

The measurement results of aerosol samples from the surroundings of the Krško NPP indicate the presence of naturally occurring radionuclides at the same level as at other locations in Slovenia where measurements were performed within the scope of the national monitoring assessment. The values for Be-7 and Pb-210 correlate well at all measurement points in the surroundings of the Krško NPP and in Ljubljana, which is the control location, and partly also at other locations in Slovenia. In 2017 the monthly average activity concentrations of Be-7 and Pb-210 on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP were $3\,800 \mu\text{Bq/m}^3$ and $640 \mu\text{Bq/m}^3$, respectively, while they were $4\,400 \mu\text{Bq/m}^3$ and $780 \mu\text{Bq/m}^3$ in Ljubljana. In the case of other naturally occurring radionuclides (isotopes from the uranium and thorium decay chains and the radioactive potassium), the differences between the individual measurement points in the surroundings of the Krško NPP are slightly larger, but nevertheless within the range of measurement uncertainty and expected variations, which is the result of resuspension on cultivated agricultural surfaces.

5) External Exposure to Radiation

External radiation

The annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ in the surroundings of the Krško NPP, which was measured using TL-dosimeters, ranges between 0.51 mSv and 1.07 mSv, whereby the average value was $(0.83 \pm 0.09) \text{ mSv}$ per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.51 mSv and 0.63 mSv per year, whereby the average value was $(0.59 \pm 0.03) \text{ mSv}$ per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient dose equivalent of $(0.90 \pm 0.17) \text{ mSv}$ per year. Dosimeters in Croatia have in 2017 in terms of precision yielded the same average value as those in the surroundings of the Krško NPP $(0.75 \pm 0.10) \text{ mSv}$.

The measurements of $H^*(10)$ using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the Krško NPP in 2017 yielded an average value of $(0.83 \pm 0.11) \text{ mSv}$ per year, which is the same value as it is obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM ranged from 0.63 mSv to 1.00 mSv.

The average annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ using continuous 60 radiation monitors MFM-203 under control of the SNSA in Slovenia was $(0.88 \pm 0.16) \text{ mSv}$ per year, which is from the statistical point of view (data scattering) the same as the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The values obtained by MFM-203 for 60 locations ranged from 0.57 mSv to 1.34 mSv.

The external radiation measurements in Slovenia are in all cases characterised by pronounced decreases in the annual ambient dose equivalent, primarily in the initial years following the Chernobyl accident (1986). The cause is the decay of short-lived gamma emitters, which initially contributed the most to external radiation, as well as the penetration of Cs-137 deeper into the soil. Over the last ten years when there was only Cs-137 present in the environment, the decrease can be attributed to the radioactive decay of Cs-137. The contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent can be estimated at 0.11 mSv, which 3-times higher than the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent from soil for the location of Gmajnice.



Soil

Soil sampling is carried out on flood plains, therefore depositions from air and flooding are possible exposure pathways by way of which the releases from the Krško NPP can reach sampling locations.

The specific activities of Cs-137 in soil range from 1.5 Bq/kg at the depth of 5–10 cm at Kusova Vrbina to 86 Bq/kg at the depth of 10–15 cm in uncultivated soil at Gmajnice in 2017. The specific activities of Cs-137 at all sampling locations are widely scattered. The Cs-137 fallout values down to the depth of 30 cm are scattered significantly which indicates special features of the microlocation where the sampling took place, the inhomogeneous deposition, as well as the exposure to floodings (Kusova Vrbina). This finding can additionally be substantiated by calculating the shift of the centre of the fallout downward at Kusova Vrbina. Two pronounced rises in terms of the depth of the centre of the fallout can be observed on the long time scale. They are presumably driven by floodings which brought fresh sand deposits. This may be the clue to explain why the transport of the Cs-137 downwards is faster at Kusova Vrbina than at Amerika and Gmajnice. From the data it comes out that the 10-years moving average evens the local inhomogeneity of the deposit and the influence of hydrogeological processes at the upper layers of the soil. In all locations there is a noticeable decrease of fallout over the last years, the most pronounced is in Kusova Vrbina. In Amerika in the last 5 years, the decrease of fallout practically stopped, while in Gmajnice the data variation indicate an inhomogenous distribution of the fallout.

The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 15 cm) measured in 2017 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was 6.0 kBq/m², 0.53 kBq/m² and 3.6 kBq/m², respectively. These values are comparable (to the extent of data variation) to the fallout down to the depth of 15 cm, which is determined within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2017 (Ljubljana: 7.7 kBq/m², Kobarid: 9.0 kBq/m² and Murska Sobota: 1.9 kBq/m²).

The specific activities of Sr-90 in 2017 are within the range from 0.07 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 0–5 cm to 1.9 Bq/kg at the depth of 15–30 cm in uncultivated soil at Gmajnice.

The calculated Sr-90 fallout (down to the depth of 15 cm) values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from less than 0.012 kBq/m² at Kusova Vrbina to 0.13 kBq/m² at Gmajnice are also comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.13 kBq/m² at Murska Sobota to 0.28 kBq/m² at Kobarid.

The Ru-106 was not detected in soil samples. The reason may lie in the fact that the soil samples were collected before the passage of the Ru-106 cloud over Slovenia.

Also the fallouts of other artificial radionuclides (Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m) which were detected in atmospheric effluents at the stack were not found in the soil samples.

The results of measurements of the concentrations of naturally occurring radionuclides in the soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, and Th-232) correspond to the average concentrations listed by the UNSCEAR for the countries in Southern Europe. The measurements have not shown any dependency between radionuclide specific activities and the depth, with the exception of Pb-210 (higher specific activity at the surface is the result of atmospheric washout). Similar is true of Be-7.

6) Food

The Tritium in foodstuff is not controlled in the frame of the regular off-site radiological monitoring. But recent researches indicate that the specific activities of H-3 (tissue free water, organically bound tritium) in vegetation at the fence perimeter are higher than the values at the control sampling location where the radiation effects of the Krško NPP are not expected. Thus, the highest specific activities of H-3 in vegetation at the fence perimeters were (334 ± 6) Bq/L, (20.5 ± 0.8) Bq/L in apple-tree leaves and apples, respectively. At the control location the specific activity of H-3 in apples was (3.0 ± 1.0) Bq/L.

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, apple-tree leaves, wheat, grass, barley, lucern, rape and corn (maize), namely in July and in September. The



average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter in July was 244 Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP 238 Bq/kg C, while it was 238 Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (253 ± 5) Bq/kg C was found in apples. In September the average specific activity of C-14 in vegetation was higher than in samples collected in July, due to the planned releases from the gas decay tanks. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter in September was 263 Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP 253 Bq/kg C, while it was 240 Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (295 ± 6) Bq/kg C was found in grass. There exist the correlation between the locations where the highest values of C-14 were measured and the spots where the air dispersion factors show higher values as well.

The average specific activity of Cs-137 in food from the Krško NPP surroundings in 2017 was up to 0.14 Bq/kg, which is the same as the value obtained for food sampled in Slovenia up to 0.28 Bq/kg. The highest Cs-137 average specific activity of (0.14 ± 0.02) Bq/kg was detected in beef, while the highest specific activity of Cs-137 /kg in food sampled in Slovenia was detected (0.28 ± 0.01) Bq/kg in barley.

The specific activity of Sr-90 in food in 2017 was up to 0.78 Bq/kg, while in Slovenia it was up to 0.71 Bq/kg. The highest specific activity of Sr-90 around the Krško NPP Krško was found in celery (0.78 ± 0.07) Bq/kg. In Slovenia apart from the Krško the highest specific activity of Sr-90 was measured in maize, (0.71 ± 0.08) Bq/kg.

The specific activities of naturally occurring radionuclides were determined for food, whereby the values obtained were as follows: from 35 Bq/kg to 457 Bq/kg for K-40, with the highest value found in beans – (457 ± 21) Bq/kg, up to 2.6 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest specific activity was found in elder tree (2.55 ± 0.62) Bq/kg; up to 0.8 Bq/kg for U-238; up to 0.8 Bq/kg for Ra-226; up to 0.7 Bq/kg for Ra-228; and from zero to 0.3 Bq/kg for Th-228.

Ru-106 and other artificial radionuclides were not detected in any foodstuff samples.

DOSE ESTIMATE

Liquid effluents

During normal operation of the Krško NPP, the concentrations of released radionuclides in the environment are well below the detection limits. Therefore, the influence on the population and the environment can be evaluated only indirectly from the data on the released liquid and atmospheric effluents. The exposure of the population can be estimated using models which describe the spreading of radionuclides in the environment via various exposure pathways.

The construction of the Brežice HPP dam 7.2 km downstream from Krško NPP and the emergence of the reservoir influence the exposure pathways and the modes of exposure. The dose estimate which is described and discussed below is based on old assumptions and does not consider new conditions in the environment.

A model has been developed for liquid effluents, which takes into account as the reference population a group of fishermen (and their children) fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam, spending a certain amount of time at the riverbank and eating fish from the Sava River. This year also C-14 was included in the inventory of radionuclides used as the input for model calculation, as it was measured in liquid discharges in 2013. The model calculation, which takes into account liquid effluents, the annual river discharges into the Sava River and other particularities of the reference group, has shown that the highest effective dose for an adult due to the liquid effluents discharged into the Sava River in 2017 in Brežice was 4.0 E-6 mSv per year (while spending time at the riverbank and including the ingestion of fish). At the reference point 350 m downstream from the Krško NPP dam the calculated effective dose for an adult was 8.0 E-6 mSv per year, what is much lower than in 2016, especially because of an order of magnitude smaller liquid releases of C-14.



The highest contribution to the total effective dose due to the liquid releases from the Krško NPP calculated at the reference point 350 m downstream from the Krško NPP dam is caused by C-14 (49 %), whereby the dominant exposure pathways is a fish ingestion. Other relevant contributors are Co-58 and Co-60 (for external exposure, 97 % of the total dose). In case of drinking the water from Sava River, which is a highly improbable exposure pathway, the contribution of H-3 would be dominant.

Atmospheric releases

In the evaluation of the dose contribution of atmospheric releases, the following groups of radionuclides are taken into account:

- **noble gasses**, which only cause external exposure and are important contributors to external exposure in case of a radioactive cloud immersion or submersion;
- **pure beta emitters** such as **H-3 and C-14**, which are biologically important as they get built into the body mostly during inhalation (H-3, C-14), and ingestion (C-14);
- **beta/gamma emitters** present in aerosols (Co, Cs, Sr etc.) with the following exposure pathways: inhalation, external radiation from fallout, and ingestion of radionuclides deposited on vegetation;
- **Iodine isotopes** in different physical and chemical forms, which are important contributors through inhalation exposure in case of inhalation in a radioactive cloud and due to their entry into the body through the ingestion of milk.

Table A1: Exposure of the population to radiation (adult person) in the Spodnji Stari Grad locality due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2017

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes)	2.7E-7
	– groundshine	– aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	1.6E-13
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	6.7E-6
ingestion	vegetal food	C-14	0*

* The measurement outcome is smaller than the measurement uncertainty

Table A2: Exposure of the population to radiation (adult person) at the Krško NPP fence due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2017

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes)	7.1E-7
	– groundshine	– aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	1.2E-12
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	2.4E-5
ingestion	vegetal food	C-14	1.0 E-4



Tables A1 and A2 show the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2017 and for individual groups of radionuclides for the most important exposure pathways for the member of the public (adult person) in Spodnji Stari Grad and at the Krško NPP fence, respectively. It is required by law that the authorized limit 50 μSv at the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond must not be exceeded. It is evident from the data represented in Tables A1 and A2 that the sum of all contributions to the annual committed effective dose at both locations are negligible (less than 0.27 % of the 50 μSv).

Since 2007, the evaluation of dilution factors for external radiation from the radioactive cloud and inhalation is performed with the Lagrange model (considers the terrain specifics in the surroundings of the Krško NPP and a larger number of meteorological variables). Up to 2010, the contribution of radiation from fallout was estimated using the Gaussian model taking into account the ground release, while after 2011 the Lagrange model is also being used for the same purpose [5]. The estimate for air immersion in 2017 is the same as in 2016, and it is comparable with previous years. The estimate for inhalation in 2017 two times higher than in 2016, but lower than in years before 2014. As already mentioned above due to the planned releases from the gas decay tanks in June, July, and August, the specific activities of C-14 in the form CH_4 were increased in 2017. In addition, also the dose conversion factor for the radiocarbon in the form of CH_4 is much larger than for the CO_2 .

The measurements of C-14 in 2017 were carried out on samples of in apples, apple-tree leaves, wheat, grass, barley, lucern, rape and corn (maize) at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb in July and in September. The estimated increment of annual effective dose caused by ingestion of C-14 in the vicinity of the Krško NPP (distances up to 1 km from the reactor axis) was 0.1 μSv with regards to the reference point in Dobova, where natural specific activity of C-14 was detected.

In the calculation of the effective dose received by the C-14 in the Krško NPP surroundings, we conservatively assumed that residents consume food at the fence perimeter two months per year, while in other 10 months they consume food from elsewhere (Dobova). It follows that, even in the case of calculation of the effective dose of C-14, it is assumed that residents consume food produced in Krško-Brežice field (from the fence perimeter to Dobova). The difference between the calculation of the dose due to the C-14 and the dose due to the other radionuclides presented in food is, that in the case of the C-14 we take into account a weighted average of specific activities of C-14 from all location, while such an approach is impossible for other radionuclides due to the different sampling strategies. The effective dose obtained for C-14 refers to the food in general and not to a specific type of food, since the specific activities of the C-14 (Bq/kg C) in various foods are not different. The ratio of C-14 and C-12 isotopes is constant in all organisms and reflects the ratio of the isotopes in the atmosphere. In the case of man-made releases of C-14, the ratio of C-14 and C-12 atoms in the atmosphere, as well as in biota may change, because the C-14 atoms would replace C-12 atoms in organic molecules.

We find that all of the population exposure pathways were negligible in comparison with exposure to natural sources of radiation, dose limits and authorised limits.

Natural radiation

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2017 confirmed the findings from the past, that we are dealing with a typical natural environment present elsewhere in Slovenia and the world. The annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ due to gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted on average to 0.823 mSv per year in the open air. In dwellings, the annual effective dose was estimated at 0.83 mSv per year. We need to add to this value the contribution of $H^*(10)$ of the neutron component of cosmic radiation, which amounts to 0.097 mSv per year for the area of the Krško NPP. The total external radiation dose of $H^*(10)$ in the vicinity of the Krško NPP thus amounted to 0.92 mSv per year in 2017. The corresponding annual effective dose E (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.77 mSv per year, which is lower than the data for the average worldwide value.


Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2017

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.69
– neutron component of cosmic radiation [55]	0.08
Ingestion (K, U, Th) ([55], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daughters of Rn-222, effective dose) ^{##}	1.3
Total	2.34

Note: [#] Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient dose equivalent of $H^*(10)$ using the conversion factor $E/H^*(10) = 0.84$ for 600 keV photons (Radiation Protection 106, EC, 1999). Conversion factors in the 100 keV to 6 MeV energy range are between 0.84 and 0.89.

^{##} A typical contribution of radon short-lived daughter isotopes to the effective dose was discussed in the report for 2000 (IJS-DP-8340, #3, page 7).

Table C: Summary of the annual exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP in 2017

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.69 ^{**}
	- neutron component of cosmic radiation	0.08
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	Total	2.34
Krško NPP - direct radiation at the fence of the Krško NPP	direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric releases* (at the fence of the Krško NPP)	- external dose (air immersion) - groundshine (I and Co isotopes, Cs-137) - inhalation (H-3, C-14) - ingestion (C-14)	7.1E-7 1.2E-12 2.4E-5 1.0E-4
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the Krško NPP dam - adult in Brežice	8.0 E-6 4.0 E-6
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	- external dose ^{**} - ingestion of vegetable and animal food (without C-14) - ingestion of vegetable food (C-14) - ingestion of fish - inhalation (Ru-106)	< 0.033 ^{***} 1.4E-3 1.5E-2 1.1E-3 2.4E-4

* The total sum of contributions of the Krško NPP is not given, since the contributions are not necessarily additive and the population groups are not the same.

** Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient dose equivalent of $H^*(10)$ using the conversion factor $E/H^*(10) = 0.84$ for 600 keV photons (Radiation Protection 106, EC, 1999).

*** This estimate is not based on the assumption that a person spends 20 % of the time in the open, and that the shielding factor in the house is 0.1. The estimate is conservative.



The measurements of natural radionuclide concentrations in foodstuffs yielded values comparable to the average worldwide data, which is why the conclusions of UNSCEAR 2000 have been adopted for the estimation of the effective ingestion dose.

Individual contributions to the natural radiation dose are shown in Table B. The total annual effective dose was estimated at 2.34 mSv per year, which is slightly lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

Comparison with previous years

In Table C the individual contributions to annual effective dose for adult at the fence perimeter due the releases from the Krško NPP in 2017. If the values of atmospheric and liquid emissions are added, one can find that the influence of the Krško NPP via atmospheric and liquid discharges on the population are well below the authorized limit. However, we must emphasise that contributions are related to different population groups and the sum is therefore only a rough estimate of the annual effective dose.

The sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter had decreased from 2005 to 2011. In 2012 it was slightly higher because of the releases prior to and after the refuelling outage and because of the effect on the food chain during the vegetation period (C-14), but nevertheless they were by two orders of magnitude below the authorised limit. Also in the years 2013–2014 an increase of the sum can be observed, which can solely be attributed to the contribution of C-14 in liquid discharges (not considered in previous years). In 2016 the methodology for calculating the C-14 content in fish due to the Krško NPP liquid releases was modified, therefore the C-14 contribution to the total effective dose is lower than in 2013 and 2014. Consequently, the sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter in 2016 is comparable with the values obtained for 2007–2009. In 2017 the sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter is comparable with the estimate in 2015. When comparing contributions by individual years, it must be taken into account that, since 2007, the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and inhalation dose. The Lagrange model typically yields lower dose values. Also, until 2006, the contribution of the C-14 ingestion dose (from atmospheric releases) was estimated based on the releases and data from similar nuclear power plants.

Chernobyl contamination, nuclear weapons tests and the Fukushima accident

In 2017, similarly as in previous years, Cs-137 and Sr-90 originating from the Chernobyl nuclear accident and nuclear test explosions were the only two anthropogenic radionuclides in soil that could be measured. Other isotopes that were emitted into the atmosphere after the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan could no longer be detected in 2017.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be between below 0.033 mSv per year, which is less than 4 % of the average annual external natural radiation dose in the vicinity of the Krško NPP. The values are comparable to previous estimates.

The committed effective dose to an adult due to the inhalation of radionuclides resulting from global contamination is estimated to be 0.5 nSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 resulting from nuclear tests and the Chernobyl accident were measured in individual food categories. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at 0.12 µSv per year for Cs-137 and at 1.3 µSv per year for Sr-90 in 2017, which amounts in total to some 1.3 % of the annual effective dose due to the presence of naturally occurring radionuclides in foodstuffs (excluding K-40). The estimated dose is comparable to the doses from previous years.

The highest contribution to the dose estimate due to the ingestion is attributed to the C-14, which originates from the nuclear tests in the past.



CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP for 2017 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP (at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges), the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2017, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings, determined at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges, were estimated at less than 0.14 μSv per year;**
- the estimated value is small compared to the two authorized dose limits for the population in the surroundings of the Krško NPP (effective dose of 50 μSv per year at a distance of 500 m (Krško NPP fence) for all contributions via all exposure pathways and external radiation dose of 200 μSv per year at the perimeter fence of the Krško NPP);
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.006 % of the characteristic unavoidable background radiation.**



NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Ocena primerjave rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2017 je bila opravljena za izbrane emisijske vzorce tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT in plinastih izpustov iz dimnika izza RM-24 ter za imisijske vzorce iz okolja – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov na lokacijah Krško in Brežice. Poleg tega je bila opravljena statistična primerjava vseh rezultatov imisijskih meritev v obdobju 2010–2017. Glede na kompleksnost postopkov vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre pri tej primerjavi za obravnavo različnih okoljskih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar po različnih postopkih vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev. Za izboljšanje kakovosti primerjav ponovno predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora obe sodelujoči instituciji (IJS in ZVD) izmerili tudi specifične aktivnosti istih vzorcev sedimenta, saj lahko le tako ocenimo vpliv vzorčevanja na končni rezultat. Poleg tega ponovno predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru meritev vsebnosti umetnih radionuklidov v vzorcih WMT, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD. Ker so letošnji sklepi enaki kot v predhodni letih, lahko sklenemo, da vsa dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in korektivnih ukrepov ne pri upravnih organih ne pri pooblaščenih izvajalcih. Zato predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV ustrezno spremeni program meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev ali razpiše dodatno študijo z namenom, da se izvedejo ustrezni korektivni ukrepi.

UVOD

Na podlagi sklepov verifikacijske komisije po 35. členu pogodbe EURATOM iz leta 2007 in v skladu z *Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (Ur. l. RS 102/04, ZVISJV-UPB2) [10] in *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* (Ur. l. RS 20/07) [11] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSJV). Namen je zagotoviti neodvisno preverjanje obratovalnega nadzora. Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Tako meritve iz programa obratovalnega nadzora kot meritve neodvisnega nadzora lahko izvajajo le pooblaščeni laboratoriji. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2017* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata meritve emisij, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčevanja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). V tabelah 1–3 je prikazan program meritev v vseh treh sklopih.

V letu 2017 sta pri neodvisnem nadzoru emisij NEK – tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT), sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. Pri tem neodvisnem nadzoru se na letnem nivoju kot izvajalec izmenjujeta IJS in ZVD. Meritve vsebnosti tritija v teh vzorcih iz programa neodvisnega nadzora je izvedel IJS, Odsek O-2. V skladu s pogodbo in pripadajočo projektno nalogo mora odvzem vzorcev za redne meritve NEK in neodvisni nadzor potekati istočasno pod nadzorstvom predstavnika URSJV v vnaprej dogovorjenih terminih, vzorčevalec IJS tedaj prevzame vzorce v NEK. Vsi izvajalci (IJS in NEK) nato opravijo meritve prevzetih vzorcev po svojih postopkih.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov NEK iz glavnega izpuha RM-24 sta v letu 2017 sodelovala laboratorija IJS kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Pri rednem obratovalnem nadzoru NEK mesečno pošilja filtre izvajalcu meritev (IJS). V mesecih, ko se izvaja neodvisni nadzor, pa NEK pošlje filtre najprej na ZVD. Ko na ZVD opravijo meritve, pošljejo filtre na IJS. V tem primeru so bile meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v zračnih filtrih v tem poročilu ni obravnavana.



Pri neodvisnem nadzoru imisij – okoljskih vzorcev se istočasno vzorčujeta sediment in savska voda 2-krat letno na dveh lokacijah iz rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK (Krško in Brežice). Vzorčevalca ZVD (izvajalec obratovalnega nadzora) in IJS (izvajalec neodvisnega nadzora) vzorčujeta vsak po svojih postopkih na teh lokacijah sočasno, vzorčenje pa nadzira predstavnik URSJV. Oba izvajalca ZVD in IJS nato pripravita vzorce in opravita meritve po svojih postopkih. Pri vzorcih rek in sedimentov smo primerjali rezultate meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama, ki so bile opravljene na IJS (Odsek F-2) in ZVD, poleg tega smo pri vzorcih savske vode primerjali tudi rezultate meritev tritija, ki sta jih opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka F-2 spadajo v okvir obratovalnega nadzora, zato so v tabelah poročane pri rezultatih ZVD, meritve tritija z Odseka O-2 pa so del neodvisnega nadzora in zato so ti rezultati poročani pri rezultatih meritev IJS. Za vzorce rek in sedimentov je ZVD v okviru rednega radiološkega nadzora v okolici NEK opravil tudi analize stroncija Sr-90, kar pa se pri neodvisnem nadzoru ne preverja, zato IJS (Odsek O-2) teh meritev ni opravil.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2017

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)	Kontinuirni vzorec, odvzet hkrati za NEK, za izvajalca primerjalnih meritev in za neodvisni nadzor (manj kot 0,5 L vode)	4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)
Meritve tritija (H-3) – specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)		4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2017

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Glavni izpuh RM-24	Zbirni mesečni zračni filter	4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)
Aktivnost sevalcev alfa	Glavni izpuh RM-24		2-krat letno	polletno 2-krat

Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2017

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Sediment, enkratni vzorec	2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Rečna voda, enkratni vzorec	2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	
Meritve tritija (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Krško		2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	



OKOLJSKI VZORCI SAVSKE VODE IN SEDIMENTOV

Značilnosti vzorčevanja imisijskih vzorcev in meritev

IJS opravlja vzorčevanje enkratnih sedimentov v skladu s postopkom *Vzorčevanje sedimentov in rib (LMR-DN-03)*. Da se zagotovi dovolj suhega sedimenta za nadaljnjo visokoločljivostno spektrometrijo gama, se z lopatico z muljastega dna na globini od 10–50 cm odvzame vsaj 1 kg vzorca sedimentov.

Vzorčevanje enkratnih vzorcev nefiltrirane rečne vode poteka ob primernem vodostaju reke Save po postopku *Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod (LMR-DN-05)*. Z vedrom se odvzame okoli 50 L vzorca nefiltrirane rečne vode, po možnosti iz dobro premešanega turbulentnega toka. Rečno vodo se izlije v sod skozi kovinski lij z mrežico, ki zadrži razne vejice, alge, liste in podobno, kar bi lahko kasneje motilo pripravo vzorcev. Vodna sušina za analize sevalcev gama se pripravi po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*.

Za določitev aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama se vzorce pripravi po postopku *Priprava vzorcev za visokoločljivostno spektrometrijo gama (LMR-DN-08)*, meritve pa se izvede skladno s postopkom *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*. Koncentracijo aktivnosti tritija se na *Odseku O-2* določi s tekočinskoscintilacijskim števcem po elektrolitski obogatitvi po postopku *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*, na *Odseku F-2* pa po postopkih *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Analiza in izračun vsebnosti tritija H-3 (LSC-DN-07)*.

ZVD izvaja vzorčevanje po internem delovnem postopku *DP-LMSAR-02*, pripravo vzorcev pa po postopku *DP-LMSAR-03*. Vzorce tekočih voda se zbira na dogovorjenih lokacijah v globini do največ 1 m v dve posodi PVC s skupnim volumnom 50 L. Posode so ustrezno označene z vodoodpornim pisalom, da ne pride do zamenjave vzorcev.

Vzorce sedimentov v tekočih in stoječih vodah se vzorčuje z enkratnim odvzemom na lokaciji, in sicer na eni do šestih točk do globine 20 cm ali več. Za odvzem sedimenta se uporabljajo cevi s premerom 5 cm, ki se jih zarije v sediment do zelene globine in izvleče. Vzorec se nato strese v plastične posodice ali vrečke. Posode ali plastične vrečke so ustrezno označene z vodoodpornim pisalom, da ne pride do zamenjave vzorcev.

Vzorce vod se izpari, da se dobi koncentrat aktivnosti. Izpareva se pri približno 65 °C v napravi za vakuumsko izparevanje tako dolgo, da izpari vsa tekočina ali do zelenega volumna. Nato se sušino izpere z destilirano vodo in prenese v planšeto ali plastično posodico. Dokončno sušenje v planšeti ali plastični posodici poteka pri sobni temperaturi ali pri infrardeči lučki.

Sveži sediment se najprej stehta, posuši ter prežari na največ 450 °C, nato se ročno zdrobi grude in razprostre na primerne pladnje ter dokončno posuši v sušilniku do 250 °C. Nato vzorec stehtamo in po potrebi zdrobimo v krogličnem mlinu ter presejemo skozi sito (2 mm).

Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov uporabljamo metodo visokoločljivostne spektrometrije gama po postopku *DP-LMSAR-09*.



REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Primerjava rezultatov meritev za leto 2017

Rezultate ($y + u(y)$) rednih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in meritev neodvisnega nadzora smo med seboj primerjali z ζ -preskusom, ki je definiran kot:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{y_{\text{LAB}_1} - y_{\text{LAB}_2}}{\sqrt{u(y)_{\text{LAB}_1}^2 + u(y)_{\text{LAB}_2}^2}}$$

kjer sta LAB_1 okrajšava za prvi laboratorij in LAB_2 za drugi laboratorij, ki sodelujeta v primerjavi. Prednost ζ -preskusa je, da se v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev upošteva tudi pripadajoče merilne negotovosti s faktorjem pokritja $k = 1$. Prednost ζ -preskusa pred u -preskusom, ki je enak $|\zeta|$, je, da prikaže tudi sistematska odmikanja. Rezultate smo primerjali med seboj za vsak radionuklid posebej, pri čemer smo primerjali le tiste rezultate meritev, o katerih sta poročala oba laboratorija. V primeru, ko je bil en rezultat poročan kot meja kvantifikacije ali detekcije, ζ -preskusa nismo naredili. Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili merila, definirana v standardu *ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment — General requirements for proficiency testing*. Rezultati so med seboj primerljivi, če je ζ -preskus $|\zeta| \leq 2$.

V tabelah od 4 do 9 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in rednih meritev ter njihova medsebojna primerjava. S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vse vrednosti ζ -preskusov, ki so po absolutni vrednosti večje od 2.

V tabeli 4 so podane primerjave med rezultati meritev vod iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT (sklop 1). Poročani in primerjani so bili le umetni radionuklidi. Ker NEK pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 2$), so bile vse negotovosti v tabeli 5 preračunane na 68-odstotno zanesljivost (faktor pokritja $k = 1$). V skladu s priporočili EURATOM-a (2004/2/Euratom) poroča NEK za posamezne ključne neizmerjene radionuklide o aktivnostih, izračunanih na podlagi ene četrte meje detekcije (MDA). Te aktivnosti so v primerjalnih tabelah obarvane modro ter jih nismo primerjali z rezultati IJS. Oba laboratorija (NEK in IJS) sta v teh 4 vzorcih nad mejo kvantifikacije za sevalce gama poročala le o eni meritvi Ag-110m, v vzorcu odvzetem 20. 6. 2017, pa tudi v tem primeru je bila aktivnost nizka in pri NEK zunaj obsega akreditacije (spodnja mejna aktivnost v obsegu akreditacije NEK je $1,90 \text{ E}+04 \text{ Bq/m}^3$). Rezultata za Ag-110m se med seboj dobro ujemata.

Na drugi strani pa je IJS v teh štirih vzorcih pri svojih meritvah nad mejo kvantifikacije poročal tudi o Mn-54, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125, Te-125m, Te-127m, I-131, Cs-134 in Cs-137. Opazimo lahko, da so meje detekcije (MDA) za Co-58 in Co-60, o katerih poroča NEK, bisteno nižje od poročenih izmerjenih vrednosti IJS. Podobno opažamo tudi pri drugih radionuklidih, a je pojavnost manj izrazita. Konsistentnost med poročenimi rezultati IJS in NEK je le pri Cs-137 in H-3. Različno velik nabor poročenih radionuklidov nad mejo kvantifikacije med IJS in NEK lahko pojasnimo z različnim obsegom akreditacije NEK in IJS. Zaradi zahtev, definiranih v dokumentu NEK-RETS, Rev. 7, 2013, je NEK akreditiran za meritve koncentracij aktivnosti večjih od $1,9\text{E}+4 \text{ Bq/m}^3$, kar je tudi razvidno iz priloge k akreditacijski listini NEK št. LP-091 z dne 16. 8. 2018 (<http://www.slo-akreditacija.si/accreditation/nuklearna-elektrarna-krsko-d-o-o/>). Vsi izmerjeni radionuklidi pri IJS, ki jih NEK ni poročal, imajo nižje koncentracije aktivnosti.

Tritij je bil določen v vseh 4 vzorcih pri obeh sodelujočih laboratorijih. Primerjava med rezultati NEK in IJS, Odsek O-2, potrjuje dobro ujemanje pri vseh štirih vzorcih.

V tabeli 5 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz glavnega izpuha RM-24 (sklop 2). Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, negotovosti v tabeli pa so podane z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). V izbranih vzorcih je bilo zelo malo umetnih radionuklidov, saj je IJS v mesecih, ko je potekal neodvisni nadzor, poročal o umetnih radionuklidih nad mejo detekcije le v februarjem vzorcu (Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m in



Cs-137). ZVD je poročal nad mejo kvantifikacije le o Co-60 v februarjem vzorcu, o meji kvantifikacije pa je v vseh vzorcih poročal za Co-60 in Cs-137. Edini rezultat, ki ga lahko primerjamo pri meritvah vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz glavnega izpuha iz RM-24, je Co-60 za vzorec, vzorčen v februarju 2017. Rezultata IJS in ZVD za Co-60 se dobro ujemata.

V mesečnih poročilih o radioaktivnih emisijah in dozi, ki jih pripravlja NEK na podlagi rednih nadzornih meritev emisij v NEK [8], v vseh 4 mesecih (februar, april, avgust in november) poročajo le o izotopih žlahtnega plina ksenona in o jodovih radionuklidih I-131 in I-133, ne poročajo pa o nobenih drugih radionuklidih v aerosolih.

Iz tabel 6 in 7, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce vod iz reke Save v Krškem in Brežicah (sklop 3), je bilo med seboj primerjanih 32 rezultatov, od katerih se nad mejo sprejemljivosti razlikuje 11 rezultatov. Največje razlike so pri Be-7, kjer ZVD tako kot v predhodnih letih od 2012 do 2016 sistematsko poroča o bistveno višjih vrednostih kot IJS. To je lahko posledica samega načina vzorčenja, priprave vzorcev (morebiten zajem Be-7 iz zraka pri pripravi sušin) ali merske procedure. Nujno je treba poiskati vzroke za izjemno velika razhajanja pri Be-7. Pri drugih radionuklidih so razhajanja bistveno manjša, poleg tega so izmerjene koncentracije aktivnosti v bližini meje kvantifikacije. Opazno je tudi, da so razlike pri poročanih rezultatih med laboratorijema večje za naravne radionuklide kot za umetne. Ker se nekatere črte žarkov gama naravnih radionuklidov lahko prekrivajo med seboj in s črtami umetnih radionuklidov, je luščenje spektralnih črt pomemben korak pri določitvi aktivnosti radionuklidov, zato je primerjava poročanih rezultatov za naravne radionuklide ravno tako zelo pomembna. Nasprotno od spektrometrije gama se rezultati pri tritiju med obema laboratorijema dobro ujemajo, pri čemer je en rezultat tik nad mejo sprejemljivosti z ζ -preskusom – 2,11.

V tabelah 8 in 9 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčenih v Krškem in Brežicah. Na obeh lokacijah je bilo med seboj primerjanih 32 rezultatov, 12 rezultatov je imelo ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 2, kar je malo boljše kot v predhodnih letih, ko je v letu 2016 15 rezultatov od 31 in leta 2015, ko je 15 rezultatov od 32 imelo ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 2. Pri teh vzorcih so nasprotno od predhodnih let aktivnosti za Be-7 med seboj primerljive.

Nabori poročanih radionuklidov pri obeh izvajalcih so v vseh vzorcih rečnih vod in sedimentov podobni.


Tabela 4: Primerjava rezultatov emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT *

Vzorč. mesto	WMT											
	IJS, Odsek F-2 (gama spektrometrija), Odsek O-2 (H-3)				NEK				ζ-preskus			
Datum vzor.	16. 3. 2017	20. 6. 2017	28. 9. 2017	14. 12. 2017	16. 3. 2017	20. 6. 2017	29. 9. 2017	14. 12. 2017	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Kol. vzorca (L)	0,21	0,24	0,26	0,23	1,0	1,0	1,0	1,0				
Koda vzorca	KI17WWM31	KI17WWM61	KI17WWM91	KI17WWMC1	16.03.2017 WMT#2	20.06.2017 WMT#2	29.09.2017 WMT#2	14.12.2017 WMT#2				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54	2,7E+02 ± 8E+01	7,9E+02 ± 1E+02										
Fe-59												
Co-57												
Co-58	9,2E+02 ± 1E+02	2,6E+03 ± 2E+02	9,0E+02 ± 8E+01		6,6E+2	1,1E+3	8,9E+02	3,1E+02				
Co-60	9,1E+02 ± 9E+01	4,8E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 1E+02	6,9E+02 ± 9E+01	6,7E+2	1,4E+3	1,1E+03	4,7E+02				
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m	7,9E+02 ± 8E+01	8,6E+03 ± 5E+02	1,1E+03 ± 8E+01		9,8E+2	9,6E+3 ± 8,1E+2	1,1E+03	3,9E+02		-1,02		
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125		4,7E+03 ± 4E+02	4,8E+02 ± 2E+02				2,2E+03	7,8E+02				
Te-123m												
Te-125m	3,2E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 5E+02		3,3E+03 ± 5E+02								
Te-127m		8,8E+03 ± 1E+03										
Te-129m												
Te-132												
I-131				5,9E+02 ± 1E+02								
I-133												
Cs-134	4,8E+02 ± 5E+01	7,7E+02 ± 1E+02	2,9E+02 ± 6E+01									
Cs-137	1,2E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	9,8E+02 ± 1E+02	3,8E+01 ± 2E+02	1,2E+3	2,1E+3	1,2E+03	4,3E+02				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												
H-3	6,1E+09 ± 2E+08	1,6E+10 ± 2E+08	1,9E+10 ± 2E+08	4,3E+10 ± 4E+08	5,9E+9 ± 7,7E+8	1,7E+10 ± 2,0E+9	2,1E+10 ± 3E+09	4,7E+10 ± 6E+09	0,23	-0,29	-0,75	-0,86

* Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$ (interval z 68-odstotno zanesljivostjo). Z modro barvo so označeni tisti rezultati, ki jih je NEK izračunal na podlagi $\frac{1}{4}$ MDA. S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2. Pri rezultatu NEK za Ag-110m z dne 20. 6. 2017 je aktivnost zunaj obsega akreditacije (je manjša od $1,90E+04$ Bq/m³).



Tabela 5: Primerjava rezultatov emisijskih meritev plinastih izpustov iz dimnika RM-24 *

Vzorč. mesto	RM-24											
Pooblaščenca organizacija	IJS				ZVD				Č-preskus			
Datum vzor.	31. 1. 2017 - 28. 2. 2017	28. 3. 2017 - 2. 5. 2017	1. 8. 2017 - 29. 8. 2017	31. 10. 2017 - 28. 11. 2017	31. 1. 2017 - 28. 2. 2017	28. 3. 2017 - 2. 5. 2017	1. 8. 2017 - 29. 8. 2017	31. 10. 2017 - 28. 11. 2017	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrty vzorec
Kol. vzorca (m ³)	1341	1828	1565	1541	1557	1961	1565	1541				
Koda vzorca	K17AERM2421	K17AERM2441	K17AERM2481	K17AERM24B1	RV0400317	RV1040517	RV2750917	RV4931217				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58												
Co-60	1,0E-05 ± 5E-06				1,3E-5 ± 1E-6	2,7E-05	2E-05	4,6E-5	-0,57			
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m												
Sn-113												
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m	2,4E-06 ± 1E-06											
Te-125m	1,6E-04 ± 1E-05											
Te-127m	3,9E-05 ± 4E-06											
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137	2,1E-06 ± 2E-06				9E-06	2,5E-05	2E-05	4,4E-5				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												

* Negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$ (interval z 68-odstotno zanesljivostjo).


Tabela 6: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem *

Vzorč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					23. 5. 2017	26. 9. 2017
Datum vzorčevanja	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017
Kol. vzorca (L)	50,06	51,66	45,50	44,65	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI17SN151	KI17SN191	RSKRK217	RSKRK316		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	1,5E+00 ± 7E-01	4,7E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00		-1,97	
Ra-226	4,2E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 9E-01	6,5E-01 ± 3E-01	8,4E-01 ± 3E-01	3,80	1,22
Pb-210	4,3E+00 ± 6E-01 †	2,3E-01	1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 3E+00	-4,45	
Ra-228	9,1E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 6E-01	2,7E+00 ± 5E-01	-0,58	-3,60
Th-228	1,3E+00 ± 1E-01	6,3E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 5E-01	7,9E-01 ± 5E-01	-1,12	-0,32
Th-230			1,7E+01 ± 1E+01		-1,47	
K-40	4,2E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	0,54	0,74
Be-7	4,1E+00 ± 7E-01	8,8E+00 ± 1E+00	5,9E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 5E+00	-21,96	-28,04
I-131	8,0E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E-01	7,5E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01	0,73	-0,32
Cs-134						
Cs-137	1,9E-01 ± 1E-01		3,0E-01	2,5E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106		2,7E+00 ± 1E+00				
Sb-125						
H-3	4,3E+02 ± 7E+01	5,2E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 7E+01	-2,11	-1,02
Sr-90	-----	-----	1,1E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 4E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah *

Vzorč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					23. 5. 2017	26. 9. 2017
Datum vzorčevanja	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017
Kol. vzorca (L)	49,76	51,51	44,8	43,5	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI17SN351	KI17SN391	RSBRK217	RSBRK317		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	3,2E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 1E+00		2,1E+00 ± 2E+00		1,85
Ra-226	4,7E+00 ± 2E+00 ‡	3,4E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	1,75	-4,74
Pb-210	4,6E+00 ± 1E+00 †	3,8E-01	1,3E+01 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	-4,31	
Ra-228	2,1E+00 ± 6E-01	7,0E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 4E-01	0,74	-2,27
Th-228	1,7E+00 ± 3E-01	6,7E-01 ± 2E-01				
Th-230						
K-40	5,7E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	1,85	1,13
Be-7	7,3E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 1E+00	6,2E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	-18,22	-15,74
I-131	7,9E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 4E-01	2,93	0,07
Cs-134						
Cs-137	4,2E-01 ± 1E-01	2,3E-02 ± 1E-01	3,0E-01	2,5E-01 ± 8E-02		-1,61
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106		‡ 8,3E-01 ± 8E-01				
Sb-125						
H-3	5,0E+02 ± 7E+01	5,3E+02 ± 6E+01	6,4E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 6E+01	-1,53	-1,14
Sr-90	-----	-----	1,9E+00 ± 2E-01	4,2E+00 ± 4E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.


Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					23. 5. 2017	26. 9. 2017
Datum vzorčevanja	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,43	0,41	0,065	0,061	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI17SD151	KI17SD191	SDKRK217	SDKRK317		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,9E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 6E+00	4,0E+01 ± 8E+00	1,46	-0,99
Ra-226	4,1E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 8E-01	3,6E+01 ± 9E-01	3,43	2,62
Pb-210	5,1E+01 ± 3E+00	6,8E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 7E+00	1,92	-0,96
Ra-228	3,1E+01 ± 6E-01	3,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	1,32	1,29
Th-228	3,1E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	1,31	2,20
Th-230	‡ 1,7E+01 ± 2E+01	9,8E+01 ± 2E+01				
K-40	4,1E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	-0,40	0,59
Be-7	2,6E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	0,37	2,06
I-131						
Cs-134						
Cs-137	4,1E+00 ± 2E-01	6,1E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 5E-01	0,77	0,64
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	9,7E-02	3,0E+00 ± 3E-01		

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					23. 5. 2017	26. 9. 2017
Datum vzorčevanja	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,35	0,22	0,059	0,032	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI17SD351	KI17SD191	SDBRK217	SDBRK317		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	5,3E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 7E+00	3,1E+01 ± 1E+01	3,29	0,70
Ra-226	7,6E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	5,78	3,62
Pb-210	9,1E+01 ± 5E+00	6,7E+01 ± 1E+01	5,2E+01 ± 6E+00	8,0E+01 ± 1E+01	4,87	-0,70
Ra-228	2,7E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	-2,77	3,00
Th-228	2,7E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 4E+00	0,98	-1,14
Th-230	7,6E+01 ± 1E+01					
K-40	3,5E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	4,4E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 3E+01	-2,05	-0,86
Be-7	2,2E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 5E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 1E+01	1,74	-0,48
I-131						
Cs-134						
Cs-137	5,0E+00 ± 2E-01	7,1E+00 ± 3E-01	6,7E+00 ± 5E-01	7,9E+00 ± 1E+00	-3,02	-0,70
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	8,0E-02	7,5E-02		

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.



Primerjava rezultatov meritev – časovne usmeritve

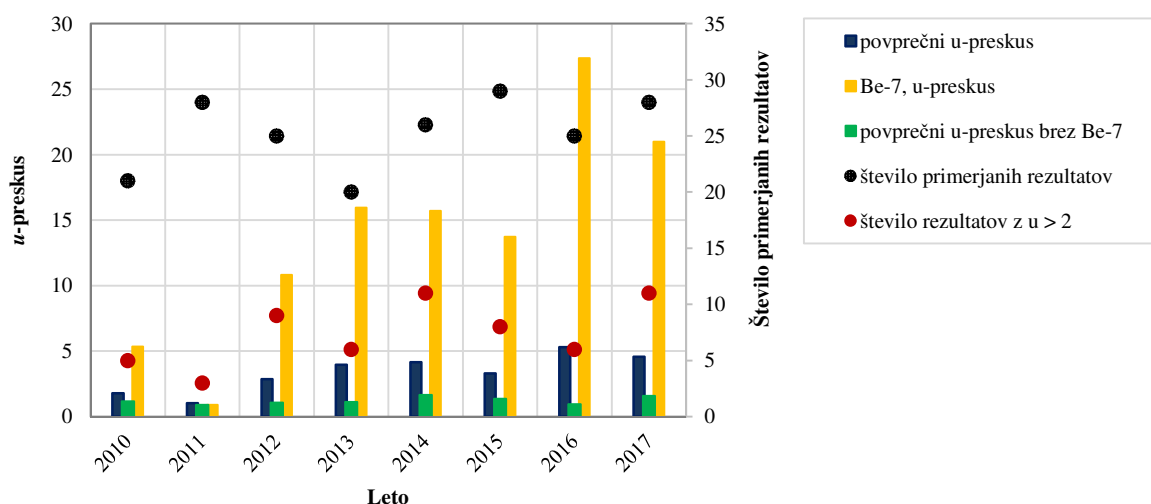
Pooblaščeni laboratoriji redno in v primernem obsegu sodelujejo na mednarodnih primerjalnih meritvah, kjer z naborem različnih vzorcev pokrivajo vse ključne matrike vzorcev iz programa nadzora radioaktivnosti. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498, marec 2018* v poglavju *Tabele rezultatov primerjalnih meritev*. Ob rezultatih so podana tudi ovrednotenja in ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2005, po katerem so vsi izvajalci akreditirani za svoje dejavnosti, morajo akreditirani laboratoriji svoje rezultate primerjalnih meritev ovrednotiti ter v primeru razhajanj poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe in je pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

Med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom je ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah vzorčenja ni, laboratoriji dobijo v analizo pripravljene vzorce, kar pomeni, da so homogeni in da so referenčne vrednosti dobro definirane in izmerjene na neodvisen način. V laboratoriju opravijo le zadnjo fazo priprave vzorcev – skladno s svojimi postopki pripravijo vzorce v ustreznih geometrijah, opravijo meritve, določijo vsebnosti radionuklidov. Pri neodvisnem nadzoru pa laboratoriji opravijo tudi vzorčenje in celotno pripravo vzorcev, ki med drugim vključuje tudi sušenje in homogenizacijo. Neodvisni nadzor torej daje primerjavo celotnega postopka, ki vključuje vzorčenje, pripravo, meritve in izračun aktivnosti detektiranih radionuklidov, zaradi tega so večkrat rezultati meritev vzorcev iz okolja slabše primerljivi.

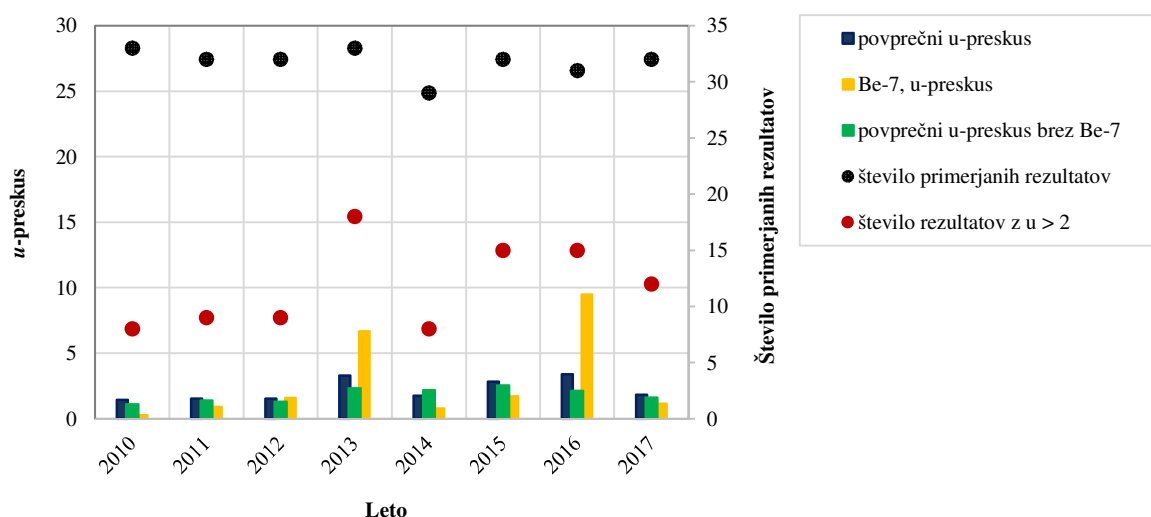
Zgornje trditve potrjuje tudi statistična analiza rezultatov imisijskih meritev savske vode in sedimenta z visokoločljivostno spektrometrijo gama v okviru neodvisnega nadzora v letih od 2010 do 2017. Rezultati te analize so prikazani na slikah 1 in 2. Za vsako leto je bil določen povprečen u -preskus (je enak $|\zeta|$ -preskusu) in glede na to, da je večina razhajanj pri Be-7, še povprečen u -preskus za Be-7 in za druge radionuklide brez Be-7. Za lažjo primerjavo sta skali na obeh slikah enaki, na levi osi so prikazane vrednosti za u -preskus, na desni pa število primerjanih rezultatov in število rezultatov z u -preskusom večjim od 2. Rezultati meritev H-3 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo v tej analizi niso upoštevani, so pa v večini primerov rezultati primerljivi med seboj, saj je bila vrednost u -preskusa le v dveh primerih večja od 2 (največ 2,27 v spomladanskem krškem vzorcu savske vode leta 2015). S slike lahko razberemo, da so večji odmiki pri savski vodi kot pri sedimentih, kar lahko razložimo tudi z izmerjenimi aktivnostmi, ki so v primeru vode bistveno nižje kot pri sedimentih. Sistematsko so v savski vodi največji odmiki pri Be-7, kjer v večini primerov v zadnjih 5 letih ZVD sistematsko izmeri za velikostni red ali več višje vrednosti. Drugi radionuklidi so med seboj bolj primerljivi, vendar je pri nekaterih vzorcih sedimentov večje število radionuklidov, ki imajo u -preskus večji od 2, kot na primer pri vzorcu na lokaciji Brežice, odvzetem maja 2017. Te razlike lahko pripišemo nehomogenosti vzorčevanega materiala, saj vzorčevalci IJS in ZVD niso opravili vzorčevanja na popolnoma enak način in na isti mikrolokaciji.

Na podlagi tega lahko sklenemo, da je tovrstna primerjava vzorcev iz okolja zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročenih rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni, poleg tega je tudi matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčevanju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčevanja in priprave vzorcev za analizo različni v pooblaščenih laboratorijih, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati, na kar vsa leta opozarjajo sistematske razlike pri rezultatih za Be-7 in različne radionuklide iz uranove in torijeve razpadne verige. Eden izmed vzrokov za neujemanja je lahko tudi količina merjencev – ZVD je pri meritvi uporabil bistveno manj vzorca kot IJS (okoli 50 g pri ZVD v primerjavi z okoli 350 g pri IJS).

Rednih mednarodnih primerjav postopkov vzorčevanja, ki bi potrjevali primerljivost, ni. Zato predlagamo, da bi obseg neodvisnega merilnega nadzora razširili še na izmenjavo vzorcev sedimentov, kjer so medsebojne razlike največje. Tako bi izmerili aktivnosti na istih vzorcih in bi lahko ocenili vpliv vzorčevanja na končni rezultat. Prav tako menimo, da bi reprezentativnost primerjave poročenih rezultatov izboljšali z večjim obsegom neodvisnih primerjav različnih vzorcev iz okolja. Pri tem bi lahko posebno pozornost namenili postopkoma vzorčevanja in priprave za analizo, saj lahko vplivata na končni rezultat, kar potrjuje tudi statistično šibka primerjava do sedaj opravljenih meritev.



Slika 1: Statistična obdelava rezultatov meritev savske vode v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2017



Slika 2: Statistična obdelava rezultatov meritev rečnega sedimenta v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2017

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev z vzorčenjem pred RM-24 je pri plinastih izpustih v dimniku RM24 vsebnost radionuklidov premajhna, da bi opravili kakovostno primerjavo. V letošnjem letu smo lahko primerjali le en rezultat. Ravno tako ne moremo narediti kakovostne primerjave pri neodvisnem nadzoru tekočinskih izpustov iz WMT, saj ima laboratorij NEK bistveno višje detekcijske meje in poroča o manj izmerjenih radionuklidih. Tudi pri tekočinskih izpustih smo lahko letos primerjali le en radionuklid, določen z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

Tako kot v predhodnih letih ponovno predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru vzorcev WMT sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD, saj so to edini vodni vzorci, ki lahko vsebujejo merljive koncentracije aktivnosti umetnih radionuklidov. S tem bi pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov. Ker nobena izmed teh dveh institucij ne opravlja rednih meritev teh vzorcev, bi oba laboratorija pridobila dodatne dragocene izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov ter s tem izboljšala usposobljenost in pripravljenost na



morebitne izredne dogodke. Poleg tega predlagamo, da bi vzorce za primerjavo odvzeli med rednim remontom NEK in neposredno po njem, ko je v vzorcih lahko več umetnih radionuklidov, kar omogoča bolj kakovostno primerjavo.

DISKUSIJA IN SKLEPI

Glede na kompleksnost postopkov lahko kljub vsemu trdimo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, priprava za analizo in postopki analize se razlikujejo v obeh laboratorijih, na primer pri sedimentih je bila analizirana bistveno različna količina vzorca v laboratorijih IJS in ZVD. Poleg tega te primerjave potrjujejo, da vzorčevanje največ prispeva k razpršenosti in različnosti merskih rezultatov, pri merilni negotovosti pa ta prispevek ni upoštevan.

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih in imisijskih meritev je sedanji izbor in število primerjanih vzorcev premajhno za zanesljivo statistično obdelavo rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev. V tem obsegu nam daje le zelo grobo oceno sprejemljivosti poročanih rezultatov meritev. Poleg tega je bila pri plinastih emisijah iz glavnega izpuha vsebnost radionuklidov v letu 2017 prenizka, pri tekočinskih izpustih iz WMT pa je meja detekcije pri rezultatih NEK previsoka, da bi lahko opravili dobro primerjavo. Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju lahko v veliki meri pripišemo vzorčevanju in nehomogenosti vzorčevanega materiala. Tako kot v preteklih letih, sta v diskusiji tudi letos priprava vzorca in predvsem vzorčevanje poudarjena kot parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost in ustrezno spremeniti program meritev v okviru neodvisnega nadzora.

Na podlagi rezultatov statistične primerjave vseh rezultatov v okviru neodvisnega nadzora v obdobju od 2010 do 2017 ponovno poudarjamo naslednje sklepe:

- ker se rezultati pri določitvi vsebnosti Be-7 sistematsko razlikujejo tako v vzorcih sedimentov kot v vzorcih rečnih vod, predlagamo, da obe sodelujoči inštituciji (IJS in ZVD) preverita svoje postopke vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev, vključno z jedrskimi podatki za Be-7, ter poiščeta in ovrednotita morebitne vzroke za ta razhajanja;
- predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora obe instituciji izmenjali vzorce in izmerili specifične aktivnosti tudi na istih vzorcih sedimentov, saj lahko le tako ocenimo vpliv vzorčevanja na končni rezultat; podoben predlog je, da bi vsaka institucija odvzela in pripravila večji vzorec in ga nato razdelila na dva dela za ločeni analizi v obeh laboratorijih;
- predlagamo, da bi v prihodnje pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT) sodelovala oba laboratorija (IJS in ZVD), saj bi tako pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov; s tem bi oba laboratorija pridobila dodatne izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov in tako izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke;
- poleg tega predlagamo, da bi vzorce za primerjavo odvzeli med rednim remontom NEK in neposredno po njem, ko je v vzorcih lahko več umetnih radionuklidov, kar omogoča bolj kakovostno primerjavo.
- **Zgoraj navedeni sklepi so enaki kot v predhodnih letih, kar kaže na to, da vsa dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in korektivnih ukrepov ne pri upravnih organih in ne pri izvajalcih meritev. Zato predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV ustrezno spremeni program meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev ali razpiše dodatno študijo z namenom, da se meritve in primerjave, predlagane v sklepih, izvedejo.**

**UGOTAVLJANJE RADIOAKTIVNOSTI
V OKOLJU V OKOLICI NEK
PO ZAGONU HE BREŽICE**



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





UGOTAVLJANJE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU V OKOLICI NEK PO ZAGONU HE BREŽICE

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

Urednika: doc. dr. Benjamin Zorko in mag. Denis Glavič - Cindro

Recenzija: mag. Matjaž Koželj, dr. Matjaž Korun, mag. Borut Breznik

Lektoriral: dr. Jože Gasperič
monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000

POGLAVJE

AVTORJI

Radioaktivnost v reki Savi

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu

dr. Toni Petrovič, IJS

Radioaktivnost v zraku

dr. Marko Giacomelli, ZVD

Zunanje sevanje

mag. Branko Vodenik, IJS

Radioaktivnost v hrani

prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF in
dr. Marijan Nečemer, IJS

Založil: Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana

Prva izdaja: marec 2018

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

539.16:502.175(497.4)
621.311.25(497.4Krško)

UGOTAVLJANJE radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice / [avtorji Matjaž Stepišnik ... [et al.] ; urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič-Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2018

ISBN 978-961-264-124-5
1. Stepišnik, Matjaž 2. Zorko, Benjamin
294284032

Vse pravice pridržane. Noben del monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oziroma na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©. Avtorska dela so intelektualna last Instituta "Jožef Stefan".

Naklada: 56 izvodov



VSEBINA

Predgovor urednika

1	Radioaktivnost v reki Savi	1 / 108
2	Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	21 / 108
3	Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu	37 / 108
4	Radioaktivnost v zraku	51 / 108
5	Zunanje sevanje	71 / 108
6	Radioaktivnost v hrani	87 / 108
7	Reference	105 / 108





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice* obravnava stanje v okolju v okolici Nuklearne elektrarne Krško (NEK) po zagonu HE Brežice in v obdobju 29. gorivnega ciklusa delovanja jedrske elektrarne.

V monografiji obravnavamo merske izide in modelske izračune za ugotavljanje radioaktivnosti v okolju, ki je tam zaradi prvobitne radioaktivnosti, splošne onesnaženosti zaradi jedrskih poskusov in nesreč v jedrskih objektih oziroma z jedrskimi snovmi, prav tako pa radioaktivni izotopi lahko pridejo v okolje zaradi kontroliranih izpustov iz jedrskih elektrarn, skladišč jedrskih odpadkov, rudarjenja, industrijske, tehnološke, medicinske in raziskovalne uporabe. Kontinuirno zbiranje in ovrednotenje merskih podatkov (obdobjna povprečja) omogoča prikazovanje časovnih usmeritev ter tako tudi vzdržnost pri trajni umestitvi jedrskega objekta v življenjski prostor. Pri tem uporabljamo prikladne modele, ki imajo vgrajene kompleksne matematične in numerične algoritme, ki ustrezajo fizikalnim procesom. Tako izračunamo predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti izbranih radionuklidov v tistih medijih, preko katerih se nato radioaktivnost lahko vnese v človekovo telo (ingestija, inhalacija) ali pa obdaja človekovo telo (zunanje sevanje). Z upoštevanjem porabe ali časa zadrževanja v izbranem mediju lahko ocenimo predvidene letne efektivne doze ali okoljski dozni ekvivalent zračnih in tekočinskih izpustov iz NEK na referenčno skupino ljudi po starostnih skupinah (odrasli, otroci in dojenčki), ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne. Predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti radionuklidov nato primerjamo z izmerjenimi vrednostmi v vzorcih iz okolja na istih lokacijah v okolici NEK. Rezultati meritev v okolju v okolici NEK pa se še kritično primerjajo z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji (Ljubljana, Dobova) ter drugod po Sloveniji.

Koncentracije aktivnosti (tekočine, zrak) ali specifične aktivnosti (hrana, zemlja) sevalcev gama so v okolju nizke, zato pri vzorčevanju in pripravi vzorcev uporabljamo metode, s katerimi koncentriramo sevalce gama v vzorcu (filtriranje, izparevanje). Kljub vsemu se večkrat zgodi, da je merski rezultat pod mejo kvantifikacije. To pomeni, da sevalec v spektru ni bil identificiran ali pa je bil signal najden, vendar je bil določen z veliko negotovostjo. Če je negotovost merskega rezultata večja od opažene vrednosti, to pomeni, da znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje pravo vrednost, leži v območju negativnih vrednosti, ki pa ne opisujejo realnega fizikalnega stanja. Z leti smo z raziskavami našli ustrezne načine računanja in poročanja o majhnih vrednostih. Pri tem smo bili prepoznani tudi v mednarodnem okolju [47]. Nič manj pa ni pomembna vpetost skupine za meritve ionizirajočega sevanja Instituta "Jožef Stefan" (IJS) v metrološko okolje, saj imamo edini v regionalnem področju v radiju nekaj 100 km potrjene in usklajene predloge najboljših merskih zmožnosti (CMC) na nivoju regionalnih metroloških organizacij in Mednarodnega biroja za mere in uteži (BIPM) za aktivnosti (Bq/kg) za Pb-210, Ra-226 in U-238 v fosforgipsu ter K-40 in Cs-137 v bioti. Tako lahko dokazujemo visoko znanstveno raziskovalno ter strokovno usposobljenost tako za izvedbo meritev, o njihovem poročanju in ovrednotenju.

Monografija *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice* je sestavljena iz sedmih poglavij, v katerih kritično obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, pri uživanju hrane in direktnem zunanjim sevanjem. Poglavja se vsebinsko dopolnjujejo in prepletajo. V prvem poglavju tako razlagamo vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolico in referenčno skupino ljudi (ribiči), to je do vnosa radionuklidov v telo (efektivna doza zaradi notranjega obsevanja) in tudi zunanjega sevanja (efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja). Tekočinski izpusti lahko vplivajo na pitno vodo zaradi mogočega stika Save s podtalnico, kar se obravnava v drugem poglavju. Za indikacijo tekočinskih izpustov se analizira tudi voda iz vrtin, ki so zelo blizu Save, pri čemer se ta voda ne uporablja za pitje ali kot tehnološka voda. Za potrditev morebitnega vpliva pa se analizira voda iz črpališč, zajetij in vodovodnih sistemov v krški in brežiški občini. Ker so nekatera črpališča plitva, zemljina pa prepustna, je mogoč vpliv na podtalnico tudi po zračni prenosni poti. Pri tem je mogočih več poti zunanjega in notranjega obsevanja. V tem poglavju so predstavljeni tudi rezultati dodatnega rednega nadzora H-3 v vodi iz vrtin v neposredni bližini brežin akumulacijskega jezera za HE Brežice. Pri usedih v 3. poglavju se obravnava padavinski in suhi used na vazelinskih ploščah. Used lahko vodi do zunanjega in notranjega obsevanja, saj



se delci v zraku posedajo na tla in lahko preko listov značilno pridejo v rastlinje, ki ga prebivalci uživajo. Če se takšen used zadrži na tleh, pa so prebivalci lahko izpostavljeni še zunanjemu sevanju. Transport in razširjanje plinov in aerosolov obravnava 4. poglavje. Pri tem je glavno orodje numerični izračun razredčitvenih koeficientov po Lagrangeevem modelu, ki realno opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevnih terenih ter območjih, kjer je hitrost vetra majhna (okolica NEK). V tem poglavju se oceni prispevek inhalacije in zračne imerzije zaradi atmosferskih izpustov iz NEK ob ograji NEK, kritično pa se komentirajo okoljske meritve z zračnimi črpalkami (aerosolni in ogljeni filtri). V petem poglavju se obravnava zunanje sevanje, ki izvira iz useda na tleh. Pri tem se primerja direktno ionizirajoče sevanje, ki se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri v okolju in spektroskopskimi meritvami vzorcev zemlje. Naslednje, 6. poglavje opisuje in razlaga vplive na prebivalstvo zaradi uživanja hrane, ki je pridelana na krško-brežiškem polju. Obravnavo smo dopolnili s statistično analizo podatkov, kar je dopolnitev kritične presoje podatkov in s tem tudi dodana vrednost k celotni monografiji. Statistična analiza omogoča razvrščanje podatkov v skupine z značilnimi parametri ter medsebojno primerjavo. V zadnjem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice*.

Avtorji poglavij v monografiji so znanstveniki in/ali strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega pa so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji. Svoje prispevke so pripravili na izviren in znanstveno-strokovno način, kjer so kritično komentirali merske izide in druge spremljajoče pomembne podatke. Oceno vplivov izpustov iz jedrske elektrarne na okoliško prebivalstvo ugotavljajo z računanjem letne efektivne doze, pri čemer upoštevajo tri starostne skupine. Če povzamemo izsledke poglavij, lahko sklenemo, da prebivalci, ki živijo na krško-brežiškem polju, v vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK in ob ograji NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Ocenjujemo, da je prispevek NEK zaradi zračnih in tekočinskih izpustov zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika.

Obravnava emisijskih in imisijskih rezultatov meritev in izračun letnih efektivnih doz izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju ima podlago v slovenski zakonodaji z vidika varstva pred sevanji, ki zahteva takšno ovrednotenje (pravilnik *JV 10* [11]), in v znanstvenem in strokovnem izražanju, saj lahko le tako v realnih razmerah preverjamo različne znanstvene metode in načine ovrednotenja merskih podatkov. Avtorji obravnavajo problematiko izpustov iz jedrske elektrarne ter morebitne vplive na ljudi v bližnji in širši okolici NEK ter skladno z zakonodajo podajajo neodvisna in znanstveno-strokovno utemeljena mnenja.

Monografija *Ugotavljanje radioaktivnosti v okolju v okolici NEK po zagonu HE Brežice* je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2017*, interna oznaka 4/2018.

Monografijo sta neodvisno recenzirala ("peer review") dr. Matjaž Korun in mag. Matjaž Koželj.

Recenzent dr. Matjaž Korun je mednarodno uveljavljen ekspert na področju spektrometrije gama. Na IJS se je zaposlil leta 1972, doktoriral je leta 1982. Leta 1983 je prevzel delo v laboratoriju za spektrometrijo gama, leta 1997 je bil imenovan za vodjo laboratorija, leta 2009 se je upokojil. Razen s spektrometrijo gama, kjer je uvajal metrološko podprte merske postopke, se je ukvarjal z neugodno pripravljenostjo, z zagotavljanjem kakovosti in z zaščito pred sevanjem. V Mednarodnem komiteju za metrologijo radionuklidov je bil delegat v letih 1992–2007, v letih 2002–2008 je bil podpredsednik, sedaj je pridružen član in član znanstvenega komiteja. V letih 2007–2011 je bil pooblaščen ekspert za varstvo pred sevanji in leta imenovan za vodjo ekspertov za varstvo pred sevanji na IJS. Na IJS je vodil izvajanje radiološkega merilnega nadzora v okolici NEK v letih 2001–2007 in republiškega merilnega nadzora radioaktivnosti okolja v letih 1992–2007. V letih 2002–2004 je bil vodja projekta MAAE "Development of Post-emergency Impact assessment Capability". Predaval je na tečajih spektrometrije gama in zagotavljanja kakovosti MAAE, Nuklearne elektrarne Krško in Univerze v Novi Gorici. Sodeloval je v ekspertskih misijah MAAE in TAIEX. Bil je mentor pri diplomskih in magistrskih nalogah ter enem doktoratu. Objavil je 98 znanstvenih člankov in 137 drugih del. Do sedaj so bila njegova dela citirana 607-krat. Recenziral je približno sto znanstvenih člankov. Revija *Applied Radiation and Isotopes* ga navaja med svojimi najbolj cenjenimi recenzenti v letu 2017. Sodeloval je pri pripravi podzakonskih aktov o merilnem nadzoru radioaktivnosti v okolju.



Mag. Matjaž Koželj ima več kot dvajsetletne izkušnje na področju jedrske tehnologije in varstva pred sevanji. Pri vrednotenju vplivov NE Krško na okolje in prebivalstvo sodeluje že več kot deset let. Je pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji za področje izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti in za področje varstva pred sevanji v jedrskih objektih, industriji, raziskovalnih in izobraževalnih ustanovah. Je predavatelj v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo Instituta "Jožef Stefan", kjer sodeluje pri izvedbi predavanj na področju varstva pred sevanji, jedrske in reaktorske fizike ter instrumentacije in regulacije. Mag. Matjaž Koželj je avtor ali soavtor več kot osemdeset izvirnih znanstvenih in strokovnih člankov, znanstvenih prispevkov na konferencah, samostojnih znanstvenih in strokovnih sestavkov, poročil in elaboratov. V preteklosti je kot ekspert in predavatelj sodeloval pri več tečajih, ki jih je organizirala Mednarodna agencija za atomsko energijo. Skoraj petnajst let je že član, zadnja leta pa tudi vodja ene izmed strokovnih skupin za oceno doz v skupini za obvladovanje izrednega dogodka pri Upravi RS za jedrsko varnost. Je tudi član Izvršilnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred sevanji.

doc. dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik





1 RADIATIVNOST V REKI SAVI

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi in ocena vplivov na prebivalstvo po savski prenosni poti na podlagi meritev tekočinskih izpustov in z uporabo modela.

V letu 2017 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje nekoliko nižja kot v letu 2016. Največ je bilo izpuščenega tritija, ki je edini umetni radionuklid, ki ga redno merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri vseh drugih umetnih radionuklidih je vpliv NEK v okolju nemerljiv oziroma nedoločljiv. Vsebnosti cezija in stroncija nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak posledica neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju (zunanje sevanje) in ingestije rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti ne presega 0,01 μSv na leto.

UVOD

Nadzorni program meritev na reki Savi obsega meritve v okolju (imisije) in meritve tekočinskih izpustov na samem viru v NEK (emisije). Meritve v okolju omogočajo splošno oceno stanja na območju okoli NEK, oceno morebitnih vplivov nizvodno od elektrarne in tudi vplivov zunanjih dogodkov, kot je bila černobilska nesreča. V ta namen se izvaja vzorčevanje in meritve vode, suspendirane snovi v vodi, sedimentov in vodne biote. Lokacije vzorčevanja so postavljene nizvodno in vzvodno od NEK, tako da je mogoče ločiti med drugimi zunanjimi vplivi in dejanskimi vplivi elektrarne.

NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z razmeroma nizkimi aktivnostmi se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW – Essential Service Water), ki je pred jezom elektrarne. Skozi kanal se tako izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD). Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na vzorčevalnih lokacijah, razen pri tritiju, skoraj vedno pod detekcijsko mejo meritev v okolju.

V reki Savi so tudi naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne verige ter radioaktivni kalij (K-40). V vzorcih je vedno berilij (Be-7), ki je kozmogene narave. Poleg tega sta še tritij (H-3) in radioaktivni ogljik (C-14), ki sta tako kozmogene kot antropogene narave. Poleg naravnih izotopov so zaradi globalne kontaminacije in medicinske uporabe radioaktivnih snovi povsod v okolju tudi umetni radionuklidi: stroncij (Sr-90), cezij (Cs-137) in jod (I-131).

Vplive na okolje ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo (IJS-DP-10114)* [28], [29]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva. Ocena vpliva na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

Neodvisno od radiološkega nadzora NEK se izvaja tudi nadzor drugih rek po Sloveniji v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji. Na Savi v Ljubljani, Krki, Savi pri Brežicah, Dravi, Muri, Kolpi se jemljejo enkratni vzorci vode četrletno ali polletno. Rezultati teh meritev se uporabljajo za splošno oceno stanja v Sloveniji, istočasno pa jih uporabljamo kot referenčne vrednosti za oceno vpliva NEK.



OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Zaradi izgradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane nekatere vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezom NEK in HE Brežice. Nove lokacije so namenjene spremljanju radioaktivnosti v akumulaciji jezera HE Brežice. Vzorčenja na teh lokacijah so se začela izvajati v drugi polovici leta. Nove lokacije vzorčevanja vod in sedimentov so levi breg pred jezom HE Brežice (4,7 km nizvodno od NEK, slika 1.1), desni breg pred jezom HE Brežice (5,5 km nizvodno od NEK) in "Nadomestni habitat" (1,7 km nizvodno od NEK, slika 1.2). Slednja lokacija je namenjena spremljanju vode za zapornim jezom, ki je na levem bregu in omogoča razlivanje reke pri visokih vodostajih. Uvedena je tudi nova avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice, ki je na levem bregu Save 100 m nad jezom HE Brežice (slika 1.3). Zajem vode poteka na globini okrog 5 m neposredno ob levem bregu (oddaljenost od brega okrog 6 m).

Kontinuirno vzorčevanje reke Save je tako po novem potekalo na štirih lokacijah (slika 1.4), in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK na levem bregu), HE Brežice (nad jezom, 7,2 km nizvodno od NEK), v Brežicah (8,2 km nizvodno od NEK in 400 m nizvodno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK na desnem bregu).

Prvi kontinuirni vzorčevalnik na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) deluje tako, da se zbirajo in merijo vzorci četrtletno, razen za tritij, ki se vzorčuje mesečno.

Na vzorčevalnih postajah HE Brežice in Brežice delujeta enaka kontinuirna vzorčevalnika z avtomatskim dnevnim zajemom vode. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo. Iz prelivne posode manjša črpalka kontinuirno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod (slika 1.4). Voda se pretaka preko filtrov, tako da se ločeno zbira filtrski ostanek. V vsaki posodi se zbira dnevni vzorec, ki omogoča tudi odvzem enodnevnega vzorca v primeru izrednega dogodka. Na dan se nabere nekaj litrov vode. Vzorcevalec nato na tri dni iz vsake zbirne posode natoči 1,6 litra vode v vzorčevalno posodo (mesečni vzorec 50 litrov). Na podoben način poteka odvzem vzorcev v Jesenicah na Dolenjskem, kjer se enako kontinuirano zbirajo mesečni vzorci. Vzorčevanja na postajah je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.



Slika 1.1: Lokaciji vzorčenja na levem in desnem bregu pred jezom HE Brežice



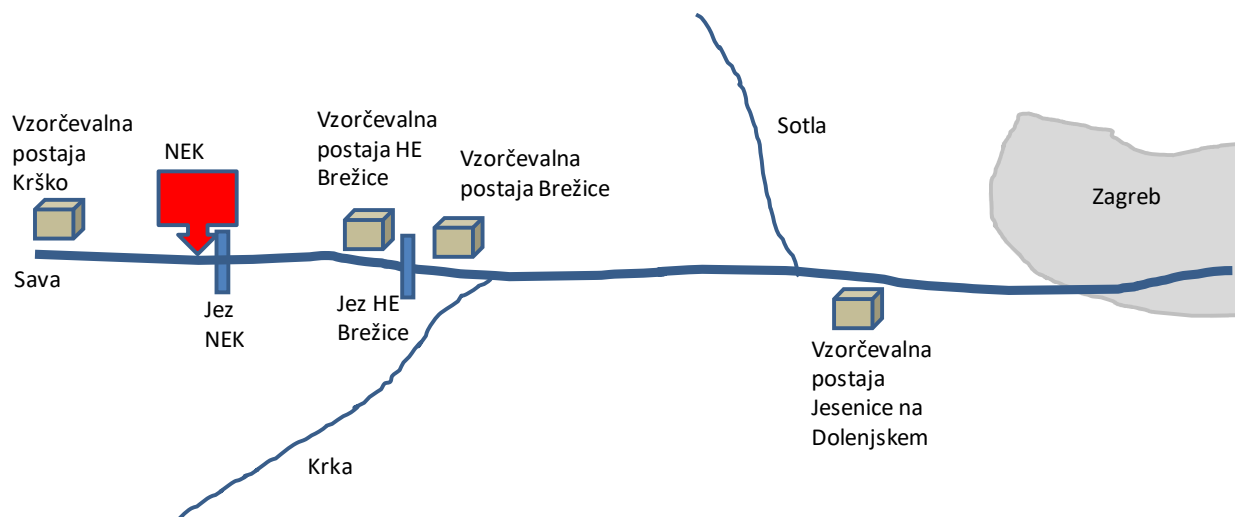
Slika 1.2: Lokacija vzorčenja "Nadomestni habitat" pod zapornim jezom, za levim bregom akumulacijskega jezera HE Brežice



Slika 1.3: Nova avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice (7,2 km nizvodno od NEK), kjer poteka kontinuirni zajem vzorcev vode

Kontinuirna vzorčevanja sestavljenih dnevnih vzorcev savske vode so namenjene predvsem za določanje povprečne koncentracije aktivnosti dolgoživih izotopov. Pri tem se ločeno merita voda in filtrski ostanek, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem.

Kontinuirno vzorčevanje ne omogoča ovrednotenja kratkoživih izotopov. Zato se neodvisno izvaja tudi kvartalno ali mesečno vzorčevanje enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (50-litrski vzorci). Iz rezultatov teh meritev lahko natančneje ocenimo koncentracije aktivnosti kratkoživega joda (I-131).



Slika 1.4: Shematski prikaz vseh kontinuirnih vzorčevalnih postaj ob reki Savi po izgradnji akumulacijskega jezera HE Brežice

Tako je potekal ločen odvzem enkratnih vzorcev vode na osmih lokacijah (v preteklih letih na 4 lokacijah), in sicer v Krškem, v "Nadomestnem habitatu", na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, neposredno nad jezo HE Brežice (ob avtomatski postaji), v Brežicah pod starim mostom, v Jesenicah na Dolenjskem in v kraju Podsused pri Zagrebu (okrog 30 km nizvodno od NEK). Vzorčevanje enkratnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.

Za ovrednotenje vplivov po savski prenosni poti se spremlja kvartalno in mesečno tudi radioaktivnost v sedimentih. Pri sedimentih so pomembne dolgoletne usmeritve, povezane z globalno kontaminacijo in tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK.

Vzorčevanje sedimentov je potekalo na 9 lokacijah, in sicer vzvodno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezo v NEK (desni breg), pri Pesju (na levem bregu), na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, neposredno nad jezo HE Brežice (ob avtomatski postaji), pri Brežicah (na levem bregu), pri Jesenicah na Dolenjskem (na desnem bregu) in na Hrvaškem v kraju Podsused pri Zagrebu. Vzorčevanje sedimentov sta opravila ZVD in IRB.

Navadno se pobira rečni sediment z brežin tam, kjer je naplavina mulja ali finega peska in je tok reke minimalen. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice (glej sliko 1.1) je skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije. Ustreznih lokacij za vzorčenje na brežini ob polnem akumulacijskem jezeru verjetno ni. Predvsem sediment na dnu akumulacijskega jezera lahko vsebuje radionuklide zaradi usedanja suspendiranega sedimenta in zaradi neposredne absorpcije radionuklidov na talnem sedimentu iz same vode. Največje odlaganje talnega sedimenta lahko pričakujemo tam, kjer je širina akumulacijskega jezera največja in je posledično najmanjši tok reke. Opažamo, da ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer lahko pričakujemo največje nanose (depozite) v talnem sedimentu.

Poleg spremljanja radioaktivnosti površinskih vod in sedimentov je pomemben indikator kontaminacije v Savi tudi vodna biota (ribe). Ulov rib je potekal v Krškem, na akumulacijskem jezeru HE Brežice, v Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem ter v Republiki Hrvaški v krajih Podsused in Otok. Četrtno vzorčevanje rib v Sloveniji je opravil ZVD, na Hrvaškem pa IRB.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Pri vzorcih vode, sedimentov in rib ločeno potekajo meritve sevalcev gama in čistih sevalcev beta (H-3, C-14 in Sr-90). Vsebnost sevalcev gama v vzorcih reke Save se je določala z visokoločljivostno spektrometrijo gama po postopku izvajalca meritev, ki vključuje pripravo vzorca s suhozračnim sušenjem



in homogenizacijo. S tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC) je bila merjena koncentracija aktivnosti tritija (H-3) v vodnem destilatu savske vode. Z metodo LSC se je merila tudi vsebnost C-14. Aktivnost Sr-90 se je določala z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu po postopku izvajalca meritve. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja izotopov Sr-90 in Sr-89, zato se izmerjena aktivnost nanaša na skupno aktivnost Sr-90/Sr-89. Ker pa je bila koncentracija aktivnosti kratkoživega Sr-89 v tekočinskih izpustih NEK pod mejo detekcije, se koncentracija aktivnosti Sr-90/Sr-89 dejansko nanaša le na Sr-90. Poleg tega pa je zaradi kratke razpolovne dobe Sr-89, ki bi bil posledica globalne kontaminacije, že v celoti razpadel.

Seznam meritev, pogostost posameznih meritev in izvajalci meritev so navedeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*.

Vzorčevanje in meritve na savski prenosni poti razlikujemo glede na vrsto vzorcev:

- vzorčevanje vode skupaj z grobo suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vode in filtrskega ostanka vode, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorčevanje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 150 g); vzorčevanje gibljevih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčevanje in meritve rib vrst mren, klen, podust, srebrni tolstolobik, platnica, ploščič, ščuka in krap z maso okrog 400 g (izmerjenih je bilo 27 rib); pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib; meritve ribjih mladice in ločene meritve kosti in mišic odraslih rib se od leta 2006 ne izvajajo več.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498, marec 2018*. Tabele z merskimi podatki o vodah in sedimentih so: T-1 do T-4 (ZVD, H-3 – IJS), T-5, T-6 (IRB); T-7, T-9, T-10, T-12, T-13, T-14 (ZVD, H-3 – IJS); T-11, T-15/p, T-16/p1, T-16/p2, T-16/p3, T-17/p, T-18 (IRB), T-HE 1 do T-HE 9 (ZVD, H-3 – IJS). Tabele z merskimi podatki o ribah so: T-19, T-21, T-22 (ZVD); T-22/p1, T-24, T-25 (IRB), T-HE 10, T-HE 11 (ZVD).

Tritij (H-3)

V vseh jedrskih elektrarnah je radioaktivni izotop vodika tritij (H-3) v tekočinskih in atmosferskih izpustih. Kot kozmogeni radionuklid nastaja tudi v zgornji plasti atmosfere pri jedrskih reakcijah visokoenergijskega kozmičnega sevanja na dušiku. Tritij se veže v molekulo vode (HTO) in z dežjem pride do zemeljske površine. Večina tritija je razredčena v oceanih. Poskusne jedrske eksplozije v petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja so naravni inventar tritija povečale za dva velikostna reda. Tako je njegova koncentracija aktivnosti v deževnici na severni polobli narasla z 0,6 kBq/m³ na 150 kBq/m³ v letu 1963. Do danes je zaradi radioaktivnega razpada in prehoda v oceanske vode koncentracija aktivnosti H-3 v deževnici padla na manj kot 1 kBq/m³ [27]. Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Tritij zato lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju [29].

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.5 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2017.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice 2,3 kBq/m³ (povprečje druge polovice leta) je višja od referenčnega odvzemnega mesta Krško 0,59 kBq/m³. V Brežicah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 2,5 kBq/m³, kar je zelo podobno kot nad jezom HE. Povprečna koncentracija aktivnosti je nižja od dolgoletnega povprečja 4,2 kBq/m³ zadnjih 14 let. Rezultati mesečnih meritev iz vzorčevalnih postaj HE Brežice in Brežice se lepo ujemajo v okviru merskih negotovosti. Odmika se le septembrska meritev (slika 1.5). Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v juniju 9,0 kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško 0,8 kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je 11-krat višja kot na



referenčnem odvzemu. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS.

V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB prav tako pokazale povišane vrednosti z letnim povprečjem $1,4 \text{ kBq/m}^3$ in z največjo vrednostjo $3,5 \text{ kBq/m}^3$, prav tako v mesecu juniju. Nekoliko nižje izmerjene koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem kot v Brežicah so posledica redčenja zaradi dotokov Krke in Sotle.

Zaznali smo tudi občasno povečanje koncentracije aktivnosti tritija pri enkratnih vzorcih nefiltrirane vode na lokaciji HE Brežice na levem in desnem bregu v septembru in decembru. Izrazito je bila drugačna največja izmerjena koncentracija aktivnosti 31 kBq/m^3 na desnem bregu akumulacijskega jezera. V tem času je bila koncentracija aktivnosti H-3 na levem bregu tudi povišana, vendar precej nižja ($1,9 \text{ kBq/m}^3$). Navadno čas odvzema enkratnih vzorcev ne poteka med izpuščanjem iz NEK. Predvidevamo lahko, da je bil septembrski vzorec sočasen z izpusti. Glede na dosedanja model bi pričakovali večje izmerjene vrednosti na levem bregu kot na desnem, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu nad jezo NEK. Pri tem je treba poudariti, da vzorci na obeh bregovih niso bili pobrani sočasno, temveč z manjšo časovno zakasnitvijo in je lahko tudi to vplivalo na izmerjene razlike.

Povišanih vsebnosti tritija v istem časovnem obdobju pri odvzemu enkratnega vzorca vode v kraju Podsused pri Zagrebu nismo zaznali.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne mesečne koncentracije H-3 večinoma pod 1 kBq/m^3 [16].

V vseh letih je tudi redno povišana koncentracija tritija v podzemni vodi v vrtini VOP-4 (blizu levega brega Save, 600 m nizvodno od jezua NEK). Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo letos 12 kBq/m^3 . Najvišja izmerjena koncentracija 27 kBq/m^3 je bila v marcu. Vsebnosti so precej višje kot v preteklem letu (glej tudi poglavje *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*).

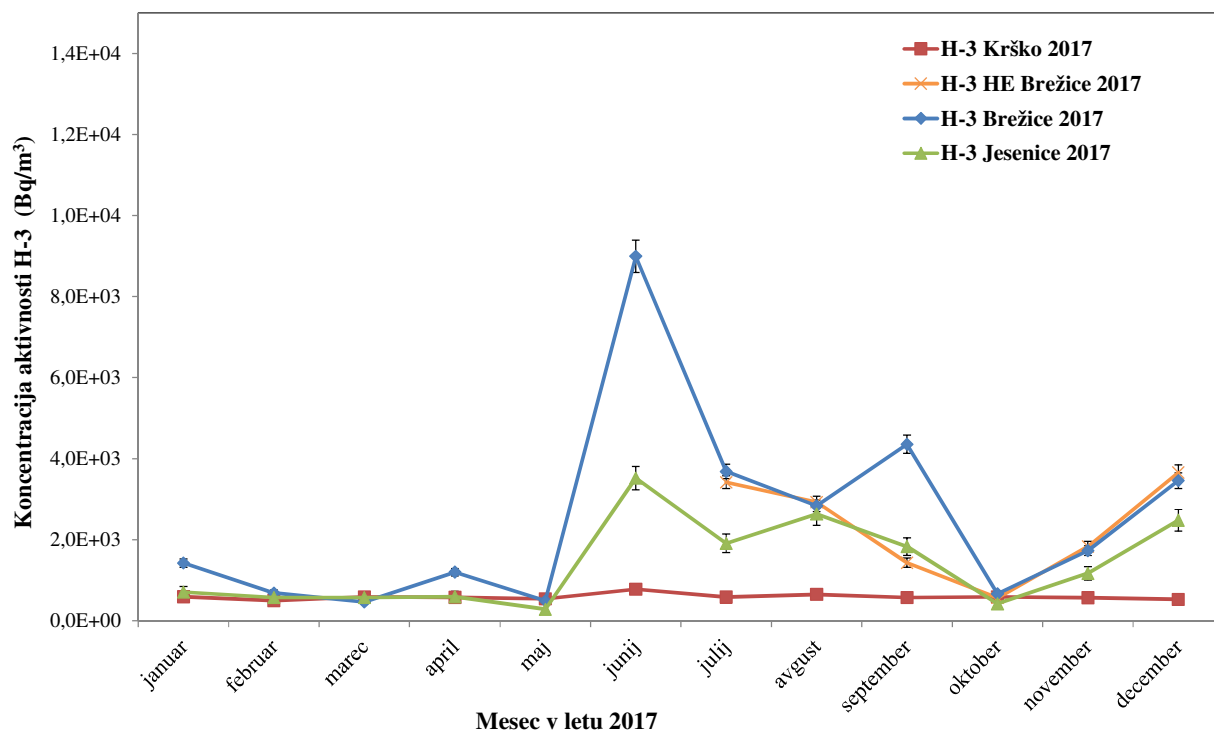
Po podatkih NEK so bili največji mesečni tekočinski izpusti H-3 opravljeni v decembru ($4,2 \text{ TBq}$), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letu 2016. Skupni letni izpust $8,6 \text{ TBq}$ je bil približno 2,3-krat manjši kot v letu 2016 ($19,9 \text{ TBq}$) in je nižji tudi od dolgoletnega povprečja (dolgoletno povprečje od 1999 do 2017 je $12,3 \text{ TBq}$). Zaradi manjših izpustov je bila tudi slabša korelacija med mesečnimi izpusti in narastkom koncentracije nizvodno od NEK. V času največjih izpustov predvsem v decembru ni bila izrazito povečana koncentracija H-3 v reki Savi v Brežicah ali Jesenicah na Dolenjskem. Na podlagi meritev v okolju bi pričakovali največje izpuste v mesecu juniju (slika 1.5), vendar je potrebno upoštevati, da je bil v poletnih mesecih nizek pretok reke Save ($91 \text{ m}^3/\text{s}$ v Krškem in Brežicah), v decembru pa je bil izrazito visok ($505 \text{ m}^3/\text{s}$ v Krškem in Brežicah).

Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah pomeni, da je bila odšteta izmerjena koncentracija aktivnosti tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunane koncentracije aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Poleg tega smo predpostavili, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji.

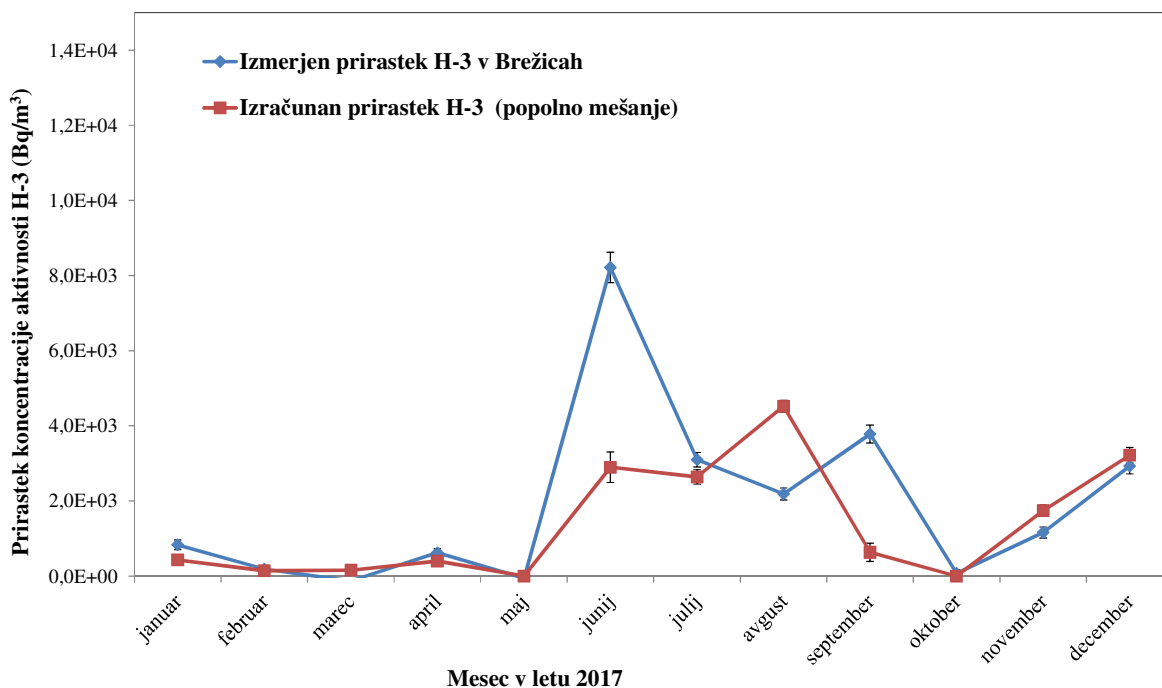
Na sliki 1.7 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije aktivnosti in izračunanimi letnimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah od leta 2002. Dolgoletne težnje kažejo, da na mestu vzorčevanja v Brežicah v preteklosti najverjetneje še ni prišlo do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. Izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije aktivnosti tritija so bili sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Po izgradnji jezua HE Brežice so se hidrodinamske razmere spremenile. Po dosednji metodologiji lahko ocenimo razredčitveno razmerje *DR* (*Dilution Ratio*) v Brežicah. Razredčitveno razmerje *DR* je razmerje med prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na nekem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) in prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na mestu s popolnim mešanjem vode:

$$DR = \frac{C_{w,L}}{C_{w,tot}} \quad (1.1)$$

kjer sta $C_{w,L}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{w,tot}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3) [29].



Slika 1.5: Primerjava koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Lokacija Krško je glede na tok Save pred elektrarno in je zato referenčna.



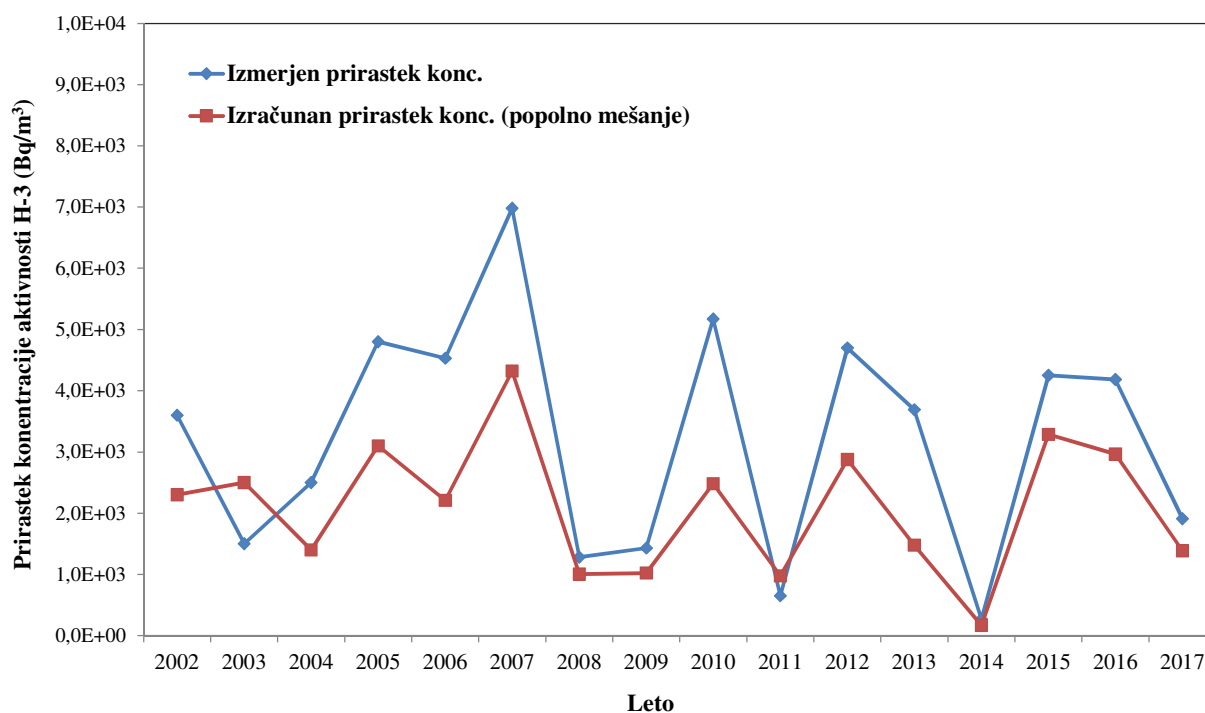
Slika 1.6: Primerjava med mesečnimi izmerjenimi prirastki koncentracije aktivnosti tritija v reki Savi v Brežicah in izračunanimi prirastki koncentracije aktivnosti. Izračunana koncentracija aktivnosti je dobljena iz mesečnih tekočinskih izpustov H-3 in pretoka Save (mesečni izpust / mesečna prostornina pretečene Save).



Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (1.2):

$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (1.2)$$

kjer sta A_{H-3} skupna letna izpuščena aktivnost tritija (Bq), produkt $F \times t$ pa celotni letni volumen pretečene Save v kubičnih metrih. Pri tem je F povprečni letni pretok, t pa je čas (eno leto).



Slika 1.7: Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi v Brežicah in izračunanimi koncentracijami aktivnosti, dobljenimi na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save (letni izpust / letna prostornina pretečene Save) ob predpostavki popolnega mešanja.

Vrednosti DR so lahko 0 na lokacijah, kjer še ni prišlo do mešanja, med 0 in 1 na lokacijah, kjer se čista voda le delno meša s kontaminirano (npr. na nasprotnem bregu pod izpustom) ali pa $DR > 1$ na lokacijah, kjer je mešanje kontaminirane vode s čisto nepopolno (npr. na istem bregu neposredno pod izpustom). Pri popolnem mešanju je DR enak 1.

Iz razlike med povprečnima letnima koncentracijama aktivnosti tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti v Brežicah $C_{w,L}$, ki je bil $1,91 \text{ kBq/m}^3$ (slika 1.7). Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil $1,39 \text{ kBq/m}^3$. Tako je bilo v letu 2017 razredčitveno razmerje DR v Brežicah ocenjeno na 1,4. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2007 do 2017) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je bilo $(1,5 \pm 0,5)$. Za zdaj ni opaznega vpliva zaradi izgradnje HE Brežice na razredčitveno razmerje v Brežicah. Pričakovali bi, da se pred jezom reka dodatno zmeša in je tako razredčitveno razmerje v Brežicah zelo blizu $DR = 1$. Ugotovljamo, da dosedanji preprost model podcenjuje izmerjene vrednosti (sliki 1.6 in 1.7). To ugotovitev lahko pripišemo tudi dejstvu, da model ne upošteva vseh hidravličnih lastnosti reke Save (mešanje na jezcu, negotovosti pretokov, zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred izgradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice) in druge).



Ogljik (C-14)

Večina C-14 v okolju je danes posledica naravnega kozmičnega sevanja. Poskusne jedrske eksplozije so njegovo aktivnost v atmosferi v šestdesetih letih podvojile. Le manjši delež C-14 nastaja zaradi izpustov jedrskih objektov. Od leta 2013 se C-14 sistematično meri v četrletnih vzorcih tekočinskih efluentov [18], [19], [20], [22], [23], [26].

C-14 je bil letos merjen tudi v savski vodi in v ribah [25]. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice (blizu Pesja) so bili odvzeti enkratni vzorci vode v zadnjih dveh četrletjih. Povprečna koncentracija aktivnosti na desni obali akumulacijskega jezera je bila 86,4 pMC (9,8 Bq/m³ vode) kar je enako, kot je bila povprečna koncentracija na levi obali 87,6 pMC (9,9 Bq/m³ vode). Enkratni vzorci niso bili odvzeti neposredno med izpuščanjem odpadnih tekočin iz NEK. V tem letu je bil izmerjen tudi vzorec ribe (klen) v akumulacijskem jezeru HE Brežice. Izmerjena relativna specifična aktivnost C-14 v ribi je bila 93 pMC. Vse izmerjene aktivnosti so nižje od navadnih trenutnih atmosferskih aktivnosti ≈ 103 pMC.

Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 0,13 GBq [26], kar je za red velikosti manj kot v preteklih letih. Ob tem je potrebno poudariti, da v tem letu ni bilo remonta v NEK. Opažamo, da so bili izpusti tudi precej nižji od grobe ocene, ki jo naredimo glede na obratovalno moč elektrarne (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW na leto [33]) ali oceno, da so tekočinski izpusti C-14 le red velikosti 1 % zračnih izpustov. 76,7 GBq zračnih izpustov v letu 2017 nam da oceno manj kot 1 GBq tekočinskih izpustov. Aktivnost izpuščenega C-14 je bila v tem letu 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju.

V površinskih vodah je C-14 glede na običajni pH večinoma v obliki hidrogenkarbonatov (HCO₃⁻). V Savi je tipično 250 mg/L HCO₃, kar je 50 mg/L ogljika v vodi [34]. Iz slednjega in osnovne definicije (100 pMC = 226 Bq/kg stabilnega ogljika) preračunamo pretvorbo iz enote pMC v Bq/m³ (100 pMC je enako 11,3 Bq/m³ savske vode). Glede na letne izpuste v Savo je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla na manj kot 0,1 Bq/m³ (< 1 pMC). Zaradi prisotnosti naravnega, večinoma kozmogenega, C-14 v okolju (malo nad 100 pMC), tako nizke koncentracije aktivnosti ni mogoče izluščiti iz naravnega ozadja.

Vnos radioaktivnega ogljika v ribe poteka preko vode in vodnih rastlin, s katerimi se hranijo ribe. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi [35]. To pomeni enako relativno specifično aktivnost C-14 (izraženo v pMC) v vodi kot tudi v vodni bioti. Na podlagi ocenjenega povprečenega prirastka C-14 v Savi (< 0,1 Bq/m³) zaradi vpliva NEK lahko ocenimo, da bi se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah podobno kot v vodni bioti zanemarljivo povečala.

Jod (I-131)

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno opažen v tekočinskih efluentih NEK. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi uporabe tega izotopa v medicini. V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131 iz NEK.

I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Koncentracija aktivnosti joda zelo niha in je včasih tudi pod mejo detekcije. Povprečna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih je bila od 1,6 Bq/m³ do 4,7 Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu na levem bregu jezera HE Brežice. Najvišja posamična vrednost 8,3 Bq/m³ je bila izmerjena v Jesenicah na Dolenjskem in se ni bistveno odmikala od najvišje posamične izmerjene vrednosti na referenčnem mestu v Krškem (7,5 Bq/m³). V okviru ločenega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [16] so bile meritve na reki Savi v Brežicah podobne, kot jih je v okviru nadzora NEK izmeril ZVD, in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,4 Bq/m³ v Brežicah. V tem letu je bil jod izmerjen skoraj v vseh rekah.

V tem letu v talnem sedimentu jod ni bil zaznan na nobeni lokaciji.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK (meritve ZVD in IRB) ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih. Glede na koncentracije aktivnosti joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 5 Bq/m³) bi



pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$) [29], kar pa je pod mejo detekcije.

Cezij (Cs-137)

Radioaktivni cezij (Cs-137) je povsod v okolju in je posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu). Cezij izmerimo tudi v tekočinskih efluentih NEK. Letni izpust Cs-137 je bil 1,0 MBq, kar je podobno kot v letu 2016. Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [29]. Če bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Če upoštevamo letne izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 $C_{w,L}$ v Brežicah na okrog 0,2 mBq/m³. Ocenjena koncentracija aktivnosti cezija je daleč pod mejo detekcije oziroma je tri velikostne rede nižja od izmerjenih vrednosti, zaradi česar tega prispevka ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti v vodi je bila na referenčnem mestu v Krškem 0,09 Bq/m³, kar je podobno kot v Brežicah 0,22 Bq/m³ ali na HE Brežice 0,29 Bq/m³. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v savski vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) na spodnji meji aktivnosti. Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. V tem letu je bilo ravno obratno.

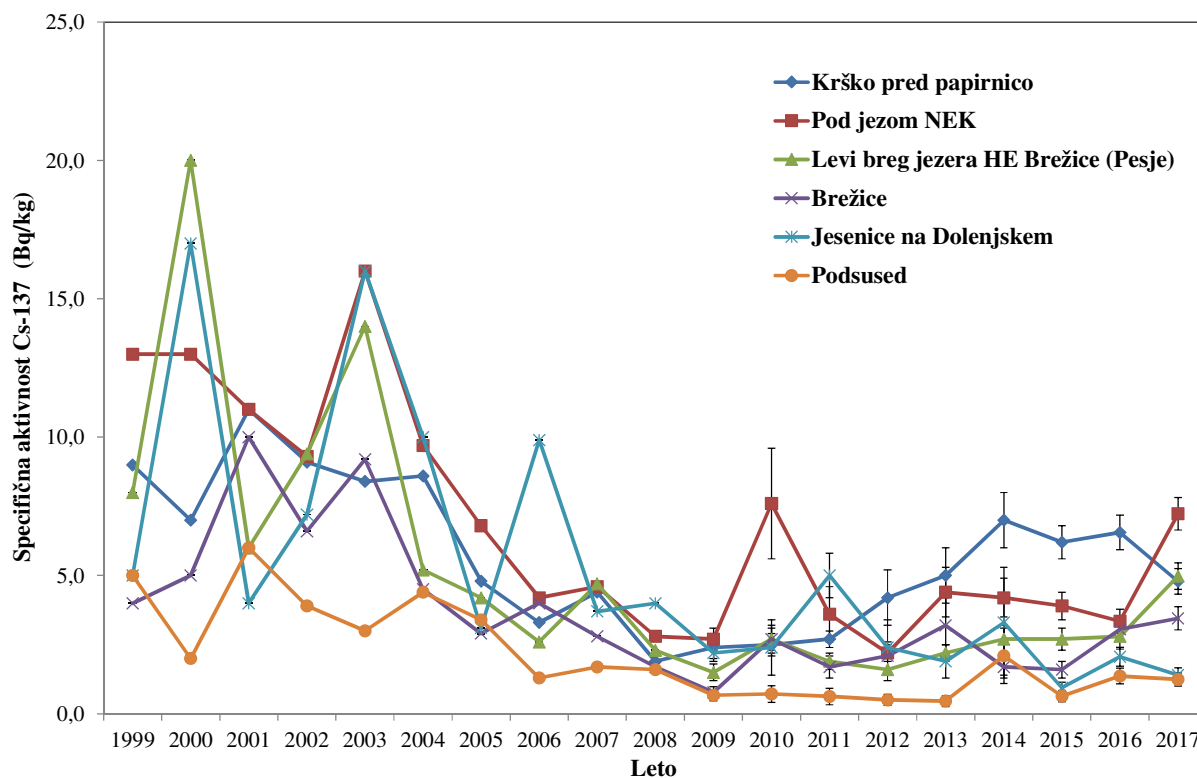
Podobno kot pri vodni sušini so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma na spodnji meji aktivnosti. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 0,12 Bq/m³ v Brežicah je bila podobna kot pri HE Brežice (0,2 Bq/m³) ali v Jesenicah na Dolenjskem (0,11 Bq/m³). Primerljive vsebnosti (v okviru merske negotovosti) so izmerjene tudi na referenčnem mestu Krško 0,05 Bq/m³.

Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (vodna sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih. Povprečne koncentracije aktivnosti cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila izmerjena v reki Dravi 0,8 Bq/m³ [16].

Iz merskih rezultatov vode, kjer je bil Cs-137 detektiran, lahko povzamemo le, da je povprečna koncentracija aktivnosti v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih primerljiva in da je vpliv NEK nemerljiv.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v obrežnih sedimentih, ki jih je meril IRB, je bila v Krškem (pod mostom) 4,8 Bq/kg z največjo vrednostjo 6,1 Bq/kg, pod jezom NEK 7,2 Bq/kg z največjo vrednostjo 8,2 Bq/kg, v na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) 5,0 Bq/kg z največjo vrednostjo 7,0 Bq/kg, v Brežicah 3,5 Bq/kg z največjo vrednostjo 9,1 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem 1,4 Bq/kg z največjo vrednostjo 2,7 Bq/kg in v Podsusedu 1,3 Bq/kg z največjo vrednostjo 1,5 Bq/kg. Podobne specifične aktivnosti so bile izmerjene na referenčni lokaciji Krško. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so primerljivi meritvam IRB.

Specifična aktivnost cezija v sedimentih kaže najvišje povprečne mesečne aktivnosti pod jezom NEK (slika 1.8). S slike je razvidno, da se specifična aktivnost cezija v sedimentu v glavnem na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so sicer v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (navadna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). V zadnjih letih je bilo opazno naraščanje specifične aktivnosti cezija na lokacijah Krško pred papirnico, kar je posledica naravnih procesov, ki niso vezani na izpuste NEK. Zaradi majhnih izpustov in razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti lahko sklenemo, da vpliva NEK-a v sedimentu ni mogoče zaznati.



Slika 1.8: Primerjava specifičnih aktivnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save

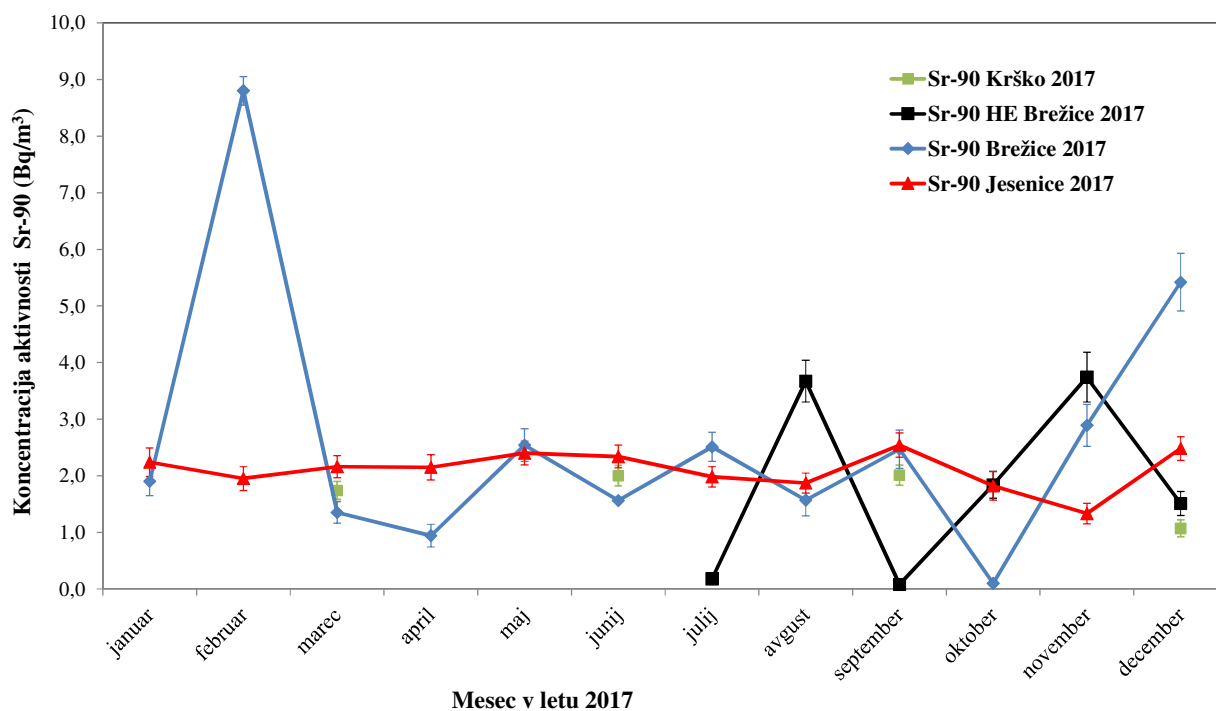
Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa so nizvodno pod izpustom NEK, kažejo povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah na spodnji meji aktivnosti od 0,04 Bq/kg do 0,1 Bq/kg in je v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih podobna. Glede na koncentracije aktivnosti cezija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 0,3 Bq/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog 0,6 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor $B_r = 2,0 \text{ m}^3/\text{kg}$) [29]. Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK nemerljiva.

Stroncij (Sr-90)

Sr-90 je podobno kot radioaktivni izotop cezija Cs-137 povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. V primerjavi s cezijem je bil delež stroncija v okolju zaradi vpliva Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv. Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno v tekočinskih izpustih NEK (0,13 MBq v letu 2017), vendar so aktivnosti izpustov precej nižje od aktivnosti izpustov cezija.

Večina stroncija je raztopljen v sami vodi, saj je koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi vsaj 10-krat večja kot v filtrskem ostanku. Na splošno je v vodi stroncij v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 1.9 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odvzemnih mestih v letu 2017.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti 1,7 Bq/m³ kot v nadzornem mestu HE Brežice 1,8 Bq/m³, v Brežicah 2,7 Bq/m³ ali v Jesenicah na Dolenjskem 2,1 Bq/m³. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrtletna povprečja od 2,4 Bq/m³ do 4,8 Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila nad jezom HE Brežice 6,5 Bq/m³.

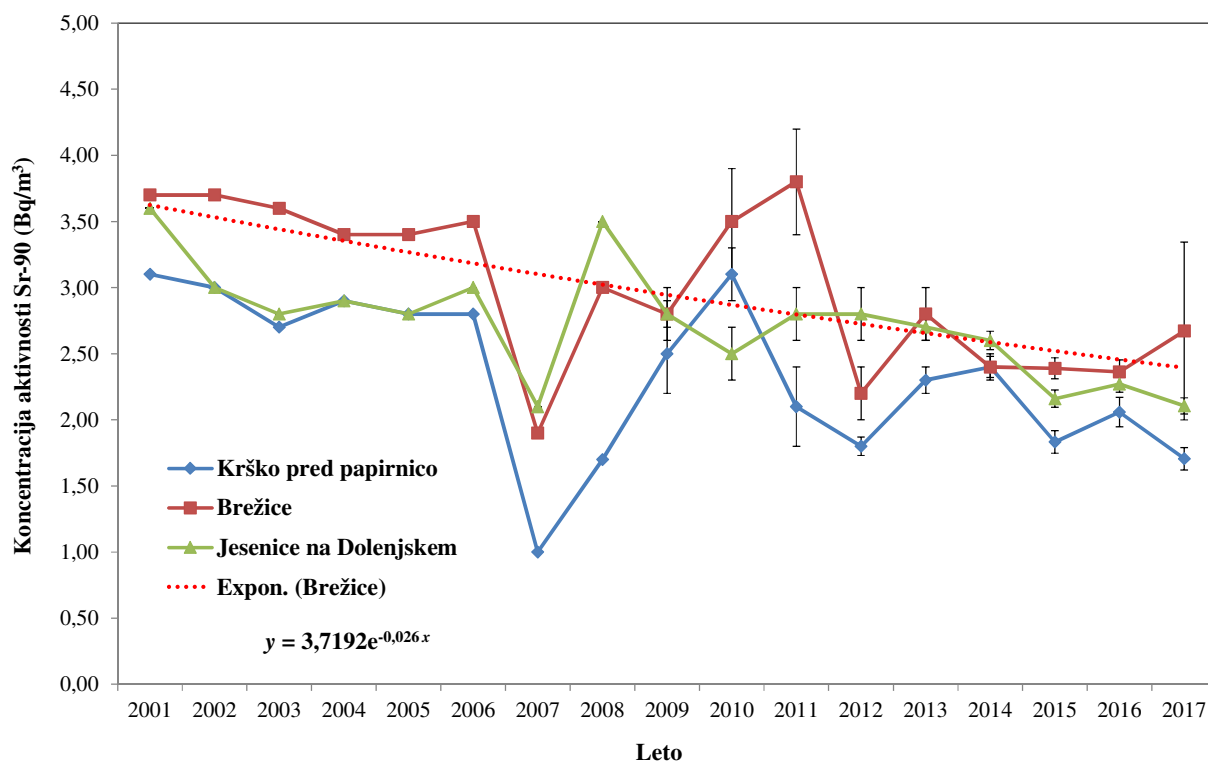


Slika 1.9: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (v suhem ostanku po izparevanju vzorca) reke Save na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. V Krškem so bili izmerjeni kvartalni vzorci, zato na grafu za to mesto ni povezane linije.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 2,8 Bq/m³ [16]. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v savski vodi so v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.10). Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija (28,8 let). Primerjava meritev na različnih lokacijah z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile 1,6 Bq/kg v Krškem, 0,1 Bq/kg na levem bregu jezera HE Brežice, 1,7 Bq/kg na desnem bregu jezera HE Brežice, 1,0 Bq/kg v Brežicah in 2,4 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem. Pri meritvah IRB je bil stroncij v talnih sedimentih merjen na lokaciji Podsused pri Zagrebu, kjer je bila povprečna specifična aktivnost na spodnji meji aktivnosti 0,04 Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let.

Ugotavljamo tudi, da je specifična aktivnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi bila lahko posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva, saj v okviru merske negotovosti ni razlik med posameznimi lokacijami. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med specifičnimi aktivnostmi stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem kopiči v kosteh, kjer so navadno vsebnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na koncentracije aktivnosti stroncija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 3 Bq/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor $B_r = 0,06 \text{ m}^3/\text{kg}$) [29]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti v ribah od 0,1 Bq/kg do 0,9 Bq/kg (mišice in kosti ribe skupaj, meritve ZVD) se dobro ujemajo z oceno in so podobne kot v preteklih letih.



Slika 1.10: Primerjava povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (vodni sušini) reke Save in usmeritev eksponentnega upadanja zaradi radioaktivnega razpada (razpadna konstanta Sr-90 je 0,024 na leto in se lepo ujema z usmeritvijo na grafu).

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2017 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Podobno kot v preteklem letu tudi v tem letu Cs-134 sploh ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izmed naštetih radionuklidov zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu.

Naravni radionuklidi

Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 1 Bq/m³. Koncentracije aktivnosti K-40 v vodi so bile nekoliko višje, in sicer okrog 50 Bq/m³. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 30 Bq/kg.

Vsebnosti naravnih radionuklidov so primerljive z vrednostmi v drugih rekah po Sloveniji. Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Najvišja koncentracija aktivnosti K-40 je bila izmerjena v Savinji 138 Bq/m³ [16].

Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov so primerljive z rezultati meritev v drugih rekah po Sloveniji. V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje.



OCENA VPLIVOV

Izpostavitve prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kaluž uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save. V letu 2003 sta bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [28] in revidirana v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [29]). V metodologiji so identificirane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne skupine za Slovenijo in Hrvaško. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj prenosne poti, ki potekajo po Savi, je bila izbrana kot referenčna skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin (to je tista skupina, ki potencialno prejme najvišje doze).

Zaradi izgradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK in nastanka akumulacijskega jezera, je lahko prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva. Sedanja ocena vplivov izpuščenih radionuklidov, ki je opisana v nadaljevanju, temelji na starih predpostavkah in ne vključuje novega stanja.

Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščene radioaktivnosti v reko Savo. Kasnejša analiza v letu 2009 je ugotovila, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezo NEK), ki je prikazana na sliki 1.11. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo.



Slika 1.11: Lokacija, kjer se računa modelska doza za referenčno skupino (ribiči) 350 m od jezua. Stara lokacija je bila 7,7 km nizvodno od jezua NEK.

V tabeli 1.1 je inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar je vhodni podatek pri oceni letne efektivne doze. V tabeli 1.1 so navedeni tudi vsi pomembni radionuklidi, ki bi potencialno lahko bili v izpustnih vodah. Iz tabele je razvidno, da je največ izpuščenega H-3 (tritija), vendar je ta radionuklid z vidika radiotoksičnosti malo pomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Pomemben je tudi C-14, ki sicer nima visoke radiotoksičnosti, vendar je po izpustih takoj za tritijem. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri ingestiji niso pomembni.


Tabela 1.1: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2014, 2015, 2016 in 2017 [8].

Radionuklid	2014 (Bq na leto)	2015 (Bq na leto)	2016 (Bq na leto)	2017 (Bq na leto)
H-3	1,73E+12	1,63E+13	1,99E+13	8,64E+12
C-14	1,69E+09	1,21E+09	9,20E+09	1,25E+08
Na-24	–	–	–	–
Cr-51	–	–	–	–
Mn-54	2,57E+05	–	–	–
Fe-55	5,06E+06	5,63E+06	2,95E+06	2,02E+06
Fe-59	–	–	–	–
Co-57	–	–	–	–
Co-58	2,65E+07	7,96E+06	2,22E+06	5,97E+05
Co-60	5,28E+06	4,83E+06	2,36E+06	1,38E+06
Zn-65	–	–	–	–
Se-75	–	–	–	–
Sr-85	–	–	–	–
Sr-89	–	–	–	–
Sr-90	1,58E+05	7,57E+04	6,51E+04	1,34E+05
Y-92	–	–	–	–
Zr-95	–	–	–	–
Nb-95	3,37E+05	–	–	–
Nb-97	–	–	–	–
Mo-99	–	–	–	–
Tc-99m	–	–	–	–
Kr-85	–	–	–	–
Kr-85m	–	–	–	–
Kr-87	–	–	–	–
Kr-88	–	–	–	–
Rb-88	–	–	–	–
Ru-103	–	–	–	–
Ru-106	–	–	–	–
Ag-110m	5,06E+06	1,07E+07	3,17E+06	1,39E+06
Sn-113	–	–	–	–
Sb-124	–	–	–	–
Sb-125	–	–	–	7,04E+05
Te-123m	–	–	–	–
Te-125m	–	–	–	–
Te-127m	–	–	–	–
Te-129m	–	–	–	–
Te-132	–	–	–	–
I-129	–	–	–	–
I-131	–	2,22E+06	2,01E+04	–
I-132	–	–	–	–
I-133	–	3,32E+05	–	–
I-134	–	–	–	–
Cs-134	–	–	–	–
Cs-137	4,01E+05	1,12E+06	1,71E+06	1,00E+06
Cs-136	–	–	–	–
Cs-138	–	–	–	–
Xe-131m	–	–	–	–
Xe-133	1,45E+05	1,17E+08	9,33E+05	–
Xe-133m	–	–	–	–
Xe-135	2,40E+05	1,30E+05	–	–
Xe-135m	–	–	–	–
Ba-140	–	–	–	–
La-140	–	–	–	–
Ce-141	3,96E+05	–	–	–
Ce-144	4,99E+06	7,20E+05	5,91E+05	–
Hg-203	–	–	–	–



Za izračun letne efektivne doze v letu 2017 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($198 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na novi lokaciji (350 m nizvodno od jeza NEK) je (3 ± 2) in v Brežicah ($1,5 \pm 0,5$); dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2017, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 1.7);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta (10 g/m^3 , povprečje med meritvami v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK najpomembnejše zadrževanja na bregu (zunanje sevanje) in uživanje rečnih rib. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo upoštevali v računu. Pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*. Analizirana je tudi izpostavitve pri plavanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, saj je savski breg pod NEK težko dostopen in neprijazen, zato plavanje ni upoštevano v modelu. Mnogo verjetnejše je kopanje v reki Krki.

V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, ki je značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Po informacijah gospodarja ribiške družine morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti ribiči so referenčna skupina, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 1.2 so podane značilnosti referenčne skupine ribičev, ki so bile uporabljene v metodologiji, kot so: čas, ki ga ribič in njegov otrok preživita na bregu, in letna poraba rib iz Save. Za oceno izpostavljenosti pri pitju savske vode (malo verjetna prenosna pot) so uporabljeni podatki za letno porabo Evropske unije in slovenske zakonodaje po starostnih skupinah: 260 L (dojenčki 1 leto), 350 L (otroci 7–12 let) in 750 L (odrasli > 17 let).

Ocenjena letna efektivna doza za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju, tabela 1.3), je za odraslo osebo v Brežicah $0,004 \mu\text{Sv}$. Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo $0,008 \mu\text{Sv}$ (tabela 1.4). Največja negotovost izračuna letnih efektivnih doz izvira iz negotovosti koncentracijskih faktorjev B_f za ribe, saj se privzeti faktorji lahko odmikajo tudi za red velikosti. Podobno ne poznamo tudi negotovosti doznih faktorjev, ki so večji od merskih negotovosti.

Tabela 1.2: Značilnosti referenčne skupine in maksimalno izpostavljenega posameznika za Slovenijo, uporabljene v metodologiji

	Referenčna skupina	Maksimalno izpostavljeni posameznik
Čas, ki ga ribič preživi na bregu	200 h	500 h
Čas, ki ga ob ribiču preživi njegov otrok (10 let)	100 h	250 h
Letna poraba rib iz Save – ribič	10 kg	45 kg
Letna poraba rib iz Save – otrok (10 let)	3 kg	10 kg
Letna poraba rib iz Save – dojenček (1 leto)	0 kg	0 kg
Velikost referenčne (kritične) skupine	36 ljudi	–


Tabela 1.3: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva v Brežicah, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	Brežice	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,0042 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0005 μSv Prispevek ingestije rib: 0,004 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,002 μSv	0,03 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,0013 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0002 μSv Prispevek ingestije rib: 0,001 μSv	0,02 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,03 μSv

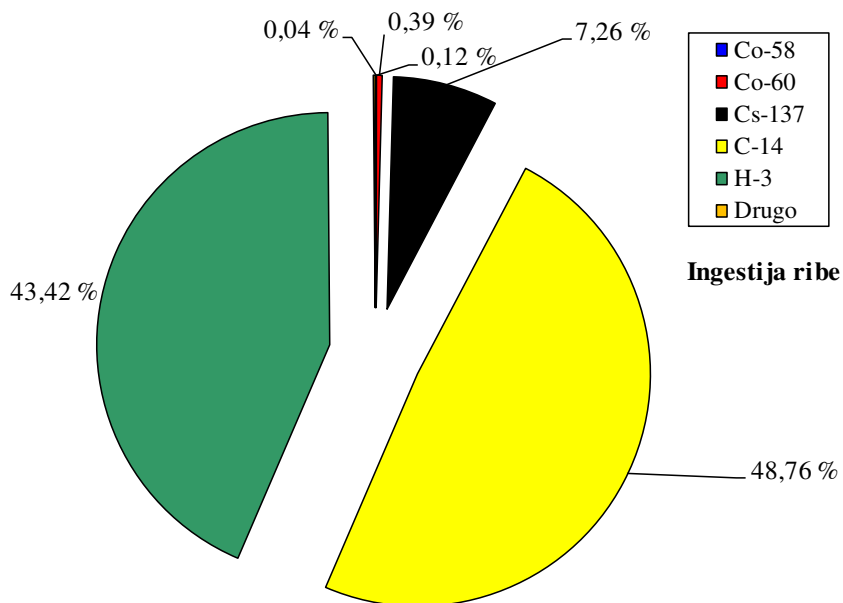
Tabela 1.4: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,0084 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,001 μSv Prispevek ingestije rib: 0,008 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,004 μSv	0,06 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,0026 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0004 μSv Prispevek ingestije rib: 0,002 μSv	0,03 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,07 μSv

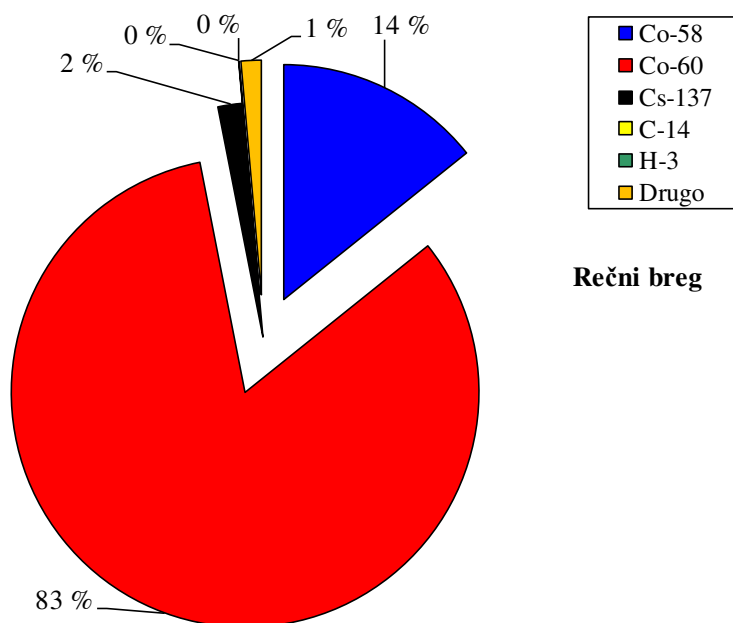
Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) prejmejo še nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [29] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

Na slikah 1.12, 1.13 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib).

C-14 največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (49 %, dominantna je ingestija rib). Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je praktično celotna obremenitev zaradi Co-60 in Co-58 97 %. Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 skoraj 100 %.



Slika 1.12: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni dozi (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija ribe na lokaciji 350 m nizvodno od NEK). Največ prispeva C-14.



Slika 1.13: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu 350 m nizvodno od NEK. Največ prispevata Co-58 in Co-60.



SKLEPI

Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK. Njegov prispevek v reki Savi je bil v letu 2017 nekoliko nižji kot v letu 2016. Tritij se v okolju pojavlja tudi kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s padavinami spira na tla.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih radionuklidov v reko Savo je v okolju zanemarljiv in tudi večinoma nemerljiv, saj so prispevki neločljivi od njihovih običajnih vrednosti v okolju (naravni izvir, globalna kontaminacija). Na podlagi podatkov o količini izpustov iz NEK in modelske ocene bi morali v okoljskih vzorcih takoj za tritijem zaznati C-14, Co-58, Co-60, Ag-110m in Cs-137.

C-14 je bil v letu 2017 merjen tudi v okoljskih vzorcih (rečna voda, riba). Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila precej nižja kot v letu 2016 in je 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Zaradi razredčitve v Savi in glede na prisotnost C-14 v okolju, ga je v mesečnih vzorcih težko ločiti od naravnega ozadja.

Kobaltnih izotopov v okolju v letu 2017 nismo zaznali. Aktivnosti cezija in stroncija v vzorcih nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije.

Prisotnost joda v okolju je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2017 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da izračunana letna učinkovita doza referenčne skupine na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti ne presega $0,01 \mu\text{Sv}$ na leto.

Zaradi izgradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezoma NEK in HE Brežice. Navadno se pobira rečni sediment z brežin tam, kjer je naplavina mulja ali finega peska in je tok reke minimalen. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice je skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije. Predvsem sediment na dnu akumulacijskega jezera lahko vsebuje radionuklide zaradi izpustov NEK. Opažamo, da ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer lahko pričakujemo največje nanose v talnem sedimentu. Predlagamo, da zavezanec za merilni nadzor in izvajalci le tega poskušajo dolgoročno, namesto podvajanja vzorčevalnih mest obrežnih sedimentov, zagotoviti tudi spremljanje radioaktivnosti sedimentov na dnu akumulacijskega jezera.

Meritve enkratnih vzorcev vode nad HE Brežice nakazujejo na možnost, da ne poznamo dovolj dobro vpliva novih hidrodinamskih razmer na mešanje efluentov v reki Savi, predvsem v akumulacijskem jezeru. Na podlagi rezultatov meritev enkratnih vzorcev vode obstaja možnost, da so neposredno po izpustu koncentracije izpuščenih radionuklidov na desnem bregu akumulacijskega jezera višje kot na levem. Pričakovali pa bi višje izmerjene vrednosti na levem bregu, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu. Tudi kontinuirni vzorčevalni postaji HE Brežice in Brežice, ki se uporabljata za vrednotenje mesečnih in letnih vplivov, zajemata vodo na levem bregu. Predlagamo, da se opravi podrobna analiza širjenja koncentracije aktivnosti H-3 med izpustom nizvodno od NEK, predvsem v akumulacijskem jezeru. Zaradi nastanka akumulacijskega jezera so morda nastale tudi spremembe pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva. Predlagamo, da se revidira obstoječi model izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo.





2 RADIOAKTIVNOST V PITNI IN PODZEMNI VODI

POVZETEK

V poglavju obravnavamo radioaktivnost v podzemni vodi na krško-brežiškem polju, ki se uporablja za pitje, namakanje in druge gospodarske namene. Vir pitne vode na tem območju je podzemna voda, vodonosniki so bolj ali manj povezani s Savo, napajajo se tudi s padavinami. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2017 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo vpliv izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2017 se je nadaljevalo vzorčenje na vseh lokacijah, ki so bile v rabi tudi v letu 2016. Vzorčevana je bila voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter iz podtalnice na Hrvaškem. Dodatno so bile vzorčevane še tri vrtine za določanje trenutne aktivnosti H-3 v akumulacijskem jezeru HE Brežice. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila zaznana le H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil pod mejo kvantifikacije, I-131 v pitni vodi in podtalnici ni bil zaznan, Ru-106 pa enkrat, v času prehoda radioaktivnega oblaka čez vzhodno in jugovzhodno Evropo. Na podlagi izmerjenih povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov je bila ocenjena letna učinkovita doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vzorčenih vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne učinkovite doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v pitni vodi so podobne kot v prejšnjih letih in so glede na celotno letno dozo 0,13 % v brežiškem in 0,72 % v krškem vodovodu. Na podlagi izračunanih letnih učinkovitih doz umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2017 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.

UVOD

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [11]. Vodovod Ljubljana je referenčna lokacija in se redno analizira v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [17]. Izpeljane vrednosti koncentracij (IK) umetnih radionuklidov v pitni vodi so navedene v *Tabeli 4 Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [12]. Vsota deležev izmerjenih koncentracij radionuklidov v pitni vodi mora biti manjša od ena glede na izpeljane koncentracije. Z analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov ter iz tega sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni učinkoviti dozi prebivalcev zaradi obratovanja NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [11] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo, starejšo od 17 let. Pri izračunih upoštevamo, da odrasla oseba letno zaužije 0,75 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ vode.

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno antropogenim virom radioaktivnosti zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, černobilske nesreče, izpustov iz drugih jedrskih in sevalnih objektov ter uporabe virov v medicini. V letu 2017 nas je dosegel radioaktivni oblak rutenija, ki je posledica domnevne nezgode v bližini Urala. V letu 2017 smo v enem vzorcu zaznali prisotnost Ru-106. Umetni radionuklidi v našem okolju so torej tudi brez vpliva NEK.

Med radionuklidi umetnega izvora je bil v letu 2017 o okviru merilnega nadzora, tako kot prejšnja leta, v vodi iz črpališč in vrtin poleg tritija izmerjen le še Sr-90. V nekaterih vzorcih je bil zaznan tudi Cs-137, vrednosti so bile največkrat pod mejo kvantifikacije in zato obremenjene z veliko mersko negotovostjo.

NEK stoji tik ob reki Savi in savsko vodo uporablja za hlajenje. Med obratovanjem nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v reko Savo, ki vsaj delno napaja nekatere podzemne vodonosnike krško-brežiškega polja. Podzemna voda je edini vir pitne vode. Savska prenosna pot torej seže tudi do pitne vode, zato je uveden nadzor pitne vode v okolici NEK. Pri imisijskih meritvah reke Save sta redno detektirana tudi I-131 in Sr-90. Zaznana radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta najverjetneje posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov, I-131 pa je terapevtski radionuklid, ki se v rekah znajde zaradi



izpustov iz medicinskih ustanov. Emisijske koncentracije Cs-137, I-131 in Sr-90 v tekočinskih izpustih iz NEK v Savo so zanemarljive v primerjavi z drugimi viri.

Tritij je naravni in antropogeni radionuklid. Nastaja v zgornjih plasteh atmosfere, v nekaterih industrijskih panogah in med proizvodnjo električne energije v jedrskih elektrarnah. Je edini merjen radionuklid v sklopu merilnega nadzora, ki se redno pojavlja v emisijskih in imisijskih merskih rezultatih.

Radioaktivni izotop joda I-131 tudi v 2017 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovodnega sistema, kot tudi ne v vzorcih vrtin nizvodno v Sloveniji in Hrvaški. Med naravnimi radionuklidi so bili zaznani radionuklidi uranove in torijeve razpadne verige, radioaktivni kalij K-40 ter kozmogeni Be-7, ki nastaja v zemeljski atmosferi in se spira v tla z deževnico. Naravne in umetne radionuklide tako lahko uporabimo tudi kot sledilce za študije transportnih procesov v naravi, na primer v hidrogeologiji. Tritij je eden najbolj uporabljenih radioaktivnih sledilcev vsaj iz dveh razlogov: je del vodne molekule, kar ga naredi za idealnega sledilca, saj je kemijsko identičen kot snov, ki ji z njim sledimo, in drugič, 1 000-kratno povečanje tritijeve aktivnosti na severni hemisferi s serijo nadzemskih jedrskih poskusov v šestdesetih letih prejšnjega stoletja je še vedno uporabno kot časovni mejnik oziroma ura. Aktivnost tritija v atmosferi se sicer približuje naravnemu ozadju, vendar bo H-3 tudi v bodoče pomemben v hidroloških študijah in ga bomo uporabljali na podoben način kot C-14 pri datiranju predvsem organskih materialov. Tudi drugi radionuklidi so koristni pri opazovanju antropogenih vplivov na okolje. Tako lahko glede na prisotnost K-40 ocenimo obremenjenost okolja zaradi kmetijstva [38]. Kalij je namreč sestavni del umetnih gnojil. Prisotnost kozmogenega Be-7 v vzorcih podzemne vode lahko kaže na mešanje med padavinami in podtalnico oziroma vodo v vodonosniku.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Obseg, način in pogostost vzorčevanja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [11]. V prilogi, ki določa zasnovo letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi vsebnosti stroncija Sr-89/Sr-90 in tritija H-3.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2017 potekalo v skladu s postopkom *Izvedba programov Rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji (LMR-OP-02)* na naslednjih lokacijah:

1. Mesečni sestavljeni vzorci črpališč in vodovodov:

- črpališče Brege, desni breg Save, 1,4 km od jeza NEK, 1,1 km od Save;
- črpališče Rore, desni breg Save, 1 km od Save, črpališče je vzvodno od NEK;
- vodovod Spodnji Stari Grad, levi breg Save, 2,8 km od Save;
- vodovod Brežice, levi breg Save, 2,5 km od Save;
- črpališče Brežice – Glogov Brod VT1, levi breg Save, 3,2 km od Save (globina vrtine je 200 m).

2. Enkratni četrtletni vzorci:

- vodovod Krško (bencinski servis Petrola, Krško), levi breg Save;
- vodovod Brežice (bencinski servis Petrola, Brežice), desni breg Save;
- vrtina E1 znotraj vzhodne ograje NEK (četrtletni vzorci), levi breg Save.

3. Enkratni mesečni vzorci:

- vrtina VOP-4, levi breg Save, približno 600 m nizvodno od jezua NEK in približno 50 m od struge Save (samo analiza tritija);
- vrtina VOP-1/06, levi breg Save, približno 400 m nizvodno od jezua NEK in približno 700 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016. (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred zalitjem z vodo);



- vrtina V-7/77, levi breg Save, približno 3 km nizvodno od jezua NEK in približno 600 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016. (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred zalitjem z vodo);
- vrtina V-12/77, desni breg Save, približno 3,4 km nizvodno od jezua NEK in približno 300 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016 (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred zalitjem z vodo);
- vrtina Medsave, Republika Hrvaška, desni breg Save, 23 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališči na Hrvaškem;
- vrtina Šibice, Republika Hrvaška, levi breg Save, 22 km od NEK, 2 km od Save (globina vrtine je 10–15 m).

4. Enkratno letno vzorčevanje na referenčni lokaciji

- vodovod Ljubljana (republiški nadzor radioaktivnosti pitne vode [17])

V črpališčih Brege, Rore, Brežice – Glogov Brod VT1 in na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki. Ti na vsake tri ure dodajo približno 190 mL vzorca pitne vode v 50-litrski sod. Tako dobimo povprečno mešanico vzorca pitne vode za celotno mesečno obdobje. Dnevni nadzor opravljajo nadzorniki črpališč ali uporabniki pitne vode. Lokacije so zapisane v organizacijskem postopku *Izvedba programa rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji (LMR-OP-02)*. Na bencinskih servisih in iz vrtine E1 se odvzame enkratni vzorec četrtletno. Iz vrtine VOP-4 se jemlje enkratni mesečni vzorec na začetku tekočega meseca. Vzorčevanje na Hrvaškem se opravlja na dveh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba. Enkratna mesečna vzorčevanja na začetku meseca in spektroskopske analize so opravili na IRB.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Za ugotavljanje koncentracij aktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v okviru merilnega nadzora uporabljamo tri merske metode: visokoločljivostno spektrometrijo gama, tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo po elektrolitski obogatitvi vzorcev s tritijem in radiokemično metodo za ugotavljanje Sr-90.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [11], so metode vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je detekcijska meja za posamezne radionuklide pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo. Le te so določene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [12]. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih izvajalcev meritev na IJS: *Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod (LMR-DN-05)*, *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*, *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*, *Vzorčevanje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)* in *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

V tabelah od T-28 do T-36 ter T-V1, T-V2, T-HE 12, T-HE 13, T-HE 14 na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498, marec 2018*, so zbrani merski rezultati koncentracij aktivnosti radionuklidov v vseh zgoraj omenjenih vrtinah, vodovodih in črpališčih.

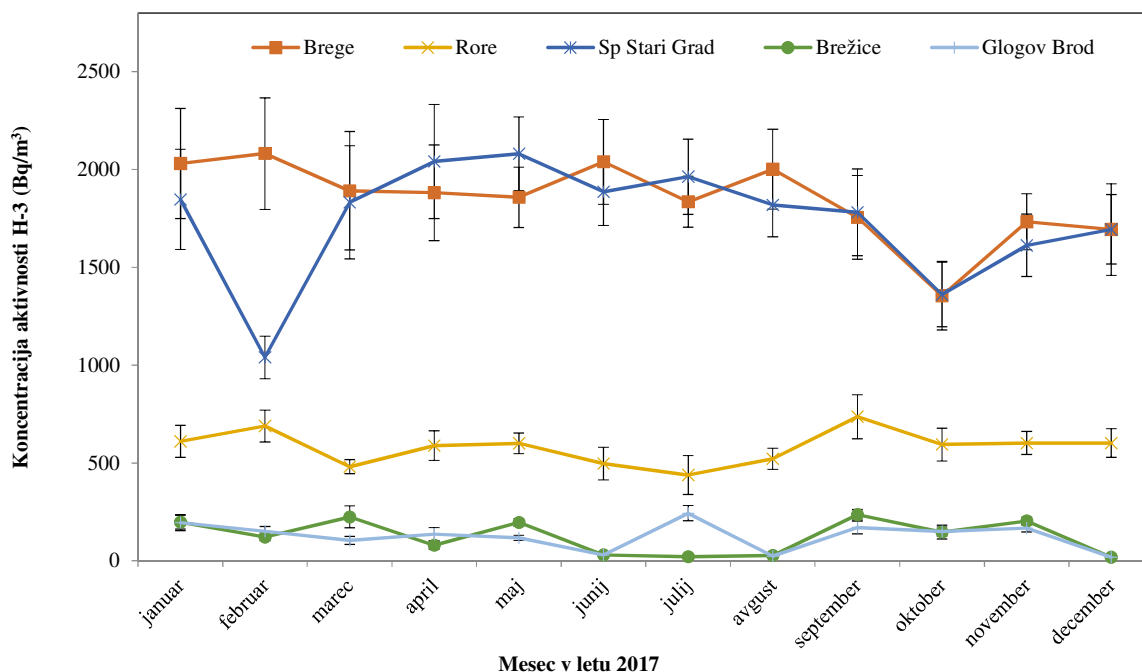


Tritij (H-3)

Tritij zavzema največji delež plinastih (vezan na molekulo vode – HTO) in tekočinskih radioaktivnih izpustov iz NEK, ki lahko vplivajo na stanje v podtalnici. Kemijsko je HTO molekula vode, kar pomeni, da je idelani sledilec za gibanje podzemnih vod. V tej vlogi bi izpuste tritija lahko bolje izkoristili v hidroloških študijah vodonosnikov krško-brežiškega polja. V tej evalvaciji merskih rezultatov se le bežno dotaknemo te povezave in nakažemo smer, v kateri bi lahko podatke obratovalnega merilnega nadzora radioaktivnosti koristno uporabili še v raziskovalne namene na drugih področjih.

Na sliki 2.1 so prikazane koncentracije aktivnosti H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK. Koncentracije aktivnosti H-3 vzorcev iz črpališča Brege in vodovoda Spodnji Stari Grad so bile v letu 2017 vseskozi primerljive, z izjemo februarskega vzorca. To verjetno pomeni, da se je vodovod Spodnji Stari Grad v letu 2017 napajal predvsem z vodo, načrpano v Bregah, kar je drugače kot v letu 2016, ko je bil glavni vir krške pitne vode črpališče Rore. Med letoma 2011 in 2015 je bilo v vzorcih iz vodovoda Spodnjega Starega Grada zaznati padajočo smer koncentracij aktivnosti H-3, pred tem pa so bile vsebnosti H-3 v vzorcih z obeh vzorčnih mest podobne kot v letu 2017. Vrednosti za ti dve vzorčevalni mesti so najvišje v Sloveniji, kar lahko brez dvoma pripišemo vplivu NEK. Kljub temu pa tudi najvišja vrednost, 2 080 Bq/m³, dosega le dobra dva procenta dovoljene vrednosti, ki je predpisana v *EU direktivi za pitne vode* in je 100 Bq/L. Dovoljene koncentracije aktivnosti za pitno vodo so v nekaterih deželah še precej višje. Nenaden skok koncentracij aktivnosti iz povprečja 780 Bq/m³ za leto 2016 na povprečje 1 750 Bq/m³ v letu 2017 se ne sklada s polnjenjem akumulacijskega jezera HE Brežice. Za črpališče Glogov Brod in vodovod Brežice je evidentno, da zajemata vodo iz istega vira, kjer prevladuje starejša voda z nizkimi koncentracijami aktivnosti tritija.

Koncentracije aktivnosti tritija v vzorcih s črpališča Rore so bile v letu 2017 konstantne, z raztrosom izmerkov le 3,8 %, podobno velja tudi za Spodnji Stari Grad in Brege, le v drugem območju. Vpliva letnih časov ni videti, kar pomeni, da na nobeni lokaciji nimamo opraviti z večjim deležem meteornih vod.



Slika 2.1: Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2017



Vrtina v Bregah, v kateri smo namerili najvišje vrednosti tritija, je razmeroma plitva. Preverili smo korelacije s padavinskim usedom, plinastim izpustom in vrednostmi K-40. Pregledali smo nekaj mogočih časovnih zamikov podzemne vode glede na izpuste. Na nekaterih segmentih se potek obeh nizov podatkov sicer ujema, vendar korelacije statistično niso relevantne. Neposrednih korelacij ne najdemo, na povišane vrednosti najbrž vplivata obe prenosni poti. Pri izračunih smo vse izpuste v enem mesecu obravnavali kot enoten izpust, kar je seveda precejšnja poenostavitev, posebno še za drugo polovico leta, ko so bili izpusti zelo pogosti.

Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tudi v letu 2017 analizirana voda z enkratnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti tritija za enkratne odvzeme in mesečne kontinuirne vzorce so zbrane v tabeli 2.1. Povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu za leto 2017 je referenčna vrednost ($(0,45 \pm 0,06) \text{ Bq/m}^3$ v letu 2017), ki se meri v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [17].

Tabela 2.1 Srednja vrednost koncentracije aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK za leti 2016 in 2017. Vrednost za znakom " \pm " je apriorna negotovost povprečja.

	2017	(Bq/m ³)	2016	(Bq/m ³)	ξ-preskus
ČRPALIŠČE BREGE	1846	± 64	1893	± 71	-0,49
ČRPALIŠČE RORE	580	± 22	696	± 29	-3,18
VODOVOD SP. STARI GRAD	1746	± 59	778	± 31	14,45
VODOVOD BREŽICE	125	± 11	143	± 31	-0,56
ČRPALIŠČE BREŽICE	125	± 21	129	± 14	-0,16

Iz tabele 2.1 razberemo, da so povprečne koncentracije aktivnosti tritija za črpališče Brege, vodovod Brežice in črpališče Brežice za leto 2017 primerljive z vrednostmi iz leta 2016. Pri vseh treh zaznamo rahel upad vrednosti. Nasprotno opazimo bistveno spremembo v vodovodu Spodnji Stari Grad, kjer se je povprečna koncentracija aktivnosti H-3 v letu 2017 bistveno spremenila. Če je bila v letu 2016 podobna vrednostim iz črpališča Rore, je v letu 2017 primerljiva z vrednostjo za črpališče Brege. Rezultati enkratnih vzorcev so primerljivi z mesečnimi vrednostmi matičnih vodovodov. Krški Petrol je v dneh vzorčenja očitno prejemal vodo iz črpališča Rore. Vsi štirje rezultati za četrletne enkratne vzorce (tabeli T-28 in T-29) na obeh vzorčevalnih lokacijah so bili med seboj statistično primerljivi.

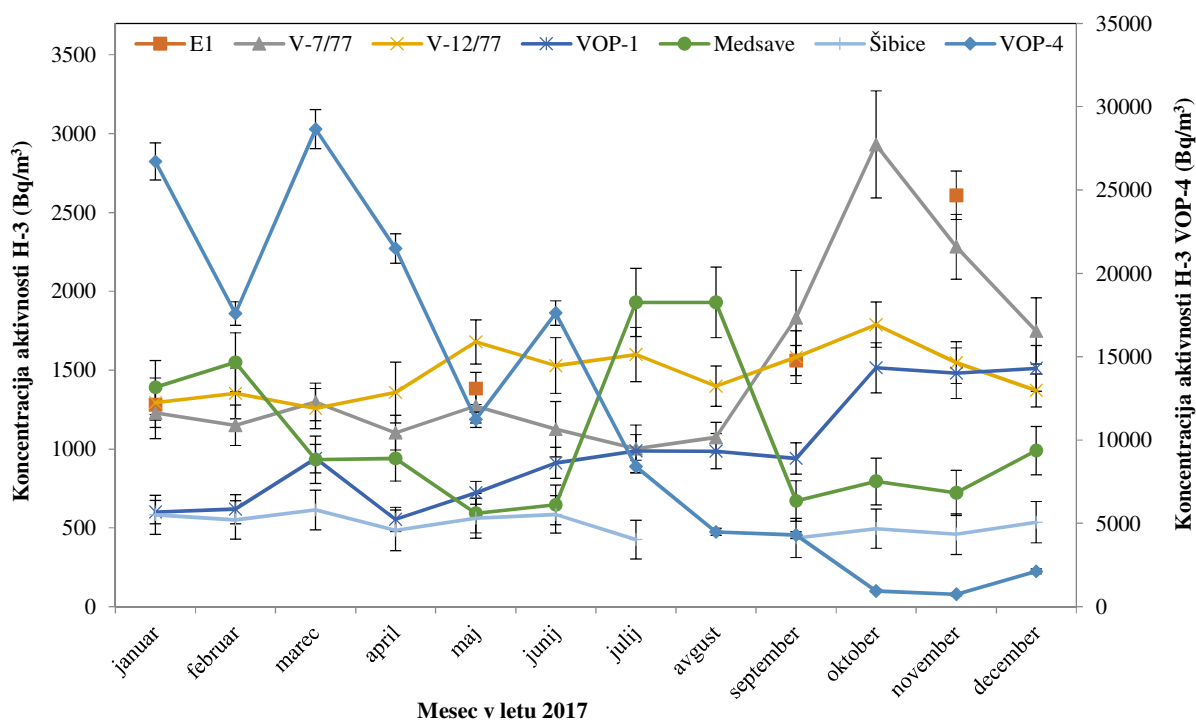
Zaradi nadzora izmenjave vode med Savo in podzemno vodo na krško-brežiškem polju se že od samega začetka obratovalnega merilnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK preverja stanje tritija v vrtinah. Vrtinama E1 za ograjo NEK in VOP-4, ki je le 50 m oddaljena od Save, ter hrvaškima vrtinama Šibice in Medsave, so bile sredi leta 2016 dodane še tri vrtine, in sicer VOP-4, V-7/77 in V-12/77. Mesečne koncentracije aktivnosti so prikazane na sliki 2.2. Vrednosti za VOP-4 so za razred višje kot v drugih vrtinah, s povprečjem $12\,000 \text{ Bq/m}^3$, medtem ko so povprečne vrednosti za druge vrtine med 980 in $1\,710 \text{ Bq/m}^3$. Izjema je vrtina Šibice, kjer so vrednosti nižje, s povprečjem 520 Bq/m^3 . Vrednosti v vrtinah V-12/77 in Šibice so konstantne, medtem ko vrednosti v drugih petih vrtinah kažejo zelo različno vedenje, ki le v redkih izjemah sledi izpustom NEK. Na prvi pogled bi se torej dalo sklepati, da je povezava med vodonosniki, ki jih vzorčujemo z vrtinami, in Savo zelo šibka ali pa pomislimo na druge prenosne poti. Hiter sklep stoji na majavih temeljih. Vrednosti v vseh vrtinah, z izjemo Šibic, so višje, časovna usmeritev pa drugačna, da bi lahko vpliv NEK-a zanemarili. V prid potrditvi prenosa tritija savske prenosne poti govori tudi slika 2.3, ki prikazuje odvisnost večletnih povprečij koncentracij aktivnosti tritija v odvisnosti od oddaljenosti od reke Save. V izračun so vključeni rezultati od leta 2010 do 2017, z izjemo VOP-4, kjer je v povprečju izzvezeto leto 2017 in je prikazano posebej. Izvzeli smo ga zaradi izrazito drugačnega vedenja



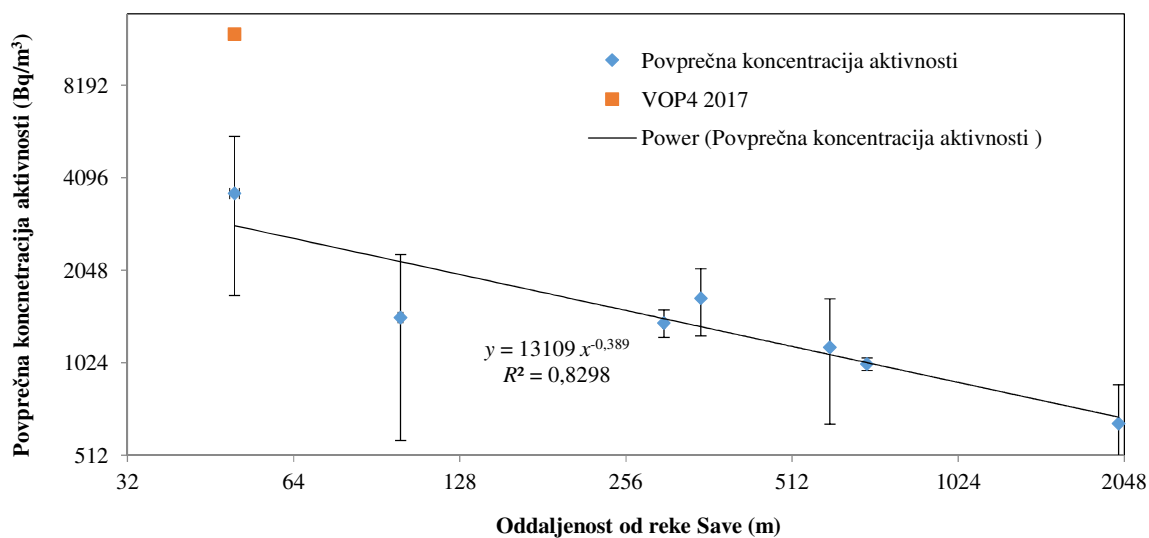
v letu 2017, kar je razvidno tudi s slike 2.4, kjer so prikazani večletni rezultati za vse vrtine. Zveza med oddaljenostjo in koncentracijo aktivnosti na sliki 2.3 seveda ni linearna, saj so vrtine na različni oddaljenosti nizvodno od NEK, globina vrtin je različna, na 23-kilometrski razdalji se pretok reke Save spremeni, izpust se razredči, kot je podrobno razloženo v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi*. S slike 2.4 je tudi razvidno, da so se izrazita povečanja koncentracije aktivnosti v vrtinah VOP-4 in Medsave do leta 2016 lepo skladala, v letu 2017 pa se je slika povsem spremenila. V tem letu so se začela intenzivna zemeljska dela v bližini NEK in VOP-4 zaradi priprave terena za akumulacijsko jezero HE Brežice. Videti je, da je bil vodonosnik nekako do junija 2017 dovzetenjši za priliv Save, medtem ko so že v 14 dneh po končanju polnjenja akumulacijskega jezera koncentracije aktivnosti tritija padle na sorazmerno nizke vrednosti, čeprav je to obdobje, ko se tekočinski izpusti iz NEK povečajo, kar je razvidno s slike 2.5. V letu 2017 torej lahko govorimo o neposredni celoletni povezavi med izpusti v Savo in koncentracijo aktivnosti tritija v vodonosniku samo še v primeru vrtine Medsave, kjer je tovrstna odvisnost lepo izražena že dolga leta. Pri vrtini VOP-4 je bila tovrstna povezava vedno nekoliko zapletenejša, ker je zatekanje ali dreniranje Save v vodonosnik ali iz njega v bližini te vrtine zelo odvisno od vodostaja reke in njenega pretoka, medtem ko je videti, da je priliv Save na področju Medsav konstanten. Na sliki 2.5. opazimo, da se vedenje tritija v obeh vrtinah nekoliko spremeni konec leta, ko vrtina Medsave ne odreagira na povečan izpust, medtem ko se v VOP-4 vrednosti povišajo za faktor 3. Glede na količino oziroma aktivnost izpusta bi sicer pričakovali še večji odziv, res pa je, da se je v tistem času precej povečal pretok Save, predvsem pa je jedrska elektrarna spremenila režim spuščanja tekočinskih izpustov v reko Savo.

Medtem ko je bilo število izpustov v prvi polovici leta (januar–julij) med 1 in 9, s povprečnim številom izpustov 4,3, je bilo v drugi polovici leta izpustov mnogo več, med 10 in 21, povprečno 14,4 izpustov na mesec. Zdi se, da je število izpustov korelirano s pretokom Save – večji pretok, več izpustov. Opazimo tudi obratno zvezo – več izpustov, nižja koncentracija aktivnosti tritija v VOP-4, kar prikazuje slika 2.6.

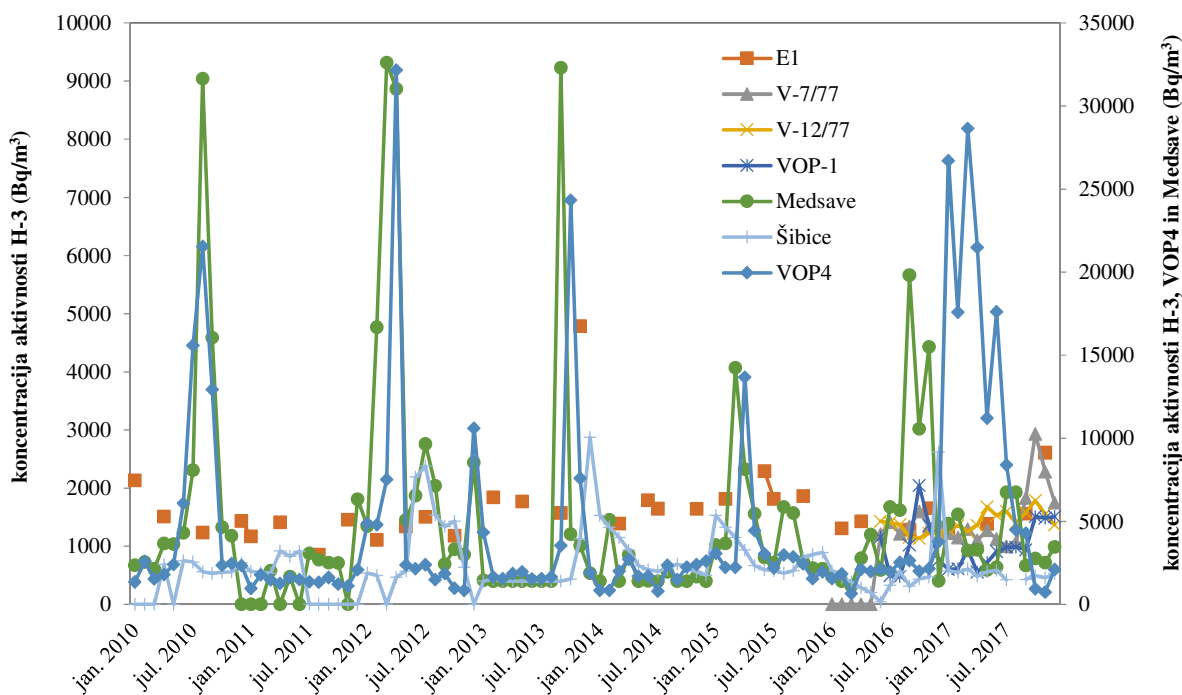
Nova strategija je videti obetajoča in morda lahko pripomore k nižjim vrednostim tritija v vodonosnikih krško-brežiškega polja in v okolici Zagreba. Vsekakor je obdobje spremenjenega režima prekratko, da bi lahko zanesljivo prepoznali drugačno dinamiko. Vsekakor smo jo, vsaj v primeru VOP-4, prepoznali med velikimi gradbenimi deli.



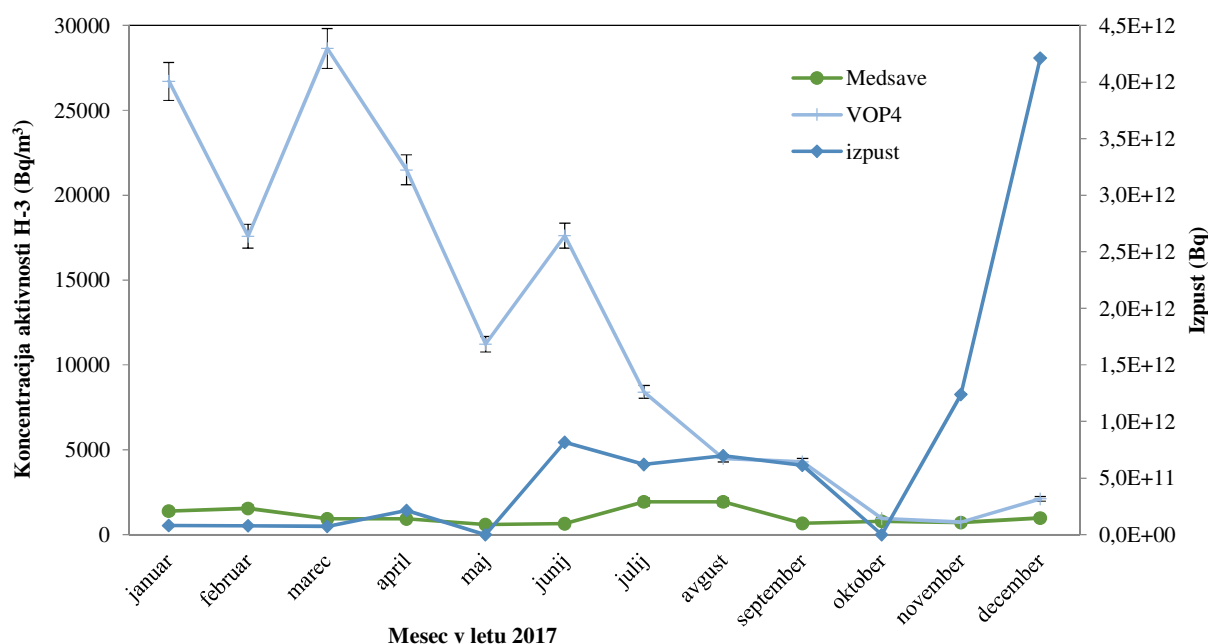
Slika 2.2: Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih vrtin. Vrednosti za vrtino VOP-4 so prikazane v drugem merilu (desna os).



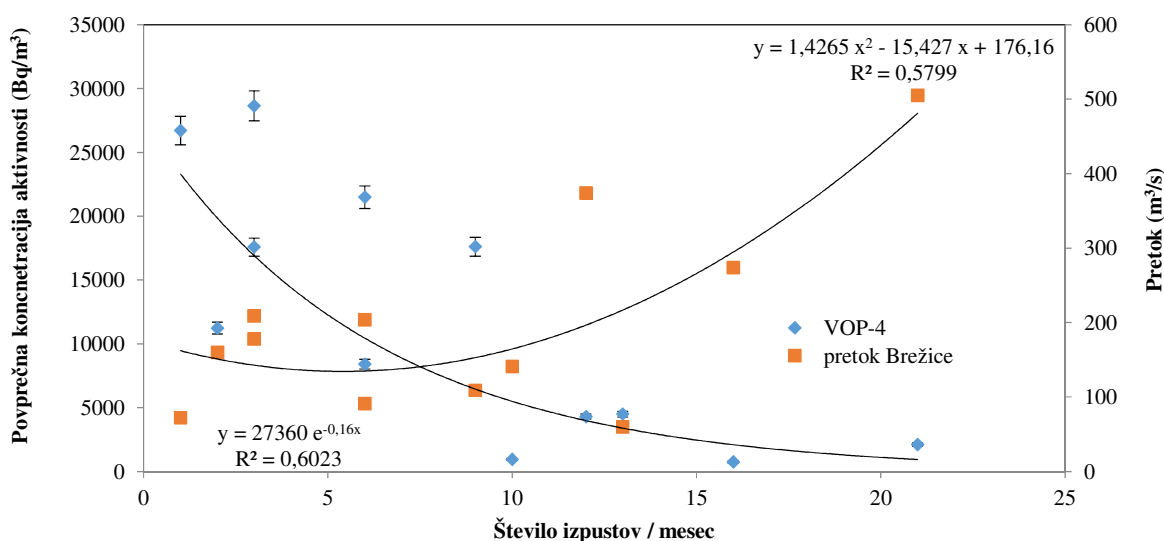
Slika 2.3: Odvisnost nekajletnih povprečij koncentracij aktivnosti tritija v podzemni vodi od oddaljenosti od reke Save



Slika 2.4: Koncentracije aktivnosti tritija za obdobje 2002–2017 za vse vrtine, ki so vključene v nadzor

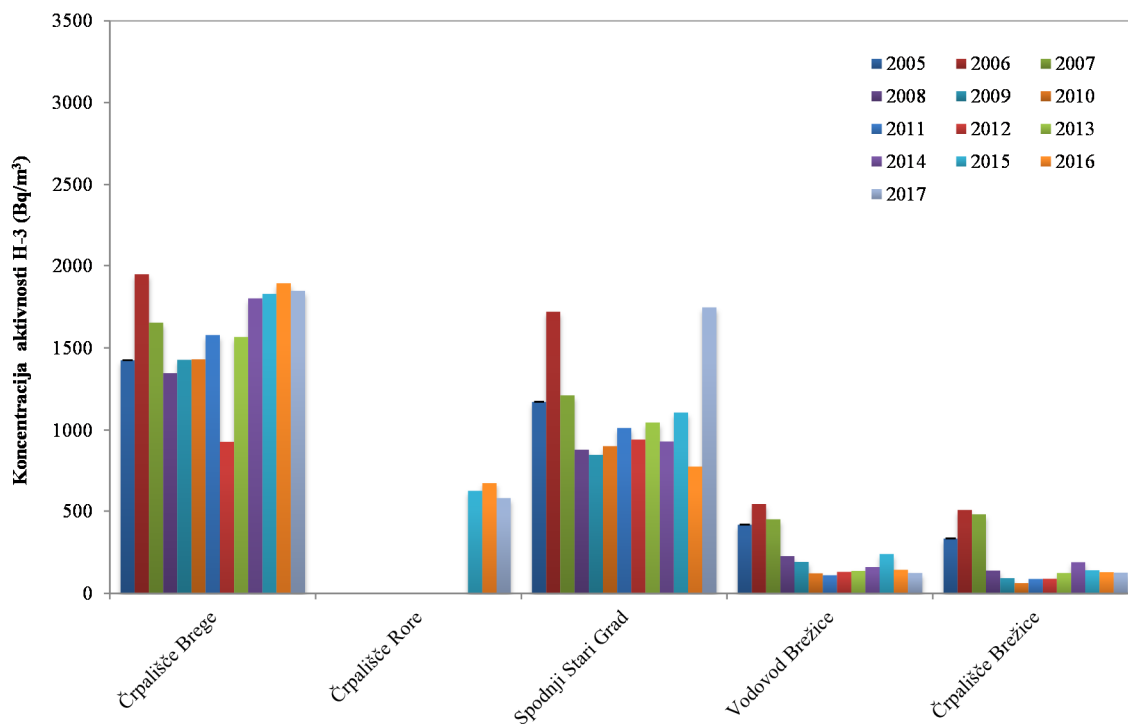


Slika 2.5: Koncentracije aktivnosti tritija v vrtinah VOP-4 in Medsave ter izpust NEK za leto 2017

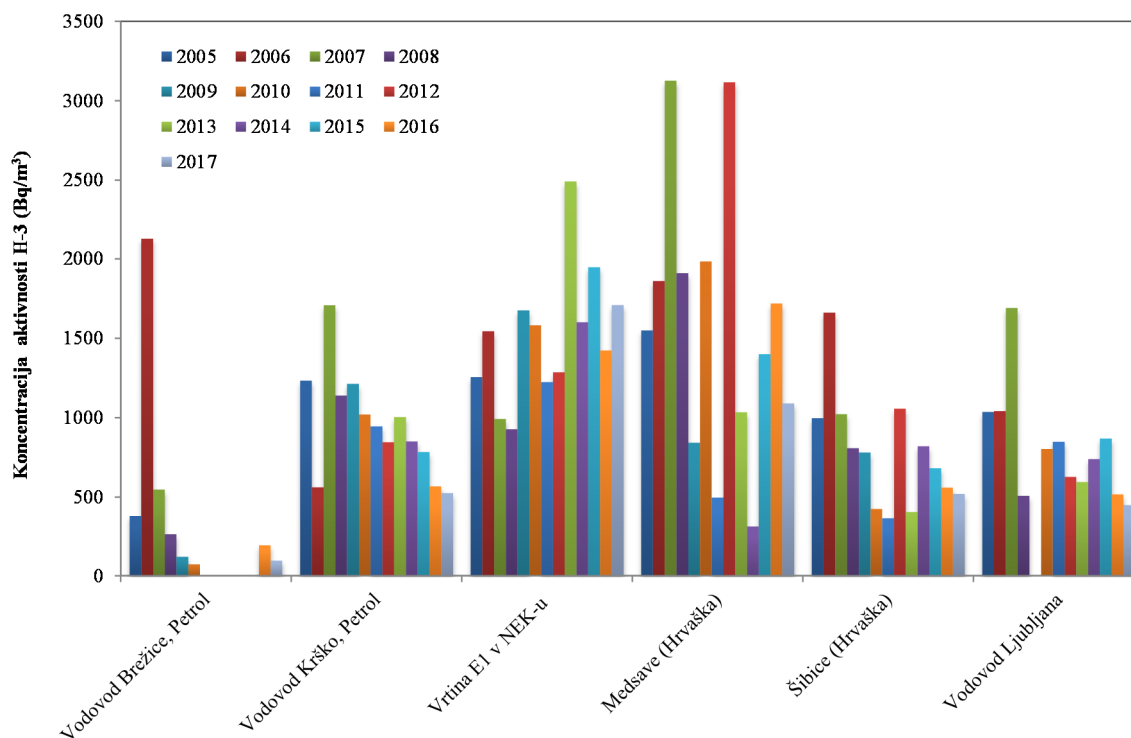


Slika 2.6: Korelacije med številom izpustov, pretokom v Brežicah (jez NEK) in koncentracijo aktivnosti tritija v VOP-4

Sliki 2.7. in 2.8 prikazujeta povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2017 v Sloveniji in na Hrvaškem. Pri vseh lokacijah z nižjimi povprečnimi koncentracijami aktivnosti tritija ugotovimo padajočo smer. To so vse tri lokacije brežiškega vodovoda, krški in ljubljanski vodovod, črpališče Rore in vrtina Šibice. Koncentracija aktivnosti tritija se je v letu 2017 najbolj spremenila v vodovodu Spodnji Stari Grad. Predvidevamo, da so prešli na isti vir, ki napaja črpališče Brege. Druge tri vrtine so predstavljene z veliko manj monotonim diagramom, ki je odvisen od dinamike in količine izpustov, padavinskih razmer, vodostaja Save. Vrtina VOP-4 ni prikazana.



Slika 2.7: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in črpališčih od leta 2005 do 2017 v okolici NEK



Slika 2.8: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2017 v Sloveniji in na Hrvaškem



Tabela 2.2: Število vseh vzorcev, v katerih smo v okviru merilnega nadzora določali Cs-137 in Sr-90, in delež tistih, kjer so bile izmerjene vrednosti nad detekcijsko mejo

	št. mest	št vzorcev na leto	skupno število vzorcev	Cs-137	delež	Sr-90	delež
črpališča	5	12	60	15	0,25	28	0,47
vodovodi	2	4	8	0	0,00	4	0,50
vtine SLO	1	4	4	1	0,25	4	1,00
vtine HR	2	12	24	5	0,21	23	0,96
skupaj	10		96	21	0,22	59	0,61

Ogljik (C-14)

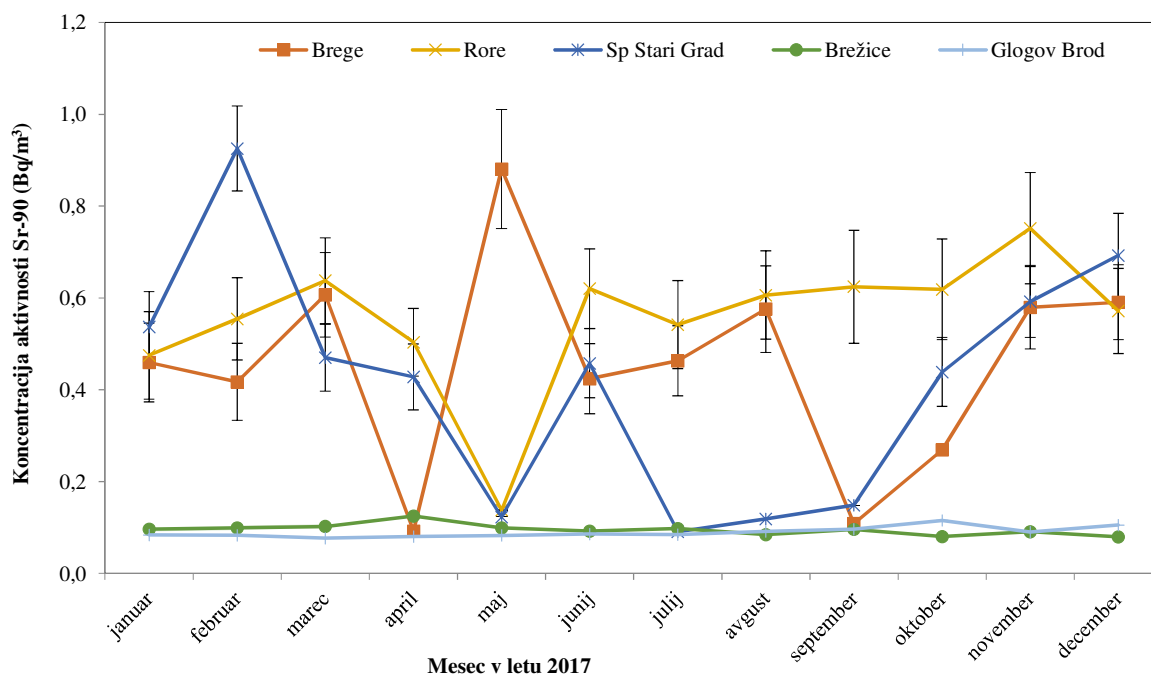
Ogljik je drugi najbolj viden radionuklid v izpustih NEK. C-14 se v okviru merilnega nadzora v vzorcih pitnih in podzemnih vod ne meri. Zanimivo bi bilo izvesti vsaj pilotno študijo tudi za ta radionuklid in tako pridobiti novo znanje o prenosnih poteh.

Cezij (Cs-137) in stroncij (Sr-90)

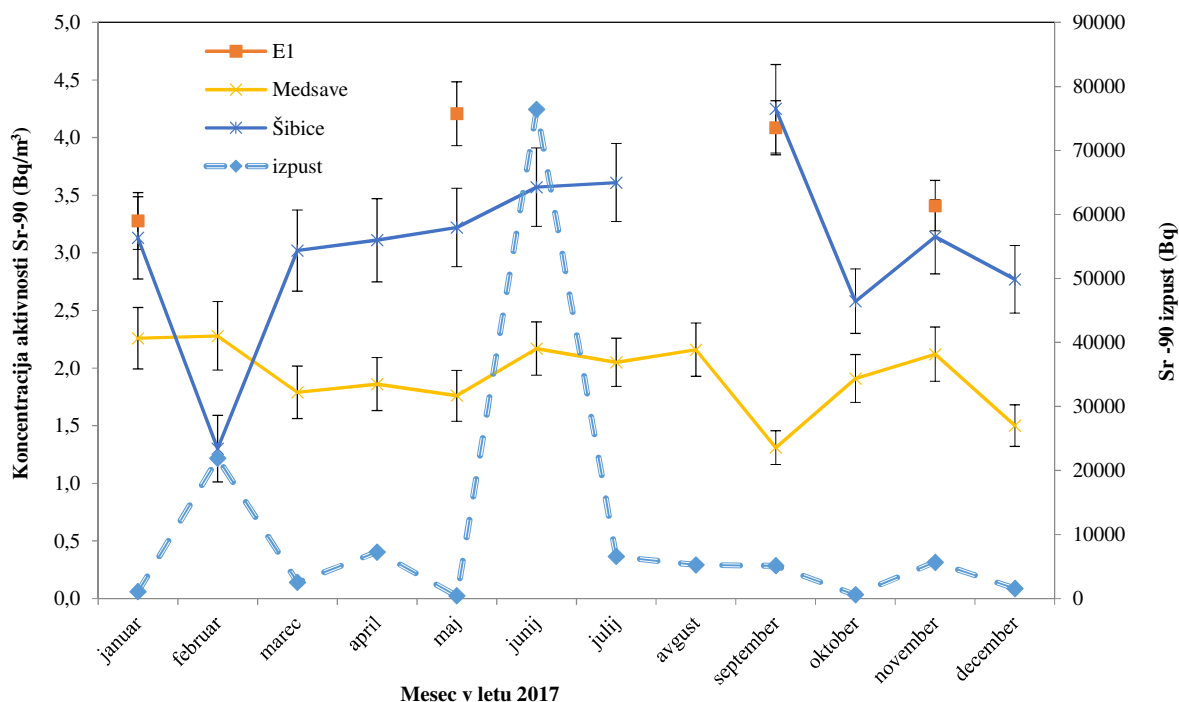
Med umetnimi radionuklidi se vedno natančno pogleda vsebnost cezija Cs-137 in stroncija Sr-90. Oba sta nehomogeno razširjena tudi na naših tleh, pripisujemo ju predvsem černobilski nesreči in nadzemnim jedrskim poskusom. V majhnih količinah se pojavlja tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov. V tabeli 2.2. so prikazani deleži vzorcev, v katerih sta bila radionuklida detektirana in izmerjena. Ugotovimo, da se Cs-137 pojavlja samo še v dobri petini vzorcev. Stroncij je bil izmerjen v približno 60 % vzorcev. Rezultati so prikazani na slikah od 2.9 do 2.12.

Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo 0,51 Bq/m³, v brežiškem vodovodnem sistemu pa 0,09 Bq/m³, kar je v obeh primerih manj kot leta 2016. Razliko med sistemoma pojasnimo z globino brežiškega črpališča, do katere Sr-90 po splošni kontaminaciji še ni pripotoval in verjetno tudi ni izpostavljen izpustom NEK. V ljubljanskem vodovodu izmerjena koncentracija aktivnosti stroncija je bila v letu 2017 pod mejo kvantifikacije. Na sliki 2.9 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov za leto 2017, pri čemer je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi najvišja februarja v Spodnjem Starem Gradu. Večkrat je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi s črpališč pod mejo kvantifikacije in je vrednost definirana kot četrtnina detekcijske meje. Te vrednosti so na grafu podane brez pripadajočih negotovosti.

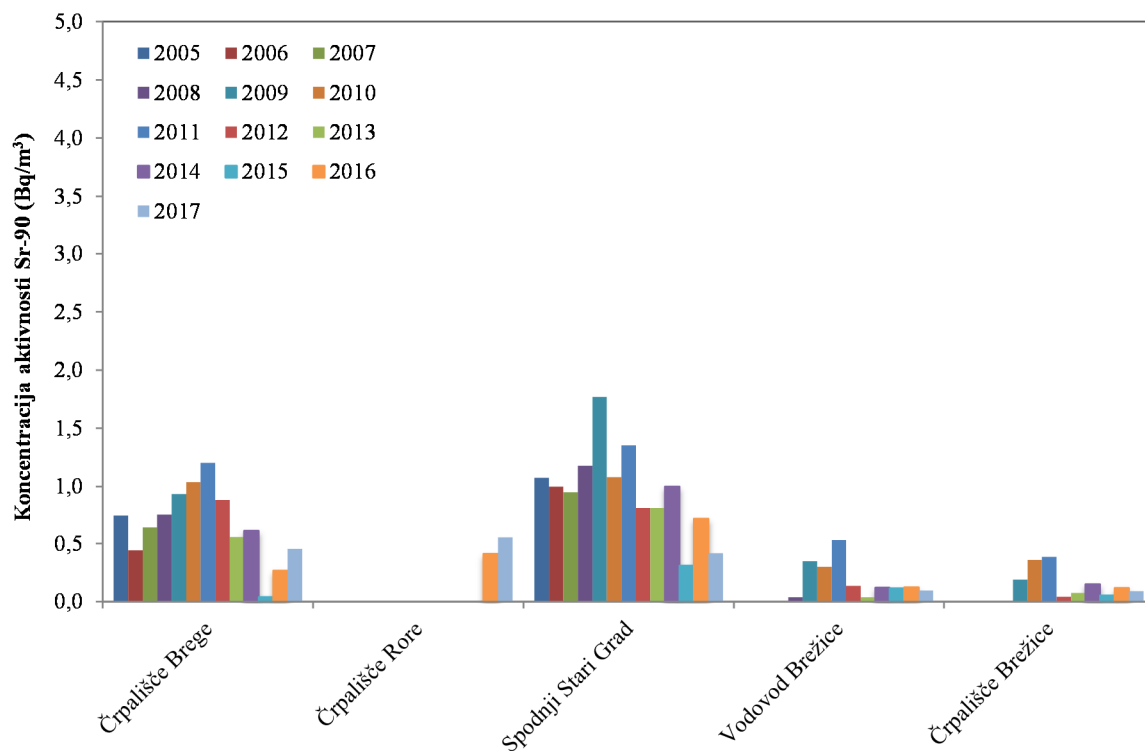
Na sliki 2.10 so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK in koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah in vrtini E1 znotraj ograje NEK. Potek vrednosti v vrtinah se ne sklada z izpusti NEK. Aritmetično povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bilo leta 2017 3,6 Bq/m³, v Medsavah pa 1,9 Bq/m³, pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let, kar je razvidno s slike 2.12. Podobno je s povprečno vrednostjo za vrtino E1, ki je v letu 2017 3,8 Bq/m³. V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih vode iz vodovoda Brežice so bile vse vrednosti okoli 0,08 Bq/m³, v Krškem pa 0,04 Bq/m³. Povprečne letne koncentracije za vodovode in črpališča so prikazana na sliki 2.11. V vseh primerih so vrednosti za 2017 primerljive s prejšnjimi leti.



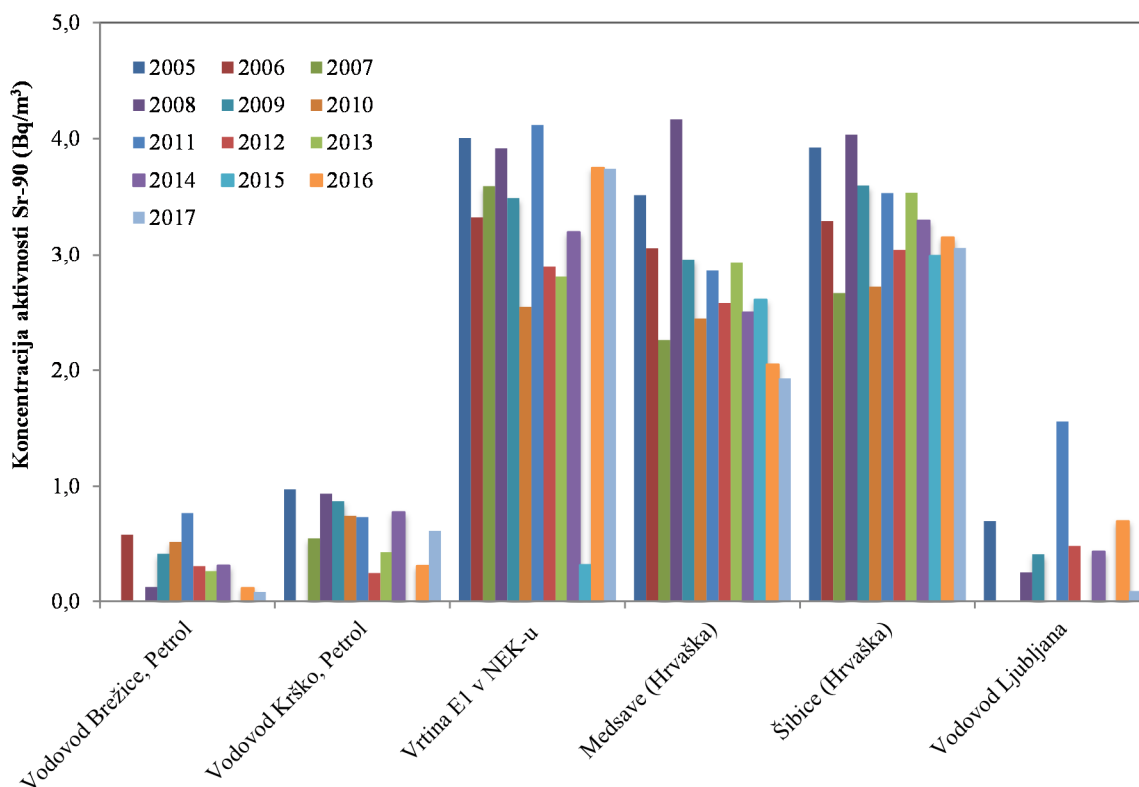
Slika 2.9: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2017



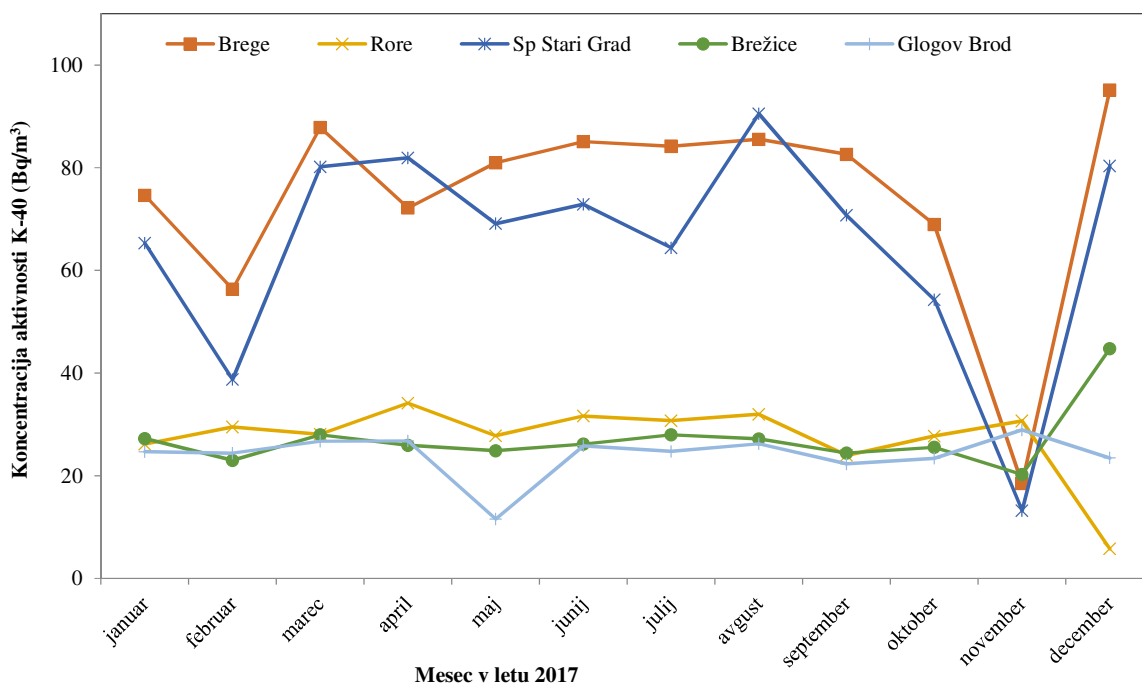
Slika 2.10: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih enkratnih vzorcih vrtin ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2017



Slika 2.11: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2005 do 2017



Slika 2.12: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2017 v Sloveniji in na Hrvaškem



Slika 2.13: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2017

Jod (I-131) in aktivacijski ter fisijski produkti

Jod I-131 v letu 2017 ni bil izmerjen v nobenem vzorcu vodovodnih in podzemnih vod. Ru-106 je bil zaznan le v enem vzorcu, in sicer v vodovodu Brežice, v času, ko je celo Evropo zajel radioaktivni oblak z Urala. Izmerjena vrednost $0,6 \text{ Bq/m}^3$ je bila obremenjena z veliko negotovostjo.

Naravni radionuklidi

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so prikazane na sliki 2.13. Koncentracija aktivnosti K-40 je povečana v vodi na črpališču Brege in vodovodu Spodnji Stari Grad, kar nakazuje na zunanje vplive (padavinski used, večji vodostaj Save). V evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [38] je bila izdelana karta koncentracije aktivnosti K-40 v podzemni in pitni vodi po Sloveniji. Večina meritev je bila opravljena v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti v pitni vodi po Sloveniji [17]. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija aktivnosti K-40 malo višja na območju krškega vodonosnika in precej bolj povečana v predelu severovzhodne Slovenije. Višjo koncentracijo aktivnosti K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [40].

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje aritmetično povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodovodu Brežice, in sicer $(4,1 \pm 0,9) \text{ Bq/m}^3$ in na črpališču Rore $(4,7 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$. Mesečne aritmetične povprečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od $0,5 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $2,7 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Brege). Mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Pb-210 je bilo od $2,1 \text{ Bq/m}^3$ v vodi, načrpani na črpališču Rore in vodovodu Krško in do $5,5 \text{ Bq/m}^3$ v vodi iz vodovoda Spodnji Stari Grad. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 $2,1 \text{ Bq/m}^3$. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v vodovodu Brežice je bila $0,4 \text{ Bq/m}^3$, v Krškem pa $1,1 \text{ Bq/m}^3$. Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,3 \text{ Bq/m}^3$ (Brežice) in $0,9 \text{ Bq/m}^3$ (Brege).

Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila $3,6 \text{ Bq/m}^3$ v Brežicah, v Rorah in Spodnjem Starem Gradu pa $4,6 \text{ Bq/m}^3$.



OCENA VPLIVOV

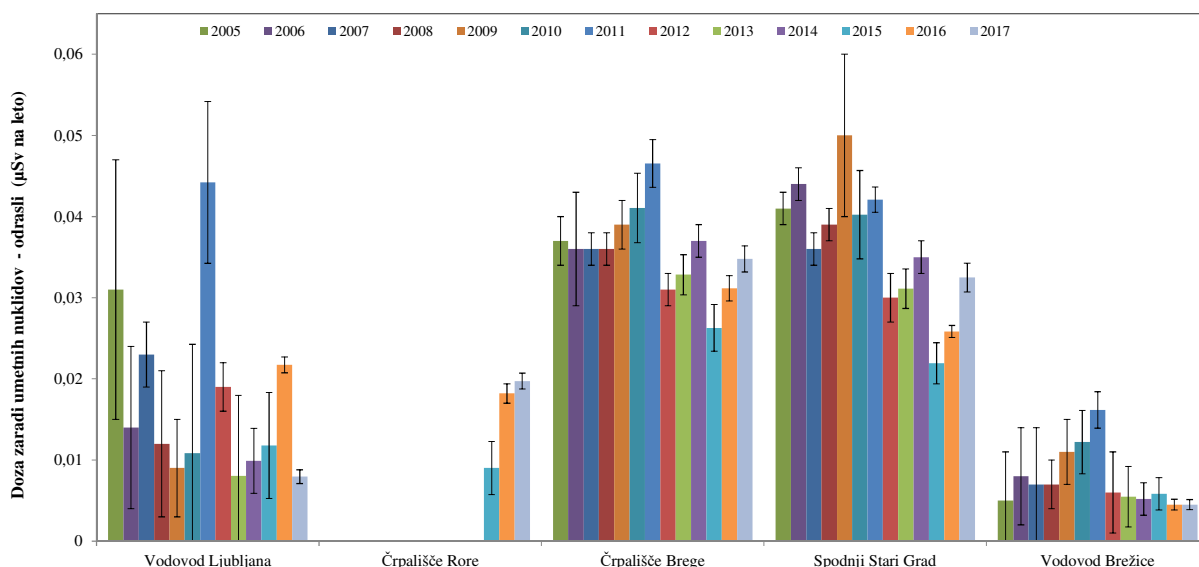
Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. V tekočih in plinskih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. V letu 2017 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK 8,6 TBq, kar je precej manj kot zadnji dve leti. Letni izpust H-3 v Savo je bil 20 % letne omejitve izpusta, postavljenega na 45 TBq. Največji tekočinski izpust H-3 je bil v decembru (4,2 TBq).

Pomembno vlogo pri razjasnitvi morebitnega vpliva elektrarne na okolico in ljudi ima primerjava rezultatov meritev v enem letu z dolgoletnim povprečjem za izbrani radionuklid na isti lokaciji. Primerjava povprečnih letnih koncentracij H-3 v vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK od leta 2005 do 2017 je prikazana na sliki 2.7. Povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK je tudi v letu 2017 primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih.

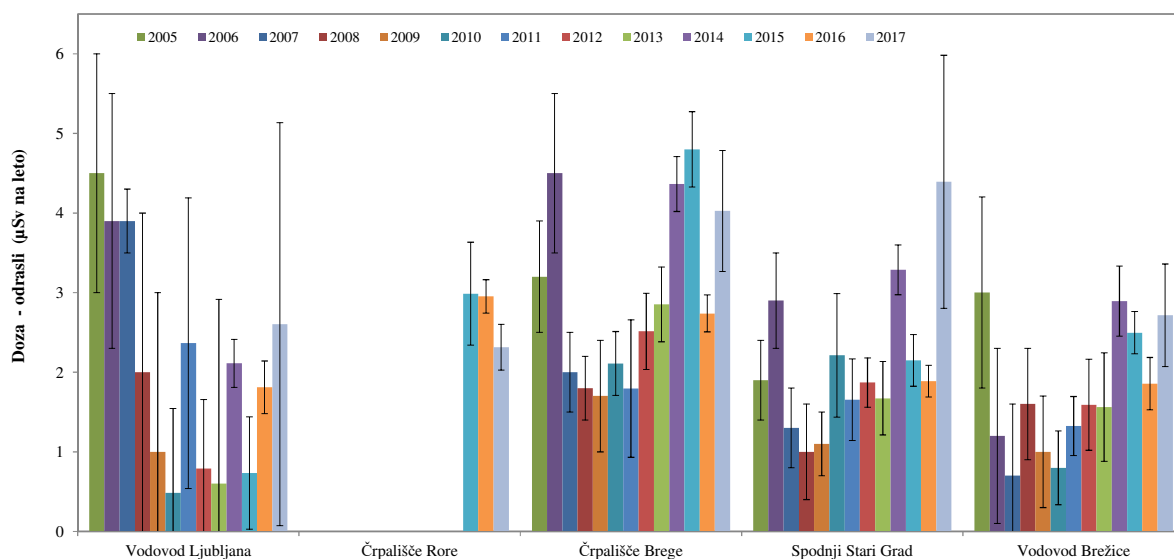
V tabeli 2.3 so prikazane izračunane letne efektivne doze zaradi vnosa umetnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode za tri starostne skupine prebivalstva. Za primerjavo so podane tudi izračunane letne efektivne doze, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo v okviru republiškega nadzora pitne vode. Letne efektivne doze so izračunane ob predpostavki, da odrasel človek popije na leto 0,75 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ vode na leto. Letna efektivna doza za umetne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov zaradi prisotnosti H-3, Sr-90 in Cs-137. Drugih umetnih radionuklidov ni bilo zaznati v izmerjenih vzorcih. Izjema je Ru-106, ki pa je bil zaznan samo v enem vzorcu. Letna efektivna doza za naravne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov radionuklidov iz uranove in torijeve razpadne vrste ter Be-7 in K-40. K-40 ne prispeva k ingestijski dozi zaradi homeostatskega uravnavanja količine kalija v telesu.

Tabela 2.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2017

STAROSTNA SKUPINA	DOZA	ENKRATNI LETNI VZOREC	ENKRATNI ČETRTLETNI VZORCI		MESEČNI SESTAVLJENI VZORCI					
		VODOVOD LJUBLJANA	VODOVOD BREŽICE	VODOVOD KRŠKO	VODOVODNI SISTEM BREŽICE		VODOVODNI SISTEM KRŠKO			
					Vodovod Brežice (Volčanšek)	Črpališča Brežice (Glogov Brod)	Črpališče Brege	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)	
Letna efektivna doza (μSv)										
ODRASLI	za umetne radionuklide	0,008 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,020 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,004 ± 0,000	0,035 ± 0,002	0,020 ± 0,001	0,032 ± 0,002	
	za naravne radionuklide	2,6 ± 2,5	2,3 ± 0,5	2,2 ± 0,7	2,7 ± 0,6	3,1 ± 0,5	4,0 ± 0,8	2,3 ± 0,3	4,4 ± 1,6	
Vsota		2,6 ± 2,5	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,7	2,7 ± 0,6	3,1 ± 0,5	4,0 ± 0,8	2,3 ± 0,3	4,4 ± 1,6	
OTROCI	za umetne radionuklide	0,005 ± 0,000	0,003 ± 0,000	0,017 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,000	0,025 ± 0,001	0,016 ± 0,001	0,023 ± 0,002	
	za naravne radionuklide	4,0 ± 3,3	3,3 ± 0,7	3,6 ± 1,0	3,7 ± 0,8	4,2 ± 0,6	5,9 ± 1,0	3,5 ± 0,4	6,2 ± 2,0	
Vsota		4,0 ± 3,3	3,3 ± 0,7	3,6 ± 1,0	3,7 ± 0,8	4,2 ± 0,6	5,9 ± 1,0	3,5 ± 0,4	6,2 ± 2,0	
DOJENČKI	za umetne radionuklide	0,013 ± 0,001	0,007 ± 0,001	0,046 ± 0,003	0,009 ± 0,002	0,008 ± 0,000	0,058 ± 0,004	0,043 ± 0,003	0,054 ± 0,005	
	za naravne radionuklide	19,4 ± 11,7	14,3 ± 2,7	16,2 ± 3,5	14,1 ± 2,8	16,7 ± 2,2	26,2 ± 3,4	15,9 ± 1,8	25,7 ± 6,8	
Vsota		19,5 ± 11,7	14,3 ± 2,7	16,3 ± 3,5	14,1 ± 2,8	16,7 ± 2,2	26,2 ± 3,4	15,9 ± 1,8	25,8 ± 6,8	



Slika 2.14: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih trinajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 2.15: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih trinajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah

Iz tabele 2.3 lahko preberemo, da je v letu 2017 ocenjena letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodnooskrbnem sistemu 0,03 μSv . Od naravnih radionuklidov k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V brežiškem vodovodnem sistemu je ocenjena povprečna letna efektivna doza v letu 2017 za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov 0,004 μSv . Celotna povprečna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je 2,7 μSv v vodovodu Brežice in 3,1 μSv na črpališču Brežice. Prispevek umetnih radionuklidov je pri obeh enak, razlika nastane zaradi prispevka naravnih radionuklidov. Od naravnih radionuklidov tudi tu k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V krškem vodovodnem sistemu je prispevek umetnih radionuklidov višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. Razlog za to je črpanje krške pitne vode iz vodonosnika, ki je delno napajana iz Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je



bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na 0,008 μSv na leto za odraslo osebo, kar je 0,3 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov (2,6 μSv). Tudi v letu 2017 je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi v Ljubljani primerljiv z izračunanimi vrednostmi za vzorčevalna mesta v okolici NEK, kar še dodatno dokazuje, da je vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolje zanemarljiv. Poudariti velja, da je letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi vnosa naravnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode, enako kot pri ingestiji hrane, upoštevana v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).

Na slikah 2.14 in 2.15 je prikazana primerjava ocenjenih letnih efektivnih doz za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v črpališčih Brege in Rore ter vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih trinajstih letih. Čeprav so koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Če podrobno pogledamo sliki 2.14 in 2.15, ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 2.14 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 2.15 za faktor sto manjša in je prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo zaradi tekočinskih in zračnih izpustov NEK zanemarljiv v primerjavi s prispevkom k letni dozi zaradi umetnih radionuklidov iz splošne kontaminacije in naravnih radionuklidov zaradi naravnega sevanja v pitni vodi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevajo k celotni ocenjeni dozi Ra-226, Pb-210 in Ra-228.

SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2017 izmerjena H-3 in Sr-90. Cs-137 je bil zaznan na meji kvantifikacije. Prvi je naravnega in umetnega izvora (splošna kontaminacija, izpusti NEK), drugi in tretji pa sta v okolje prišla med jedrskimi poskusi (splošna kontaminacija), nekaj Sr-90 je zaznati tudi v izpustih NEK. Vpliv NEK na pitno vodo je zanemarljiv.

Tritij v pitni vodi v okolici NEK je istega velikostnega razreda kot drugod po Sloveniji. Vrednosti v Bregah in Spodnjem Starem Gradu so najvišje v Sloveniji in so nedvomno posledica vpliva NEK, vendar tudi najvišje vrednosti še vedno dosegajo le dobra 2 % najvišjih priporočenih vrednosti EU-direktive za pitne vode. Povprečne koncentracije aktivnosti H-3 se ne odmikajo od dolgoletnih povprečij. Vodovod Spodnji Stari Grad je očitno zamenjal glavni vir zajemanja vode, ki je vezan na isti vodonosnik kot vrtina v črpališču Brege.

V vodovodnih sistemih in vrtinah za zdaj nismo zaznali večjih in trajnih sprememb glede koncentracij aktivnosti tritija, ki bi bile posledica spremenjenega hidrološkega režima na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice. V letu 2017 se je, predvsem v prvi polovici leta, drugače vedla le vrtina VOP-4: višja vrednost okrog 30 KBq/m^3 je vztrajala dlje časa, ni pa preseгла najvišjih vrednosti, izmerjenih v zadnjih 7 letih.

Največja ocenjena letna efektivna doza v okolici NEK v letu 2017 zaradi pitja vodovodne vode je bila izračunana za vodovod Spodnji Stari Grad, in sicer 4,4 μSv za odraslo osebo, 6,2 μSv za otroke in 25,8 μSv za dojenčke. Praktično vsa obremenitev gre na račun naravnih radionuklidov. Umetni radionuklidi, ne vsi, so posledica obratovanja NEK, prispevajo pa k obremenitvi kvečjemu z deležem 0,7 %. Ta delež je za otroke in dojenčke še manjši.

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2017 je 2,6 μSv za odraslo osebo, 4,0 μSv za otroka in 19,4 μSv za dojenčka, kar je več kot za vodovodne sisteme krško-brežiškega polja, z izjemo vodovoda Spodnji Stari Grad in črpališča Brege. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je 0,3 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo, za otroke in dojenčke je manjša.

Izračunane letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov v pitni vodi so daleč pod izpeljanimi vrednostmi za mejne koncentracije, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne efektivne doze 100 μSv na leto [12]. Delež izračunane letne efektivne doze v primerjavi z avtorizirano mejno dozo (50 μSv) v brežiškem vodnooskrbnem sistemu je 6,2 %, v krškem pa 8,8 %, pri čemer je v obeh primerih prispevek umetnih radionuklidov še veliko manjši.



3 RADIOAKTIVNOST V PADAVINAH IN SUHEM USEDU

POVZETEK

V poglavju "Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu" smo pregledali merske rezultate in izide s treh lokacij za padavine in z osmih mest za suhe usede v okolici NEK ter jih primerjali z vrednostmi z referenčne točke v Ljubljani. Tudi v letu 2017 je bilo izmerjenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analizne tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda z meritvami na proporcionalnem števcu.

V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni, kot leta poprej, radionuklidi H-3, Be-7, Na-22, Cs-137, Sr-90 ter U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228 in K-40. Izmerjene koncentracije aktivnosti usedov se bistveno ne odmikajo od dolgoletnih povprečij. Poleg omenjenih je bil izmerjen tudi umetni radionuklid Ru-106, ki je konec septembra onesažil zrak nad jugovzhodno Evropo. Izvir izpusta Ru-106 še sedaj ni znan.

Študirali smo korelacije med parametri, kot so količina padavin, koncentracija aktivnosti radionuklidov, padavinski in suhi used in neposredni zračni izpusti jedrske elektrarne. Podatke smo primerjali z večletnimi nizi in iskali morebitne odmike od dolgoletnih povprečij.

V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Pri tritiju se opazi, da je v Bregah in v Kršem vsako leto višja koncentracija kot na referenčnih mestih v Ljubljani in Dobovi, kar bi lahko pripisali izpustom iz NEK, a v letošnjem letu ni korelacije med izpusti in koncentracijo, ki bi lahko analitično potrdila našo predpostavko. Izračunali smo efektivno dozo zaradi zunanega sevanja useda in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki v Ljubljani. Če iz izračuna izločimo Ru-106, je prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK k skupni dozi zanemarljiv. Doze v okolici NEK so primerljive z dozami na referenčni točki v Ljubljani.

UVOD

Za nadzor vpliva zračnih izpustov na okolje vzorčimo zrak z aerosolnimi in oglenimi filtri (poglavje *Radioaktivnost v zraku*) ter padavinske vzorce. Lovilniki padavin so postavljeni v bližini jedrskega objekta (Krško, Brege, Dobova) in na referenčni lokaciji (Ljubljana). Del aerosolov zbiramo v obliki suhega useda na vazelinskih ploščah, ki so postavljene v okolici jedrske elektrarne in na referenčni lokaciji v Ljubljani. Tako zajamemo vse sestavne dele ozračja: pline, aerosole in vodo v različnih pojavnih oblikah in agregatnih stanjih. Podatki so nepogrešljivi za določitev doznih obremenitev ljudi, ki živijo v okolici jedrskega objekta. Rezultate primerjamo z vrednostmi na referenčni lokaciji.

Usedle radioaktivne snovi s sevanjem neposredno prispevajo k izpostavitvi ljudi, vsrkanе v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užitnimi deli v prehransko verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju *Radioaktivnost v hrani*. Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, to pa potem uporabljamo kot pitno vodo (poglavje *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*), zato igrajo padavine pomembno vlogo pri prenosu radioaktivnih snovi iz zraka v živa bitja.

Tritij, radioaktivni izotop vodika, je eden redkih radionuklidov, ki jih jedrske elektrarne izpuščajo v takih količinah, da jih lahko merimo tudi v okoljskih vzorcih. Del tritijevega inventarja v ozračju prispevajo tudi različne industrijske panoge, ki ga uporabljajo kot vstopno surovino pri izdelavi instrumentov in svetlečih oznak. Predvsem na severni zemeljski polobli je del tritija v ozračju dediščina nadzemnih jedrskih poskusov. Ti so v šestdesetih letih prejšnjega stoletja zvišali tritijeve koncentracije aktivnosti v padavinah za tri velikostne rede. Koncentracija aktivnosti se dandanes počasi približuje ravni iz predjedrske dobe. Tritij je sicer tudi kozmogen izotop in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. Tritij v ozračju postane sestavni del vodne molekule in se tako vključi v globalni vodni krog, ki je bistvenega pomena za življenje na Zemlji.



V letu 2017 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni H-3, umetni radionuklidi Cs-137, Sr-90, Ru-106, kozmogena Be-7 in Na-22 ter naravni radionuklidi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Mesečno vzorčevanje padavin in suhega useda poteka kontinuirno v skladu s postopkom *Zbiranje vzorcev deževnice in talnega useda (LMR-DN-04)*.

Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (IJS). Lovilnik padavin je sestavljen iz lijaka in neprozornega 50-litrskega plastičnega sode, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Lijak iz polirane nerjavne pločevine, ki zajema padavine na efektivni površini 0,25 m², je opremljen s kovinsko mrežico za prestrezanje listja in drugih predmetov. Oblikovan je tako, da so izgube padavin zaradi pršenja vode iz lijaka minimalne. Ob lovilniku padavin v Krškem in Dobovi je tudi merilnik količine padavin, ki se dnevno odčitava, za lokaciji Brege in Ljubljana pa uporabljamo meritve ARSO.

Zbrani tekočinski vzorec padavin se razdeli na dva dela: v litrskemu podvzorcju se ugotavlja vsebnost tritija (H-3), iz preostalega vzorca se pripravi vodna sušina za analize sevalcev gama in stroncija po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*.

Suhi talni used se zbira na vazelinskih ploščah površine 0,3 m² iz poliakrilatnega pleksi stekla. Postavljene so od 1,8 m do 2 m nad površino tal in premazane s tanko plastjo farmacevtske vazeline. Na ploščah se ujamejo tudi resuspendirani prašni delci. Zbiralniki suhega useda so postavljeni na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Za določitev aktivnosti sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama. Analizo stroncija smo opravili po postopku *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*. Ugotavljanje koncentracije aktivnosti H-3 smo opravili po postopku *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*. V primerih, da je vzorca izredno malo, ga analiziramo po direktni metodi po postopkih *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Analiza in izračun vsebnosti tritija H-3 (LSC-DN-07)*.

Meritve sevalcev gama v suhem usedu se izvajajo na treh sestavljenih vzorcih: ožja okolica NEK (vzorčevalna mesta 1, 7 in 8 na razdalji približno 1 km), širša okolica NEK (vzorčevalna mesta od 2 do 5 na razdalji približno 3 km) in daljna okolica (vzorčevalno mesto 6, najdlje od NEK, na razdalji približno 4,5 km). Referenčno mesto za suhi used je v Ljubljani. Koncentracije aktivnosti sevalcev gama v deževnici in suhem usedu so bile opravljene po postopku *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Padavine in padavinski used

Rezultati meritev vzorcev padavin so prikazani v tabelah T-37 (Bregje), T-38 (Krško), T-39 (Dobova) in T-40 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, marec 2018.

V vzorcih padavin so bili ugotovljeni H-3, Be-7, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza Y-90 ni bila opravljena, zato so v merskih tabelah podane koncentracije aktivnosti Sr-89/Sr-90, čeprav praktično ni možnosti, da bi bil v vzorcju tudi Sr-89, saj ta kratkoživi izotop v izpustih NEK v letu 2017, podobno kot v prejšnjih letih, ni bil zaznan. Poleg omenjenih je bil izmerjen tudi umetni

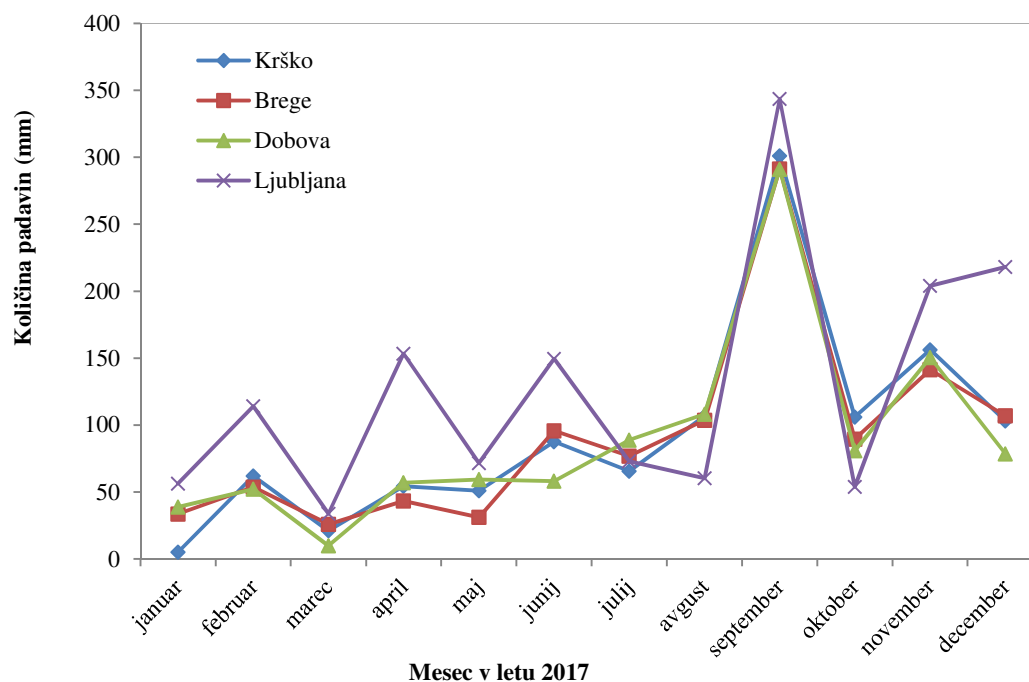


radionuklid Ru-106, ki je konec septembra onesnažil zrak nad jugovzhodno Evropo, vir in razlog onesnaženja pa še danes ni znan.

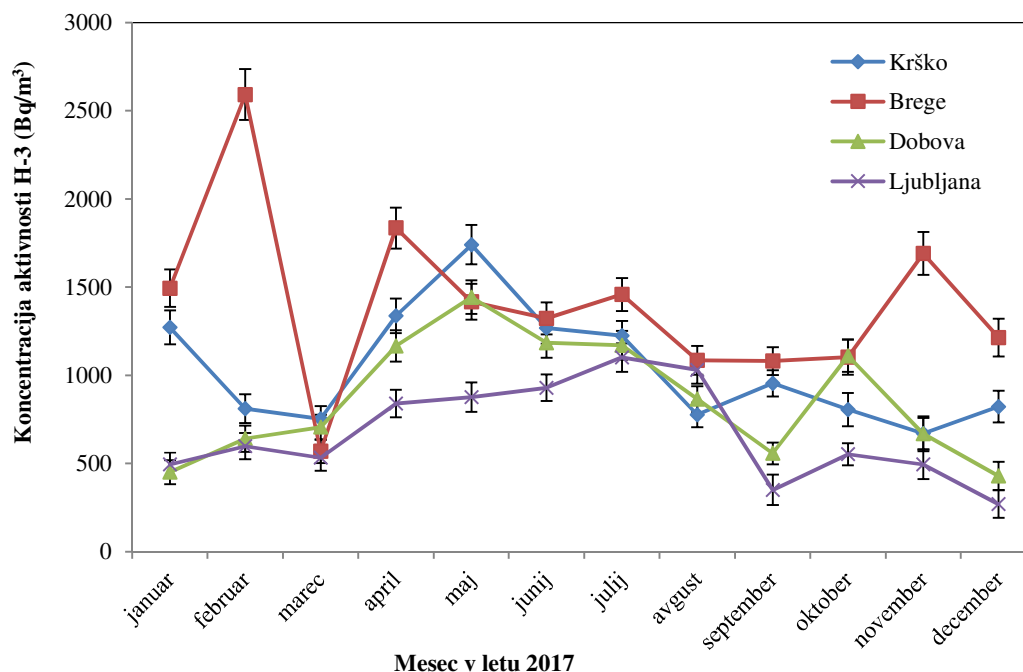
V tabeli 3.1 so izpisani meseci, v katerih smo izmerili maksimalno koncentracijo aktivnosti za posamezen radionuklid. V Bregah je bil tritij najvišji v februarju, kar se sklada z izpusti v NEK, ki so bili v začetku leta višji. Za druga vzorčevalna mesta je bil tritij najvišji v spomladanskih mesecih. Največ vzorcev z maksimalnimi koncentracijami drugih štirih obravnavanih radionuklidov, kar 11 od 16, je poletnih (tabela 3.1). Najvišje koncentracije se pojavljajo v juliju in marcu, pri čemer je imel marec najmanjšo količino padavin. Na lokacijah v okolici NEK so bile najvišje koncentracije za Be-7 izmerjene v poletnem času, za Ljubljano pa v marcu. Sr-90 je v letu 2017 izzvzet iz obravnave, saj so praktično vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije.

Tabela 3.1: Pojavljanje najvišjih izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti za H-3, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2017

Radionuklid v padavinah	LJUBLJANA	BREGE	KRŠKO	DOBOVA
H-3	julij	februar	maj	maj
Cs-137	marec	julij	julij	julij
Be-7	marec	julij	avgust	julij
K-40	marec	julij	julij	julij
Pb-210	marec	julij	marec	julij



Slika 3.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.2: Mesečne koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

V letu 2017 je bilo mesečno manj padavin kot v letu 2016, razen v mesecu septembru, ko je padlo 29 % celoletnih padavin v Ljubljani in povprečno 37 % celotnih padavin v okolici NEK. Zaradi septembra je celoletni prispevek padavin primerljiv z letom 2016 in nekoliko višji v primerjavi z letom 2015. Količina padavin je bila v Bregah, Krškem in Dobovi primerljiva, razlika je bila kvečjemu 4 %. Največ dežja je padlo v Krškem, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 531 mm), približno 40 % več od povprečja v okolici NEK. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 3.1.

Tritij (H-3)

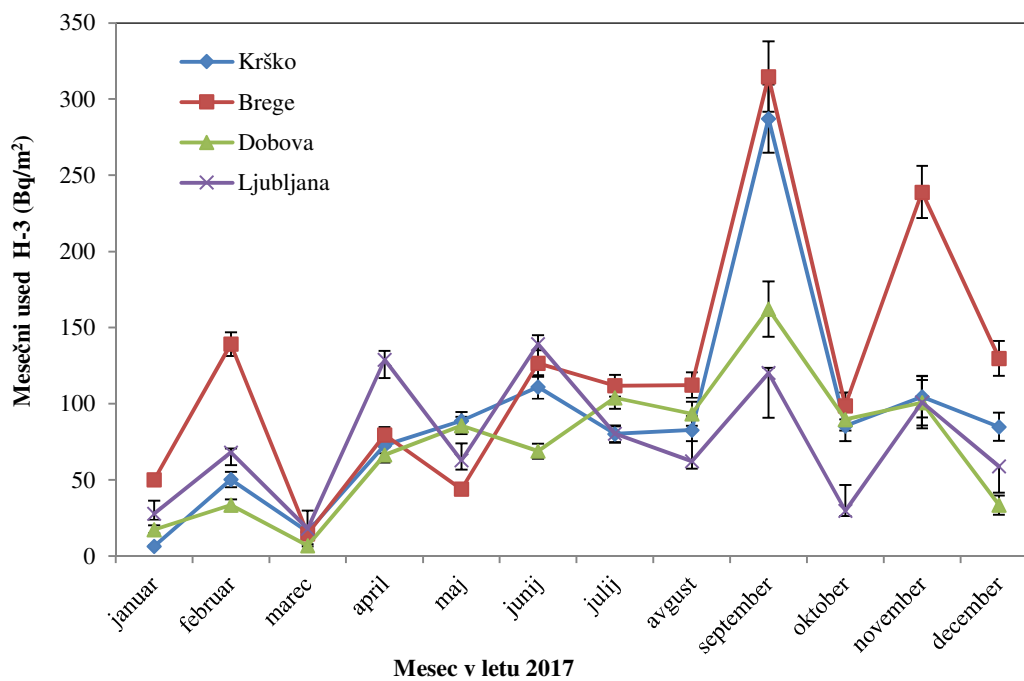
Koncentracije aktivnosti tritija v padavinah so prikazane na sliki 3.2. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti so bile za približno 30 % manjše kot v letu 2016. Izpusti so bili zelo podobni kot v prešnjem letu, le da je bil navečji zračni izpust tritija v mesecu aprilu, v letu 2016 pa v mesecu oktobru.

V februarju je bila koncentracija tritija v Bregah višja od povprečne vrednosti, kar se sklada z zračnimi izpusti, ki so bili v prvi polovici leta višji. Najvišja mesečna koncentracija tritija v padavinskih vzorcih v okolici NEK je bila v mesecu februarju izmerjena v Bregah, najmanjša pa decembra v Dobovi. Na referenčni lokaciji v Ljubljani so bile vrednosti za skoraj faktor dva manjše, kar pa seveda ne moremo direktno povezati s vplivom izpustov iz NEK. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo običajnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi [41]. Izjema so koncentracije aktivnosti na lokaciji Brege, kjer se nedvoumno pozna vpliv NEK, saj so letna povprečja konstantno višja od referenčne lokacije v Ljubljani.

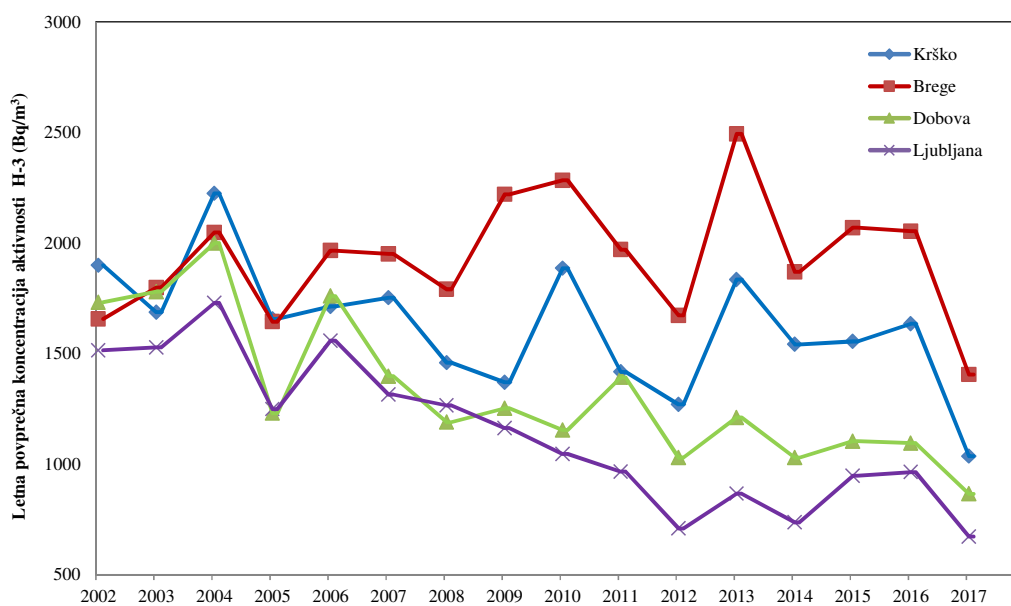
Mesečne padavinske usede, aktivnosti padavin na kvadratni meter površine, izračunamo z množenjem koncentracij aktivnosti in količin padavin. Na sliki 3.3 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta: Ljubljano, Brege, Krško in Dobovo. Profili za lokacije v okolici NEK so primerljivi z ljubljanskim referenčnim potekom. Odmika opazimo v februarju, septembru in novembru, zlasti za Brege. September je bil najbolj vodnat mesec s sorazmerno nizkimi vrednostmi izpustov, medtem ko lahko razlog za povišano vrednost v februarju v Bregah pripišemo višjim izpustom iz NEK.



V Bregah in tudi Krškem je vzorec koncentracij aktivnosti tritija nekoliko drugačen kot v Dobovi, kar je lepo razvidno iz dolgoletnih letnih povprečij na sliki 3.4. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2017 je bila na vseh lokacijah nižja kot v letu 2016; najnižja v Ljubljani, najvišja v Bregah, kar je že ustaljena večletna usmeritev.



Slika 3.3: Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.4: Povprečje letnih koncentracij aktivnosti H-3 v padavinah za obdobje 2006–2017



Vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v neposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so v Bregah in Krškem vsako leto višja od Dobove in Ljubljane. V mesecih z majhnimi količinami padavin je korelacija med izpusti in koncentracijami aktivnosti izrazita. Izrazito sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, ne nujno vedno v istem letnem času. Njihova pogostost je dovolj velika, da bi kazalo razmisliti o nekaterih modifikacijah pri pripravi takih vzorcev za analize visokoločljivostne spektrometrije gama.

Sezonska nihanja tritija ponazarja tabela 3.2, kjer so nanizani smerni koeficienti korelacij in korelacijski koeficient R^2 med količino padavin in mesečnimi usedi tritija. Precejšnje razlike med smernimi koeficienti za zimo in poletje potrjujejo različne mehanizme za nastanek in transport tritija iz ozračja na Zemljo v obliki padavin. Čim večji je smerni koeficient, tem več tritija iz ozračja preide v padavine in s tem v padavinski used. Če pogledamo lokaciji Ljubljana in Dobova, kjer je vpliv zračnih izpustov iz NEK nezaznan, so poleti ti koeficienti višji kot pozimi, kar pomeni, da je prenos tritija iz ozračja v padavinske usede učinkovitejši poleti kot pozimi. To je bilo opaženo že prejšnja leta, le da v letu 2017 to ne velja za Krško, kjer je smerni koeficient večji pozimi. Razlog za to je lahko, da je bilo v letu 2017 49 % tritija izpuščenega preko zračnih izpustov iz NEK v prvih štirih mesecih.

Tabela 3.2: Korelacijski koeficienti R^2 in smerni koeficienti korelacij za odvisnost pomladno-poletnih oziroma jesensko-zimskih padavinskih usedov tritija od količine padavin za leto 2017

	pomlad–poletje		jesen–zima	
	smerni koeficient	R^2	smerni koeficient	R^2
Ljubljana	1,02	0,74	0,39	0,52
Brege	1,21	0,85	0,97	0,84
Krško	0,80	0,60	0,94	0,97
Dobova	0,94	0,83	0,55	0,87

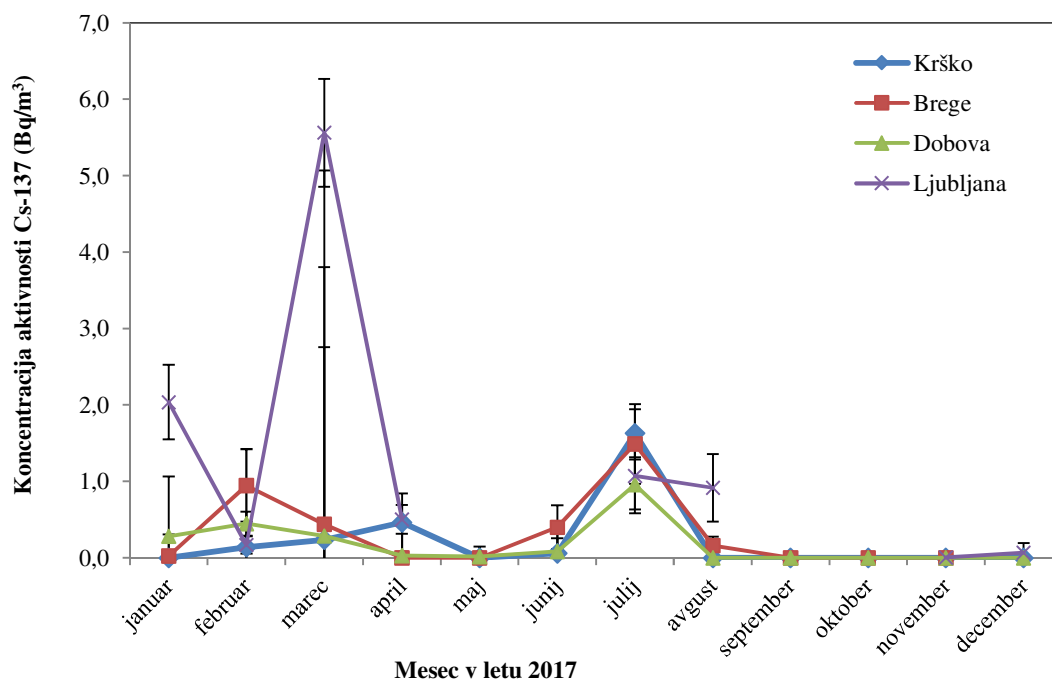
Medtem ko je tritij praktično edini merjeni radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. Primerjava med usedi radionuklidov v Ljubljani in za lokacije v okolici NEK pokaže, da so vrednosti usedov v Ljubljani praktično enake ali celo nekoliko višje kot v okolici NEK (slika 3.9).

Ogljik (C-14)

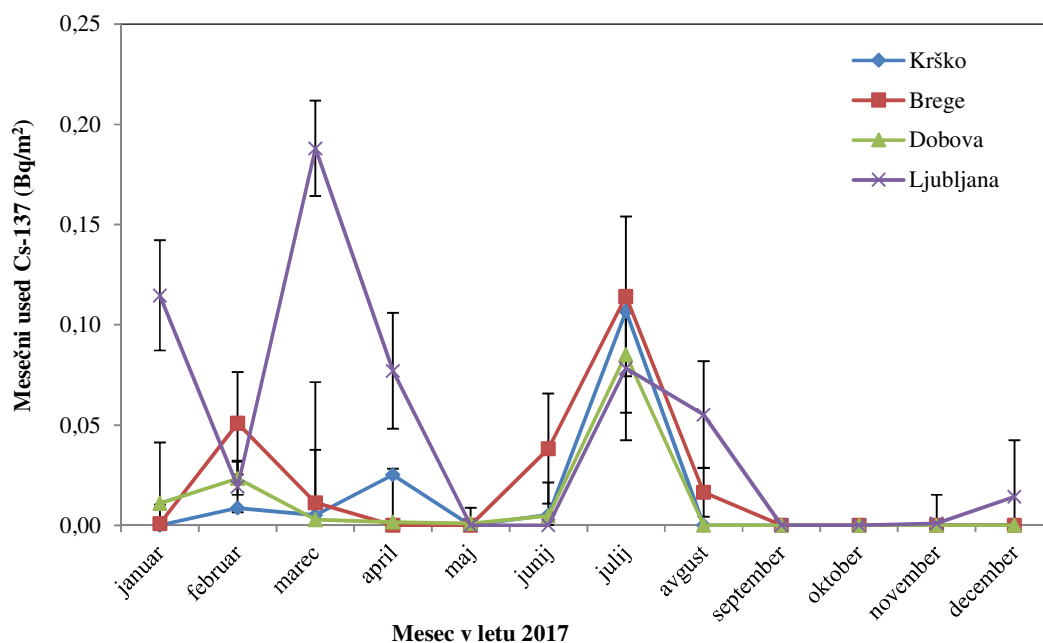
C-14 ni predviden v programu meritev padavinskih vzorcev.

Cezij (Cs-137)

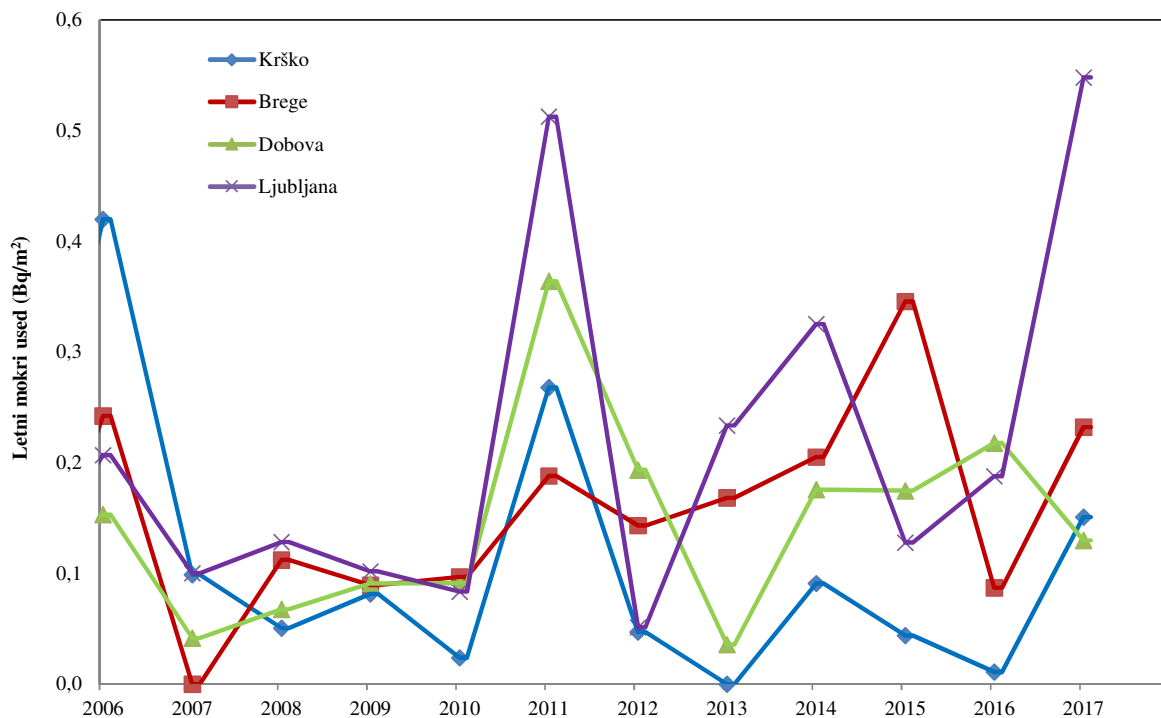
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.5, padavinski used pa na sliki 3.6. Tako kot lansko leto je bila največja vrednost izmerjena na referenčni lokaciji v Ljubljani. V okviru negotovosti si je večina vrednosti zelo podobnih. Večja odmikanja, kot je na primer v mesecu marcu v Ljubljani, bi lahko pripisali vetrovni resuspenziji iz tal in majhni količini vzorca. Na sliki 3.7 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. Če ni nobene nesreče, kjer bi bil v zračnem izpustu Cs-137, ga ni za pričakovati v padavinah. Vse vrednosti, ki jih izmerimo, so verjetno zaradi vetrovne suspenzije. Ker je koncentracija v tem primeru zelo odvisna od količine vzorca, lahko te vrednosti zelo nihajo in je težko pravilno argumentirati letne spremembe. Izjema je leto 2011, kjer je izrazito povišanje posledica nesreče v Fukušimi, in se le-to opazi na vseh vzorčevalnih mestih (slika 3.7).



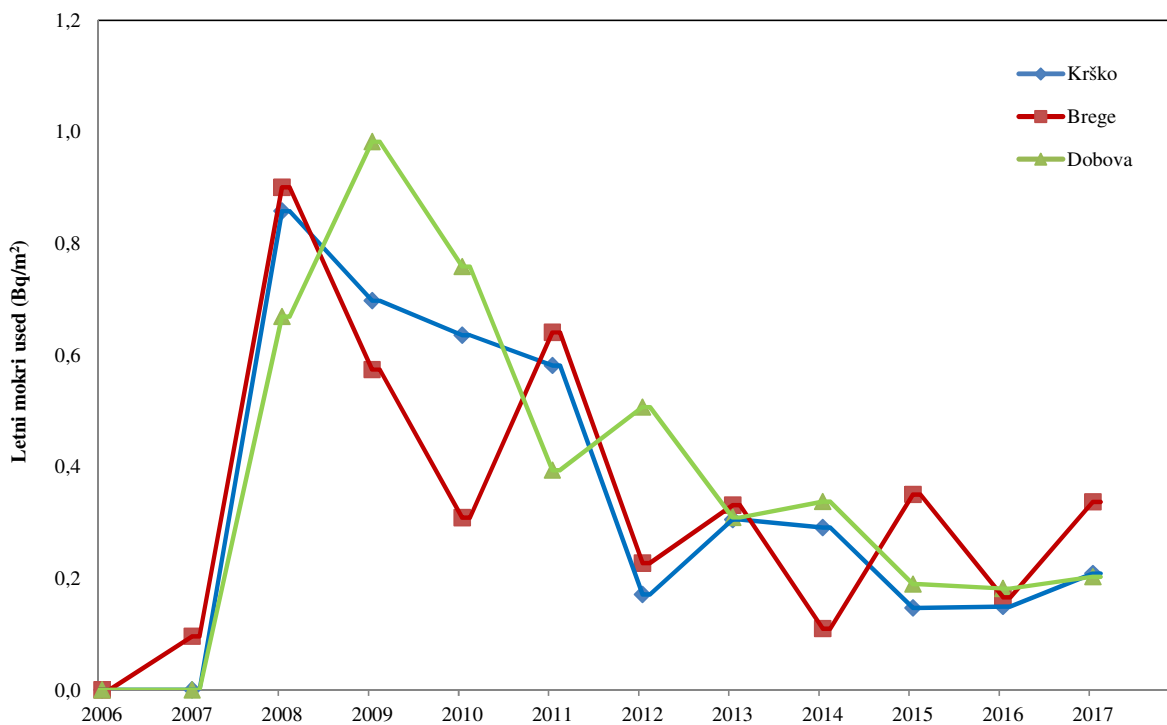
Slika 3.5: Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.6: Padavinski used Cs-137 v letu 2017 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.7: Letni padavinski used Cs-137 za obdobje 2006–2017. Izrazito povišanje v letu 2011 na vseh vzorčevalnih mestih je posledica nesreče v Fukušimi.



Slika 3.8: Letni padavinski used Sr-90 za obdobje 2006–2017



Stroncij (Sr-90)

V letu 2017 so bile skoraj vse vrednosti za Sr-90 pod detekcijsko mejo. V tabelah se torej pojavljajo izpeljane vrednosti iz detekcijskih mej. Natančneje povedano, za predpostavljeno vrednost upoštevamo eno četrtno detekcijske meje. Navadna slika bi torej prinesla predvsem informacijo o količini vzorca. Predpostavljene vrednosti so pomembne zaradi izračuna doznih obremenitev. Slika 3.8 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med letoma 2006 in 2017. Usedi oziroma njihove predvidene vrednosti so v letu 2017 primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let.

Jod (I-131)

I-131 v padavinskih vzorcih in vzorcih suhega useda ni bil ugotovljen.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Ru-106

Konec septembra je bil zrak nad jugovzhodno Evropo onesnažen z izotopoma Ru-103 in Ru-106. Medtem ko je bila vsebnost prvega izotopa v zraku le v sledovih, smo raven onesnaženja zraka z drugim radionuklidom lahko natančno ugotovili. Izvir Ru-106 ni znan, vendar pa je pri tem znan podatek, da je v času njegove zaznavnosti pihal vzhodnik. Številne države vzhodne in jugovzhodne Evrope so poročale o koncentraciji aktivnosti Ru-106 v zraku, primerljivi s tistimi, ki so bile izmerjene po Sloveniji.

Tabela 3.3: Mesečna koncentracija aktivnosti Ru-106 (Bq/m³) v padavinah v okolici NEK in v Ljubljani
Vrednosti v mesecu septembru sta primarna merska rezultata, izračunana pri apriorni predpostavki, da je Ru-106 prisoten v vzorcu.

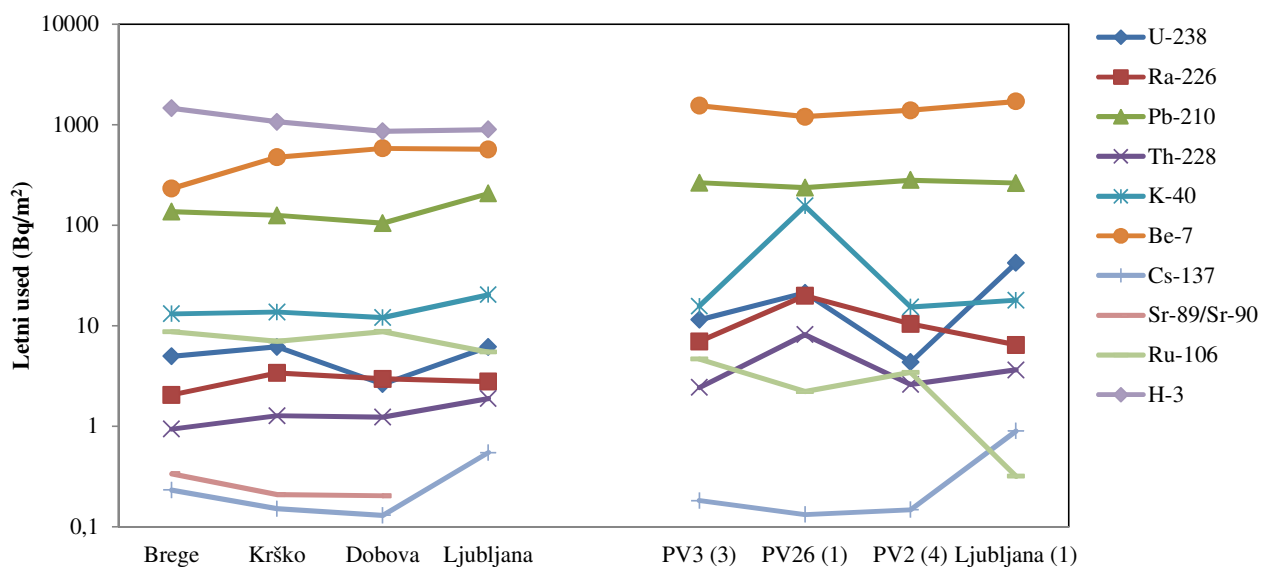
	LJUBLJANA	BREGE	KRŠKO	DOBOVA
	Koncentracija aktivnosti Ru-106 (Bq/m ³)			
september	0,05 ± 0,48	–	0,11 ± 0,66	–
oktober	93,6 ± 18,2	97,6 ± 9,0	66,1 ± 20,8	106,5 ± 9,0
november	–	–	–	0,86 ± 0,85
december	1,9 ± 0,9	–	–	–

Kot je razvidno iz tabele 3.3, je bila najvišja koncentracija izmerjena v mesecu oktobru v Dobovi. V septembru je bil v Ljubljani in v Krškem zaznan v sledih, kar nakazuje na začetek onesnaženja proti koncu septembra, v decembru pa je bil v sledih zaznan samo še v Ljubljani, v splošnem pa so se koncentracije aktivnosti Ru-106 v padavinah v oktobru znižale pod mejo detekcije.

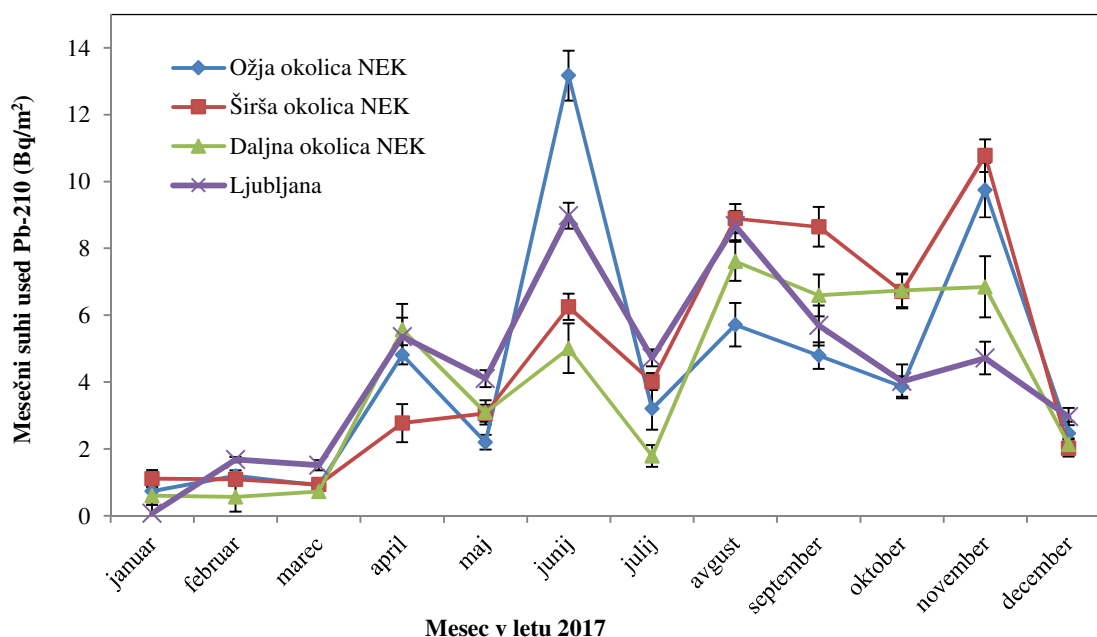
Suhi used

Rezultati meritev vzorcev suhih usedov so prikazani v tabelah T-42/1 (širša okolica NEK), T-42/2 (vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (ožja okolica NEK) in T-42/4 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, marec 2018.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2017 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137, Ru-106 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analize stroncija se na vzorcih z vazelinskih plošč ne izvaja. Na sliki 3.9 je primerjava med suhim in mokrim usedom na vseh lokacijah, kjer se izvaja vzorčenje.



Slika 3.9: Letni usedi v padavinah, zbranih v lovilnikih deževnice (leva stran grafa) in na vazelinskih ploščah na različnih lokacijah okrog NEK (desna stran grafa)



Slika 3.10: Mesečni suhi used Pb-210 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

Količina useda na vazelinskih ploščah v okolici NEK je primerljiva z usedi v Ljubljani. Podobno velja tudi za padavinske usede.

Na sliki 3.10 je prikazan suhi used za Pb-210. Ugotovimo zelo podoben potek za vse štiri lokacije. Vrednosti za Ljubljano so v splošnem primerljive z vrednostmi za lokacije v okolici NEK. Najvišja vrednost v okolici Krškega in v Ljubljani je bila izmerjena junija.



OCENA VPLIVOV

Letno dozo izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v človeški organizem konstanten vse leto. Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja radionuklidov iz useda in z ingestijsko dozo. Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [7] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.3 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi brez Ru-106 največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer med 30 % in 54 %. Celotna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2017 znatno višja kot v letu 2016; v okolici NEK približno za faktor dvesto kot v letu 2016, v Ljubljani pa za faktor 90. Razlog za znatno povišanje je izpust izotopa Ru-106 v ozračje, ki je prispeval 99 % v okolici NEK in 97 % Ljubljani k skupnem prispevku umetnih radionuklidov. Če Ru-106 izvzamemo iz izračuna, je efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda za umetne radionuklide primerljiva z letom 2016.

Skupna efektivna doza umetnih in naravnih radionuklidov se je seveda zaradi prispevka Ru-106 tudi povečala za približno faktor 2, če pa le-tega izvzamemo, pa je vrednost primerljiva z letom 2016.

Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK približno 36 % in v Ljubljani približno 23 % k celotni zunanji dozi zaradi useda, enako za vse starostne skupine. Tako velik delež je seveda zaradi prispevka Ru-106. Če ga izvzamemo iz računa, je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi 0,4 % v okolici NEK, kot tudi v Ljubljani. Letošnje leto je zaradi izpusta Ru-106 posebno, saj umetni radionuklidi kar dosti prispevajo k skupni dozi, a je treba poudariti, da je skoraj ves prispevek zaradi izpusta Ru-106, ki nima nikakršne povezave z izpusti iz NEK. Če bi upoštevali samo izpuste umetnih radionuklidov iz NEK, bi bili umetni radionuklidi pri računanju zunanjih doz v letu 2017 zaradi obseva zanemarljivi.

Tabela 3.3: Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda v letu 2017 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan. Vrednosti niso primerljive z oceno doze v poglavju *Zunanje sevanje*, saj tam ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1. Rezultati označeni z * so izračunane doze brez upoštevanja prispevka Ru-106.

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
		doza/ μ Sv	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	$0,039 \pm 0,004$	$0,027 \pm 0,005$
		*($0,0003 \pm 0,0001$)	*($0,0008 \pm 0,0001$)
	VSI	$0,107 \pm 0,012$	$0,115 \pm 0,006$
		*($0,069 \pm 0,012$)	*($0,089 \pm 0,003$)



Tabela 3.4: Ingestijske doze zaradi letnega padavinskega useda v letu 2017 za odrasle, otroke in dojenčke. Rezultati označeni z * so izračunane doze brez upoštevanja prispevka Ru-106.

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
			doza/ μ Sv	
ODRASLI	25	UMETNI	$0,033 \pm 0,003$	$0,023 \pm 0,003$
			* $(0,012 \pm 0,002)$	* $(0,009 \pm 0,001)$
		VSI	34 ± 3	57 ± 2
			* (34 ± 3)	* (57 ± 2)
OTROCI	15	UMETNI	$0,037 \pm 0,003$	$0,024 \pm 0,003$
			* $(0,010 \pm 0,002)$	* $(0,006 \pm 0,001)$
		VSI	56 ± 4	94 ± 3
			* (56 ± 4)	* (94 ± 3)
DOJENČKI	2,5	UMETNI	$0,183 \pm 0,016$	$0,118 \pm 0,019$
			* $(0,031 \pm 0,005)$	* $(0,016 \pm 0,001)$
		VSI	258 ± 19	424 ± 13
			* (258 ± 19)	* (424 ± 13)

Efektivno ingestijsko dozo izračunamo s produktom koncentracije aktivnosti radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, mase zaužitega rastlinja (25 kg za odraslo osebo, 15 kg za otroke in 2,5 kg za dojenčke) in doznega faktorja [7], [12], [50]. Pri tem se upošteva le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni upoštevan. Ta je zajet v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Pri izračunu nismo upoštevali, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo ali olupimo in tako speremo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Vrednosti so zbrane v tabeli 3.4.

Efektivna ingestijska doza v letu 2017 je tudi povišana glede na prejšnja leta in tudi tu je vzrok vpliv Ru-106. Efektivna ingestijska doza v letu 2017 je bila za umetne radionuklide višja v okolici NEK, efektivna ingestijska doza za naravne radionuklide pa je bila višja v Ljubljani. Ugotovitev velja za vse starostne skupine. Če izvzamemo iz izračuna skupne efektivne doze prispevek Ru-106, k skupni ingestijski efektivni dozi tako v Ljubljani kot v okolici NEK največ prispeva naravni izotop Pb-210 (med 91 % in 98 %). Efektivna ingestijska doza zaradi umetnih radionuklidov, brez prispevka Ru-106, k celotni efektivni ingestijski dozi za odraslo osebo prispeva v okolici NEK okrog 0,03 %, v Ljubljani pa 0,02 %, kar je primerljivo z letom 2016. Prispevek za otroka in dojenčka je še manjši. Umetni radionuklidi, če izvzamemo prispevek Ru-106, so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2017 zaradi ingestije zanemarljivi.



SKLEPI

Leto 2017 je bilo posebno, saj se je konec septembra v ozračju nad Evropo pojavilo onesnaženje z umetnima izotopoma Ru-103 in Ru-106. Medtem ko je bila vsebnost prvega izotopa v zraku le v sledovih, smo raven onesnaženja zraka z drugim radionuklidom lahko natančno ugotovili. Izvir Ru-106 ni znan, vendar pa je pri tem znan podatek, da je v času njegove zaznavnosti pihal vzhodnik. Številne države vzhodne in jugovzhodne Evrope so poročale o koncentraciji aktivnosti Ru-106 v zraku primerljivi s tistimi, ki so bile izmerjene po Sloveniji. Posledično je bil, preko zračnih usedov in izpiranja ozračja s padavinami, Ru-106 detektiran tudi v padavinah in suhem usedu. Le-ta je prispeval večinski delež k prejeti letni efektivni dozi zaradi umetnih radionuklidov. Večji efekt je opazen pri izračunani efektivni dozi zunanjskega sevanja useda, kjer je prispeval k skupnem prispevku zaradi umetnih radionuklidov, 99 % v okolici NEK in 97 % v Ljubljani. Pri izračunu ingestijske doze pri odrasli osebi je bil prispevek malo manjši, in sicer 65 % v okolici NEK in 61 % v Ljubljani. Pri otrocih je bil 73 % v okolici NEK in 75 % v Ljubljani. Za dojenčke je bil najvišji, in sicer 83 % v okolici NEK in 86 % v Ljubljani. Koncentracija aktivnosti Ru-106 v zraku se je v prvem tednu oktobra znižala pod mejo detekcije in se je v naslednjih mesecih pojavljala samo še v sledih v nekaterih vzorcih. Pri takem nenapovedanem izpustu, kot je bil nenadzorovan izpust Ru-103 in Ru-106, se lepo vidi, kako majhen in zanemarljiv je prispevek izpustov iz NEK.

Tritij je še vedno edini radionuklid iz zračnih izpustov NEK, ki je lahko neposredno zaznan v padavinah predvsem v Bregah in Krškem, a še tu v tem letu ni bilo očitnih korelacij. Tritij sicer po splošno uporabljani metodologiji praktično ne vpliva na dozno obremenitev zaradi zunanjskega sevanja.

Med umetnimi radionuklidi je bil v padavinah občasno ugotovljen Cs-137. Izmerjen je bil v 57 % vzorcev padavin in v 43 % vazelinskih plošč. Letna koncentracija aktivnosti za Cs-137 je bila v letu 2017 višja v Bregah, Krškem in Ljubljani ter nižja v Dobovi. Vzrok za detekcijo Cs-137 v padavinah je najverjetneje talna suspenzija. Sr-90 je bil v letu 2017 izmerjen samo v dveh od 36 vzorcev. Če izvzamemo prispevek umetnega radionuklida Ru-106 k efektivni dozi zaradi zunanjskega sevanja useda in ingestijski dozi, računani za padavinske usede, prispevajo predvsem naravni radionuklidi. Obremenitvi prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani sta primerljivi, vpliv NEK pa zanemarljiv.





4 RADIOAKTIVNOST V ZRAKU

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in evalvirani rezultati meritev plinskih in aerosolnih vzorcev iz okolja (imisije) ter aerosolnih filtrov za vzorčevanje zraka na glavnem oddušniku NEK (emisije). Ocena vpliva na prebivalstvo, izračunana za zračno prenosno pot, je bila narejena na podlagi meritev zračnih izpustov in z uporabo Lagrangeevega modela. Lokacije vzorčevanja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2017 enake kot prejšnja leta. Ocenjene letne učinkovite doze prebivalcev na podlagi meritev aerosolnih filtrov (imisije) zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanje sevanje) umetnih radionuklidov (0,5 nSv) so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne učinkovite doze, ki jo zaradi inhalacije (vdihavanja) povzročajo naravni radionuklidi (37 μ Sv). Pri dozah zaradi naravnih radionuklidov ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona. Modelna ocena daje oceno učinkovite letne doze za odraslo osebo v naselju Spodnji Stari Grad 7,0 nSv, na ograji NEK pa 24 nSv. Modelna ocena zajema vse izpuščene radionuklide, medtem ko učinkovita doza, izračunana iz meritev v okolju, upošteva le globalna kontaminanta Cs-137 in Sr-90, v letu 2017 pa tudi Ru-106, ki je bil jeseni v zraku nad celo Evropo, njegov natančni izvir pa še ni poznan. Prispevka Cs-137 in Sr-90 sta podobna prejšnjim letom na nivoju desetink nSv, prispevek Ru-106 v letu 2017 pa je bil 0,24 μ Sv.

UVOD

Zračni izpusti jedrske elektrarne imajo skupaj s tekočimi izpusti neposreden vpliv na okolje in ljudi, ki živijo v okolici takšnega objekta. Za nadzor zračnih izpustov opravljamo spektrometrsko analizo aerosolnih filtrov za vzorčevanje zraka na glavnem oddušniku NEK tik pred izpustom v okolje (emisije) ter aerosolnih in ogleh filtrov za prečrpavanje zraka v okolju (imisijske meritve). Izmerjene aktivnosti radionuklidov na izviri so vhodni podatki za modelne izračune, s katerimi se napoveduje njihova porazdelitev in aktivnost radionuklidov v okolju. Pri oceni doz se uporabljajo sodobni modeli, ki najbolje upoštevajo sprotne izmerjene meteorološke parametre v preteklem letu, dejansko ravninsko geometrijo in druge značilnosti v okolici obravnavanega objekta. Modele lahko preverimo z neposrednimi meritvami v okolju. Neodvisni laboratoriji vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje in ljudi.

Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odvzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov (aerosolni filtri v monitorju RM-24) ter opravljajo meritve žlahtnih plinov. Njihove koncentracije aktivnosti na izbranih lokacijah v okolici NEK se ugotavljajo z uporabo Lagrangeevega disperzijskega modela Spray [43], [44], [45], [46], saj zaradi razredčitev meritve na lokacijah niso praktično mogoče, ker so koncentracije radioaktivnosti zaradi emisij NEK zanemarljivo nizke v primerjavi s koncentracijami radioaktivnosti zaradi imisij v okolju. Meritve aerosolov in I-131 v okolju se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško - Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in Dobova) na različnih oddaljenostih od glavnega izpuha NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh (jod I-131 se v Dobovi ne vzorčuje). Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, hitrost vetra je nizka, in da sta prevladujoči smeri razširjanja proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani.

Doze so izračunane na podlagi modelskih izračunov in izmerjenih koncentracij aktivnosti radionuklidov. Izračuni so narejeni tudi za lokacije, kjer so postavljene aerosolne črpalke. Metodologija računanja doz je predstavljena v postopku *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*.



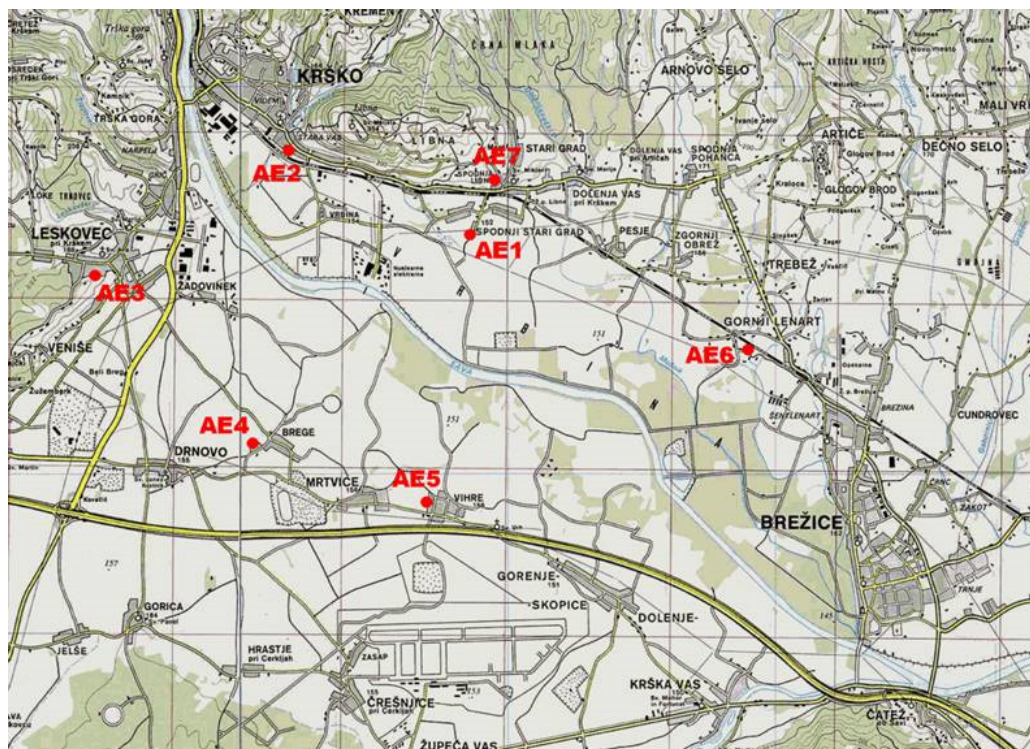
OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Vzorčevanje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvaja v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 124. členom *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (ZVISJV-1, Ur. l. RS št. 76/2017) [10] zagotavljati upravljavec jedrskega objekta. Podobno kot spremljamo radioaktivnost v okolju v Sloveniji, jo spremljajo tudi v drugih državah članicah EU, saj to zahteva 35. člen pogodbe o ustanovitvi Agencije Evropske skupnosti za atomsko energijo [51].

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2017 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij. Aerosole smo vzorčevali na osmih mestih v okolici NEK (slika 4.1): Spodnji Stari Grad – AE1 (1,5 km), Krško - Stara vas – AE2 (1,8 km), Leskovec – AE3 (3 km), Brege – AE4 (2,3 km), Vihre – AE5 (2,9 km), Gornji Lenart – AE6 (5,9 km), Spodnja Libna – AE7 (1,4 km) in Dobova – AE8 (12 km). Na istih mestih kot vzorčevanje aerosolov je potekalo vzorčevanje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčevanje za specifično meritev Sr-90 se je izvajalo le v Dobovi. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan" v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [16].

Vzorčevanje aerosolov je potekalo s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre. Filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa najmanj 10 000 m³ zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani je potekalo vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre mesečno prečrpajo od 100 000 m³ do 150 000 m³ zraka (slika 4.2). Izotopska analiza aerosolov se izvaja na sestavljenih mesečnih vzorcih z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčevanje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorčevanje in meritve v Ljubljani je opravil IJS.



Slika 4.1: Načrt okolice NE Krško z vrisanimi lokacijami zračnih črpalk



Slika 4.2: Poleg zračnih črpalk v okolici NEK, sta visoko zmogljivi črpalki v Ljubljani in v Dobovi.

Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorčevanje I-131 potekalo ločeno s črpalkami z manjšim pretokom in s posebnimi filtri iz steklenih mikrovlaknen in aktivnega oglja, prepojenega s trietilendiaminom. Filtri zbirajo atomski in molekularni jod (I , I_2), metiljodid (CH_3I), HI, HOI in jod, vezan na aerosole. Črpanje je kontinuirno, filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa od 1 000 m³ do 1 400 m³ zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 in izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčenje in specifične meritve joda je opravil IJS.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen Sr-89/Sr-90 in H-3) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo kriterijem, ki so navedeni v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti*. Meritve so bile opravljene po postopku *LMR-DN-10*. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov pri NIST, ZDA. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom GUM in postopkom *LMR-RP-05*. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih razmerah, je 5 %.

Princip ugotavljanja stroncija v okoljskih vzorcih temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina (90 % Ar in 10 % CH₄). V primerih, ko je potrebno ugotavljanje Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-89/Sr-90 ter po vzpostavljenem radioaktivnem ravnovesju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-89/Sr-90; iz meritve Y-90 izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato izračunamo aktivnost Sr-89. Natančni postopek ugotavljanja Sr-89/Sr-90 s štetjem beta je opisan v standardnih delovnih navodilih *SDN-O2-STC(01)* in *DP-O2-STC(01)*.



REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Rezultate imisijskih meritev aerosolov na lokacijah na krško-brežiškem polju prikazujemo v tabelah od T-44 (Spodnji Stari Grad), T-45 (Krško – Stara Vas), T-46 (Leskovec), T-47 (Brege), T-48 (Vihre), T-49 (Gornji Lenart), T-50 (Libna) in T-51 (Dobova). V tabeli T-52 so prikazani rezultati meritev v Ljubljani, na dvorišču IJS, ki so vzeti iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS v letu 2017 [16]. Imisijske meritve ogleh filtrov, na katere se ulovijo plinasti izpusti I-131, so prikazane v tabeli T-43. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12468*, januar 2018. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri vzorcih zraka je takšna predpostavka utemeljena.

V letu 2017 v NEK ni bilo remonta, saj je bil prejšnji od 1. 10. 2016 do 5. 11. 2016, ko se je začel 29. gorivni cikel, naslednji je načrtovan v aprilu 2018. Sicer so v času, ko v NEK poteka remont, navadno izpusti večji kot med rednim obratovanjem, kar velja za izpuste tritija (H-3), ogljika (C-14), joda in žlahtnih plinov. Iz podatkov o meritvah vsebnosti plinov v izpuhu NEK, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz podatka o nominalnem dnevnem izpuhu skozi oddušnik (47 m³/s oziroma 4 059 000 m³ na dan) so bile določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov (tabela 4.4). Podatki so vzeti iz programa meritev plinastih efluentov (izvajalec IJS) [9] in podatkov o meritvah filtrov RM24 na izviru, ki jih je posredoval NEK [8].

Tritij (H-3)

Tritija v zraku v okolju še ne merimo oziroma ni v programu meritev. Prisotnost tritija ocenjujemo z modelom razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Ogljik (C-14)

C-14 v zraku v okolju ne merimo oziroma ni v programu meritev obratovalnega nadzora. Prisotnost C-14 ocenjujemo z meritvami v okolju na ograji NEK, vendar rezultati meritev niso del programa obratovalnega nadzora. Vsebnost C-14 v zraku se ocenjuje tudi z modelom razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Cezij (Cs-137)

Izmed umetnih radionuklidov so bili v letu 2017 v aerosolih, zbranih na filtrih zračnih črpalk, zaznani Cs-137, Sr-90 in Ru-106. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je posledica globalne kontaminacije in torej imisij, medtem ko je prispevek emisij NEK nemerljiv glede na modelne ocene. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK v letu 2017, v Ljubljani in lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so prikazane v tabeli 4.1. Za primerjavo so prikazana tudi večletna povprečja za posamezno lokacijo, razen za Jareninski vrh in Predmejo. Meritve aerosolov v okviru republiškega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), v Predmeji in na Jareninskem vrhu (ZVD, Zavod za varstvo pri delu) [15]). Iz tabele 4.2 lahko razberemo, da so bile povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2017 nižje od dolgoletnih povprečij. Povprečje po vseh lokacijah v okolici NEK za leto 2017 je dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji v letu 2017. Večletno povprečje v Bregah (tabela 4.1) je višje od drugih lokacij v okolici NEK, vendar še vedno primerljivo z vrednostmi v Ljubljani in drugod po Sloveniji. Anomalijo lahko pripišemo okoljskim posebnostim na tej lokaciji.


Tabela 4.1: Primerjava večletnih povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v aerosolih v okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji s podatki za leto 2017

Lokacija	Od 2005 do 2016	2017
	Koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	
Spodnji Stari Grad	1,8E-06 ± 1E-07	7,5E-07 ± 3E-07
Stara vas	1,7E-06 ± 2E-07	9,2E-07 ± 6E-07
Leskovec	1,9E-06 ± 1E-07	8,7E-07 ± 2E-07
Brege	2,6E-06 ± 2E-07	9,7E-07 ± 5E-07
Vihre	1,7E-06 ± 2E-07	1,0E-06 ± 3E-07
Gornji Lenart	1,6E-06 ± 2E-07	7,9E-07 ± 3E-07
Spodnja Libna	1,4E-06 ± 2E-07	6,1E-07 ± 3E-07
Dobova	1,5E-06 ± 2E-07	8,8E-07 ± 7E-08
Povprečje NEK	1,3E-06 ± 2E-07	8,5E-07 ± 1E-07
Ljubljana	2,0E-06 ± 5E-08	1,6E-06 ± 1E-07
Jareninski vrh	–	1,0E-06 ± 2E-07
Predmeja	–	3,8E-06 ± 1E-07

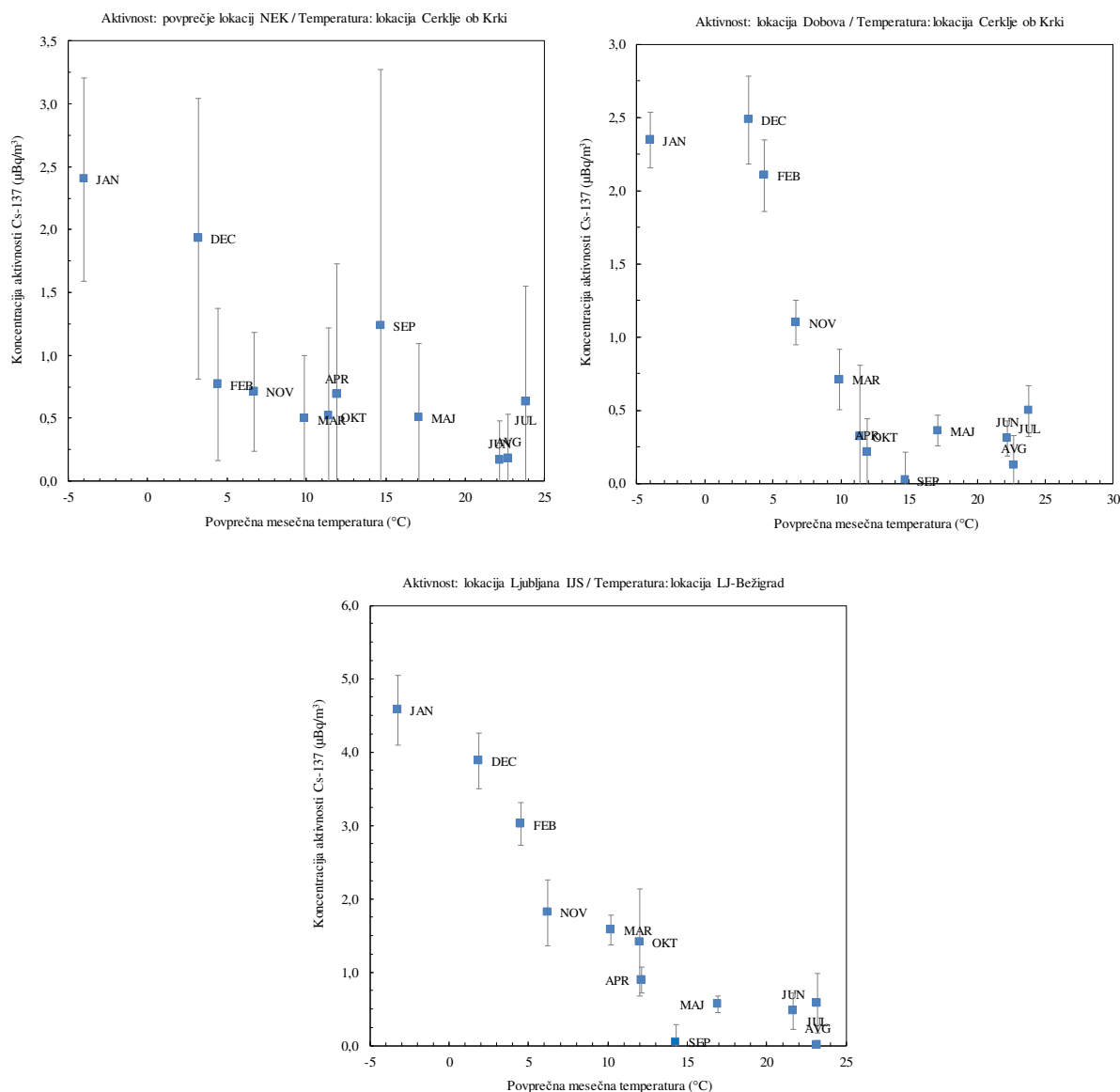
Tabela 4.2: Primerjava povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2017

Vzorč.mesto	JARENINSKI VRH*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti (Bq/m³)			
Na-22			1,9E-07 ± 4E-08	7,7E-08 ± 4E-08
U-238	3,6E-06 ± 2E-06	5,1E-05 ± 1E-05	3,3E-06 ± 2E-06	1,1E-05 ± 2E-06
Ra-226	2,4E-06 ± 4E-07	7,4E-06 ± 2E-06		8,4E-06 ± 6E-06
Pb-210	4,3E-04 ± 2E-05	4,4E-04 ± 2E-05	7,8E-04 ± 1E-05	6,4E-04 ± 3E-05
Ra-228	1,5E-06 ± 6E-07	6,0E-06 ± 2E-06	9,6E-07 ± 4E-07	6,2E-06 ± 9E-07
Th-230				
Th-228	4,6E-06 ± 8E-07	5,5E-06 ± 1E-06	8,2E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 8E-07
K-40	2,4E-04 ± 7E-06	7,6E-04 ± 3E-05	3,4E-06 ± 7E-06	1,3E-07 ± 2E-06
Be-7	3,5E-03 ± 9E-05	4,4E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 6E-05	3,9E-03 ± 1E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,0E-06 ± 2E-07	3,8E-06 ± 1E-07	1,6E-06 ± 1E-07	8,5E-07 ± 1E-07
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106	7,8E-04 ± 1E-05	7,4E-04 ± 2E-05	4,7E-04 ± 1E-05	4,0E-04 ± 3E-05
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	1,1E-07 ± 1E-08

* Rezultati iz programa nadzora radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije



V izmerjenih povprečnih koncentracijah aktivnosti Cs-137 na filterih vzorčevalnih črpalk je samo majhen del posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje, iz literature ([52], [53], [3]) lahko namreč sklenemo, da je prispevek h koncentraciji aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplejših mesecih pa je prispevek kurjenja manj izrazit in je najverjetneje posledica več dejavnikov, v največji meri zaradi resuspenzije s tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije. Takšna temperaturna korelacija s koncentracijami Cs-137 v zraku je lepo razvidna na sliki 4.3 za različne lokacije, kjer lahko potrdimo, da so izmerjene koncentracije Cs-137 v okolici NEK posledica imisij.



Slika 4.3: Sezonska odvisnost koncentracij Cs-137 v zraku – povprečje vseh lokacij okrog NEK, Dobova in Ljubljana. Na večini lokacij okrog NEK so zaradi manjših prečrpanih volumnov vrednosti koncentracij Cs-137 zelo blizu meje detekcije ali kvantifikacije, v Dobovi in Ljubljani vzorčenje poteka z visoko pretočnima črpalkama, zato je korelacija med koncentracijo in povprečno mesečno temperaturo izrazitejša.



Stroncij (Sr-90)

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in še to na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Poročana povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2017 je bila sicer $0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je $0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Izotop Sr-89 v letu 2017 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.

Jod (I-131)

Mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v zraku (ogleni filtri, tabela T-43) so bile pod mejno merilno koncentracijo aktivnosti $0,1 \text{mBq}/\text{m}^3$, ki jo navaja izvajalec meritev IJS. I-131 prav tako ni bil detektiran v aerosolih (tabele T-44 do T-51), kjer pa izvajalec meritev navaja še nižjo mejno merilno koncentracijo aktivnosti $0,01 \text{mBq}/\text{m}^3$ za I-131 v aerosolih v naseljih v okolici NEK. Z uporabo zmogljivejše aerosolne črpalke v Dobovi pa je mejna merilna koncentracija aktivnosti za jod $0,001 \text{mBq}/\text{m}^3$. Oceno za zgornjo mejo prispevka I-131 v zraku dobimo tako, da za koncentracijo aktivnosti privzamemo najmanjšo merljivo koncentracijo aktivnosti $0,01 \text{mBq}/\text{m}^3$. Drugod se uporablja četrtna detekcijske meje.

Ru-106

Konec septembra 2017 je bil zrak nad jugovzhodno Evropo onesnažen z izotopoma Ru-103 in Ru-106. Medtem ko je bila vsebnost prvega izotopa v zraku le v sledovih, smo raven onesnaženja zraka z drugim radionuklidom lahko natančno ugotovili (tabela 4.3). Številne države vzhodne in jugovzhodne Evrope so poročale o koncentraciji aktivnosti Ru-106 v zraku, primerljivi tistim, ki so bile izmerjene po Sloveniji. Koncentracija aktivnosti Ru-106 v zraku v Ljubljani se je v prvem tednu oktobra znižala pod mejo detekcije, na lokacijah Jareninski vrh oziroma Predmeja pa je bil detektiran do novembra oziroma decembra.

Točen vir izotopa Ru-106 ni znan, zagotovo pa ne gre za nesrečo v jedrskem reaktorju, saj bi v takem primeru dobili kopico drugih cepitvenih in aktivacijskih produktov. Lokacijo izvira je ocenil IRSN (Francija) z modeliranjem vremenskih razmer konec septembra, s katerim so ugotovili, da se je širjenje Ru-106 začelo nekje južno od Urala v Rusiji [73]. Najverjetneje bi lahko bil Ru-106 posledica izpustov iz kakšnega predelovalnega obrata, ki jih je veliko na tem delu Rusije. Vse vesoljske agencije so izključile padec satelita z vgrajenim takšnim radioaktivnim virom, ki se uporablja kot električni generator za napajanje komponent satelita. Ocenjena skupna aktivnost Ru-106 je bila 100–300 TBq.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2017 zaznani izpusti Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m, Cs-137 in Sr-90, vendar ti izotopi, z izjemo Cs-137 in Sr-90, niso bili detektirani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, in v Ljubljani. Cs-137 in Sr-90 v zraku, izmerjena v zračnih filtrih, sta posledica imisij.

Naravni radionuklidi

Iz rezultatov meritev naravnih radionuklidov v aerosolih v okolju na posameznih mestih je težko potegniti smiselne skupne sklepe ujemanja (tabela 4.2), saj so koncentracije radionuklidov lahko odvisne od vremenskih, geografskih in/ali geoloških razmer. Pri Be-7 in Pb-210 je ujemanje v okviru negotovosti povprečja dobro. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2017 v okolici NEK je bila $3\,800 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, Pb-210 pa $640 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji $4\,400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in $780 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Za kozmogeni Be-7 ugotavljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, Jareninskem vrhu, Predmeji in v Ljubljani izmerjena podobna vrednost. Takšna ugotovitev velja tudi za Pb-210. Tak rezultat za Be-7 in Pb-210 je pričakovano predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in posledičnega izpiranja aerosolov iz ozračja. Letna količina padavin v okolici NEK je tipično nižja kot v Ljubljani, v letu 2017 na primer približno 40 % nižja [74] [34].

Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK, Ljubljano in drugimi lokacijami po Sloveniji večje (tabela 4.2). Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal,



bližini obdelovalnih polj, neupoštevanju ekshalacije radona pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Jareninskega vrha ter uporabi zračnih črpalk z različnimi pretoki. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani so najbolj natančne, zato se v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Ob primerjavi vrednosti z lokacij v okolici NEK in v Ljubljani je treba upoštevati, da zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, kar zniža mejo detekcije, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani. Ob upoštevanju teh dejstev lahko sklenemo, da so vrednosti naravnih radionuklidov v zraku v okolici NEK podobne tistim, ki smo jih izmerili v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [14].

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi v okolju poroča tudi o Na-22, tega leta je namreč povečal občutljivost meritev. Podobno kot Be-7, je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1 000-krat nižje od koncentracij Be-7. V letu 2017 je bila povprečna koncentracija aktivnosti Na-22 0,08 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

Tabela 4.3: Izmerjene koncentracije Ru-106 na različnih lokacijah v okolici NEK v različnih mesecih konec leta 2017

Mesec vzorčevanja	Lokacija	Koncentracija aktivnosti (Bq/m^3)
september	Spodnji Stari Grad	1,5E-03 \pm 1E-04
oktober	Spodnji Stari Grad	1,3E-03 \pm 1E-04
september	Krško - Stara vas	3,2E-03 \pm 3E-04
oktober	Krško - Stara vas	2,2E-03 \pm 1E-04
december	Krško - Stara vas	3,1E-07 \pm 3E-06 ‡
september	Leskovec	3,0E-03 \pm 3E-04
oktober	Leskovec	2,2E-03 \pm 2E-04
december	Leskovec	1,1E-05 \pm 7E-06
september	Brege	2,3E-03 \pm 2E-04
oktober	Brege	2,1E-03 \pm 1E-04
september	Vihre	2,4E-03 \pm 1E-04
oktober	Vihre	2,2E-03 \pm 1E-04
september	Gornji Lenart	3,0E-03 \pm 2E-04
oktober	Gornji Lenart	2,3E-03 \pm 1E-04
september	Libna	3,0E-03 \pm 2E-04
oktober	Libna	1,8E-03 \pm 1E-04
september	Dobova	3,0E-03 \pm 1E-04
oktober	Dobova	2,4E-03 \pm 1E-04

‡ merski rezultat pod mejo kvantifikacije

OCENA VPLIVOV

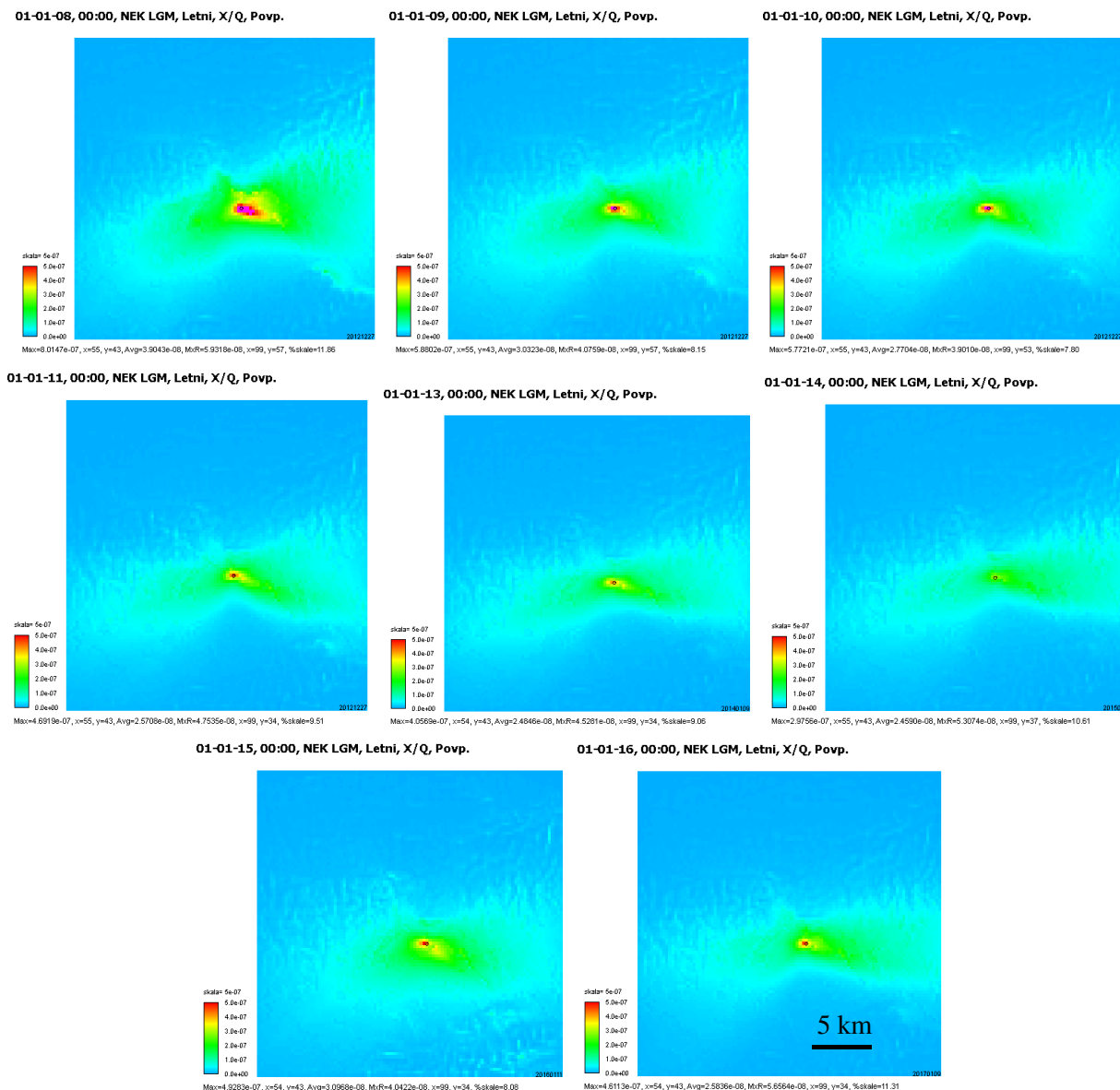
Zaradi prevelikega vpliva imisij v izmerjenih koncentracijah umetnih radionuklidov na lokacijah meritev ni mogoče izolirati vpliva teh radionuklidov v aerosolih v razredčenih zračnih izpustih NEK ali so pod mejo detekcije. Zato si pri oceni koncentracije radionuklidov na posameznih lokacijah pomagamo z računskimi modeli, ki ocenijo razredčitev koncentracije radionuklidov od točke izpusta. Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, od 2007 dalje namesto Gaussovega uporabljamo Lagrangeev model širjenja emitiranih snovi v zraku, ki upošteva konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere ter izpust na višini 60 m. [5]

Z modeliranjem širjenja ocenimo koncentracije aktivnosti emitirane snovi v zunanjem zraku na določeni lokaciji stran od izpusta na podlagi razredčitvenih koeficientov (χ/Q) z enoto s/m^3 . Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja, če je emisija enotska (enaka 1 Bq/s). Razredčitveni koeficient se izračuna za vsak polurni interval z meteorološkimi podatki v obravnavanem letu posebej, in sicer za mrežo celic na



obravnnavanem območju modeliranja (25 km × 25 km z NEK v središču). Nato se za vsako celico izvede časovno povprečenje razredčitvenega koeficienta ob predpostavki konstatne emisije v tem časovnem intervalu.

Na slikah 4.4a in 4.4b so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q), kjer je porazdelitev narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q . Prikazani so koeficienti za leto 2017 (slika 4.4b) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2008 do 2016 (slika 4.4a). S slik 4.4a in 4.4b je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu.

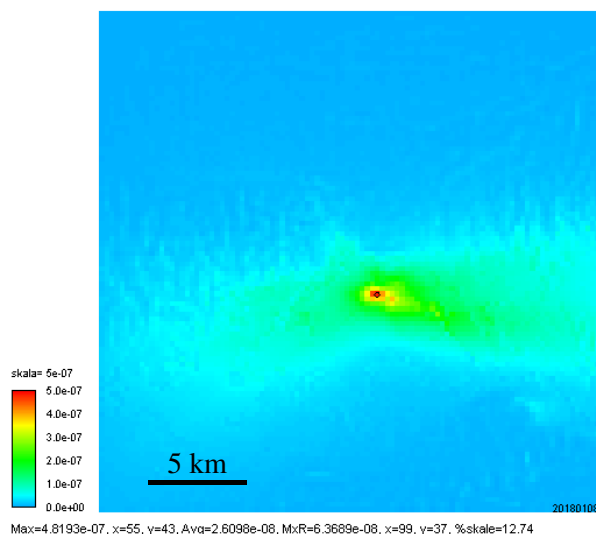


a) Leta od 2008 do 2016

Slika 4.4a: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3 , izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2016
Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje



01-01-17, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



b) Leto 2017

Slika 4.4b: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3 , izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leto 2017 (območje modeliranja je znotraj rdečega okvira, $25 \text{ km} \times 25 \text{ km}$) [75]

Podatke je izračunal in posredoval MEIS, storitve za okolje

Vzorčevanje emisij NEK se opravlja na glavnem oddušniku z odvzemom reprezentativnega vzorca, ki se črpa skozi več merilnikov sevanja in vrača v oddušnik. Ločeno se vzorčujejo tritij (H-3), ogljik (C-14), Sr-90 (za specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta) ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama preko aerosolnih filtrov v monitorju RM-24. Meritev žlahtnih plinov poteka kontinuirno v posebnem merilnem zbiralniku. Vzorčevanje in specifične analize tritija (H-3) in ogljika (C-14) je opravil IJS, meritve vzorcev filtrov za vzorčevanje aerosolov na oddušniku pa NEK in IJS. NEK je opravil tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

Iz meritve emisij na izpuhu NEK (tabela 4.4) in podatkov o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih (χ/Q) za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.5) lahko izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni učinkovni dozi zaradi zračnih emisij NEK.

V tabeli 4.4 so pri aerosolih predstavljene višje vrednosti enega izmed obeh izvajalcev, o aktivnosti žlahtnih plinov pa poroča le NEK. Pri tem je potrebno povedati, da se pri poročanju o merskih rezultatih v bližini meje detekcije uporablja priporočilo Evropske komisije [49], ki določa, da se poroča o četrtini meje detekcije določenega radionuklida za vsak mesec, če je le-ta bil vsaj enkrat detektiran v letu. Takšen način poročanja lahko pomeni, da je letna izpuščena aktivnost precenjena. Na primer, v letu 2015 se je izkazalo, da je bil izpust Cs-137 precenjen za 72 %, Ru-103 za 42 %, Xe-131m za 59 % itd. Teoretično bi tako lahko le ob eni mesečni meritvi tik ob meji detekcije bila poročana letna aktivnost, ki je 3,75-krat višja od dejansko izmerjene ($11 \times 0,25 \text{ MDA} + 1 \text{ MDA}$). Posledično sta tudi ocenjeni učinkovni dozi zaradi vdihavanja in zunanega sevanja žlahtnih plinov lahko precenjeni do nekaj procentov (v letu 2015, na primer 5 %), v ekstremnih primerih pa celo bistveno več. Pomanjkljivost tovrstnega poročanja je tudi s stališča metrologije, saj se izgubi informacija o negotovosti rezultatov meritev in letne vsote [47].

Iz tabele 4.4 je razvidno, da skozi dimnik uhaja največ tritija v obliki vodne pare (HTO). Izkaže se, da je to glavni prispevek k modelski oceni učinkovne doze zaradi vdihavanja na izbranih lokacijah v okolici NEK (tabela 4.6). Znatne so tudi izpuščene aktivnosti žlahtnih plinov, vendar pa je modelska ocena učinkovne doze zaradi zunanega sevanja red velikosti nižja od učinkovne doze zaradi vdihavanja, izračunane na lokacijah v okolici NEK (tabela 4.7).



Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov (tabela 4.4) ter iz izračunanih mesečnih razredčitvenih koeficientov (χ/Q) (tabela 4.5), so bile izračunane koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov po mesecih a_{jl} na lokaciji l :

$$a_{jl, \text{mes}} = a_{js, \text{mes}} \cdot \Phi_v \cdot (\chi/Q)_l \quad (4.1)$$

Tu je a_{js} mesečna koncentracija aktivnosti radionuklida j na točki izpusta, Φ_v pretok oziroma hitrost izpusta v enotah m^3/s ter $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l v enotah s/m^3 .

Tabela 4.4: Zračni izpusti iz dimnika NEK v letu 2017 na višini 60 m

	Radionuklid	Letni izpust (Bq)
Pare, plini (inhalacija - vdihavanje)	I-131	7,9E+05
	I-132	–
	I-133	7,4E+06
	I-135	–
	HTO	5,3E+12
	HT + CHT	7,9E+11
	C-14 v CO ₂	2,0E+10
	C-14 v CH ₄	5,7E+10
Aerosoli (inhalacija - vdihavanje)	Mn-54	–
	Co-57	–
	Co-58	–
	Co-60	1,1E+3
	Nb-95	–
	Zr-95	–
	Ru-103	–
	Ag-110m	–
	Sb-125	–
	Te-123m	2,7E+02
	Te-125m	3,0E+04
	Te-127m	4,3E+03
	Cs-137	1,0E+03
	Fe-55	–
Sr-90	1,4E+03	
Se-75	–	
Žlahtni plini (imerzija – zunanje sevanje)	Xe-131m	9,3E+11
	Xe-133	8,2E+10
	Xe-133m	2,1E+07
	Xe-135	2,8E+10
	Xe-135m	–
	Ar-41	1,0E+10
	Kr-85	2,8E+11
	Kr-85m	–
Inhalacija (vdihavanje) – skupna izpuščena aktivnost		6,2E+12
Imerzija (zunanje sevanje) – skupna izpuščena aktivnost		1,3E+12
Skupna izpuščena aktivnost		7,5E+12



Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci, ki živijo v okolici NEK. Človek z vdihavanjem zraka vnese v telo določeno količino radionuklidov, ki so v zraku. Radionuklidi se lahko nato iz pljuč razširjajo v druge dele telesa in poleg pljuč povzročajo tudi delno obsevanost drugih organov človeka. Efektivna doza $E_{l,inh,mes}(g)$, ki jo prejme posameznik v starostni skupini prebivalstva g v enem mesecu na lokaciji l , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

$$E_{l,inh,mes}(g) = \sum_j h(g)_{j,inh} A_{jl,inh,mes} \quad (4.2)$$

pri čemer je $h(g)_{j,inh}$ predvidena efektivna doza na enoto vnosa j -tega radionuklida zaradi vdihavanja, izražena v Sv/Bq, in $A_{j,inh,mes}$ posamezni mesečni vnos j -tega radionuklida z vdihavanjem, izražen v Bq.

Tabela 4.5: Razredčitveni koeficienti $(\mathcal{R}/Q)/(s/m^3)$ v letu 2017 za naselja v okolici NEK, ki jih je izračunalo in posredovalo podjetje MEIS storitve za okolje z uporabo Lagrangeevega modela

	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
Januar	1,4E-07	9,4E-08	2,2E-08	1,2E-08	1,5E-08	3,4E-08	7,2E-08	1,6E-07	9,4E-08	8,9E-08	1,3E-08	9,5E-08
Februar	1,4E-07	9,6E-08	2,6E-08	2,0E-08	2,3E-08	4,3E-08	7,1E-08	1,5E-07	7,5E-08	9,9E-08	1,3E-08	1,1E-07
Marec	1,0E-07	9,6E-08	5,3E-08	1,9E-08	2,6E-08	5,3E-08	5,7E-08	7,9E-08	5,3E-08	7,3E-08	3,5E-08	1,0E-07
April	1,3E-07	1,2E-07	3,9E-08	2,7E-08	5,3E-08	5,4E-08	1,1E-07	1,2E-07	7,8E-08	8,4E-08	1,9E-08	1,1E-07
Maj	1,8E-07	2,0E-07	5,5E-08	2,7E-08	3,4E-08	6,7E-08	1,0E-07	8,7E-08	5,7E-08	1,3E-07	3,5E-08	4,4E-07
Junij	4,6E-07	3,8E-07	1,1E-07	7,9E-08	6,9E-08	8,3E-08	1,5E-07	1,1E-07	1,6E-07	2,3E-07	5,9E-08	1,0E-06
Julij	2,1E-07	5,0E-07	9,1E-08	5,9E-08	6,2E-08	1,3E-07	2,4E-07	1,1E-07	1,1E-07	2,2E-07	4,6E-08	1,8E-06
Avgust	1,5E-07	4,2E-07	1,2E-07	5,6E-08	6,2E-08	1,4E-07	2,9E-07	1,2E-07	6,7E-08	1,3E-07	6,8E-08	1,6E-06
September	1,8E-07	1,4E-07	5,1E-08	4,1E-08	4,7E-08	8,4E-08	1,4E-07	9,4E-08	8,2E-08	1,5E-07	2,5E-08	2,2E-07
Oktober	2,3E-07	1,4E-07	5,0E-08	3,2E-08	3,3E-08	7,0E-08	7,7E-08	7,7E-08	6,8E-08	1,8E-07	3,6E-08	1,9E-07
November	1,1E-07	8,3E-08	2,4E-08	2,0E-08	3,3E-08	5,4E-08	9,5E-08	1,2E-07	6,3E-08	1,2E-07	1,3E-08	1,0E-07
December	1,4E-07	3,4E-08	2,6E-08	1,7E-08	1,7E-08	2,3E-08	3,4E-08	3,7E-08	2,0E-08	1,1E-07	1,5E-08	4,6E-08

* drsniki v posameznih celicah pomenijo relativno velikost razredčitvenega faktorja, posebej za ograjo NEK (rdeča barva) in za vse druge lokacije skupaj (siva barva). Tako so hitro razvidne morebitne sezonske/meteorološke variacije.

V našem primeru mesečni vnos j -tega radionuklida $A_{j,inh,mes}$ izračunamo kot:

$$A_{j,inh,mes} = a_{jl,mes} \frac{1}{12} V(g) \quad (4.3)$$

kjer je $a_{jl,mes}$ koncentracija/specifična aktivnost j -tega radionuklida iz enačbe (4.1) in $V(g)$ letna hitrost dihanja za določeno starostno skupino g . V enačbi (4.3) smo upoštevali, da je hitrost dihanja enakomerna celo leto. Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino in podatkov o mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,inh}$ [12] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. Letna efektivna doza zaradi vdihavanja za posamezno starostno skupino je potem vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.2).

Efektivno dozo zaradi imerzije (zunanjšega sevanja) izračunamo ob predpostavki, da zanemarimo inhalacijo (vdihavanje) žlahtnih plinov v primerjavi z zunanjim sevanjem, ki ga povzroča polneskončni oblak žlahtnih plinov. Mesečno efektivno dozo zaradi imerzije (zunanjšega sevanja) na lokaciji l izračunamo kot:



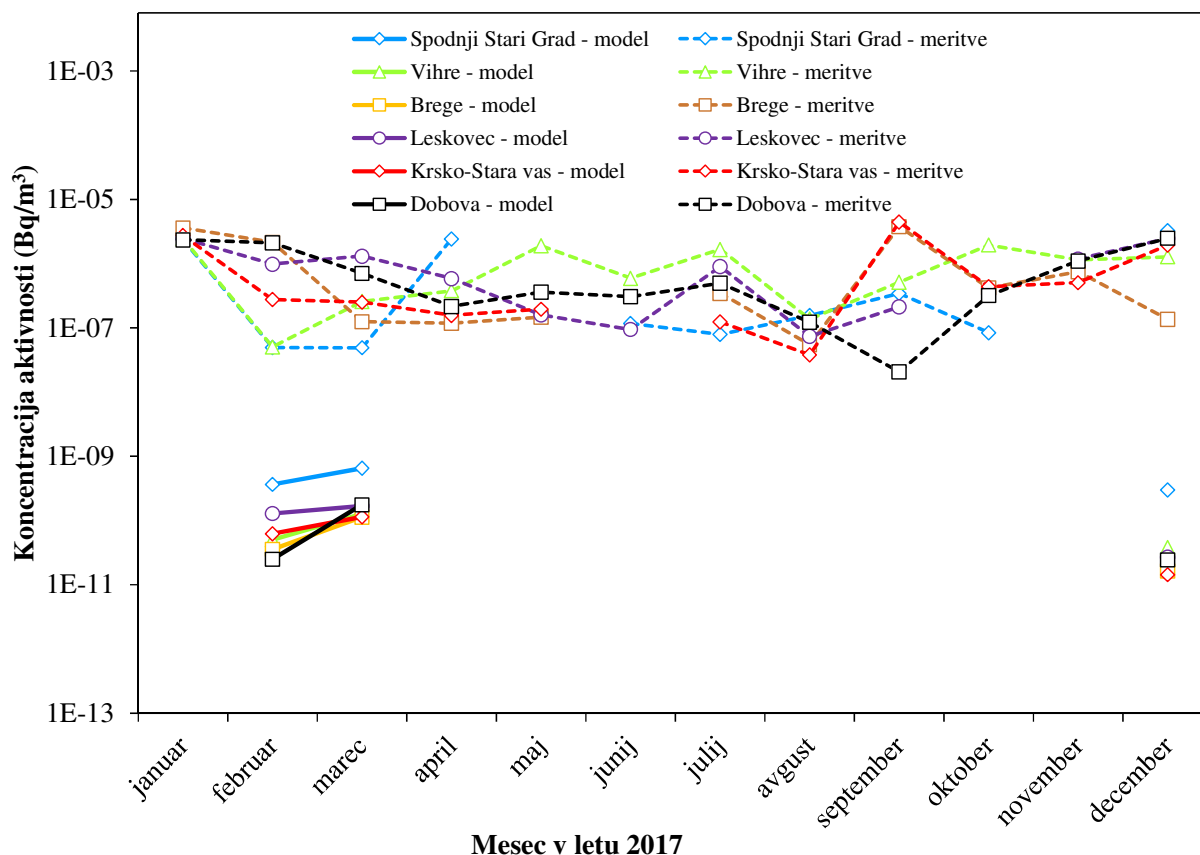
$$E_{l,im,mes} = \sum_j h_{j,im} A_{jl,im,mes} \quad (4.4)$$

pri čemer je $h_{j,im}$ predvidena efektivna doza ((Sv/d)/(Bq/m³)) j -tega radionuklida, prejeta v enem dnevu na enoto koncentracije aktivnosti v zraku (tabela 6, [12]). Pretvorbeni dozni koeficienti so enaki za vse starostne skupine. Aktivnost $A_{jl,im,mes}$ na lokaciji l izračunamo iz zveze, ki jo podaja enačba (4.5)

$$A_{jl,im,mes} = A_{jS,mes} (\chi/Q)_l \quad (4.5)$$

kjer je $A_{jS,mes}$ izpuščena mesečna aktivnost, pomnožena s pretokom in obdobjem izpuščanja, $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l v enotah s/m³. Letna efektivna doza zaradi imerzije (zunanjega sevanja) je potem za vse starostne skupine vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.4). Pri tem upoštevamo, da ima dan 86 400 s.

Na sliki 4.5 prikazujemo modelsko izračunane in izmerjene mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 za lokacije: Spodnji Stari Grad, Vihre, Brege, Krško - Stara vas Leskovec in Dobova. Iz predstavljenih podatkov na sliki 4.5 je razvidno, da so koncentracije aktivnosti Cs-137, izračunane iz enačbe (4.1), tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov nižje od izmerjenih vrednosti v okolju. Ordinatna os je logaritemska. Izmerjene mesečne koncentracije Cs-137, ki so nekaj μBq/m³ na aerosolnih filtrih v okolici NEK, niso posledica izpustov iz NEK, temveč so posledica imisij oziroma splošne onesnaženosti okolja zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v petdesetih in šestdesetih letih dvajsetega stoletja ter v manjši meri nesreče v Fukušimi. S tem dejansko spremljamo imisije iz okolja, zato je za oceno prispevka NEK k dozi smiselno upoštevati le vrednosti, dobljene z modelnimi izračuni (enačba 4.1).



Slika 4.5: Primerjava izračunanih in izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih (ordinatna os je logaritemska). V mesecih, ko Cs-137 ni bil izmerjen v izpustih, modelskih izračunov ni mogoče narediti.


Emisijske doze (izračun iz modelsko ugotovljenih koncentracij aktivnosti radionuklidov na mestih vzorčenja)

Na podlagi prej opisane metodologije je tako narejen izračun doz. V tabelah 4.6 in 4.7 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2017 na Vrbinu in nato v Spodnjem Starem Gradu, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Tabela 4.6: Predvidene letne učinkovite doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjšega sevanja) posameznih radionuklidov zaradi izpustov NEK za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 1,5 km) in na najbližji lokaciji na ograji NEK (0,5 km) – prispevki v letu 2017

	Radionuklid	Letna učinkovita doza (μSv)	
		Spodnji Stari Grad	Ograja NEK
Pare, plini (inhalacija - vdihavanje)	I-131	3,0E-07	8,8E-07
	I-132	–	–
	I-133	5,1E-07	3,4E-06
	I-135	–	–
	HTO	4,5E-03	1,2E-02
	HT + CHT	6,8E-06	1,7E-05
	C-14 v CO ₂	6,7E-06	3,0E-05
	C-14 v CH ₄	2,2E-03	1,1E-02
Aerosoli (inhalacija - vdihavanje)	Mn-54	–	–
	Co-57	–	–
	Co-58	–	–
	Co-60	1,4E-09	1,0E-09
	Zr-95	–	–
	Nb-95	–	–
	Ru-103	–	–
	Ag-110m	–	–
	Sb-125	–	–
	Te-123m	5,6E-11	4,1E-11
	Te-125m	4,5E-10	3,7E-10
	Te-127m	1,7E-09	1,3E-09
	Cs-137	1,3E-09	1,0E-09
	Fe-55	–	–
Sr-89/90	1,2E-08	3,6E-08	
Se-75	–	–	
Žlahtni plini (imerzija - zunanje sevanje)	Xe-131m	6,8E-05	1,5E-04
	Xe-133	2,0E-05	6,1E-05
	Xe-133m	3,3E-09	2,5E-09
	Xe-135	4,9E-05	9,5E-05
	Xe-135m	–	–
	Ar-41	1,2E-04	2,9E-04
	Kr-85	1,5E-05	1,1E-04
	Kr-85m	–	–
Inhalacijska doza		6,7E-03	2,4E-02
Imerzijska doza		2,7E-04	7,1E-04



Iz povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti za okolico NEK ter za Ljubljano so izračunane predvidene efektivne doze za tri starostne skupine: 1) odrasle, starejše od 17 let, 2) otroke, stare od 7 do 12 let, in 3) dojenčke, stare do enega leta (tabela 4.8). Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje $h(g)_{j,inh}$ (predvidena efektivna doza na enoto vnosa) iz reference [12] in hitrosti dihanja 17 L/min (9 000 m³ na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5 585 m³ na leto) in 2,0 L/min (1 044 m³ na leto) za dojenčka.

Iz tabele 4.6 je razvidno, da je večinoma vsa inhalacijska doza za odrasle posledica zračnih emisij tritija, preostali del pa je C-14. Ocenjeni prispevki k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov so bistveno manjši. Inhalacijska doza, ki je v večini poledica izpustov tritija in C-14, po mesecih v letu 2017 za posameznika iz prebivalstva ne variira bistveno niti na lokaciji Spodnji Stari Grad niti na ograji NEK. Vrednosti doze se odmikajo le v mesecu juniju na lokaciji Spodnji Stari Grad in juliju oziroma avgustu na ograji NEK zaradi neugodnih vremenskih razmer (visok razredčitveni faktor). Prispevki obeh radionuklidov k letni inhalacijski dozi in celotni letni dozi od let 2010 do 2017 so prikazani v tabeli 4.7. Kot je razvidno iz tabele 4.7, so doze v bližini NEK približno trikrat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad. V juniju, juliju in avgustu so se vršili tudi izpusti iz zbiralnikov za razpad plinov, ki so prispevali k večjim izpustom C-14 v obliki CH₄ [54]. Ker je pretvorbena dozni faktor za CH₄ višji kot za CO₂, je tudi prispevek C-14 k dozi zaradi inhalacije v letu 2017 je bistveno večji kot v prejšnjih letih.

Podobno kot v letih 2012–2016 so bili tudi v letu 2017 v izpustih izmerjeni prispevki joda, ki jih sicer ni bilo leta 2011 in 2010, vendar so izmerjene aktivnosti v izpustih v letu 2017 za tri velikostne rede nižje kot v letih 2012–2016. To kaže, da je bila integriteta goriva v 29. gorivnem ciklu (2016–2018) bistveno boljša kot v gorivnih ciklih 2012–2013, 2013–2015 (ko so celo nastale večje poškodbe gorivnih palic) in 2015–2016. Izpusti joda so bili v letu 2017 bistveno nižji (3,4 MBq) kot v preteklih letih 2013–2016 (2016 8,0 GBq, 2015 200 GBq, 2014 4,6 GBq, 2013 90 GBq).

Zunanje obsevanje zaradi radionuklidov v zraku (imerzijska doza) je v letu 2017 predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov ksenona, Ar-41 in Kr-85. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2017 je bila 0,3 nSv, za ograjo NEK pa 0,7 nSv, vrednosti so zelo nizke v primerjavi z inhalacijsko dozo na istih mestih. Mesečne variacije imerzijskih doz so enake inhalacijskim dozam. V letih 2007–2008 so bile imerzijske doze prav tako okoli 10-krat nižje, vendar ne toliko zaradi manjših izpustov iz NEK, temveč zaradi vremenskih razmer in posledično večjih razredčitev.

Predvidene letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,8 nSv (Dobova) do 14 nSv (ograja NEK) (tabela 4.8). Razlike med lokacijami so posledica razredčitev, kar podajamo s povprečnimi mesečnimi razredčitvenimi koeficienti λ/Q , ki jih za obravnavo v evalvaciji izračuna in pripravi MEIS storitve za okolje, po Lagrangeevem modelu (od leta 2007 dalje) [5].

Tabela 4.7: Letne efektivne doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjšega sevanja) zaradi izpustov NEK ter prispevka H-3 in C-14 za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad in na najbližji lokaciji na ograji NEK za zadnjih 8 let.

Leto	Spodnji Stari grad				ograja NEK (nSv)			
	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)
	Prispevek k celotni dozi (nSv)				Prispevek k celotni dozi (nSv)			
2010	2,7	0,13	2,8	3,1	9,0	0,57	9,6	10
2011	3,5	0,01	3,5	3,7	10,5	0,05	11	11
2012	5,3	0,05	5,4	5,7	31	0,26	31	32
2013	3,7	1,4	5,2	5,7	11,7	3,1	15	16
2014	3,0	0,17	2,8	3,0	48	0,09	48	53
2015	3,9	0,02	4,0	4,8	15	0,05	15	16
2016	5,2	0,3	5,5	5,8	12,1	0,09	13	14
2017	4,5	2,2	6,7	7,0	12,2	11	24	24



Tabela 4.8: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz zaradi atmosferskih izpustov v okolici NEK v letu 2017 z uporabo Lagrangeevega modela – emisijske doze NEK. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [12] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ										
Naselje	Razdalja od NEK [km]	Inhalacijska doza [μ Sv]			Imerzijska doza [μ Sv]			Skupna doza [μ Sv]		
		Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli	Otroci	Dojenčki
Spodnji Stari Grad	1,5	6,7E-03	5,4E-03	2,0E-03	2,7E-04	2,7E-04	2,7E-04	7,0E-03	5,7E-03	2,2E-03
Vrbina	0,8	8,5E-03	6,9E-03	2,5E-03	2,8E-04	2,8E-04	2,8E-04	8,7E-03	7,2E-03	2,7E-03
Brežice	7,1	2,3E-03	1,9E-03	6,8E-04	8,1E-05	8,1E-05	8,1E-05	2,4E-03	2,0E-03	7,6E-04
Vihre	3,1	1,4E-03	1,1E-03	4,0E-04	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	1,4E-03	1,2E-03	4,5E-04
Mrtvice	2,8	1,6E-03	1,3E-03	4,7E-04	5,7E-05	5,7E-05	5,7E-05	1,6E-03	1,3E-03	5,2E-04
Brege	2,3	2,8E-03	2,3E-03	8,2E-04	9,8E-05	9,8E-05	9,8E-05	2,9E-03	2,4E-03	9,2E-04
Zadovinek	1,7	5,1E-03	4,2E-03	1,5E-03	1,7E-04	1,7E-04	1,7E-04	5,3E-03	4,3E-03	1,7E-03
Leskovec	2,9	4,1E-03	3,3E-03	1,2E-03	1,5E-04	1,5E-04	1,5E-04	4,2E-03	3,4E-03	1,4E-03
Krško - Stara vas	1,7	3,0E-03	2,4E-03	8,9E-04	1,1E-04	1,1E-04	1,1E-04	3,1E-03	2,6E-03	1,0E-03
Pesje	3,0	5,0E-03	4,0E-03	1,5E-03	1,9E-04	1,9E-04	1,9E-04	5,2E-03	4,2E-03	1,7E-03
Dobova	12,1	1,3E-03	1,1E-03	3,8E-04	4,6E-05	4,6E-05	4,6E-05	1,3E-03	1,1E-03	4,2E-04
Ograja NEK (zahod)	0,2	2,4E-02	1,9E-02	6,7E-03	7,1E-04	7,1E-04	7,1E-04	2,4E-02	2,0E-02	7,5E-03

* dolžina barvnega drsnika za posamezno starostno skupino sorazmerno izraža skupno dozo.

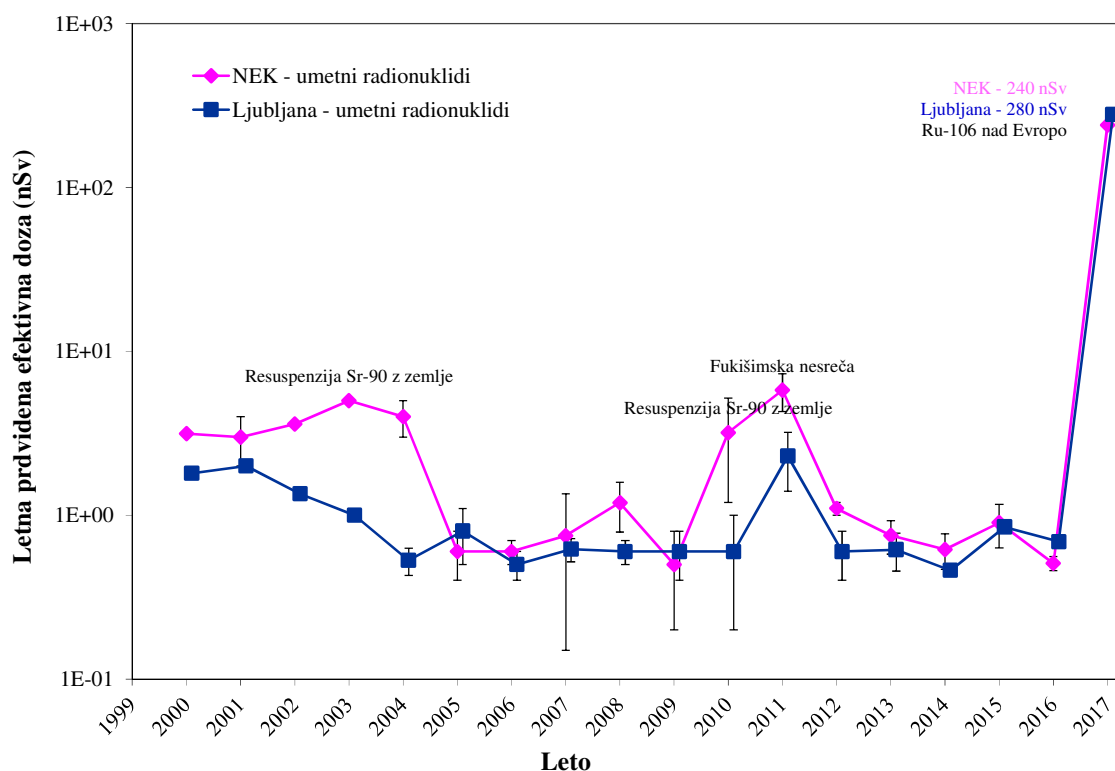
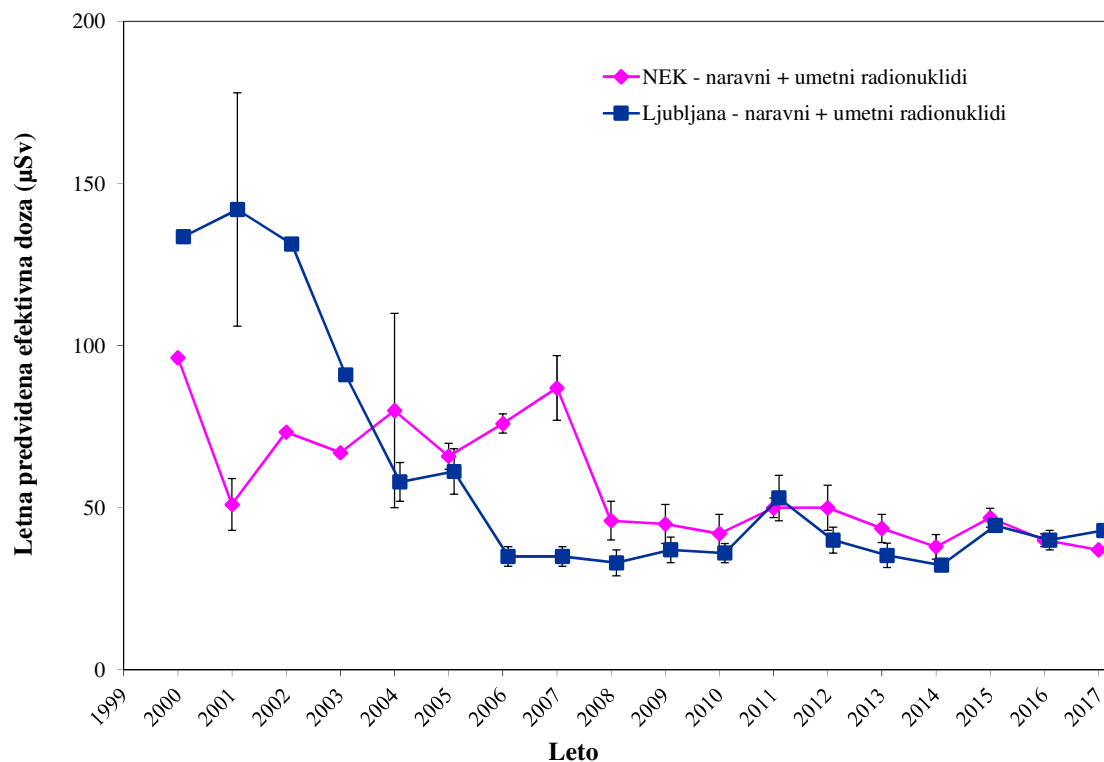
Imisijske doze (izračun iz izmerjenih koncentracij radionuklidov na aerosolnih filtrih)

S seštevanjem predvidenih efektivnih doz za posamezne radionuklide, izmerjene na aerosolnih filtrih zračnih črpalk na različnih mestih v okolici NEK, dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije (vdihavanja) umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih vključno z naravnimi, pri čemer pa ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona in torona. Rezultati izračunov so zbrani v tabeli 4.9.

Na sliki 4.7 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (μ Sv na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 dalje. Kot je razvidno s slike 4.7, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je bil v preteklih letih okoli ali manj od 1 nSv.

Poleg Cs-137 in Sr-90, ki sta že leta prisotna v globalni kontaminaciji zaradi jedrskih poskusov, černobilske in fukušimske nesreče, je bil v letu 2017 v jesenskih vzorcih izmerjen tudi Ru-106, ki je neznanega izvora in je bil prisoten nad celotno Evropo. V primerjavi s prispevkom Ru-106 k dozi v letu 2017 sta prispevka umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 zanemarljiva. Izračunana predvidena efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je bila v preteklih letih (2016 in nazaj) več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov. Povprečna izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov v obdobju 2007–2016 je bila $(1,6 \pm 0,9)$ nSv. V letu 2017 je izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov $(0,24 \pm 0,02)$ μ Sv, skoraj izključno zaradi vdihavanja Ru-106, kar je povprečje letnih doz po lokacijah aerosolnih črpalk v okolici NEK. Ru-106 tako prispeva za približno dva do tri veklikostne rede višjo dozo, in sicer za odraslega človeka 0,24 μ Sv, za otroka 0,20 μ Sv in za dojenčka pa 0,11 μ Sv kot povprečje vrednosti na lokacijah aerosolnih črpalk v okolici NEK. Obremenitev odraslega prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 in Sr-90 je v primerjavi s prispevkom Ru-106 zanemarljiva, v letu 2017 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi $(0,30 \pm 0,04)$ nSv in Sr-90 $(0,16 \pm 0,02)$ nSv.

Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar tri četrtine doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2003 ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno povišan prispevek resuspendiranega Sr-90 z zemlje je bilo opaziti v izmerkih v letih 2000–2004 in 2010–2011, kjer je bil prispevek k letni dozi nekaj nSv. Višja doza zaradi umetnih radionuklidov v letu 2011 je opazna tako v Ljubljani kot okolici NEK. To je posledica izmerjenih vrednosti Cs-134, Cs-137 in I-131 v marcu in aprilu 2011 oziroma jedrske nesreče v Fukušimi. Prispevek Sr-90 k dozi v Ljubljani ni ovrednoten, ker se v zračnih filtrih v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije v Ljubljani ne ugotavlja vsebnosti Sr-90.



Slika 4.7: Primerjava predvidenih letnih učinkovitih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide skupaj (slika zgoraj v enotah μSv) in posebej za umetne radionuklide (slika spodaj v enotah nSv in v logaritemski skali). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja $k = 1$ (68-odstotna zanesljivost).



Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Poleg tega je bil v letu 2006 v Ljubljani spremenjen način vzorčevanja. Največji prispevek k dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbenega faktorja, ki ga ima ta izotop [12]. Prispevek Pb-210 k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka je bil $(32 \pm 1) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let: $(37\text{--}49) \mu\text{Sv}$ na leto v obdobju 2005–2016). Drugi naravni radionuklid po prispevku k dozi v letu 2017 je Th-228 $(2,5 \pm 0,3) \mu\text{Sv}$. Meritve aerosolnih filtrov v Ljubljani, kažejo podobno sliko glede prispevka k dozi, in sicer $(39 \pm 1) \mu\text{Sv}$ na leto zaradi Pb-210 in $(3,0 \pm 0,6) \mu\text{Sv}$ na leto zaradi Th-228. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK efektivne doze zaradi (vdihavanja) naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj $10 \mu\text{Sv}$ na leto [14].

Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije (vdihavanja) za prebivalca v okolici NEK za leto 2017 je v okviru negotovosti vsote vseh prispevkov enaka kot za prebivalca v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv in za tri velikostne rede nižji. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je pokazan v tabeli 4.9. Če primerjamo vrednosti iz tabel 4.8 in 4.9, lahko ugotovimo, da so ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze zaradi umetnih radionuklidov (vpliv NEK) za približno dva velikostna reda nižje od z aerosoli izmerjenih in preračunanih imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju).

Tabela 4.9: Aerosolni filtri v letu 2017 – povzetek vsot predvidenih efektivnih doz zaradi inhalacije (vdihavanje) za odrasle, otroke in dojenčke – imisijske doze –, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [12].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI	umetni radionuklidi	$0,24 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,01$
	umetni in naravni radionuklidi	37 ± 1	43 ± 1
OTROCI	umetni radionuklidi	$0,20 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,01$
	umetni in naravni radionuklidi	30 ± 1	35 ± 1
DOJENČKI	umetni radionuklidi	$0,11 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,004$
	umetni in naravni radionuklidi	14 ± 1	17 ± 1

SKLEPI

Sedanji program vzorčevanja in meritev omogoča primeren vpogled in nadzor zračnih emisij NEK in koncentracij aktivnosti radionuklidov v zraku v okolici NEK. Tako merilne kot tudi evalvacijske metode dajejo konsistentne in zanesljive podatke, ki omogočajo primerjavo za vrsto let nazaj.

Od leta 2007 za izračun doz zaradi atmosferskih izpustov uporabljamo Lagrangeev model, ki opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta z višine 60 m na razgibanih in zahtevnih terenih, kot je to primer v okolici NEK [5].

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [56], v katerem so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo jedrskega goriva v Evropi. Doze v poročilu Evropske komisije so izračunane za referenčno skupino prebivalstva za vse objekte ob enakih predpostavkah in na enakih razdaljah 500 m in 5 000 m od objekta. Pri ocenjevanju doze zaradi plinskih izpustov je efektivna doza za 75 % objektov manjša od $1,4 \mu\text{Sv}$ na leto na razdalji 500 m in manjša od $0,24 \mu\text{Sv}$ na leto na razdalji 5 000 m. Za NEK so ocenjene doze bistveno nižje, kot je razvidno iz tabele 4.8, na



razdaljah 200 m (ograja) oziroma 800 m (Vrbina) od NEK (ekvivalent 500 m) so doze 0,024 μSv oziroma 0,0087 μSv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m (Pesje) oziroma 7 100 m (Brežice) od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa so doze 0,0052 μSv oziroma 0,0024 μSv na leto.

Ovrednotenje imisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na realnih vremenskih podatkih, se je za leto 2017 pokazalo naslednje:

- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij oziroma C-14, povzročajo največjo učinkovito dozo zaradi inhalacije (vdihavanja); ta je v Spodnjem Starem Gradu za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 4,5 nSv oziroma 2,2 nSv na leto, ob ograji NEK pa 12,2 nSv oziroma 11,3 nSv na leto; prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;
- ocenjena skupna emisijska letna učinkovita doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjšega sevanja) zaradi izpustov NEK, je v Spodnjem Starem Gradu 7,0 nSv, ob ograji NEK pa 24 nSv v letu 2017;
- predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije (vdihavanja) aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (37 ± 1) μSv na leto; doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let;
- predvidena imisijska učinkovita doza zaradi inhalacije (vdihavanja) umetnih radionuklidov v aerosolih v okolici NEK je posledica radionuklidov, ki so del globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske kontaminacije ter kontaminacije z Ru-106, ki je bil prisoten nad Evropo v letu 2017 in je zaenkrat še neznanega izvora, in je za odraslega posameznika ($0,24 \pm 0,02$) μSv na leto;
- ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze zaradi umetnih radionuklidov (vpliv NEK) so za približno dva velikostna reda nižje od imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju), v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov pa za približno štiri velikostne rede nižje.
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK (izotopi Xe) povzročajo glavnino zunanjšega sevanja (imerzijska doza), ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,27 nSv na leto; na ograji NEK pa 0,71 nSv na leto.





5 ZUNANJE SEVANJE

POVZETEK

Zunanje sevanje, ki mu je izpostavljeno prebivalstvo, vključuje sevanje zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, kozmično sevanje, sevanje iz oblaka in zunanje sevanje zaradi useda, ki se odloži po prehodu radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje. Dozna obremenitev zaradi zunanjega sevanja se izračuna na podlagi merskih podatkov radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki.

Za izračun prispevka k dozni obremenitvi prebivalstva zaradi sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je v letu 2017 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na treh lokacijah v okolici NEK. Vzorci iz različnih globin so bili merjeni ločeno zaradi določitve globinske porazdelitve koncentracije posameznih radionuklidov. Rezultati meritev kažejo, da se specifične aktivnosti naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa manjše na lokaciji, ki je največkrat poplavljen. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve za naravne in realne porazdelitve za Cs-137 so v letu 2017 v okolici NEK med $(0,49 \pm 0,03)$ mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in $(0,69 \pm 0,07)$ mSv za zemljo v Ameriki, pri čemer je prispevek Cs-137, ki izvira iz globalne kontaminacije v drugi polovici 20. stoletja, med 0,6 % in 5,4 %. Na podlagi meritev globinske odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137 na posameznih lokacijah lahko opazimo kompleksnost delovanja površinske in podtalne vode na porazdelitev useda.*

V letu 2017 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (MFM). Meritve s TLD in MFM kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ kot v zadnjih letih. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil v okolici NEK $(0,83 \pm 0,09)$ mSv, na ograji NEK $(0,59 \pm 0,03)$ mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem $(0,75 \pm 0,10)$ mSv. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bil določen z meritvami z dozimetri tipa TLD-IJS-05, ki jih uporablja IJS, in dozimetri tipa TLD-100(H), ki jih na hrvaški strani uporablja IRB, je v okviru merske negotovosti enaka. Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2017 nemerljivi. Posredno smo konzervativno ocenili, da je bila letna učinkovita doza zunanjega sevanja zaradi izpustov iz NEK manjša od $0,001 \mu\text{Sv}$.*

UVOD

Ionizirajoče sevanje prežema naravno okolje in življenjski prostor človeka. V zemlji so s stališča izpostavljenosti ljudi pomembni predvsem radionuklidi iz razpadnih verig urana U-238 (z razpolovnim časom $T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ let) in torija Th-232 ($T_{1/2} = 1,405 \cdot 10^{10}$ let) ter radioaktivni kalij K-40 ($T_{1/2} = 1,277 \cdot 10^9$ let). Sevanje iz zemlje je po svetu različno in je povezano z geološkimi in geografskimi značilnostmi. Višje hitrosti doze se pojavljajo tam, kjer so tla zgrajena iz vulkanskih kamnin (granit), nižje hitrosti doze pa na področju sedimentnih kamnin. Pri tem so tudi izjeme, kot so skrilavci in kamnine, bogate s fosfati. Povprečne koncentracije, ki jih navaja UNSCEAR za K-40, U-238 in Th-232 so v zemlji: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [55].

V Zemljino atmosfero nenehno trkajo kozmični žarki iz vesolja (pretežno protoni, pomemben delež kozmičnega sevanja na zemljski površini pa so tudi sekundarni mioni in nevtroni). Interagirajo z jedri dušika, kisika in drugimi elementi, pri čemer nastajajo kozmogeni radionuklidi (H-3, Be-7, C-14 itd.), ki se zaradi vremenskih vplivov in atmosferskih procesov usedajo na zemljo.

Poleg naravnih radionuklidov je v življenjskem in naravnem okolju razpršenih nekaj umetnih radionuklidov zaradi človekove dejavnosti. Gre za globalno antropogeno kontaminacijo, ki je posledica poskusnih jedrskih eksplozij (H-3, C-14, Cs-137, Sr-90 in drugi), nesreč z jedrskimi materiali (Cs-137, Sr-90 in drugi)



in kontaminacije zaradi vplivov jedrskih objektov in uporabnikov jedrskih snovi (raziskovalni centri, jedrske elektrarne, obrati za predelavo izrabljenega goriva, uporaba v medicini itd.).

Prebivalstvo v okolici NEK je izpostavljeno omenjenim virom zunanjšega sevanja, potencialno pa še zunanjemu sevanju zaradi vplivov NEK, kot so: neposredno sevanje žarkov gama in nevtronov iz objektov znotraj ograje NEK, sevanje gama ob prehodu oblaka pri atmosferskih izpustih radioaktivnih snovi iz NEK ter sevanje gama zaradi usedlih radioaktivnih snovi pri atmosferskih izpustih. Zunanje sevanje s kontaminiranega zemljišča sčasoma upada zaradi radioaktivnega razpada in izpiranja umetnih radioaktivnih snovi v zemljo.

Ker bi bila prisotnost Cs-137, Sr-90 in drugih fisijskih in aktivacijskih produktov v zemlji lahko tudi posledica izpustov iz jedrske elektrarne Krško (NEK), se na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV)* [10] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [11] izvajajo periodična vzorčenja in meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji iz okolice NEK. Namen meritev je ugotoviti in ovrednotiti morebitni vpliv jedrske elektrarne na prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji in oceniti njihove prispevke k zunanji dozi sevanja ter spremljati transport radionuklidov v zemlji (vnos radionuklidov v podtalnico in prehranjevalno verigo ljudi).

Za neposredno določanje intenzitete zunanjšega sevanja se uporabljajo termoluminiscenčni dozimetri (TLD), ki omogočajo verodostojno ugotavljanje dozne obremenitve zaradi lokalnih posebnosti, oceno potencialnih vplivov NEK zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi, oceno izpostavitve zunanjemu sevanju ob nezgodi po prehodu radioaktivnega oblaka in oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (regionalne in globalne jedrske in radiološke nesreče).

Za sprotno spremljanje hitrosti doze zunanjšega sevanja in zgodnjega opozarjanja se uporabljajo kontinuirni merilniki hitrosti doze – MFM, ki so razporejeni v mrežo po celotnem ozemlju Slovenije.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Vzorci zemlje se od leta 2017 zbirajo na treh lokacijah nizvodno od NEK, in sicer na poplavnih območjih. Najpogosteje poplavljen lokacija je Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save večjem od 1 000 m³/s. Prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji je torej lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka, a tudi odlaganja radionuklidov na poplavnih območjih zaradi tekočih izpustov v reko Savo. Poplavljanje lahko tudi spremeni globinske porazdelitve radionuklidov, ki jih tipično pričakujemo v zemlji.

Vse lokacije, kjer poteka vzorčevanje zemlje, so na neobdelanih površinah. Vzorčevanje poteka v štirih plasteh, in sicer 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Tako je mogoče spremljati globinsko porazdelitev specifičnih aktivnosti radionuklidov. Hkrati z vzorci zemlje se zberejo še vzorci trave.

Pomembno je, da so mesta, kjer se zemlja vzorčuje na posamezni lokaciji, dovolj blizu, da so rezultati meritev med seboj korelirani in je mogoče spremljati časovno odvisnost porazdelitve radionuklidov.

Zemlja se je v letu 2017 vzorčevala spomladi in jeseni na naslednjih lokacijah:

- Amerika, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;
- Gmajnice, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 2,5 km, tip zemlje: mivkasta borovina;
- Kusova Vrbina – Trnje, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Zaradi gradnje akumulacije HE Brežice je bilo v letu 2017 ukinjeno vzorčevalno mesto, kjer se je vzorčevala obdelana zemlja v Gmajnicah.

Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)* [11], postopek vzorčevanja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*.

Na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV)* [10] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [11] se zunanje sevanje v okolici NEK neprekinjeno meri z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Neposredne meritve doze zunanjšega sevanja v okolici NEK



(sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se izvajajo s sedeminpetdesetimi merilniki TLD (tip TLD-IJS-05) v okolici NEK in z devetimi merilniki TLD istega tipa na ograji NEK. Dozimetri so nameščeni krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km od elektrarne. Postavljeni so na lokacijah, ki vključujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so nameščeni na višini 1 m od tal. Seznam dozimetrov zunaj ograje NEK in na njej z osnovnimi podatki je v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-124981*, v tabelah T-53/a, razmestitev pa je prikazana na drugem zemljevidu v prilogi tega poročila. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 TLD (podatki v tabeli T-55). V okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS neodvisno poteka meritev doze zunanega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter pri obdelavi rezultatov meritev doze zunanega sevanja upoštevamo TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Značilnosti meritev

Specifične aktivnosti sevalcev gama v vzorcih zemlje se merijo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, kasneje pa se izmeri še specifična aktivnost stroncija z destruktivno radiokemijsko analizo.

TLD, tako tisti, ki se uporabljajo v programu rednega obratovalnega nadzora, kot tisti, ki so razporejeni po Sloveniji, se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v *Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo* na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) v intervalu doz od 5 μSv do 5 Sv [60]. Dozimetri TLD-IJS-05 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1 332 keV v *Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS)* na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija dozimetrov po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*. Od leta 2015 dalje se pri izračunu doz, izmerjenih z dozimetri, ki se odčitavajo polletno, upoštevata nov energijski faktor dozimetrov za naravno sevanje in faktor bledenja doz (*fading*), zaradi česar so doze, izračunane od leta 2015 dalje, za približno 4 % večje, kot če obeh faktorjev ne bi upoštevali.

Na Hrvaškem se doza zunanega sevanja meri s TLD-100H (LiF: Mg, Cu, P) in TLD-100 (LiF: Mg, Ti) [61]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [60], [61]. Leta 2013 je bila prvič izvedena interkomparacija meritev znanjega sevanja s sistemoma pasivnih dozimetrov, ki sta v uporabi na Hrvaškem, in sistemom dozimetrov, ga v okviru programov nadzora uporablja IJS. Meritve so potekale na dvajsetih lokacijah v Sloveniji in na Hrvaškem. Rezultati interkomparacije kažejo odlično ujemanje okoljskih doz, izmerjenih s tremi neodvisnimi sistemi [61]. To pomeni, da vrednosti, izmerjene s katerim koli izmed treh dozimetričnih sistemov, lahko enakovredno vključimo v evalvacijo vpliva zunanega sevanja v okolici NEK.

V okolici NEK je postavljenih še 14 kontinuirnih merilnikov MFM-203, 13 jih nadzira NEK, enega pa URSJV v sklopu mreže URSJV. Poleg teh merilnikov je po vsej Sloveniji še 35 merilnikov MFM v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO), 18 merilnikov v sklopu mreže URSJV – MZO (podskupina ARSO) in še 7 merilnikov v sklopu mreže URSJV. Kontinuirni merilniki hitrosti doze so povezani v sistem za zgodnje zaznavanje zunanega sevanja, podatki o meritvah pa so dostopni na spletnem naslovu <http://www.radioaktivnost.si>.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, ki so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, marec 2018. Izmerjeni so bili naravni radionuklidi ter umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije. Drugi radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinski izpusti so prikazani v tabeli 5.5, tekoči izpusti pa se obravnavajo v poglavju *Radionuklidi v reki Savi*), niso bili izmerjeni. Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji, članov uranove in torijeve razpadne vrste ter K-40, se v okviru negotovosti tipično ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. Specifične aktivnosti ne kažejo nobene značilne odvisnosti od globine vzorčevanja. Izjema je Pb-210, ki se kot razpadni produkt Rn-222 izpira iz atmosfere



in zato so njegove koncentracije večje v zgornjih plasteh. Zaradi tega tudi ne moremo pričakovati ujemanja specifičnih aktivnosti pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki pa je zaradi kratkega razpolovnega časa v merljivih koncentracijah navzoč le v zgornjih plasteh zemlje. Tudi pri Cs-137 se lahko vrednosti, določene pri posameznih vzorčevanjih, razlikujejo zunaj okvira negotovosti zaradi prerazporeditve Cs-137 na mikrolokaciji [55]. Specifični aktivnosti obeh potomcev torijeve razpadne vrste, Ra-228 in Th-228, se ujemata, pri uranovi razpadni vrsti pa je zaradi večje topnosti urana specifična aktivnost U-238 nižja od specifične aktivnosti Ra-226. Specifične aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 so primerljive s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [55] za države južne Evrope.

Tritij (H-3)

Specifične aktivnosti tritija v zemlji ne določamo.

Ogljik (C-14)

Specifične aktivnosti ogljika C-14 v zemlji ne določamo.

Cezij (Cs-137)

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji v letu 2017 so bile od 1,5 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 86 Bq/kg v globini 10–15 cm v Gmajnicah. Na slikah 5.1a – 5.1c je prikazana časovna odvisnost globine težišča nanosa (depozita) na podlagi meritev od leta 1992 za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina. Opazno je precejšnje stresanje vrednosti, izračunanih iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v posameznih letih. Vzroka sta lahko dva. Prvi je nehomogenost svežega nanosa po černobilski nesreči. Druga in bolj vplivna je prerazporeditev useda na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljino. Vpliv teh procesov je še posebej opazen na sliki 5.1c, ki prikazuje globino težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, ki je pogosto poplavljen. Dva izrazita skoka v globini težišča sta vsekakor posledica poplav, ki so povzročile dodaten nanos sveže mivke. To je tudi razlog, da je prodiranje Cs-137 v zemljino, kot ga nakazuje 10-letno drseče povprečje na sliki 5.1c, navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, če upoštevamo podatke od leta 1992, pa je ustrezno večja. S slik je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh.

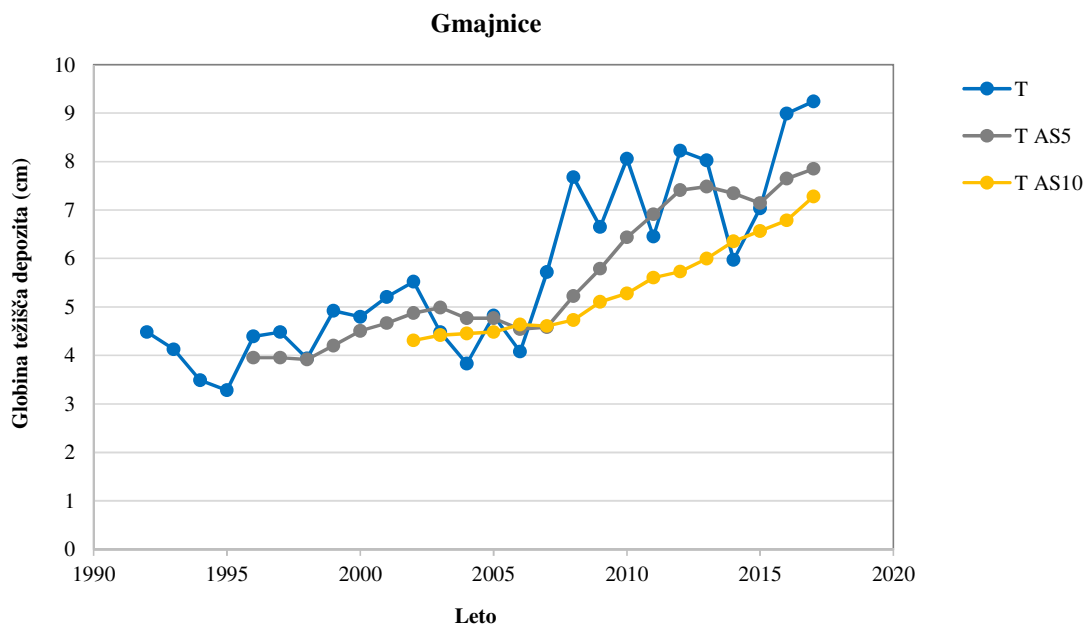
Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti iz NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje. Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen v tabeli 5.2. Veliko stresanje izmerkov lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbina) ter zapletenosti mehanizma migracije useda na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti pri zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). Eden izmed mogočih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [56].

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2017 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($7,7 \pm 0,1$) kBq/m², ($9,0 \pm 0,09$) kBq/m² in ($1,89 \pm 0,04$) kBq/m². Te vrednosti v povprečju presegajo oziroma so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi ($6,0 \pm 0,09$) kBq/m², ($0,53 \pm 0,02$) kBq/m² in ($3,6 \pm 0,2$) kBq/m². To kaže, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Vredno je omeniti, da je prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz plasti 15–30 cm največ 5 % prispevka iz plasti 0–15 cm.

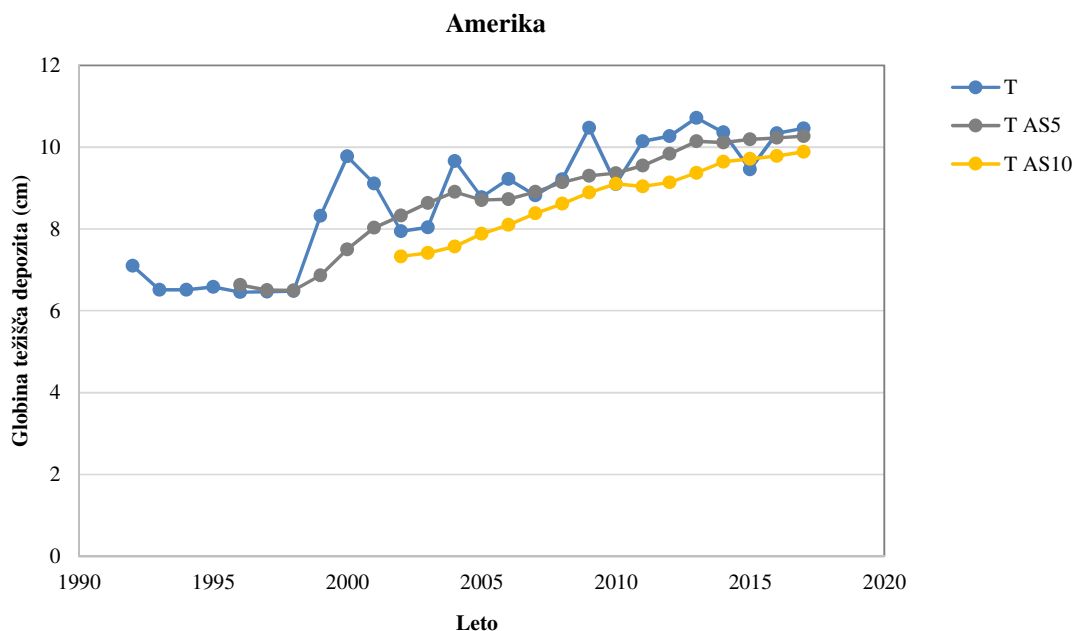
Na sliki 5.2 je prikazano petletno drseče povprečje useda do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina. Vrednost useda se zmanjšuje. Ocena pokaže, da je zmanjševanje posledica radioaktivnega razpada Cs-137, saj je v povprečju okrog 2,3 % na leto. Zanimivo je, da je časovna odvisnost useda na lokaciji Kusova Vrbina, ki je najpogosteje poplavljen, zelo podobna odvisnosti na lokacijah



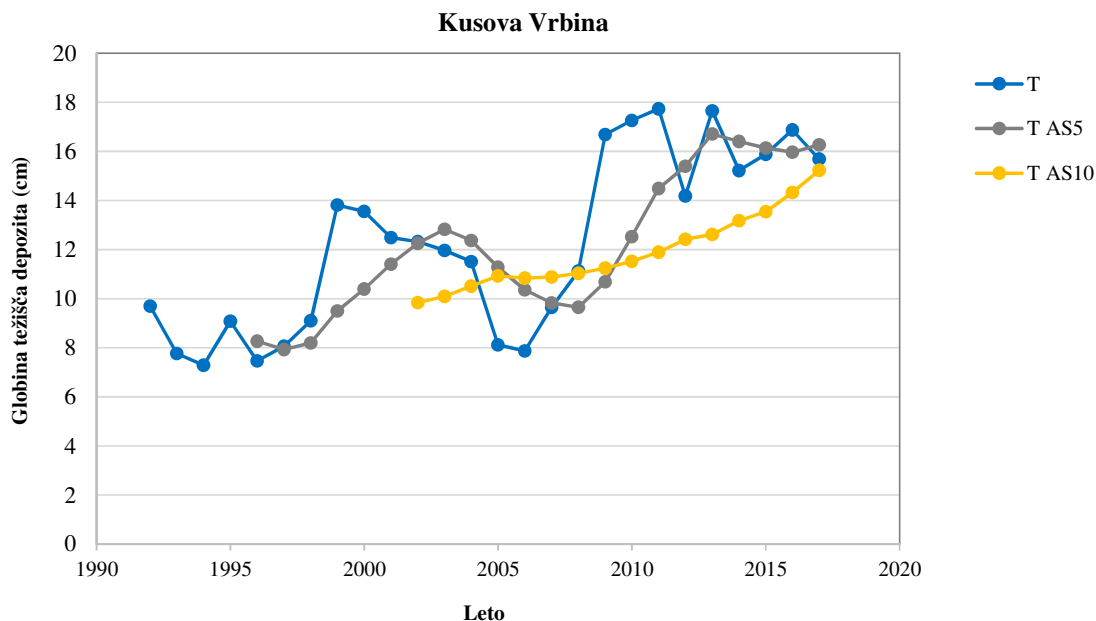
Gmajnice in Amerika, kar pomeni, da poplavljanje nima prevladujočega vpliva na prerazporeditev useda. Skupna debelina nanosa sveže mivke pri poplavih od leta 1992 naprej pa ni bila tako debela, da bi bistveno spremenila velikost nanosa do globine 30 cm.



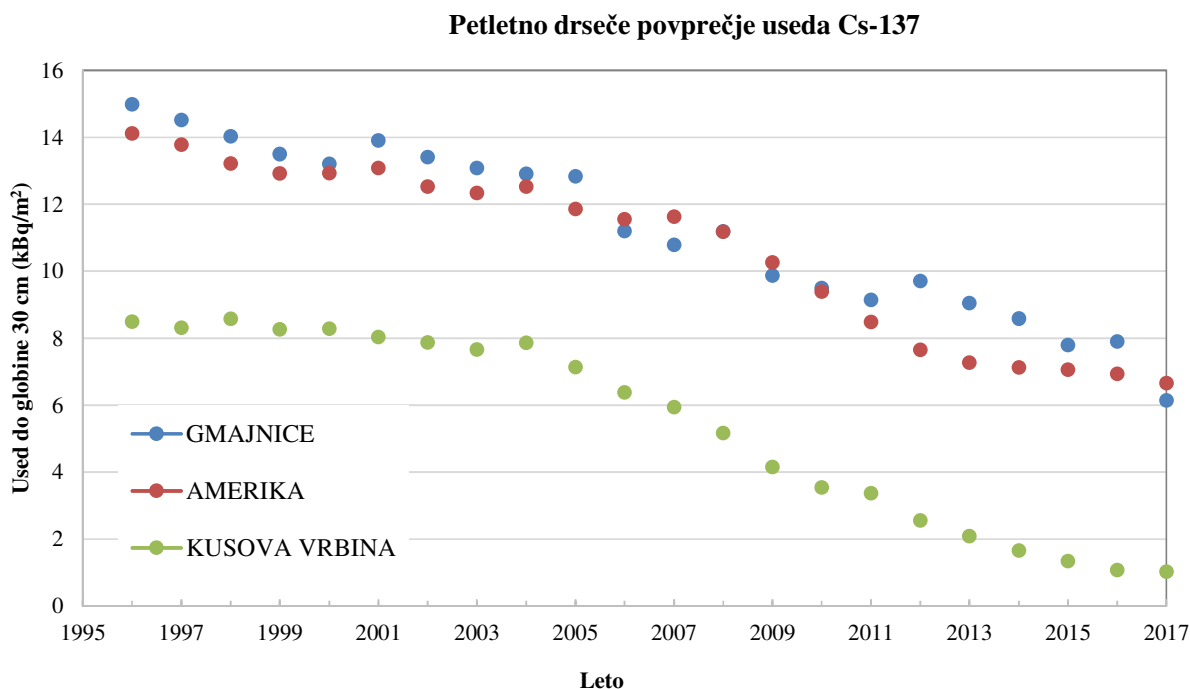
Slika 5.1a: Slika prikazuje globino težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčevanj, za lokacijo Gmajnice. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1b: Slika prikazuje globino težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčevanj, za lokacijo Amerika. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1c: Slika prikazuje globino težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčevanj, za lokacijo Kusova Vrbina. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.2: Slika prikazuje petletno drseče povprečje useda Cs-137 do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina.



Tabela 5.2: Primerjava usedov Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih v okolici NEK. Navedena so letna povprečja na podlagi spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.

LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m ²)		
1992	15,9 ± 2,6	9,3 ± 0,5	15,3 ± 0,0
1993	15,6 ± 1,6	6,9 ± 2,0	15,3 ± 1,4
1994	15,0 ± 1,4	8,8 ± 0,1	13,0 ± 1,4
1995	13,9 ± 0,1	9,0 ± 2,1	14,3 ± 1,6
1996	14,6 ± 0,6	8,4 ± 0,7	12,8 ± 1,2
1997	13,6 ± 1,3	8,4 ± 1,2	13,6 ± 0,0
1998	13,1 ± 0,8	8,2 ± 0,6	12,5 ± 0,6
1999	12,4 ± 0,3	7,3 ± 0,6	11,6 ± 0,8
2000	12,4 ± 1,9	9,1 ± 0,8	14,3 ± 1,8
2001	18,2 ± 5,6	7,2 ± 1,0	13,5 ± 2,0
2003	11,5 ± 0,7	7,2 ± 0,0	11,5 ± 0,7
2004	11,5 ± 0,7	8,3 ± 0,1	12,5 ± 0,7
2005	12,0 ± 1,4	5,5 ± 1,3	10,9 ± 3,5
2006	10,0 ± 0,0	3,4 ± 0,4	12,0 ± 1,4
2007	9,0 ± 2,9	5,4 ± 2,5	11,3 ± 3,9
2008	13,5 ± 0,7	3,3 ± 0,1	9,3 ± 0,1
2009	4,9 ± 2,4	3,2 ± 1,0	7,9 ± 0,3
2010	10,1 ± 2,7	2,4 ± 1,0	6,6 ± 0,8
2011	8,3 ± 0,8	2,6 ± 0,2	7,5 ± 0,1
2012	11,8 ± 0,6	1,3 ± 0,4	7,1 ± 0,6
2013	10,3 ± 7,8	1,0 ± 0,4	7,4 ± 0,6
2014	2,6 ± 1,1	1,1 ± 0,6	7,2 ± 0,4
2015	6,2 ± 0,1	0,9 ± 0,2	6,3 ± 0,1
2016	8,8 ± 5,1	1,2 ± 0,1	6,8 ± 0,7
2017	3,0 ± 2,6	1,1 ± 0,1	5,8 ± 0,8

Stroncij (Sr-90)

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2017 so bile v razponu od 0,07 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 0–5 cm do 1,9 Bq/kg v globini 15–30 cm v Gmajnicah. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je močnejše izpiranje zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.

Tudi usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK do globine 15 cm so v okviru stresanja izmerkov v povprečju nižji kot na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so (0,16 ± 0,01) kBq/m² v Ljubljani, (0,28 ± 0,01) kBq/m² v Kobaridu in (0,13 ± 0,01) kBq/m² v Murski Soboti, na lokacijah v okolici NEK pa v Gmajnicah (0,13 ± 0,01) kBq/m², v Kusovi Vrbini < 0,012 kBq/m² in v Ameriki (0,093 ± 0,004) kBq/m².

Jod (I-131)

V nobenem vzorcu zemlje nismo nad mejo za odločitev ugotovili specifične aktivnosti I-131.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

V zraku nad Slovenijo je bil konec septembra in v začetku oktobra tudi Ru-106 neznanega izvira.

Vzorčevanje zemlje je bilo opravljeno tik pred kontaminacijo zraka z Ru-106, zato pri meritvah vzorcev zemlje ni bil opažen. Ker je bil določen v suhem usedu in padavinah, lahko pri naslednjem vzorčevanju zemlje pričakujemo tudi detekcijo Ru-106.

Francoski institut za varstvo pred sevanji (IRSN) in nemška agencija za zaščito pred sevanji (BfS) sta z



modeliranjem ugotovila, da je bil izvir Ru-106 najverjetneje na področju južnega Urala. To ugotovitev potrjujejo tudi podatki ruske meteorološke agencije.

Sicer pa so se v izpuhu NEK poleg kratkoživih radionuklidov v letu 2017 pojavili tudi Co-60, Te-123m, Te-125m, Te-127m in Cs-137, ki pa niso bili detektirani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, niti v Ljubljani. Prisotnosti teh radionuklidov nismo zaznali niti v usedu zemlje.

Skupna izpuščena aktivnost drugih fisijskih in aktivacijskih produktov (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-137, Sb-125) v tekočinskih izpustih je bila v letu 2017 približno šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Nobeden izmed radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem pa izmerjene vrednosti na lokacijah okrog NEK v primerjavi z vrednostmi na referenčni lokaciji v Ljubljani kažejo, da ni posledica izpustov iz NEK, ampak zgolj globalne kontaminacije.

Naravni radionuklidi

Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 pa nista v ravnovesju, ker je uran v vodi topnejši od radija in se zato bolj izpira. Rezultati meritev kažejo, da so specifične aktivnosti potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje.

Hitrost doze zunanjega sevanja

Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2017 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 5.1 so povzeti povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti za okolico NEK, za ograjo NEK, za Slovenijo in za okolico Zagreba na Hrvaškem. V okviru merske negotovosti so letni okoljski dozni ekvivalenti za dozimetre v različnih oddaljenostih od NEK primerljivi s tistimi v preteklih letih.

Tabela 5.1: Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2017

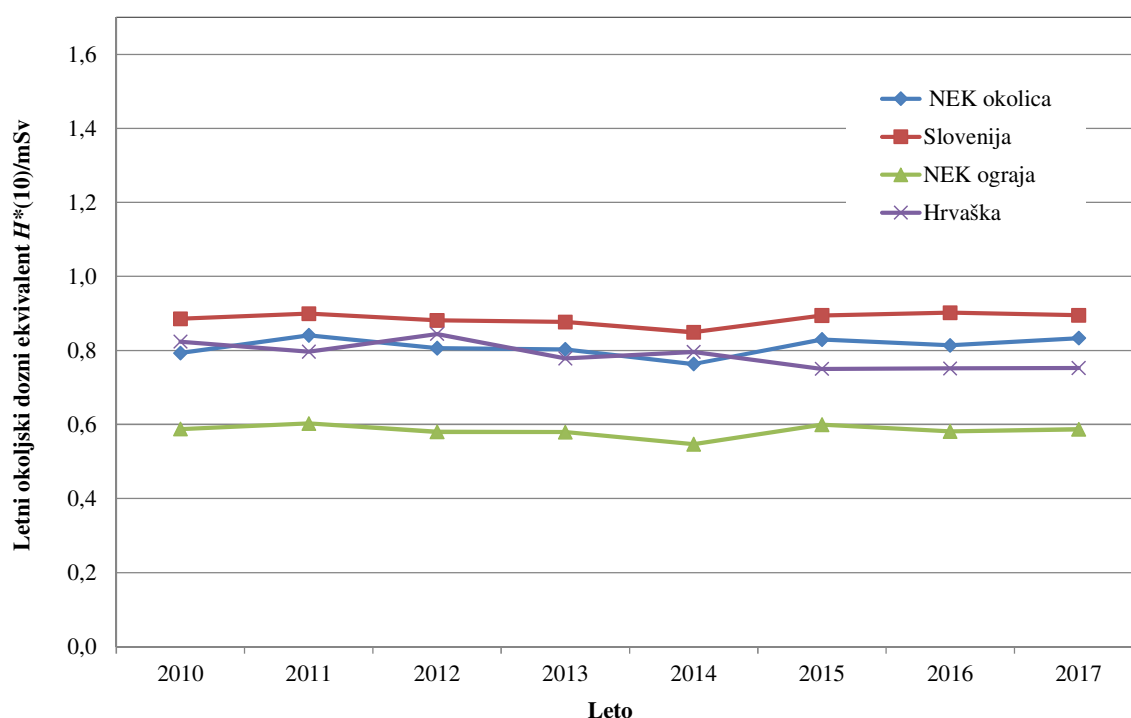
Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)/mSv$	Razpon $H^*(10)/mSv$
Na ograji NEK	9	$0,59 \pm 0,03$	0,51–0,63
Okolica NEK skupaj	57	$0,83 \pm 0,09$	0,51–1,07
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,79 \pm 0,13$	0,66–1,07
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,82 \pm 0,10$	0,65–0,97
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,84 \pm 0,10$	0,64–0,99
Slovenija	50	$0,90 \pm 0,17$	0,58–1,41
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,83 \pm 0,09$	–
Hrvaška	10	$0,75 \pm 0,10$	0,63–0,97

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2017 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,83 \pm 0,11$) mSv v razponu od 0,66 mSv do 1,00 mSv. Ta vrednost je enaka povprečnemu letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 5.1). Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri preostalih 60 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreže ARSO, MZO in



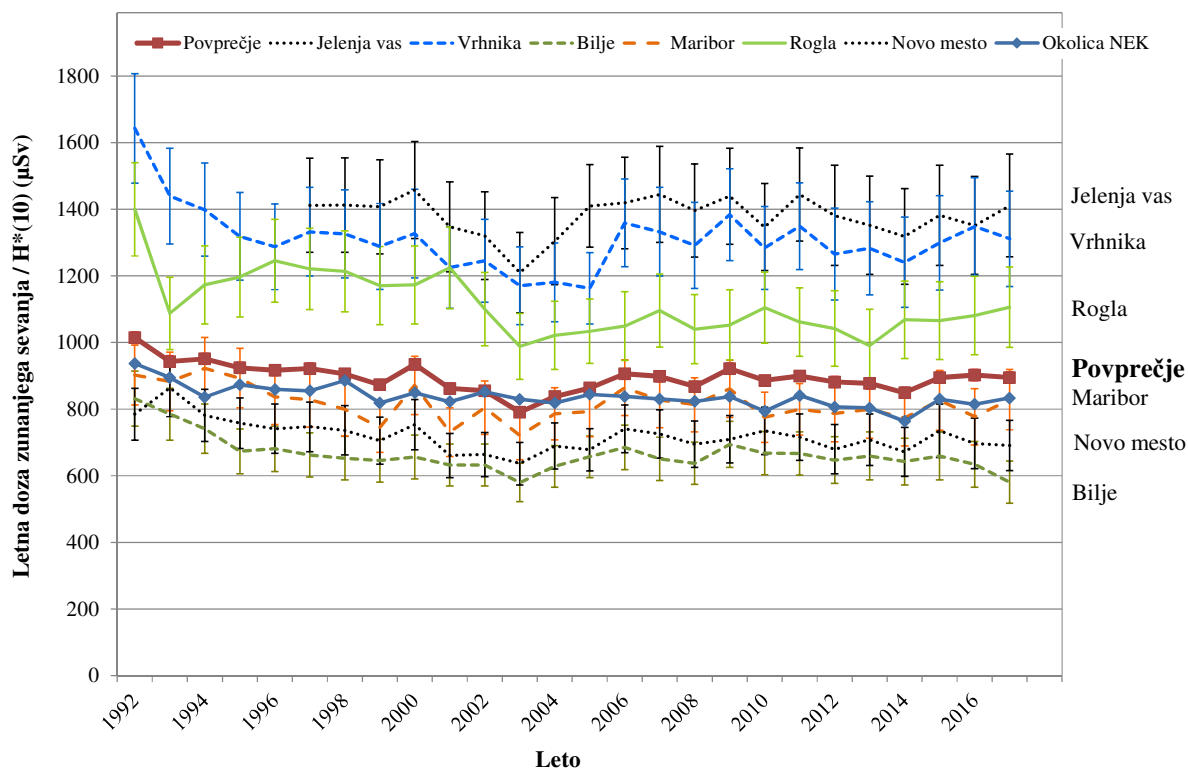
URSJV), je bil v letu 2017 ($0,88 \pm 0,16$) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,34 mSv. Tudi ta vrednost je skoraj enaka povprečni vrednosti, določeni na podlagi meritev s TLD na območju Slovenije (tabela 5.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabelah T-56/c in T-56/d, izmerjenih z MFM, z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi s TLD po Sloveniji [16], je mogoče ugotoviti, da se na posameznih lokacijah vrednosti, izmerjene z MFM in TLD lahko razlikujejo tudi za 30 %, kar je posledica različne podlage na mestu, kjer sta postavljena merilnika MFM in TLD na določeni lokaciji. Na IJS, kjer sta oba merilnika postavljena v neposredni bližini, se vrednost ($0,92 \pm 0,02$) mSv, določena z MFM, v okviru negotovosti ujema z vrednostjo ($0,84 \pm 0,09$) mSv, določeno s TLD.

Na sliki 5.3 so za obdobje od leta 2010 naprej povzeti rezultati letnih okoljskih doznih ekvivalentov, izmerjenih s TLD v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. S slike je razvidno, da se povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK in je sistematično nekoliko nižji kot v življenjskem okolju v Sloveniji.

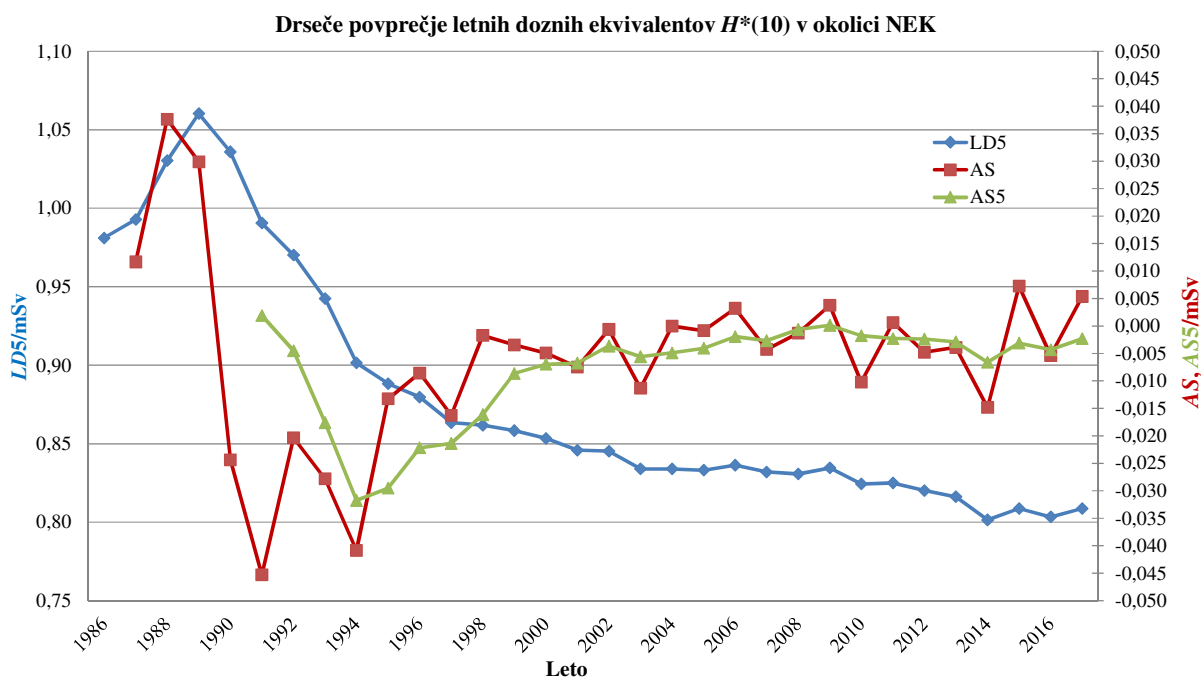


Slika 5.3: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 2010 do 2017

Za meritve, narejene na območju Slovenije, je značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po črnbilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v globino. V zadnjih desetih letih, ko je v okolju še edini umetni sevalec gama Cs-137, upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto), ni več tako izrazito, saj je sprememba (zmanjšanje) letne doze manjša od negotovosti meritev. Na sliki 5.5 je prikazano 5-letno drseče povprečje absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK. Na podlagi podatkov za zadnjih 10 let lahko ocenimo, da se letni okoljski dozni ekvivalent vsako leto zmanjša v povprečju za 0,0026 mSv. Če celotno zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta pripišemo izključno radioaktivnemu razpadu Cs-137, dobimo za oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,11 mSv, kar je približno 3-krat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki naveden v tabeli 5.4 za lokacijo Gmajnice. To pomeni, da zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta ni zgolj posledica radioaktivnega razpada Cs-137, pač pa tudi posledica prodiranja v globlje plasti zemljine.



Slika 5.4: Letne vrednosti okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ za nekatere lokacije v Sloveniji ter povprečje za Slovenijo in okolico NEK



Slika 5.5: Petletno drseče povprečje letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ ($LD5$), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja (AS) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe ($AS5$) v okolici NEK od 1982 do 2017. Negotovosti za $LD5$ so med 0,030 mSv in 0,11 mSv, za AS med 0,043 mSv in 0,13 mSv ter za $AS5$ med 0,019 mSv in 0,033 mSv. Zaradi boljše preglednosti negotovosti na sliki niso prikazane.



Od leta 1992 do 2017 so bili povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti v Sloveniji pretežno rahlo višji od tistih v okolici NEK. Letne vrednosti za nekatere lokacije v Sloveniji in za okolico NEK so prikazane na sliki 5.4. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja, kot je razvidno s slike. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent na ograji NEK je za približno 30 % nižji od tistega v okolici. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih radionuklidov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv [1].

Iz meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji lahko ocenimo prispevek zemeljskega sevanja. Za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ uporabimo enačbo (5.1), ki jo dobimo iz enačbe (9) v [7]:

$$H^*(10)_{\text{letno}} = \sum_i w_i C_i \quad (5.1)$$

V enačbi (5.1) smo s C_i označili specifične aktivnosti Ra-226, Th-232 (Ra-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, ki so izražene z enoto Bq/kg. Koeficienti w_i so značilni za posamezne radionuklide ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida, ustrezne vrednosti za posamezni radionuklid pa so 4,94, 6,56, 0,449 in 1,68 ter so izraženi v enotah $\mu\text{Sv}/(\text{Bq}/\text{kg})$. Te vrednosti so izračunane na podlagi koeficientov enačbe (9) v [7] ob predpostavki, da ima eno leto 8 760 ur. Enačba (9) v [7] je primerna za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov neodvisna od globine [63]. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se z globino spreminja [63]. Zato je bil prispevek Cs-137 izračunan na podlagi realne porazdelitve kot je opisano v poglavju *Ocena vplivov*. Iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne aktivnosti Ra-226, Ra-228 (Th-232), K-40 in Cs-137 v globinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki.

Na lokacijah Gmajnice in Amerika se vzorčuje neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri večini merilnih postaj za TLD. Na lokaciji Kusova Vrbina pa se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, ki je podobna podlagi, na kateri stoji TLD v neposredni bližini. Iz povprečnih specifičnih aktivnosti Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice, Kusova Vrbina in Amerika po enačbi (5.1) izračunamo okoljske dozne ekvivalente za omenjene lokacije. Rezultati so zbrani v tabeli 5.3.

Iz enačbe (7) v poročilu *Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško* [7] lahko izračunamo, da je letna efektivna doza kozmičnih žarkov v Krškem 0,242 mSv na leto, v Velikem Trnu pa 0,255 mSv, kar pomeni, da je doza zaradi kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah dozimetrov v okolici jedrskega objekta v Krškem skoraj enaka.

Iz tabele 5.3 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,49 mSv do 0,69 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente. Za lokaciji Kusova Vrbina in Amerika se vsota obeh prispevkov v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD.

Iz tabele 5.3 je razvidno, da se vrednosti okoljskega doznega ekvivalenta, izračunane na podlagi izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v zemljin in prispevka zaradi ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okviru negotovosti ujemajo z vrednostmi, izmerjenimi s TLD. To je pomembna potrditev skladnosti merskih in računskih postopkov, ki jih uporabljamo pri meritvah in oceni okoljskega doznega ekvivalenta.


Tabela 5.3: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega okoljskega doznega ekvivalenta v letu 2017 za tri lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Povprečna polletna specifična aktivnost (0–15 cm) (Bq/kg)	Letni okoljski dozni ekvivalent, $H^*(10)$		Letni okoljski dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD) (mSv)
		Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	
		(mSv)		
Gmajnice				št. dozimetra 59
U-238	30,4 ± 1,9	0,61 ± 0,04	0,85 ± 0,04	0,74 ± 0,10
Ra-226	40,4 ± 1,7			
Ra-228	31,0 ± 0,4			
Th-228	31,0 ± 0,4			
K-40	385 ± 15			
Cs-137	46,7 ± 0,7			
Kusova Vrbina				št. dozimetra 21
U-238	23,7 ± 21,8	0,49 ± 0,03	0,73 ± 0,04	0,75 ± 0,11
Ra-226	34,7 ± 1,5			
Ra-228	25,6 ± 0,51			
Th-228	25,4 ± 0,5			
K-40	328 ± 13			
Cs-137	3,4 ± 0,1			
Amerika				št. dozimetra 63
U-238	35,3 ± 2,9	0,69 ± 0,05	0,93 ± 0,04	0,82 ± 0,11
Ra-226	50,1 ± 3,2			
Ra-228	35,1 ± 1,4			
Ra-228	34,4 ± 1,1			
K-40	424 ± 21			
Cs-137	29,1 ± 1,3			

OCENA VPLIVOV

Iz dejanske globinske porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137 je bil ocenjen letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je posledica globalne kontaminacije. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati računa Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [57]. Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil izračunan iz zveze $H^*(10) = w \cdot D$ po standardu ISO 4037-3, pri čemer je D absorbirana doza v zraku na letni ravni, $w = 1,20$ pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 5.4 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,003 mSv in 0,033 mSv. To je primerljivo z vrednostmi na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene letne doze $H^*(10)$ v razponu od 0,014 mSv do 0,07 mSv.

Povprečne svetovne specifične aktivnosti v zemlji, ki jih navaja UNSCEAR, so 420 Bq/kg za K-40, 33 Bq/kg za U-238 in 45 Bq/kg za Th-232 [55]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 5.3

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD in MFM. Mreža TLD zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski



dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2017 je bil $(0,83 \pm 0,09)$ mSv, kar se v okviru merske negotovosti ujema z vrednostjo $(0,81 \pm 0,09)$ mSv v letu 2016.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, je bila le-ta izračunana z uporabo programa EXPACS [62]. Program omogoča izračun doze, ki je posledica posameznih komponent kozmičnega sevanja vključno z nevtronsko komponento za poljubno geografsko dolžino in širino. Za leto 2017 je prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,097 mSv.

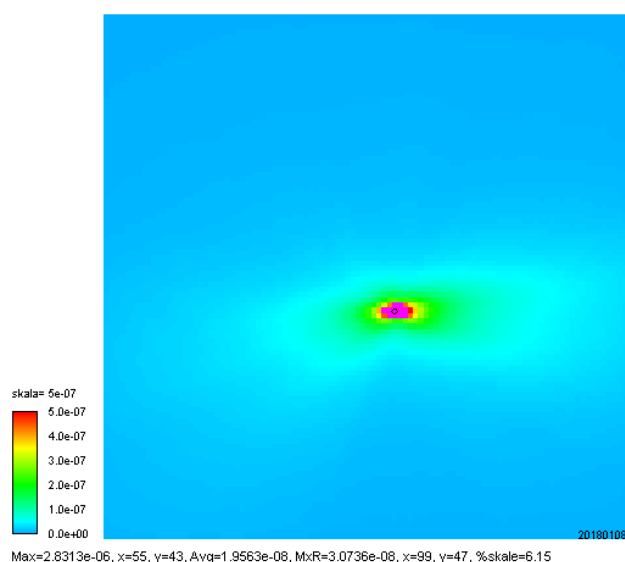
Kot je bilo že omenjeno, je bil prispevek sevanja gama iz objektov znotraj ograje NEK k letni dozi na ograji pod mejo zaznavnosti. V preteklosti so bile opravljene tudi meritve hitrosti doze nevtronov zunaj ograje NEK, pri katerih se je pokazalo, da je bilo izmerjeno le naravno ozadje kozmičnih nevtronov [59]. Torej lahko za vse vrste sevanj sklenemo, da je prispevek iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanjšega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju *Radioaktivnost v zraku* na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela.

Tabela 5.4: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2017

LOKACIJA	$H^*(10)/mSv$	LOKACIJA	$H^*(10)/mSv$
Gmajnice	$0,033 \pm 0,007$	Ljubljana	$0,05 \pm 0,01$
Kusova Vrbina	$0,003 \pm 0,001$	Kobarid	$0,07 \pm 0,01$
Amerika	$0,020 \pm 0,004$	Murska Sobota	$0,014 \pm 0,003$

01-01-17, 00:00, NEK LGM, Letni, D/Q, Povp.



Slika 5.6: Prikaz depozicijskih faktorjev za leto 2017 v okolici NEK, izračunanih po Lagrangeevem modelu, in območje modelirane domene v okolici NEK (25 km × 25 km, rdeči okvir) na zemljevidu. (Vir: Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Državna pregledna karta Republike Slovenije DPK250 1:250000 – 2005) [75]



Used se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčevanje zraka. Podatki, ki so potrebni za izračun, so izpusti iz NEK in depozicijski faktorji na posameznih lokacijah. Depozicijski faktorji se računajo po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke o gibanju zračnih mas in o padavinah. Rezultati izračuna za leto 2017 vključno z modelirano domeno so na sliki 5.6. Iz podatkov o gibanju zračnih mas se določijo razredčitveni koeficienti χ/Q , ki opisujejo koncentracijo radionuklidov v posameznih celicah modelne domene. Velikost modelne domene v NEK je $25 \text{ km} \times 25 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ in je razdeljena na 100×100 celic v horizontalni smeri in 20 celic po vertikali. Celica je velika $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$, višina celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, kjer je celica. Tabelirane vrednosti depozicijskih faktorjev in razredčitvenih koeficientov so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, marec 2018.

Depozicijski faktor (imenovan tudi *koeficient relativne depozicije*) D/Q za določeno lokacijo z enoto s/m^2 se izračuna po enačbi:

$$D/Q = k_T \cdot (\chi/Q)_1 \cdot h_1 + k_{\text{WDD}} \cdot \sum_{i=1}^N (\chi/Q)_i \cdot h_i \quad (5.2)$$

Pri tem je k_T faktor dotika, ki pove, kolikšen del radionuklidov se odloži pri stiku zračnih mas s tlemi, $(\chi/Q)_1$ razredčitveni koeficient prvega prizemnega nivoja, h_1 višina nivoja prvega prizemnega nivoja, k_{WDD} faktor mokrega in suhega nanosa, $(\chi/Q)_i$ razredčitveni koeficienti nivojev i , h_i višina nivoja i in N število nivojev v domeni.

Tabela 5.5: Ocena letne efektivne doze zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2017

Oddaljenost od dimnika NEK (km)			0,5 km	0,8	1	1,5	3,25	7,5
Izotop	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m ²)	Letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)					
I-131	7,95E+05	7,83E-11	1,98E-13	3,57E-14	2,49E-14	2,56E-14	5,08E-15	5,52E-15
I-132	–	1,84E-11	–	–	–	–	–	–
I-133	7,40E+06	4,32E-11	1,01E-12	1,83E-13	1,28E-13	1,32E-13	2,61E-14	2,83E-14
H-3	6,08E+12	–	–	–	–	–	–	–
C-14	7,67E+10	–	–	–	–	–	–	–
Cr-51	–	7,02E-12	–	–	–	–	–	–
Mn-54	–	1,94E-10	–	–	–	–	–	–
Co-58	–	2,24E-10	–	–	–	–	–	–
Co-60	1,1E+03	5,67E-10	1,99E-15	3,59E-16	2,51E-16	2,58E-16	5,11E-17	5,55E-17
Zr-95	–	1,70E-10	–	–	–	–	–	–
Nb-95	–	1,73E-10	–	–	–	–	–	–
Ag-110m	–	6,48E-10	–	–	–	–	–	–
Sb-124	–	4,05E-10	–	–	–	–	–	–
Te-125m	2,97E+04	2,97E-12	2,80E-16	5,06E-17	3,53E-17	3,63E-17	7,20E-18	7,82E-18
Te-127m	4,32E+03	2,97E-12	4,07E-17	7,36E-18	5,14E-18	5,28E-18	1,05E-18	1,14E-18
Cs-137	1,01E+03	1,35E-10	4,34E-16	7,84E-17	5,47E-17	5,63E-17	1,11E-17	1,21E-17
Fe-55	–	4,86E-14	–	–	–	–	–	–
Sr-90	1,43E+03	2,40E-11	1,09E-16	1,97E-17	1,37E-17	1,41E-17	2,80E-18	3,04E-18
VSOTA			1,22E-12	2,20E-13	1,53E-13	1,58E-13	3,12E-14	3,39E-14



Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.5. Letna efektivna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (5.2), ki so ga izračunali v podjetju MEIS storitve za okolje, d. o. o., in doznega pretvorbene koeficienta *DCF* [64]. Dozni pretvorbni koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh, pri končni oceni efektivne doze pa smo konzervativno privzeli, da se je izpust celoletne aktivnosti ponavljal vsake 4 dni vse leto (skupni ocenjeni letni izpust je vsota približno 91 dejanskih izpustov v tem letu). Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2017 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,5 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih efektivnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

V tabeli 5.6 so povzete ocenjene letne vrednosti $H^*(10)$ za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitvev zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

Tabela 5.6: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2017 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)/mSv$
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,823 (89 %)
kozmični nevtroni	[55], [61]	0,097 (11 %)
naravno sevanje – skupaj		0,920 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	0,033 (4 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	1.2E-12
SKUPAJ		0,95

* Ocena deleža glede na naravno sevanje. V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v zgradbah 0,1, temveč je konservativno privzeto, da se prebivalec ves čas zadržuje na prostem. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati računa Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [57].

SKLEPI

Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v vzorcih zemlje v letu 2017 so primerljive z vrednostmi, izmerjenimi v prejšnjih letih in s podatki, ki jih kot svetovno povprečje navaja UNSCEAR. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je med 0,49 mSv in 0,67 mSv.

Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Vpliva NEK tudi v letu 2017 ni bilo mogoče zaznati. Prispevek Cs-137 k letni dozi $H^*(10)$ je od 0,6 % do 5,4 % skupne doze zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji. Letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 na lokacijah v okolici NEK, ocenjeni pri predpostavki realne globinske porazdelitve Cs-137, so v območju med 0,003 mSv in 0,033 mSv, kar je v povprečju manj kot na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. To je dodatna potrditev ugotovitve, da v okolju ni mogoče opaziti vplivov zaradi izpustov iz NEK.



Okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na ograji NEK, je za 30 % nižji kot v okolici NEK. To kaže, da je prispevek NEK k dozni obremenitvi v okolici zaradi sevanja iz objektov NEK zanemarljiv in nemerljiv.

Povprečna vrednost okoljskega doznega ekvivalenta, izmerjena s TLD v okolici NEK, se ujema s povprečno vrednostjo, izmerjeno s kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Povprečje v obeh primerih je $(0,83 \pm 0,11)$ mSv. To potrjuje zanesljivost meritev, saj se rezultati, dobljeni z različnimi merskimi metodami, ujemajo.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2017 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,92 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih. Ocenjena vrednost $H^*(10)$ se v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD, kar potrjuje zanesljivost modelne ocene.

Prispevek k zunanjemu sevanju zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi, izračunan na podlagi Lagrangeevega modela nanosa iz oblaka, je več redov velikosti nižji od drugih prispevkov in popolnoma zanemarljiv. Konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza zaradi sevanja iz NEK manjša od $0,001 \mu\text{Sv}$, torej daleč pod detekcijsko mejo merilnikov. Meja detekcije z merilniki TLD je $7,5 \mu\text{Sv}$, torej bi merilniki brez težav zabeležili potencialno nevarne nivoje zunanjega sevanja zaradi vpliva NEK.



6 RADIONUKLIDI V HRANI

POVZETEK

Namen ugotavljanja specifičnih aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, je, da se preveri vpliv izpustov NEK na hrano in posledično oceni sevalna obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane na krško-brežiškem polju. Specifične aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, smo primerjali s specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji. Porabo določene skupine živil smo v okolici NEK ugotavljali na podlagi ankete, ki so jo sodelavci IJS in ZVD izvedli v 2017, v kateri je bilo zajetih 47 odraslih oseb. Porabo posameznih vrst živil drugod po Sloveniji pa smo upoštevali glede na podatke SURS.

Ocenili smo, da je predvidena letna efektivna doza prebivalstva v okolici NEK zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v hrani v letu 2017 302 μSv za odrasle osebe, brez upoštevanja K-40 pa 106 μSv , drugod po Sloveniji pa je predvidena letna efektivna doza prebivalstva zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani 231 μSv , brez upoštevanja K-40 pa 109 μSv .

Vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani, ki izvirata iz globalne kontaminacije okolja, je povečala sevalno obremenitev prebivalcev okolice NEK še za 1,4 μSv , kar je le 1,3 % celotne izračunane letne efektivne doze zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40. To je z biološkega vidika zanemarljivo. Sevalna obremenitev prebivalcev drugod po Sloveniji zaradi uživanja hrane, kontaminirane s Cs-137 in Sr-90, je prav tako 1,4 μSv . Pri primerjavi merskih rezultatov za hrano iz okolice NEK in Republike Slovenije se upoštevajo le hranila oziroma živila, ki so v skupnem naboru. V letu 2017 k dozi splošnih kontaminantov Cs-137 in Sr-90 v okolici NEK največ prispeva specifična aktivnost Sr-90 0,5 μSv v listni zelenjavi. Drugih posebnosti v primerjavi s prejšnjimi leti ni bilo opaziti.

V zračnih izpustih NEK je bil izmerjen tudi radioaktivni izotop C-14. Izotop C-14 se, enako kot ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline in preko hrane prehaja v živali in ljudi. V letu 2017 v NEK ni bilo remonta. Ocenjena doza prebivalstva v krajih, kjer vpliva NEK v letu 2017 ni bilo mogoče zaznati (Dobova), je bila v rastlinski hrani zaradi vsebnosti naravnega C-14 ($15,3 \pm 0,2$) μSv . V neposredni bližini elektrarne do razdalje 1 km od osi reaktorja je bilo mogoče zaznati v rastlinju tudi C-14 zaradi atmosferskih izpustov iz NEK. Ocenjena doza zaradi atmosferskih izpustov C-14 iz NEK je bila 0,1 μSv , celotna ocenjena doza prebivalstva v neposredni bližini NEK pa je bila ($15,2 \pm 0,2$) μSv . V okviru merske negotovosti je tako doza zaradi C-14, prejeta v okolici NEK in v Dobovi, primerljiva z ocenami iz prejšnjih let. Doza, prejeta zaradi C-14, je z biološkega vidika zanemarljiva.

UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja jedrskih objektov ali izrednih dogodkov, lahko potencialno vodijo k izpostavitvi okoliškega prebivalstva ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje preko izpustov v atmosfero ali v vodne sisteme, pri čemer lahko posledično prihaja do kontaminacije zraka, voda, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in ingestija, zato je v okolici nuklearnih objektov potreben stalen nadzor radioaktivnosti v zraku, vodi, tleh, pa tudi v hrani rastlinskega in živalskega izvora, ki se prideluje v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem preko koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedi iz atmosfere. Sem spada predvsem kontaminacija s Pb-210, ki je naravni radionuklid in ga v izpustih NEK ne detektiramo. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biorazpoložljivosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar pa poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem abiotski in biotski talni dejavniki [65]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, strukture na listih) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in



vetrovnost. Rastlinski organi se lahko z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebulo, liste in plodove, ki uspevajo pri tleh [66]. Na vsebnost radionuklidov v rastlinah vplivajo tudi človeške aktivnosti, kot so obdelovanje površin, gnojenje, uporaba pesticidov, promet in industrijsko onesnaževanje.

Specifična aktivnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem s tem, da živali uživajo z radionuklidi kontaminirano hrano in vodo. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [66], radionuklide pa najdemo tudi v krmilih za prehrano domačih živali. Končno koncentracijo radionuklidov v živalskem organizmu določa razmerje med asimilacijo in izločanjem. Kopičenje v posameznih organih oziroma tkivih je v veliki meri odvisno od fizikalnih in kemijskih značilnosti posameznega radionuklida, vrste hrane in vsebnosti elementov, ki s posameznim radionuklidom tekmujejo za privzem, ter od fiziološkega stanja živali. Na vnos radionuklidov v človeški organizem vplivajo podobni faktorji kot na vnos v živalski organizem, le da ljudje s predhodno pripravo in čiščenjem hrane (pranje, lupljenje) lahko dodatno zmanjšajo vnos radionuklidov v organizem [66].

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Vzorčevanje živil v okolici Nuklearne elektrarne Krško poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčevanju zemlje. Za zemljo je značilna pedološka raznolikost (obrečni peščeni aluvij, diluvialna ilovica s kremenovimi produkti, apnenec). Zaradi odvisnosti prenosnih faktorjev od vrste tal se vzorci hrane odvzemajo vedno na istem mestu, če je le mogoče. Na primer v Vrbini, Bregah in Spodnjem Starem Gradu se hrana prideluje le za potrebe radiološkega nadzora. Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2017, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinec (zelenjava), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso), Libna (grozdje). V letu 2017 je bilo v okolici NEK skupno vzorčevanih 32 vrst živil. Namesto vina smo v letu 2017 vzorčevali in analizirali dve vrsti grozdja.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

V vzorcih živil so bile izmerjene specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG) in vsebnost Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko metodo. Vzorčevanje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizami oprani s tekočo vodo, saj je poleg vnosa radionuklidov v rastline iz tal prek koreninskega sistema del kontaminacije zelenjave in sadja z radionuklidi tudi površinska kontaminacija, sploh če so deli rastlin med gojenjem v neposrednem stiku z zemljo.

Od radionuklidov, ki jih detektiramo v izpustih NEK, je v hrani C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčevanih v juniju in septembru 2017 ob ograji NEK (notranji krog), v bližnji okolici NEK (zunanji krog) in na kontrolni točki v Dobovi, so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih, listih jablan, ječmenu, koruzi, lucerni, travi, repici in pšenici.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017, IJS-DP-12498*, marec 2018.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (mleko - Pesje), T-62 (mleko - Vihre), T-63 (mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65, T-66, T-67 (sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo grozdje, bezeg), T-69 do T-73 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, rdeča pesa, čebula; listna zelenjava – zelena solata, zelje, radič, blitva, zelena; plodovke – paprika, paradižnik, feferoni, bučke,



jajčevci, fižol v zrnju, kumare; žita – pšenica, koruza, ječmen) T-74, T-75 (kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso). Vino v 2017 ni bilo vzorčevano.

V vzorcih hrane so bili detektirani naravni radionuklidi iz razpadnih verig radionuklidov U-238 in Th-232 ter K-40 in kozmogeni Be-7, med umetnimi pa le Cs-137 in Sr-90/Sr-89. Ker Sr-89 ni bil izmerjen v izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90. Radioaktivni izotop cezija (Cs-137) in radioaktivni izotop stroncija (Sr-90) sta prisotna kot kontaminacija v vrhnji plasti zemlje zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu, detektirana pa sta tudi v izpustih NEK.

V nadaljevanju so rezultati vsebnosti radionuklidov v živilih v okolici NEK podani primerjalno glede na vsebnosti radionuklidov v skupinah živil (meso in jajca, mleko, podzemna zelenjava, listna zelenjava, plodovke, žita in sadje), vzorčevanih drugod po Sloveniji. Slednje meritve je izvedel ZVD. Vzorečevana so bila naslednja živila: mleko; sadje – jagode, hruške, breskve, jabolka in slive; podzemna zelenjava – krompir, korenje; listna zelenjava – solata; plodovke – kumare, paradižnik; žita in kruh - pšenica, koruza, ječmen, rž; jajca in meso (kokošja jajca, kokošje, svinjsko in goveje meso, postrvi ter divjačina).

Rezultati meritev C-14 v hrani so v poročilu *Izveščje o mjerjenjima aktivnosti ¹⁴C u okolišu Nuklearne elektrarne Krško tijekom 2017. godine*, IRB-LNA 7/2018, Institut Ruđer Bošković, Hrvaška [24].

Tritij (H-3)

Tritij se v okviru rednega merilnega nadzora NEK v hrani ne ugotavlja. Vendar najnovejše raziskave, izvedene na IJS [68], kažejo povečane vsebnosti tritija v rastlinju neposredno ob NEK, v primerjavi z rastlinjem na kontrolni točki. Vzorečevanje rastlinja je bilo namreč opravljeno po istem sistemu, kot za C-14, v vzorcih pa je bil ugotovljen tritij v prosti tkivni vodi in organsko vezan tritij. Največje vsebnosti so bile izmerjene v listju jablan ($334 \pm 5,8$ Bq/L), v jabolkih ob ograji NEK pa ($20,5 \pm 0,8$ Bq/L). Na kontrolni točki so se vrednosti v jabolkih gibale okrog ($3,0 \pm 1,0$ Bq/L). Glede na dobljene rezultate so nujno potrebne podrobnejše študije vpliva izpustov tritija iz NEK na okoliško rastlinje, pridelke in prenos po prehranjevalni verigi.

Ogljik (C-14)

Naravni radioaktivni izotop ogljika C-14 nastaja v Zemljini atmosferi kot produkt jedrskih reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni, ki so posledica kozmičnega sevanja [67]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ vstopa v ogljikov cikel Zemlje, kjer se v procesu fotosinteze asimilira predvsem v hrano rastlinskega izvora. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO₂ med rastno sezono. C-14 tako vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije.

Do povečanja koncentracij C-14 na zemeljskem površju je prišlo v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi jedrskih poskusov pa se zaradi izmenjave C-14 in drugih izotopov ogljika med atmosfero, biosfero in oceani vsebnosti C-14 v atmosferi manjšajo, tako so danes le malo večje od naravne ravnotežne vrednosti [67].

Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti tako v atmosferi v svoji neposredni okolici kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. C-14 je merljiv tudi v izpustih NEK. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se ugotavlja tako, da se aktivnosti C-14 v rastlinju z neposredne okolice elektrarne primerjajo s tistimi s kontrolnega področja, to je področja, ki je tako oddaljeno od vira radioaktivnosti, da neposrednih vplivov ni več mogoče najti.

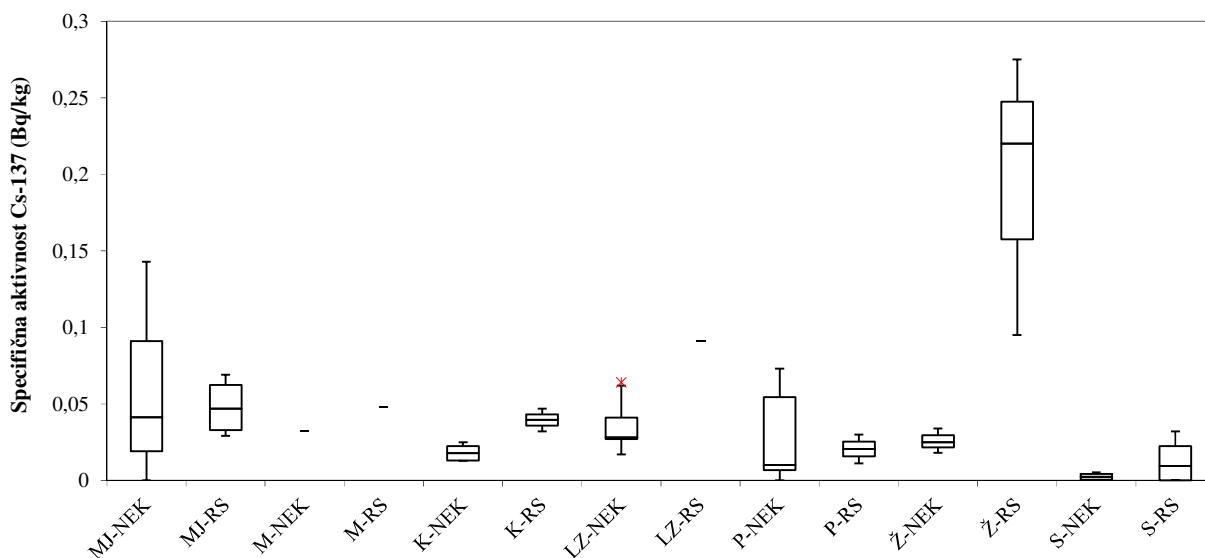
Izračunana letna efektivna doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezne vrste hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo, saj so atomi C-14 del organskih molekul v organizmih. Drugi radionuklidi, kot so Cs-137, K-40, Sr-90, itd. ne spadajo med strukturne elemente, zato sta postopka računanja letne efektivne doze različna. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost C-14, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK.



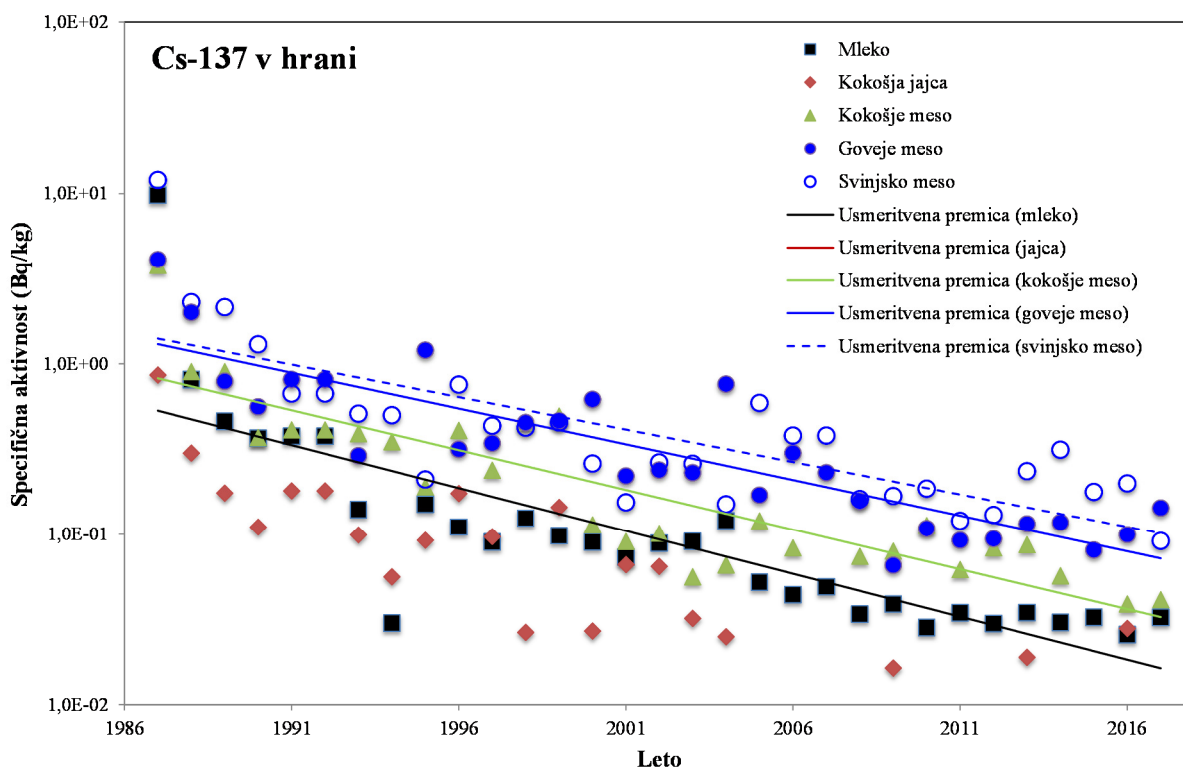
Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2017 izmerjena v jabolkih, listju jablan, ječmenu, koruzi, lucerni, travi, repici in pšenici, in sicer v juliju in septembru. Vrednosti so zbrane v tabeli 6.1. Povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju so bile v septembru višje kot v juliju, kar se sklada z višjimi izpusti C-14 iz NEK v juliju in avgustu 2017 (slika 3, Poročilo IRB). Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v travi (lokacija C) v septembru (295 ± 6) Bq na kilogram ogljika, prav tako višja pa je bila vsebnost v jabolkih na lokaciji J (288 ± 7) Bq na kilogram ogljika. Na lokaciji J smo tudi v letu 2016 opazili najvišjo vsebnost C-14 v jabolkih (330 ± 8) Bq na kilogram ogljika. Lokacija J je jugozahodno od osi reaktorja in leži v področju, kjer ugotavljamo najvišje razredčitvene faktorje (glej poglavje *Radioaktivnost v zraku*). Lokacije so označene na sliki 1 v poročilu [24].

Tabela 6.1: Specifične aktivnosti C-14 v okolici NEK v letu 2017

Območje v okolici NEK	Julij 2017	September 2017
	Bq na kilogram ogljika	
Najvišja vrednost	(253 ± 5) (lokacija D)	(295 ± 6) (lokacija C)
Zunanji krog	(238 ± 6)	(253 ± 6)
Dobova	(238 ± 4)	(240 ± 6)
Ob ograji NEK	(244 ± 5)	(263 ± 7)



Slika 6.1: Specifična aktivnost Cs-137 (Bq/kg) v skupinah živil: MJ – meso in jajca, M–mleko, PZ–podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje in vino; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah enkratno vzorčenih živil v letu 2017 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Izjema je surovo mleko, ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zbira in analizira mesečno na treh lokacijah (Vihre, Pesje in Brege), v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS pa dvomesečno na treh lokacijah (Ljubljana, Kobarid in Bohinjska Bistrica). V grafu so tako prikazane aritmetične sredine čez vse vzorce v okviru nadzora radioaktivnosti za celo leto 2017. Iz predstavitve je izvzeta divjačina. V predstavitvi po živilih so bila upoštevana živila, ki spadajo v izbrano skupino; nabor živil v okviru *Monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS* obsega še druge vrste živil, kot so med, ribe, moka itd., ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ne vzorčujejo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli poročana aritmetična sredina.



Slika 6.2: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK, od leta 1987 do 2017. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008 in 2010–2012 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 goveje meso ni bilo vzorčevano.

Cezij (Cs-137)

Izotop Cs-137 je bil v letu 2017 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčevanih živil. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je do 0,14 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, ki je od 0 Bq/kg do 0,28 Bq/kg [14], če ne upoštevamo divjačine. Podatki so prikazani na sliki 6.1. V divjačini (srna) iz Zreč je bila specifična aktivnost Cs-137 ($1,0 \pm 0,04$) Bq/kg.

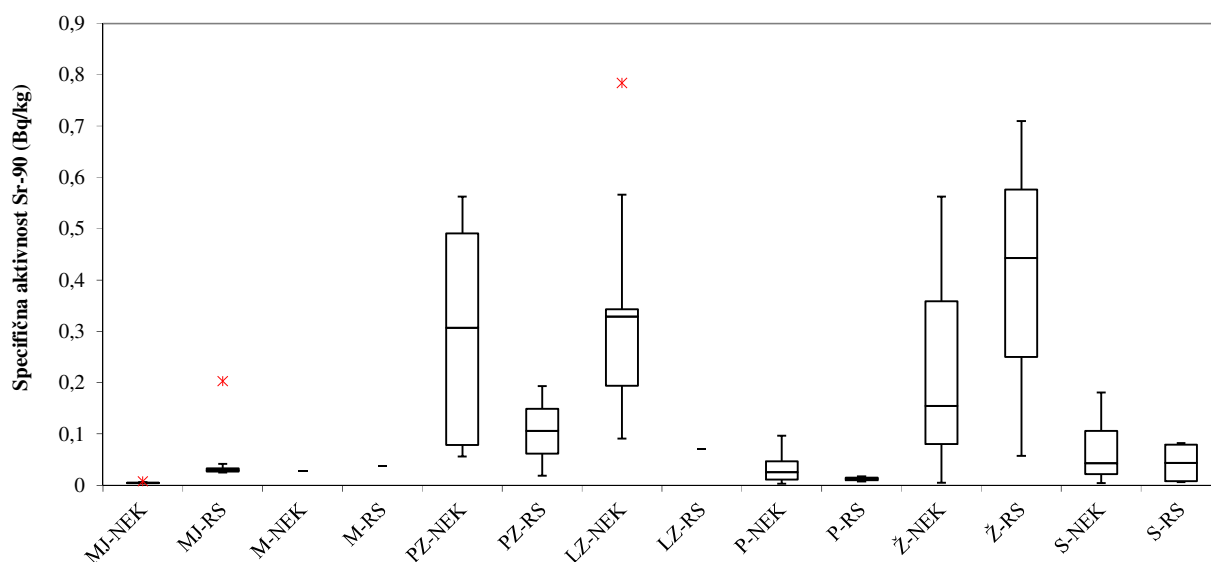
V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu ($0,14 \pm 0,02$) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkah in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, $< 0,001$ Bq/kg. Če izvzamemo divjačino, je bila največja izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, v ječmenu iz Hrastovca, in sicer ($0,28 \pm 0,01$) Bq/kg.

S slike 6.1 je razvidno, da največjo vsebnost Cs-137 najdemo v žitih in mesu, sledijo listna zelenjava, mleko in plodovke, podzemna zelenjava in sadje. Celotna slika je podobna kot pred letom 2017. V okolici NEK je največ Cs-137 v mesu, drugod po Sloveniji pa v žitu in mesu.

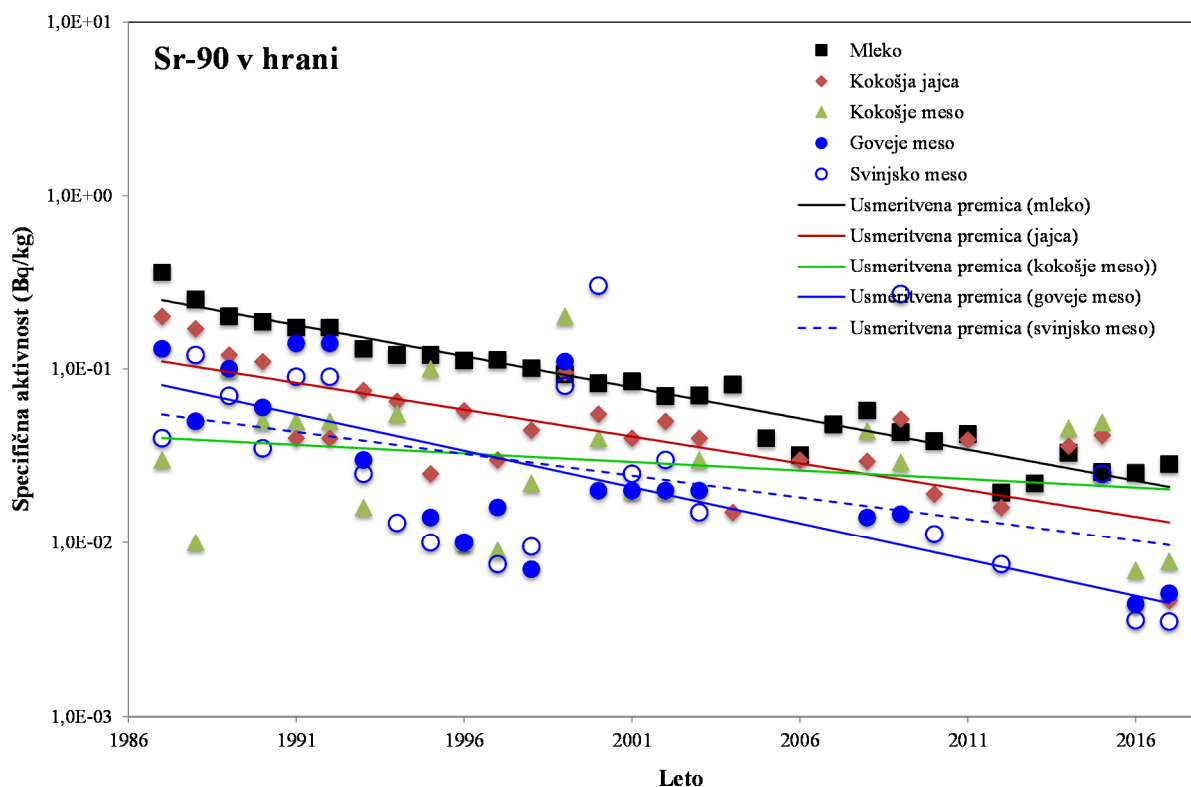
Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 6.2 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od črnobilske nesreče do danes znižala za približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10 (slika 6.4). Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v mleku je tako že nekaj let na ravni izpred



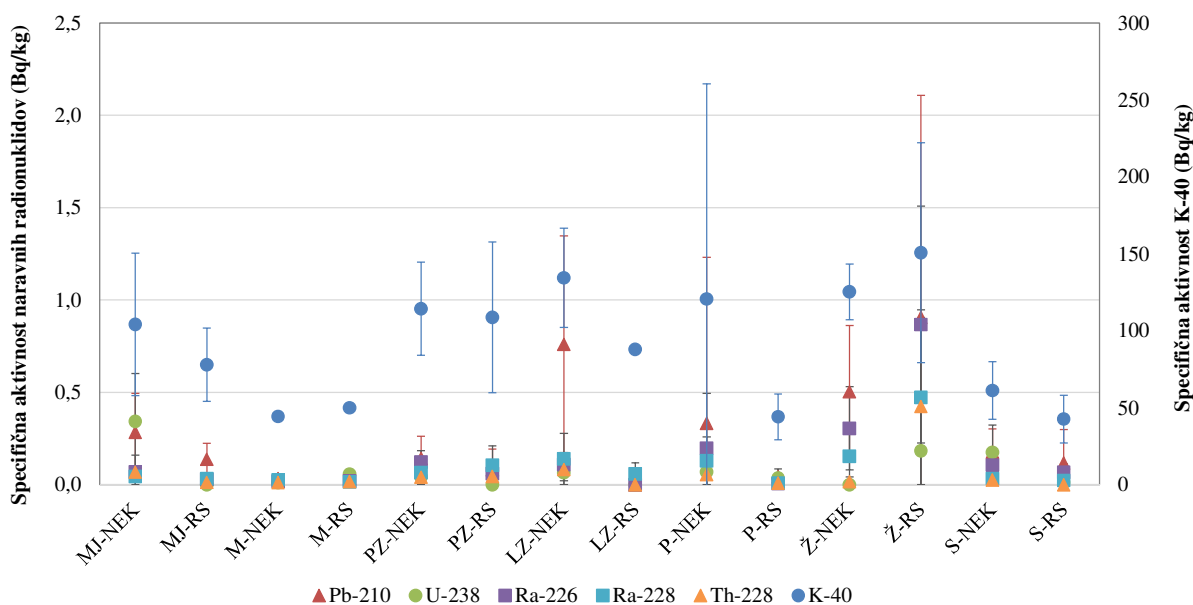
černobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred černobilsko nesrečo. Tudi za druga živila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči (sliki 6.2 in 6.4), medtem ko nesreča v Fukušimi marca 2011 ni vplivala na povišanje specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani v Sloveniji. Na kultiviranih površinah privzem Cs-137 ter Sr-90 v rastline prek koreninskega sistema omejuje predvsem vezava atomov Cs-137 in Sr-90 v tleh (na glinene in organske delce), pa tudi povečana vsebnost kalija in s tem tudi radioaktivnega K-40 ter kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [66]. Ta proces in pronicanje atomov Cs-137 globlje v zemljo z leti zmanjšujeta dostopnost Cs-137 rastlinam. Tako v manjšem številu vstopajo v prehransko verigo človeka. To lahko podkrepimo, če povprečnim specifičnim aktivnostim Cs-137 v živilih živalskega izvora po letih narišemo usmeritvene premice. Iz naklonov premic, ki se med seboj odklanjajo za največ 20 %, lahko izračunamo efektivni razpolovni čas Cs-137 v omenjenih živilih 6,6 let (slika 6.2). Izračunani razpolovni čas je manjši od fizikalnega razpolovnega časa Cs-137 30,1 let. Podobno lahko izračunamo efektivni razpolovni čas Sr-90 v živilih živalskega izvora 8,5 let (slika 6.4). Statistično stresanje podatkov je v primeru Sr-90 večje kot pri Cs-137, zato smo iz računanja aritmetične sredine izvzeli kokošje in svinjsko meso. Kljub temu je tudi ta izračunani efektivni razpolovni čas bistveno nižji od fizikalnega razpolovnega časa Sr-90 28,8 let.



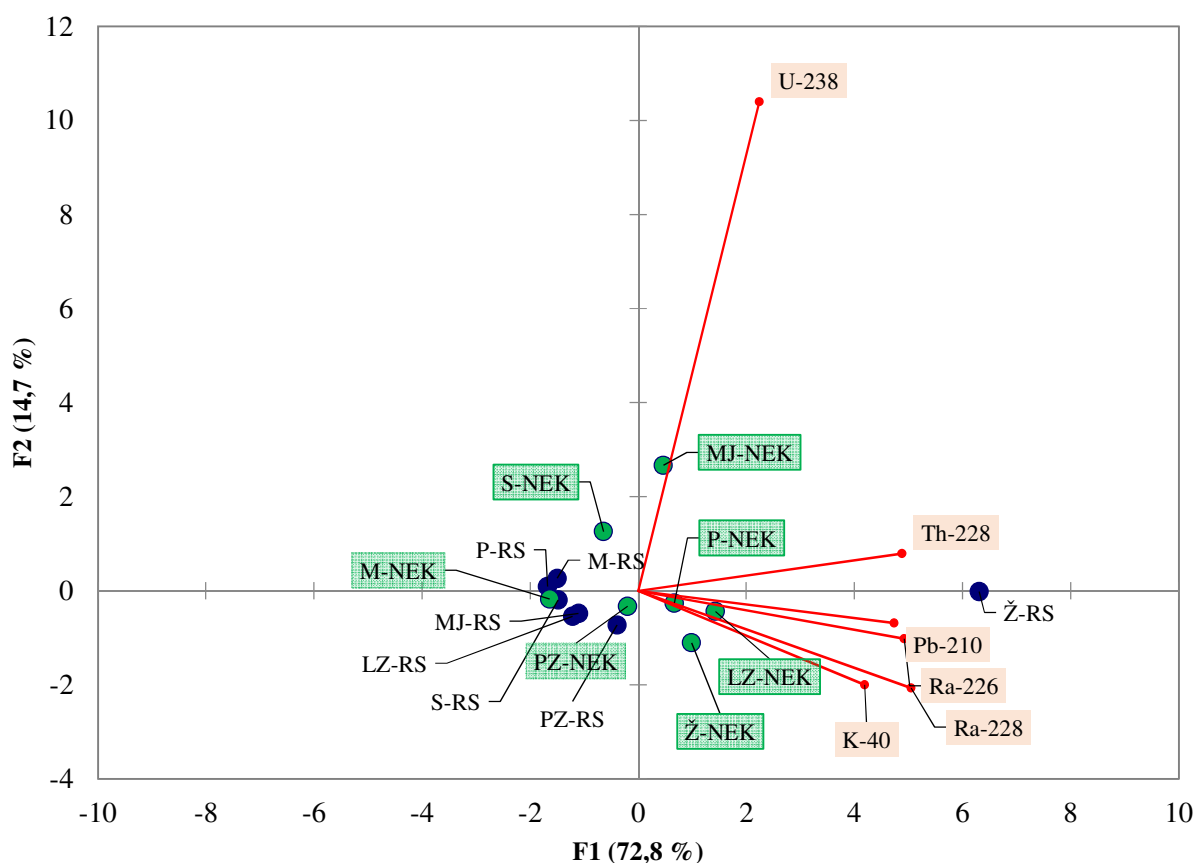
Slika 6.3: Specifična aktivnost Sr-90 (Bq/kg) v skupinah živil: MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje in vino; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah enkratno vzorčenih živil v letu 2017 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Izjema je surovo mleko, ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zbira in analizira mesečno na treh lokacijah (Vihre, Pesje in Brege), v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS pa dvomesečno na treh lokacijah (Ljubljana, Kobarid in Bohinjska Bistrica). V grafu so tako prikazane aritmetične sredine čez vse vzorce v okviru nadzora radioaktivnosti za celo leto 2017. V predstavitvi po živilih so bila upoštevana živila, ki spadajo v izbrano skupino; nabor živil v okviru *Monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS* obsega še druge vrste živil, kot so med, ribe, moka itd., ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ne vzorčujejo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli poročana aritmetična sredina.



Slika 6.4: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2017 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK. V letih 2004–2007 in 2011–2013 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem in svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih pa je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005, 2007 in 2013.



Slika 6.5: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živilih v letu 2017 v okolici NEK in po Sloveniji (RS); MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje in vino. Predstavljene so povprečne vrednosti in standardni odklon.



Slika 6.6: Razsevni diagram metode glavnih komponent na podlagi izmerjenih povprečnih specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2017 v okolici NEK in po Sloveniji (RS); MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje in vino

Kljub omenjenim težnjam, pa v živilih, vzorčenih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno lahko ugotavljamo, v primerjavi z živilih, vzorčenih v agrarnih ekosistemih, značilno višje specifične aktivnosti Cs-137. V letu 2017 nismo zaznali povišane specifične aktivnosti Cs-137 v divjačini ter drugih primerljivih vzorcih, kot je bilo to primer v letu 2015 (gobe ciganki, borovnice, divjačina), in kot je bilo ugotovljeno v raziskovalnih študijah, da je bila v gobah iz skupine koprenk, vzorčenih v letih 2010–2011, specifična aktivnost Cs-137 tudi do 3 240 Bq/kg (*Rozites caperata* - pšenična koprenka ali cigank) [70], v gozdnih tleh pa so se vrednosti Cs-137 gibale do 812 Bq/kg (Ljubljana Rožnik).

Stroncij (Sr-90)

Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2017 detektiran v vseh skupinah živil (slika 6.3). Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,78 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,71 Bq/kg.

V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito, podzemna in listna zelenjava, sledijo sadje, plodovke in mleko ter skupina živil živalskega izvora, kjer je povprečna specifična aktivnost Sr-90 najnižja. Tudi pri vzorčenju drugod po Sloveniji se razvrstitev skupin živil po vsebnosti Sr-90 sklada z vzorčenjem v okolici NEK.

V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v zeleni ($0,78 \pm 0,07$) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v koruzi ($0,71 \pm 0,08$) Bq/kg.



Jod (I-131)

V vzorcih nismo zaznali prisotnosti joda I-131.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

V zraku nad Slovenijo je bil konec septembra in v začetku oktobra prisoten tudi Ru-106 neznanega izvora, ki pa ga v hrani nismo zaznali.

Naravni radionuklidi

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Njihove specifične aktivnosti v posameznih živilih, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS), so prikazane na sliki 6.5. Na podlagi izračunanih povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v posamezni skupini živil smo izvedli statistično analizo (Metoda glavnih osi, XLSTAT) (slika 6.6). Iz grafa je razvidno, da največ naravnih radionuklidov vsebujejo žita (RS in NEK), listna zelenjava (NEK), plodovke (NEK) in pa meso in jajca (NEK), kar gre na račun vsebnosti urana v piščančjem mesu ($0,76 \pm 0,48$), najmanj pa mleko, podzemna zelenjava in sadje.

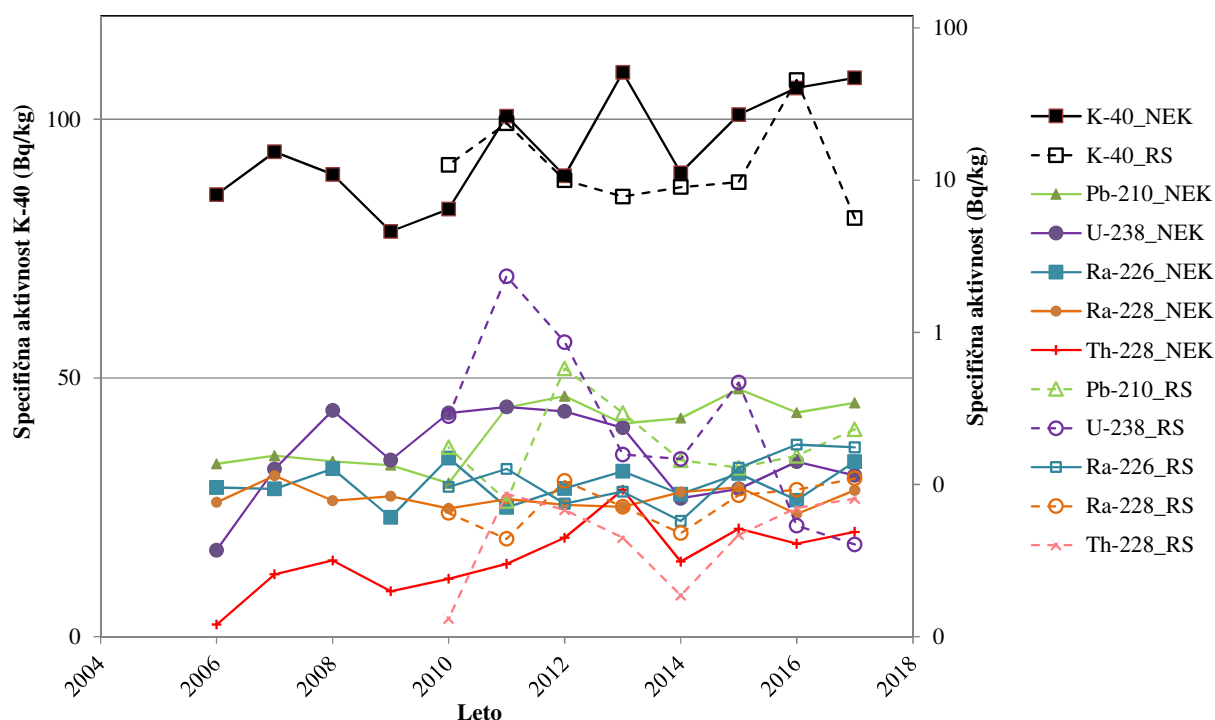
V letu 2017 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 35 Bq/kg (jagode) do 457 Bq/kg (fižol), v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 21 Bq/kg (vino) do 225 Bq/kg (koruza). V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo žito in listna zelenjava, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko in sadje. Največ K-40 v letu 2017 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v listni zelenjavi in žitu, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v žitu in podzemni zelenjavi.

Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane največ prispeva Pb-210 (63 %). Največ Pb-210 je bilo v letu 2017 v okolici NEK v listni zelenjavi, drugod po Sloveniji pa v žitu. Najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v mleku. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v bezgu (plodovke) ($2,55 \pm 0,62$) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa v ječmenu ($2,27 \pm 0,30$) Bq/kg. Razpon specifičnih aktivnosti drugih naravnih radionuklidov v hrani v okolici NEK in po Sloveniji prikazujemo v tabeli 6.2.

Tabela 6.2: Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v okolici NEK in po Sloveniji

Radionuklid	NEK	Slovenija
	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U-238	do 0,8 (kokošje meso)	do 0,6 (ječmen)
Ra-226	do 0,8 (bezeg)	do 1,5 (pšenica)
Pb-210	do 2,6 (plodovke)	do 2,3 (ječmen)
Ra-228	do 0,7 (bezeg)	do 1,0 (ječmen)
Th-228	do 0,2 (bezeg)	do 1,0 (ječmen)

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2017 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2017 drugod po Sloveniji (slika 6.7).



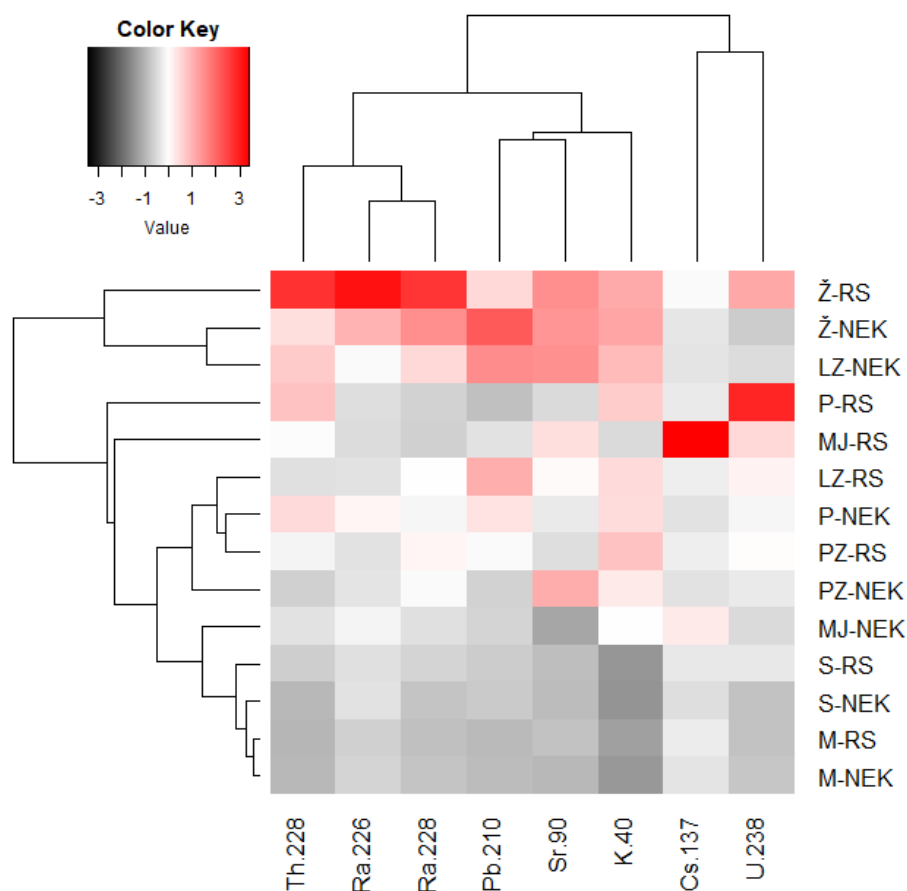
Slika 6.7: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčevani v okolici NEK, po letih od 2006 do 2017 ter drugod po Sloveniji v letih od 2010 do 2017

Dodatno smo s programsko opremo »R« [76] statistično obdelali podatke specifičnih aktivnosti merjenih radionuklidov od leta 2010 do 2017 za živila, vzorčevana v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Z analizo grozdov na podlagi Evklidskih razdalj ([71], [76]) smo med seboj primerjali z-transformirane povprečne specifične aktivnosti radionuklidov (Cs-137, Sr-90, K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) v skupinah živil – meso in jajca (MJ), mleko (M), podzemna zelenjava (PZ), listna zelenjava (LZ), plodovke (P), žito (Ž) in sadje in vino (S). Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo grozdov (slika 6.8) kaže, da največ radionuklidov vsebujejo žita, najmanj pa mleko in sadje. Razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj se večinoma grupirajo glede na vrsto živila in ne na mesto vzorčevanja. Izjema je specifična aktivnost Cs-137 v mesu in jajcih, ki je drugod po Sloveniji večja od tiste v okolici NEK in pa skupina plodovk, ki vsebuje več U-238 v vzorcih od drugod po Sloveniji, kot v okolici NEK.

OCENA VPLIVOV

Oceno doznih obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, ki jih povzročajo posamezni radionuklidi, dobimo, če specifično aktivnost posameznega radionuklida v hrani pomnožimo z doznim pretvorbenim faktorjem $h(g)_i$, specifično aktivnostjo posameznega radionuklida a_i in letno porabo posamezne vrste hrane m_i (glej postopek *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*):

$$E_{50-70, i} = a_i h(g)_i m_i \quad (\mu\text{Sv}) \quad (6.1)$$



Slika 6.8: Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo grozdov na podlagi z-transformiranih povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov v skupinah živil vzorčevanih v letih 2010-2017 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listnata zelenjava, P – plodovke, S – sadje in vino). Črna barva pomeni vrednosti pod povprečjem, bela povprečne vrednosti, rdeča pa nad povprečjem za posamezni radionuklid.

Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota posameznih prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne skupine živil so prikazani v tabeli 6.3. Podatki temeljijo na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2012. V letu 2017 smo izvedli tudi anketo porabe posamezne skupine živil med ljudmi, ki živijo v bližnji okolici NEK in ki tam pridelujejo hrano. Anketirali smo 47 ljudi. Ugotovitve so zbrane v tabeli 6.3. Glede na anketo prebivalci v okolici NEK zaužijejo znatno manj žita, več mleka, listne zelenjave, plodovk in sadja od povprečnega prebivalca v Sloveniji. Količina zaužitih jajc in mesa je primerljiva. Podatki iz tabele 6.3 so bili osnova za izračun doz, prejetih tako v okolici NEK, kot drugod po Sloveniji, pri čemer so bile upoštevane povprečne specifične aktivnosti živil posamezne skupine, ki sta jih izmerila IJS ali ZVD. Pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev v okolici NEK smo predpostavili, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev drugod po Sloveniji pa smo predpostavili, da prebivalci uživajo hrano s celotnega območja Slovenije. Doze v okolici NEK smo tako izračunali na podlagi ankete porabe posameznih živil, izvedene v 2017, doze drugod po Sloveniji pa na podlagi porabe na člana gospodinjstva v 2012.

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode (tabela 6.3.). Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji ter na podlagi izvedene ankete lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane (predvsem mesa, žita in mleka) kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih



območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčenje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Zato je letna efektivna doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14, pa se upošteva, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova) [19], [20].

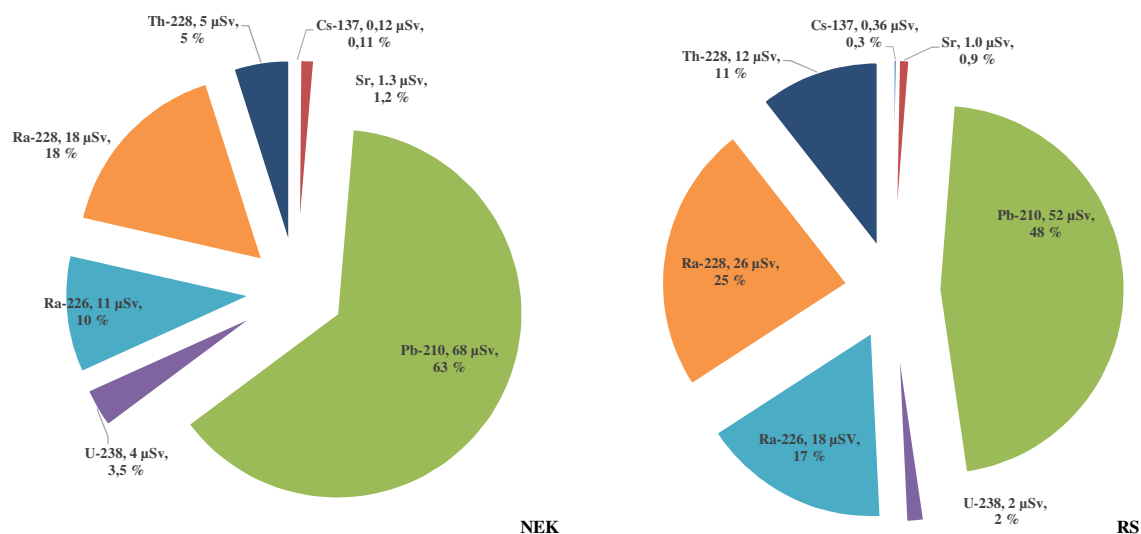
Tabela 6.3: Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva glede na anketo, izvedeno v okolici NEK (2017), in glede na porabo v Sloveniji v letu 2012 [69] ter stopnja samooskrbe v okolici NEK in drugod po Sloveniji.

Živilo	Količina glede na anketo v okolici NEK (kg)	Stopnja samooskrbe (%) v okolici NEK	Količina (kg) Slovenija, SURS	Stopnja samooskrbe (%) v Sloveniji, SURS
Jajca in meso	34,8	30 (meso)	33,0	95 + 76.4
Mleko	81,0	11	54,1	131
Podzemna zelenjava (krompir)	46,0	55	40,1	55
Listna zelenjava	51,0		21,0	42
Plodovke	45,0		20,0	
Žito	20,0	19	71,6	74
Sadje	90,0	40	21,8	44
Σ	368	–	262	–

Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK. Treba se je zavedati, da je C-14 del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi (Cs-137, K-40 ...) ne spadajo med strukturne elemente. Govorimo o zamenjavi atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah.

Ocenili smo, da je bila efektivna doza za odrasle osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčevane hrane zaradi prisotnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2017 v okolici NEK (107 ± 10) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (304 ± 17) μSv . Razlike v skupnih dozah se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi naravnih radionuklidov, kot so K-40, Pb-210, U-238 in Ra-228, dodatno pa še iz vsote porabe živil v posameznih skupinah živil. Drugod po Sloveniji je bila efektivna doza odrasle osebe zaradi ingestije brez K-40 (111 ± 6) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (232 ± 15) μSv . V nadaljevanju obravnavamo doze, izračunane po skupinah živil.

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2017 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 6.9 levo, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40. K skupni efektivni dozi brez upoštevanja K-40 je v okolici NEK največ prispeval Pb-210 (63 %), najmanj pa Sr-90 (1,2 %) in Cs-137 (0,1 %). Drugod po Sloveniji (slika 6.9 desno) je k skupni efektivni dozi brez upoštevanja K-40 ravno tako največ prispeval Pb-210 (48 %), in spet najmanj Sr (0,9 %) in Cs (0,3 %). Deleži radionuklidov so primerljivi z letom 2016.



Slika 6.9: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (μSv), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani glede na anketo porabe člana gospodinjstva, izvedeno v okolici NEK, in glede na podatke SURS drugod po Sloveniji. *Levo:* v okolici NEK v letu 2017; *desno:* drugod po Sloveniji v letu 2017. Doze so bile izračunane za posamezne skupine živil. Skupna efektivna doza zaradi radionuklidov v hrani brez upoštevanja K-40 je bila v okolici NEK v letu 2017 $107 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $111 \mu\text{Sv}$.

Umetni radionuklidi

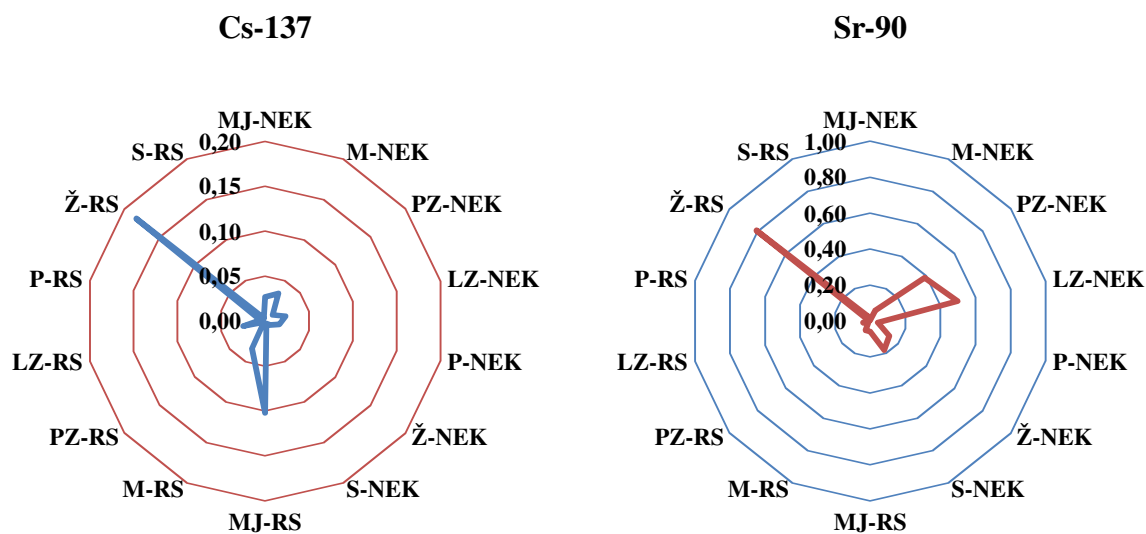
Skupna letna efektivna doza zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila v letu 2017 v okolici NEK $0,12 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $0,4 \mu\text{Sv}$. Skupna efektivna doza zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2017 v okolici NEK $1,3 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $1,0 \mu\text{Sv}$. V okolici NEK je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane $1,3 \%$ ($0,1 \%$ je delež Cs-137 in $1,2 \%$ je delež Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo ($107 \mu\text{Sv}$ brez upoštevanja K-40). Drugod po Sloveniji pa je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane $1,2 \%$ ($0,3 \%$ je delež Cs-137 in $0,9 \%$ je delež Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo ($111 \mu\text{Sv}$ brez upoštevanja K-40), kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani v okolici NEK $1,4 \mu\text{Sv}$ in drugod po Sloveniji $1,4 \mu\text{Sv}$, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti ter mesom in jajci (Cs-137) in žiti (Sr-90) (slika 6.10).

V letu 2017 v zračnih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, Cs-137 in Sr-90 nista bila prisotna. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) je bila vsebnost Cs-137 v letu 2017 $< 0,001 \text{ Bq/kg}$, vsebnosti Sr-90 pa $< 0,1 \text{ Bq/kg}$, kar je primerljivo z vsebnostmi v drugih živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2017 in preteklih letih detektirali tudi naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Nb-95, Zr-95, Ag-110m, Ru-103, Te-125m in I-131, vendar so bile koncentracije aktivnosti teh radionuklidov v okolju tako nizke, da tudi v letu 2017 v živilih ti radionuklidi niso bili detektirani.

Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [55] lahko razberemo, da je prispevek tega izotopa k celotni dozi zaradi uživanja hrane 64-odstoten ali (70 ± 40) μSv na leto. Pri tem pa je treba poudariti, da je največ Po-210 v hranilih morskega izvora. Prispevka Po-210 k efektivni dozi zaradi uživanja živil s krško-brežiškega polja ni mogoče oceniti, saj se le-ta v okviru rednega radiološkega nadzora NEK ne ugotavlja.



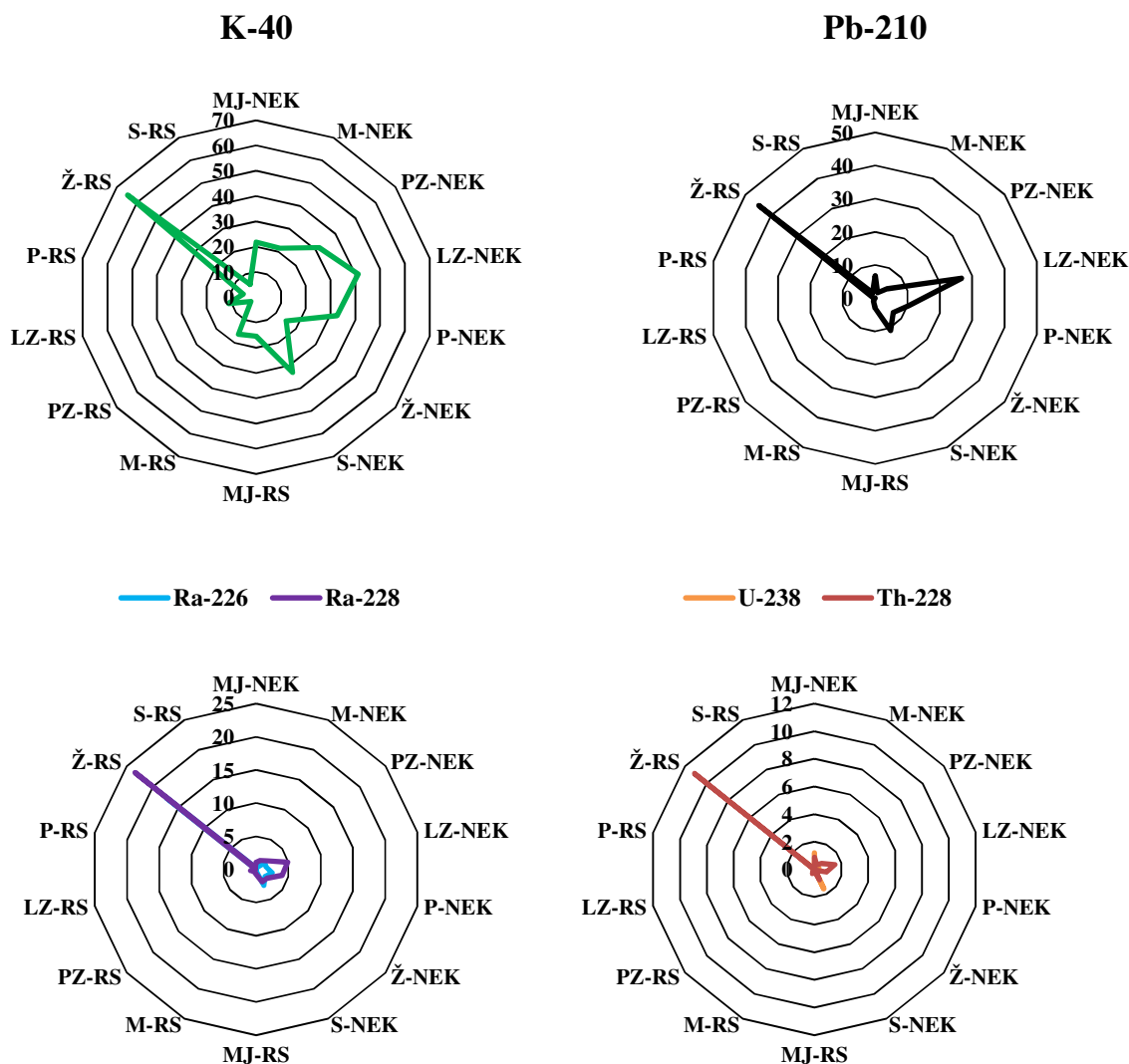
Slika 6.10: Izračunane efektivne doze (μSv) za odraslo osebo zaradi Cs-137 in Sr-90 v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Skupna efektivna doza zaradi Cs-137 in Sr-90 v hrani je bila v okolici NEK v letu 2017 $1,4 \mu\text{Sv}$ ($0,1 \mu\text{Sv}$ Cs, $1,3 \mu\text{Sv}$ Sr), drugod po Sloveniji pa prav tako $1,4 \mu\text{Sv}$ ($0,4 \mu\text{Sv}$ Cs, $1,0 \mu\text{Sv}$ Sr).

Naravni radionuklidi

V splošnem k skupni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov največ prispeva prehranjevanje z žiti in listno zelenjavo (slika 6.11), najmanj pa meso in jajca, mleko in sadje.

Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila v letu 2017 v okolici NEK $197 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $121 \mu\text{Sv}$. Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo preko ledvic. Pri odraslih je vsebnost kalija v telesu $0,18 \%$, pri otrocih pa $0,20 \%$. Ob upoštevanju deleža K-40 glede na K-39 ($0,0117 \%$ naravne izotopske vsebnosti), specifične aktivnosti K-40 ($2,6 \text{ E}+08 \text{ Bq/kg}$) in doznega pretvorbene faktorja $3 \mu\text{Sv}$ na leto na Bq/kg je po podatkih UNSCEAR letna doza, ki jo prejmejo odrasli zaradi K-40 $165 \mu\text{Sv}$, letna doza, ki jo prejmejo otroci, pa $185 \mu\text{Sv}$. K vnosu K-40 v telo je v letu 2017 največ prispevalo prehranjevanje z žiti in listno zelenjavo, najmanj K-40 pa je bilo v mesu in jajcih (slika 6. 11).

Skupna letna efektivna doza zaradi Pb-210 v hrani je bila v letu 2017 v okolici NEK $68 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $52 \mu\text{Sv}$, kar je v okviru stresanja podatkov primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [55] in meritvami iz preteklih let. Prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira (od $6,7 \mu\text{Sv}$ v letu 2010 do $88 \mu\text{Sv}$ v letu 2011). Pb-210 lahko prehaja iz tal v rastline preko koreninskega sistema, vendar se večina zadrži v koreninah in le slabo prehaja v nadzemne dele, sploh pa v semena in plodove ([77], [78]). Vsebnost Pb-210 v nadzemnih delih je tako v večini posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjava in sadje), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je vsebnost tako povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2017 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo uživanje listne zelenjave, drugod po Sloveniji pa uživanje žit (slika 6.11).



Slika 6.11: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228 U-238 in Th-228 (μSv) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2017.

Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2017 v okolici NEK 4 μSv , drugod po Sloveniji pa 2 μSv . K letni dozi, prejeti zaradi U-238, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti in mesom (slika 6.11). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK 11 μSv , drugod po Sloveniji pa 18 μSv , zaradi vsebnosti Ra-228 pa je bila v okolici NEK 18 μSv , drugod po Sloveniji pa 26 μSv . K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.11). Ra-226 in Ra-228 sta bila skoraj v vseh hranilih v okolici NEK nad mejo kvantifikacije, kar je v skladu z radiološkimi nadzornimi meritvami NEK v preteklih letih in primerljivo z vsebnostmi Ra-226 in Ra-228 v hrani drugod po Sloveniji. Efektivna doza zaradi vsebnosti Th-228 v hrani v okolici NEK je bila 5 μSv , drugod po Sloveniji pa 12 μSv , vendar je prispevek Th-228 k skupni efektivni dozi zaradi kratkega razpolovnega časa in izjemno nizkih vsebnosti z biološkega vidika zanemarljiv. K letni dozi, prejeti zaradi Th-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.11).



C-14

V izpustih NEK sta tudi C-14 in tritij, ki se v ekosistemih sicer pojavljata kot naravna radionuklida. Nastajata namreč v zgornjih plasteh atmosfere kot posledica jedrskih reakcij zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z ingestijo predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2017 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize pa so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24]. V letu 2017 v NEK ni bilo remonta. Vzorčevanje jabolk, pšenice, koruze lucerne, repice in trave, je bilo opravljeno v juniju in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja) ocenjena na 15,3 μS , na kontrolni točki v Dobovi, kjer vpliva NEK ni, pa na 15,2 μSv , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. Glavni del ocenjene doze (15,3 μSv) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti, ki sta v razmerju 40 % proti 60 % [72].

Dozi 15,3 μSv in 15,2 μSv sta izračunani glede na podatek, da povprečen prebivalec v Sloveniji porabi 330 kg hrane na leto, kar je več kot predvideva 29. člen *Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [12], kjer se vzame 250 kg, če masa in sestava zaužite hrane za referenčno skupino prebivalstva ni znana. Iz tega izhaja, da je absolutna vrednost doze zaradi ingestije C-14 nižja. Ocena deleža ogljika je tako pri porabi 330 kg 30 %, kar pomeni, da se v organizem zaradi ingestije hrane vnese 100 kg ogljika letno. Omenjeni model tudi predpostavlja, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne okolice NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčevanja, za druge radionuklide pa zaradi različnega načina vzorčevanja to ni mogoče. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi.

SKLEPI

V letu 2017 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčevali od junija do oktobra, odvzem mesa in jajc je bil v januarju, marcu in juliju, mleko pa je bilo vzorčevano mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS.

Ocenili smo, da je bila letna učinkovita doza za odraslo osebo v okolici NEK zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju v letu 2017, brez upoštevanja K-40, 107 μSv , z upoštevanjem K-40 pa 304 μSv . Največji delež k skupni učinkoviti ingestivni dozi, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (99 %), kot so Pb-210 (63 %), Ra-228 (17 %), Ra-226 (10 %), Th-228 (5 %), in U-238 (3 %).

Deleža letnih učinkoviten doz glede na celotno prejeta učinkovito dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,1 % in 1,2 % (1,3 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčujejo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata. Manjšanje vsebnosti Cs-137 je, glede na rezultate meritev specifične aktivnosti v hrani po Sloveniji v prejšnjih letih in glede na podatke iz diplomskega dela [70], manj izrazito v gozdnih ekosistemih.

Največji delež je k celotni dozi 304 μSv , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani in z upoštevanjem K-40, prispevalo prehranjevanje z listno zelenjavo. Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot pri drugih živilih, glede na anketo porabe izvedeno v 2017 v okolici NEK. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 sta bila v letu 2017 meso in listna zelenjava.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2017 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni



letnih efektivnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2017 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1,3-odstoten glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očitien prispevek Pb-210, 68 μSv , ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane efektivne doze v letu 2017 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. Ocena velja tako za umetne in naravne radionuklide, kot tudi za C-14, ki pa se zaradi narave mehanizma zamenjave atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah organizmov obravnava ločeno. Zaradi tega pri obravnavi podatkov o vsebnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v hrani ni treba razlikovati med posameznimi vrstami hrane, saj je razmerje med C-14 in C-12 konstantno pri vseh organizmih in izraža razmerje v atmosferi. Pri oceni letne efektivne doze bi bilo treba upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o deležu samooskrbe prebivalstva v Sloveniji razvidno, da prebivalci večji del hrane kupijo, hrana pa prihaja bodisi z drugih področij Slovenije ali iz uvoza. Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčenje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnost radionuklidov. Podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Kot kažejo rezultati primerjave vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja s tistimi drugod po Sloveniji, vpliva delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani ni zaznati.

V letu 2017 v NEK ni bilo remonta, so pa bile povišane vsebnosti C-14 v zraku v juliju in avgustu, kar se izraža tudi na rastlinju, saj so bile izmerjene aktivnosti večje v septembru kot v juliju. Meritve C-14 so bile v letu 2017 izvedene pri vzorcih jabolk, listja jablan, ječmena, koruze, lucerne, pšenice in repice na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih in krmi kažejo pričakovano rahlo povišanje vsebnosti C-14 v notranjem in zunanem krogu NEK (oddaljenost od osi reaktorja je manjša od 1 km) glede na kontrolno točko v Dobovi, kjer vpliva NEK ni. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije hrane, pridelane izključno na razdalji do 1 km od osi reaktorja, je za 0,1 μSv (0,01 %) večja kot na kontrolni točki v Dobovi. Glavni del ocenjene doze (15,3 μSv ; Dobova) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti. V okviru stresanja vrednosti je primerljiva z meritvami iz prejšnjih let, z biološkega vidika pa je zanemarljiva.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinskih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), vendar njegove prisotnosti v hrani v okviru merilnega nadzora nismo ugotavljali. Študija raziskovalcev iz leta 2017 pa kaže, da se v rastlinju (jabolkah) v neposredni bližini NEK detektirajo vsak 6-krat večje koncentracije aktivnosti tritija glede na kontrolno vzorčevalno mesto.





7 REFERENCE

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2016, interna oznaka 7/2017, Ljubljana, marec 2017
- [2] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2015, interna oznaka 2/2016, Ljubljana, marec 2016
- [3] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2014, interna oznaka 5/2015, Ljubljana, marec 2015
- [4] B. Zorko et al., *Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK*, ISBN 978-961-264-082-8, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, marec 2015
- [5] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2007, Ljubljana, interna oznaka 25/2007, ISSN 1318-2161, marec 2008
- [6] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161, marec 2009
- [7] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, interna oznaka 12/2011, Ljubljana, marec 2011
- [8] Mesečna poročila o radioaktivnih emisijah in dozi, NEK, NEK-RETS, Rev. 8, Table 5.9.1, 2014–2017
- [9] Poročilo o meritvah plinastih efluentov v letu 2017, št. poročila 63/2017, IJS, februar 2018
- [10] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306) in Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-C), Ur. l. RS št. 60/2011 z dne 13. 8. 2011 in (ZVISJV-D), Ur. l. RS št. 74/2015 z dne 17. 10. 2015
- [11] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009
- [12] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [13] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5), Uradni list RS 115 (2003), 15700
- [14] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2017
- [15] Radiološki monitoring v okolici NE Krško za leto 2017, ZVD, LMSAR-98/2018-PJ, februar 2018
- [16] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2017, IJS-DP-12468, januar 2018
- [17] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2017, št. poročila 43/2017, IJS, oktober 2017
- [18] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u vodama (WMT i Sava), uzorkovanje 28. 3. 2013, IRB-ZEF-2013/03, IRB-LNA 20/2013, v2, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 3. 9. 2013, dopolnitve 13. 12. 2013
- [19] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2013, IRB-ZEF-2014/01, IRB-LNA 1/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 17. 2. 2014
- [20] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2014, IRB-ZEF-2015/02, IRB-LNA 6/2015, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 17. 2. 2015



- [21] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u ribama iz rijeke Save, uzorkovanje 20. 6. 2014, IRB-ZEF-2014/03, IRB-LNA 27/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 18. 10. 2014
- [22] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2015, IRB-ZEF-2016/02, IRB-LNA 6/2016, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 8. 2. 2016
- [23] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2016, IRB-LNA 6/2017, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 10. 2. 2017
- [24] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2016. godine, IRB-LNA 7/2017, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 14. 2. 2017
- [25] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2017. godine, IRB-LNA 3/2018, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 19. 2. 2018
- [26] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2017, IRB-LNA 5/2018, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 8. 3. 2018
- [27] Radiation Protection No 152, EU Scientific Seminar 2007, "Emerging Issues on Tritium and Low Energy Beta Emitters", Proceedings of a scientific seminar held in Luxembourg on 13 November 2007
- [28] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)
- [29] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [30] ICRP Publication 124, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Ann. ICRP 43(1), 2014
- [31] ICRP Publication 101a, Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, Ann. ICRP 36 (3), 2006
- [32] IAEA Safety Guide 427, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, Draft safety guide DS427, 2016
- [33] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, Health Physics, 49 (1985), 25–35
- [34] Delavnica z naslovom C-4 u okolišu (C-14 v okolju), organizirana na IJS dne 9. 12. 2015, predavateljice: Ines Kranjac Bronić in Jadranka Barešić
- [35] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472
- [36] Špela Arh Marinčič, KOSTAK, sporočilo po elektronski pošti z dne 5.11. 2012
- [37] Jadranka Ajković, KOP Brežice, elektronsko sporočilo z dne 11. 1. 2013
- [38] T. Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [39] David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005
- [40] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002
- [41] Rozanski K., Gonfiantini R., Araguas – Araguas L., Tritium in the Global Atmosphere: Distribution Patterns and Recent Trends, J. Phys. G, Nucl. Part. Phys., 17 (1991), S523 – S536



- [42] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, A. Leis, M. Demšar, Isotopic composition of precipitation at the station Ljubljana (Reaktor), Slovenia – period 2007–2010, *GEOLOGIJA* 57/2, 217–230, Ljubljana 2014, doi:10.5474/geologija.2014.019
- [43] B. Breznik, M. Božnar, P. Mlakar, G. Tinarelli, Dose projection using dispersion models, 8th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 14–17 October 2002, Sofia, Bulgaria, *Int. J. Environ. Pollut.*, 20 (2004), 278–285
- [44] P. Mlakar, M. Božnar, B. Breznik, A. Kovač, Modelling of air pollutant releases from the Krško Nuclear Power Plant, 4th Regional Meeting Nuclear Energy in Central Europe, Bled, Slovenia, 7–10 September 1997. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 1997, 137–144
- [45] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, Advanced modeling of potential air pollution dispersion around Krško NPP using 3D wind field reconstruction and Lagrangean particle model, International Conference Nuclear Energy for New Europe 2003, 8–11 September 2003, Portorož, Slovenija. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2003, str. 602
- [46] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, G. Tinarelli, Use of Lagrangean particle model for air pollution dispersion for radioactive risk assessment in complex terrain, Sixth Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS) and Sixth European Conference on Applied Climatology (ECAC) : Ljubljana, Slovenia, 4–8 September 2006, (EMS annual meeting abstracts, Volume 3). Ljubljana: European Meteorological Society, Agencija RS za okolje, 2006
- [47] B. Zorko, M. Korun, J. C. M. Canadas, V. Nicoulaud Gouin, P. Chyly, A. M. Blixt Buhr, C. Lager, K. Aquilonius and P. Krajewski, Systematic influences of gamma-ray spectrometry data near the decision treshold for radioactivity measurements in the environment, *Journal of Environmental Radioactivity*, 158–159 (2016) 119–128
- [48] S. Širca, *Verjetnost v fiziki*, DMFA – založništvo, Ljubljana 2016
- [49] European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation. Euratom Off. J. Eur. Union., 2004, pp L2:32
- [50] International Atomic Energy Agency, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, IAEA Safety Reports Series No. 19, Dunaj, 2001
- [51] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [52] S. Stoulos et al., Post-Chernobyl Cs-137 in the atmosphere of Thessaloniki: a consequence of the financial crisis in Greece, *Journal of Environmental Radioactivity*, 128 (2014), 68–74
- [53] Povprečna mesečna koncentracija delcev PM₁₀ v letu 2013, ARSO, januar 2014, http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf
- [54] A. Volčanšek, komunikacija po elektronski pošti dne 3. 4. 2018
- [55] UNITED NATIONS, Sources and effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), YN, New York, 2000
- [56] Implied doses to the population of the EU arising from reported discharges from EU nuclear power stations and reprocessing sites in the years 1997 to 2004, Radiation Protection 153, European Commission, Bruselj, 2008
- [57] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 165–169
- [58] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [59] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003

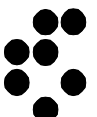


- [60] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF₂: Mn TL-detectors, *Radiat. Protect. Dosim.*, 119 (2006), 300–305
- [61] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, Energy Dependence of New Thermoluminescent Detectors in Terms of Hp(10) Values, *Radiat. Protect. Dosim.*, 106 (2003), 253–256
- [62] Program EXPACS, <http://phits.jaea.go.jp/expacs/>
- [63] M. Lemercier, R. Gurriaran, P. Bouissetand, X. Cagnat, Specific activity to $H^*(10)$ conversion coefficients for In-situ gamma spectrometry, *Radiat. Protect. Dosim.*, 128 (2008), 83–89
- [64] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [65] S. Ehlken, G. Kirchner, Environmental process affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review. *Journal of environmental radioactivity*, 58 (2002), 97–112
- [66] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research*, 94 (1983), 135–150
- [67] M. S. Yim, F. Caron, Life cycle and management of carbon-14 from nuclear power generation, *Prog. Nucl. Energy*, 48 (2006), 2–36, doi: 10.1016/j.pnucene.2005.04.002
- [68] R. Krištof, S. Košenina, B. Zorko, J. Kožar Logar, Tritium in organic matter around Krško Nuclear Power Plant, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 314 (2017), 675–679, doi: 10.1007/s10967-017-5454-0
- [69] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [70] P. Zakrajšek, Vsebnost kovin in radionuklidov v gobah na izbranih področjih v Sloveniji, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, 2014
- [71] XL-STAT software package (Addinsoft, New York, USA), Kemometrija, avtor Jure Zupan, 2009, Založba: Kemijski inštitut in Inštitut Nove revije, zavod za humanistiko
- [72] <https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14>
- [73] Detection of ruthenium 106 in France and in Europe: Results of IRSN's investigations, Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire, November 2017 (http://www.irsn.fr/EN/newsroom/News/Documents/IRSN_Information-Report_Ruthenium-106-in-europe_20171109.pdf)
- [74] ARSO podatki, <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>, 2018
- [75] Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Državna pregledna karta Republike Slovenije DPK250 1:250000 – 2005
- [76] <https://www.r-project.org/>
- [77] H. Yang, P. G. Appleby, *Use of lead-210 as a novel tracer for lead (Pb) sources in plants*, *Sci. Rep.* 2016, 6 (1), 21707 doi: 10.1038/srep21707
- [78] B. Pourrut, M. Shahid, C. Dumat, P. Winterton, E. Pinelli, *Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants*, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 2011, 213, 113–136, doi: 10.1007/978-1-4419-9860-6_4

IJS delovno poročilo
IJS-DP-12498
marec 2018

**MERSKI REZULTATI –
NADZOR RADIOAKTIVNOSTI
V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

POROČILO ZA LETO 2017





Naročnik: NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško

Izvajalci: Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana

Zavod za varstvo pri delu, d. d.
Chengdujska cesta 25, SI-1000 Ljubljana

Institut Ruđer Bošković
Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Pogodbe štev.: Pogodba št. 3152312 (Z-8140401) z dne 29. 12. 2015 (za IJS)
Pogodba št. 3152313 (Z-8140402) z dne 29. 12. 2015 (za ZVD)
Pogodba št. 3132013 (Z-8131026) z dne 27. 12. 2013 (za IRB)

Odgovorni nosilec: dr. Benjamin Zorko

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2017

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila: *Avtorji na IJS:*
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol,
mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar,
dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer,
P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, B. Svetek, inž. kem.
tehnol., dr. M. Štok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik,
dr. B. Zorko

Avtorji na ZVD:
dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek,
dr. G. Omahen, L. Peršin

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešič, dr. D. Barišič, mag. D. Borković, I. Coha, dipl. inž.,
dr. Ž. Grahek, T. Jovanovič, dipl. inž., G. Karanović, dipl. inž.,
T. Kardum, dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušič,
dr. I. Lovrenčić Mikelić, dr. M. Nodilo (do 1. 7. 2017), A. Rajtarić,
dr. A. Sironić, dr. I. Tucaković

Avtorji na MEIS:
dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar

Štev. del. poročila: IJS-DP-12498

Izvedba projekta je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti pri posameznih izvajalcih.



NASLOV POROČILA:

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti
v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2017

IJS-DP-12498

marec 2018

KLJUČNE BESEDE:

nadzor radioaktivnosti, vzorčevanje, meritve sevanja, meritve sevalcev gama in beta, visokoločljivostna spektrometrija gama, spektrometrija beta, zunanje sevanje, radioaktivno onesnaženje, identifikacija radionuklidov, dozimetrija, primerjalne meritve

POVZETEK:

V poročilu so zbrani vsi rezultati meritev radioaktivnosti v okolici NE Krško, ki so jih izvedli IJS, ZVD in IRB v letu 2017. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10 (Ur. l. RS 20/2007, 6. 3. 2007) in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 97/2009, 1. 12. 2009). Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2016–2017 v Republiki Sloveniji, NEK, TS št. TO.RZ, 1/2015, revizija: 0 in dodatno v Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 8, poglavje 3.12, strani 43–62.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2017

IJS-DP-12498

March 2018

KEYWORDS:

radioactivity surveillance, sampling, radioactivity measurements, gamma- and beta-ray emitters activity measurements, high resolution gamma-ray spectrometry, beta spectrometry, external radiation, radioactive contamination, radionuclide identification, dosimetry, exercises, intercomparison measurements

ABSTRACT:

In the report all measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2017 in the environment around Krško NPP are presented. Legal basis for radioactivity monitoring is Rules on the monitoring of radioactivity (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 6. 3. 2007 and Rules amending the rules on radioactivity monitoring, Ur. l. RS 97/2009, 1. 12. 2009. Programme comprises measurements in the environment of NPP (imission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution environmental radioactivity monitoring of Krško NPP (drinking water, air, foodstuff, Sava river, precepitation, soil and external exposure to radiation with dose assessment) for years 2016 and 2017 in Republic of Slovenia, NEK, TS No. TO.RZ, 1/2015, Revision: 0 and additionally in Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 8, chapter 3.12, pages 43–62.



IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)

D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:

dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

Koordinator projekta za IRB - ZIMO: dr. Željko Grahek

Izvajalci na IRB – Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju (IRB–ZIMO–LRE):

dr. D. Barišić, I. Cocha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, T. Jovanović, dipl. inž., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. M. Nodilo (do 1. 7. 2017), dr. I. Tucaković

Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:

dr. J. Barešić, mag. D. Borković, dr. I. Krajcar Bronić, dr. I. Lovrenčić Mikelić, A. Rajtarić, dr. A. Sironić

Izvajalci na IRB – Služba zaštite od zračenja i Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju:

R. Bernat, dr. M. Nodilo (do 1. 7. 2017)

IZVAJALCI EMISIJSKIH MERITEV ZNOTRAJ OGRAJE NE KRŠKO NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO (NEK), KRŠKO

Nosilec projekta za NE Krško: mag. Borut Breznik

Izvajalci v NEK:

M. Simončič, univ. dipl. kem., M. Pavlin, dipl. str., M. Urbanč, D. Mešiček, B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem.

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU DELCEV, MEIS, MALI VRH PRI ŠMARJU

Izvajalci v MEIS:

dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2017

Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 1. 12. 2009.

(i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10)**

Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2016–2017 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 1/2015, revizija: 0 in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 8, poglavje 3.12, strani 43–62.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

(ii) V juliju 2017 se je poleg rednega *Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK* začel izvajati tudi *Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice*. V programu radioloških meritev v okolici NE Krško v letu 2017 je naveden skupni program obeh programov nadzornih meritev, skladno s programom, navedenim v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 8, poglavje 3.12, strani 45–52.

(iii) Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.



PROGRAM RADIOLOŠKIH MERITEV V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2017

1. VODA, REKA SAVA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško – 4 km vzvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4
	2. Nad jezom HE Brežice – 7,2 km nizvodno od NEK *			1-krat na 31 dni	12
	3. Brežice – 7,8 km nizvodno od NEK			1-krat na 31 dni	12
	4. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK			1-krat na 31 dni	12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško	vodni destilat	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	2. Nad jezom HE Brežice *			1-krat na 31 dni	12
	3. Brežice			1-krat na 31 dni	12
	4. Jesenice na Dolenjskem			1-krat na 31 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)	1. Krško	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4
	2. Nad jezom HE Brežice *			1-krat na 92 dni	4
	3. Brežice			1-krat na 31 dni	12
	4. Jesenice na Dolenjskem			1-krat na 92 dni	4

* Meritve iz programa Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice so se začele izvajati julija 2017.



2. REKA SAVA – VODA, SEDIMENTI, VODNA BIOTA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg 2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg 3. Nad jezom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK* 4. Obala pri Jesenicah na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg 5. Podsused (H-3, 2-krat letno)	enkratni vzorci voda + suspendirana snov sedimenti ribe vodni destilat	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4 × 12 (voda) 4 × 8 (sediment) 4 × 8 (ribe) 2 (H-3 v Podsusedu)
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza	2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*	enkratni vzorci voda + suspendirana snov sedimenti vodni destilat	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	2 × 36 (voda) 2 × 24 (sediment)
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza	Nadomestni habitat NH1*	enkratni vzorci voda + suspendirana snov vodni destilat	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	3 × 4
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Akumulacija HE Brežice*	enkratni vzorci voda + suspendirana snov vodni destilat	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2 × 2
C-14	2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121* Akumulacija HE Brežice*	enkratni vzorec, voda + suspendirana snov enkratni vzorec, ribe	1-krat na 92 dni 1-krat na 182 dni	1-krat na 92 dni 1-krat na 182 dni	8 2

* Meritve iz programa Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice so se začele izvajati julija 2017.



3. VODOVODI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško (vodovod)	enkratno vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Brežice (vodovod)				12
	3. Vrtina E1 znotraj ograje NEK				5 × 12 (H-3)
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save VOP-4 (samo H-3)				
	5. Vrtina VOP-1/06 (samo H-3)				
	6. vrtina V-7/77 (samo H-3)				
	7. Vrtina V-12/77 (samo H-3)				

4. ČRPALIŠČA, ZAJETJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Črpališče vod. Krško - Beli breg (Drnovo)	sestavljene vzorci vode	1-krat na dan	1-krat na 31 dni	5 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Črpališče vod. Krško - Brege		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	5 × 12
	3. Zajetje Dolenja vas		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	4. Črpališče vod. Brežice VT1 (novo)				
	5. Črpališče vod. Brežice 481 (staro)				

Pripomba: V Brežicah se vzorčujejo zgolj aktivna črpališča, ki napajajo vodovodno omrežje.



5. PADAVINE IN USEDI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Libna ZR = 1,6 km	sestavljen vzorec, kontinuirano zbiranje 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Brege				3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Dobova				3 × 12

6. USEDI - VAZELINSKE PLOŠČE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	7 vzorčevalnih mest pri črpalkah za jod in sadovnjak ob NEK, 3 skupine lokacij	sestavljeni mesečni vzorec iz 3 skupin lokacij oz. celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	kontinuirano zbiranje vzorca 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12



7. ZRAK

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Meritev I-131 (spektrometrija gama)	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E	kontinuirano črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	6 × 24
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	ostanek na filtru kontinuirno črpanje skozi aerosolni filter	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
Izotopska analiza partikulatov in aerosolov s spektrometrijo gama	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna ZR = 1,3 km, 2B 8. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	kontinuirano črpanje skozi aerosolni filter (menjava filtra glede na zamašitev oziroma na 31 dni)	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	7 × 12
C-14 v CO ₂ v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO ₂ absorbiran na NaOH kot Na ₂ CO ₃	1-krat na 2 meseca		2 × 6



8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Doza z okoljskimi TL-dozimetri v pasu okoli elektrarne	67 merilnih točk v Sloveniji, od tega 57 merilnih točk, razporejenih v krogih v pasu od 1,5–10 km okoli elektrarne, 9 merilnih točk na ograji NEK-a – skupaj 66 merilnih točk v okolici NEK in 1 merilna točka na IJS v Ljubljani; 10 na Hrvaškem	TL-dozimeter, najmanj 2 na merilno mesto	1-krat na pol leta	1-krat na pol leta	134 v Sloveniji
					20 na Hrvaškem
Meritev hitrosti doze sevanja gama	najmanj 10 merilnih mest, ki obkrožajo lokacijo NEK	omrežje z avtomatskim delovanjem		stalna meritev	stalni nadzor

Opomba: NEK izvaja meritve doze z OSL-dozimetri na šestih mestih na ograji objekta.

9. ZEMLJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Amerika, ZR = 3,2 km, poplavno področje, rjava naplavina	enkratni vzorec zemlje iz 4 globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm	1-krat v 6 mesecih	1-krat v 6 mesecih	2 × (3 × 4)
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)	2. Trnje (Kusova Vrbina), ZR = 8,5 km, poplavno področje, borovina				2 × (3 × 4)
	3. Gmajnice (Vihre) ZR = 2,6 km, poplavno področje, rjava naplavina	enkratni vzorci: naplavine, pašnik ali obdelovalna zemlja			


10. HRANA – MLEKO

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Pesje 2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni			3 × 12
I-131, specifična analiza		enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			3 × 8
C-14	Dobova in okolica 15 lokacij okoli NEK (Evrosad in izbrani kraji na polju)	sezonski vzorci raznega sadja, zelenjave ali žit	2-krat na leto (julij in september)	2-krat na leto	okoli 35

11. HRANA – SADJE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: sadovnjak AKK pri NEK, AKK Sremič, sadovnjak Leskovec	enkratni sezonski vzorci raznega sadja:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		jabolka, hruške, ribez, jagode, grozdje			10

12. HRANA – POVRTNINE IN POLJŠČINE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	enkratni sezonski vzorci širokolistnatih povrtnin in poljščin:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj			20



13. HRANA – MESO, PERUTNINA, JAJCA

VRSTA IN OPIS MERITEV	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju:	enkratni vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje				6

PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2017

Program interkomparacijskih meritev, ki ga izvajajo laboratoriji, vključeni v radiološki nadzor za NE Krško, obsega mednarodne ali medsebojne medlaboratorijske primerjave naslednjih vzorcev (vsaj 5 vzorcev letno):

- voda (sevalci gama, H-3, Sr-90),
- zračni filter (sevalci gama),
- zemlja ali sediment (sevalci gama),
- vegetacija ali hrana (sevalci gama),
- mleko (sevalci gama, I-131, Sr-89, Sr-90).

Rezultati vseh interkomparacij in primerjalnih meritev morajo biti vključeni v zbirno letno poročilo. V poročilu mora biti navedeno, kateri laboratoriji so uspešno prestali preskuse in zadoščajo postavljenim merilom. Ustreznost laboratorija se izkazuje s primerjalnim indeksom glede na certificirano vrednost in z ovrednotenjem rezultata (sprejemljivo, sprejemljivo z opozorilom ter nesprejemljivo).



ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno "omogočale izračun" obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki (Uradni list).

1 **VODE** (Sava, vodovod, zajetja, vrtine)

1.1 Koncentracija aktivnosti se navaja v enotah: Bq/m^3

($1 \text{ Bq/m}^3 = 1\text{E}-3 \text{ Bq/kg} = 1\text{E}-3 \text{ Bq/L}$).

približek velja ob predpostavki, da je $1 \text{ dm}^3 \text{ vode} = 1 \text{ L vode} = 1 \text{ kg vode}$).

1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije delcev nad $0,45 \mu\text{m}$.

- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode; izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oz. velikosti delcev nad $6 \mu\text{m}$;
- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

1.3 **H-3** iz vode

Koncentracija aktivnosti tritija v vodi se navaja v enotah Bq/m^3 .

2 **USEDI** (padavine): aktivnost se podaja z dvema podatkom:

- Koncentracija aktivnosti useda na vodoravni prestrežni površini se navaja v enotah Bq/m^2 .
- Koncentracija aktivnosti tekočih padavin se podaja v enotah Bq/m^3 .

3 **HRANA**

Specifična aktivnost mase dejanskega vzorca se navaja v Bq/kg z navedbo masnega deleža (%) suhe snovi v dejanskem vzorcu, kadar se pri meritvah uporablja suha snov; le-to smo ugotavljali s suhim sušenjem na temperaturi od $60 \text{ }^\circ\text{C}$ do $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

4 **BIOLOŠKI VZORCI**

Specifična aktivnost se za sveže ribe navaja v Bq/kg , navede se tudi masni delež (%) suhe snovi v ribi; za mahove, ribjo hrano in drugo se podaja specifična aktivnost mase suhe snovi v Bq/kg z navedbo deleža suhe snovi v vzorcu (%), kadar je to smiselno.

Specifična aktivnost C-14 v biološkem materialu se podaja kot specifična aktivnost C-14 v Bq na kilogram ogljika ali kot relativna specifična aktivnost v pMC (percent of Modern Carbon), $100 \text{ pMC} = 226 \text{ Bq}$ na kilogram ogljika.

5 **ZRAK**

Koncentracija aktivnosti se podaja za aerosole in jod v Bq/m^3 (pri približno normalnih razmerah).

Koncentracija aktivnosti C-14 v atmosferskem zraku se navaja kot relativna specifična aktivnost C-14 v pMC ali kot koncentracija aktivnosti C-14 v zraku v Bq/m^3 ob predpostavki, da je koncentracija CO_2 v zraku $384 \mu\text{g/g}$, $100 \text{ pMC} = 46 \text{ E}-3 \text{ Bq/m}^3$.

6 **ZEMLJA**

Specifična aktivnost zračno suhe zemlje se podaja v Bq/kg (sušenje pri sobni temperaturi) in v Bq/m^2 .

7 **ZUNANJE SEVANJE**

Doza zaradi zunanjega obsevanja se podaja z okoljskim doznim ekvivalentom $H^*(10)$ v Sv.



TABELA RADIONUKLIDOV

Seznam imen radioaktivnih izotopov, ki jih omenja poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK ter njihovih simbolov in razpolovnih časov. Podatki o razpolovnih časih so vzeti iz E. Browne, R. B. Firestone, Table of Radioactive isotopes, John Wiley and Sons, 1986.

Element	Simbol izotopa ali izomera	Razpolovni čas
tritij	H-3	12,33 let
berilij	Be-7	53,29 dni
ogljik	C-14	5 730 let
natrij	Na-22	2,602 let
natrij	Na-24	14,66 ur
kalij	K-40	1,277 10 ⁹ let
argon	Ar-41	1,827 ure
krom	Cr-51	27,70 dni
mangan	Mn-54	312,2 dni
železo	Fe-55	2,73 let
kobalt	Co-57	271,77 dni
kobalt	Co-58	70,916 dni
železo	Fe-59	44,47 dni
kobalt	Co-60	5,271 let
cink	Zn-65	244,1 dni
stroncij	Sr-89	50,55 dni
stroncij	Sr-90	28,5 let
itrij	Y-90	2,671 dni
cirkonij	Zr-95	64,02 dni
niobij	Nb-95	34,97 dni
niobij	Nb-97	1,202 ure
molibden	Mo-99	2,748 dni
rutenij	Ru-103	39,254 dni
rutenij	Ru-106	1,020 leto
srebro	Ag-110m	249,76 dni
kositer	Sn-113	115,09 dni
kositer	Sn-117m	13,61 dni
telur	Te-123m	119,7 dni
antimon	Sb-124	60,20 dni
antimon	Sb-125	2,73 let
telur	Te-125m	57,4 dni
jod	I-125	60,14 dni
telur	Te-127m	109 dni
telur	Te-129m	33,6 dni
jod	I-131	8,040 dni
ksenon	Xe-131 m	11,9 dni
telur	Te-132	2,36 dni
ksenon	Xe-133	2,19 dni
jod	I-133	20,8 ur
cezij	Cs-134	2,062 let
ksenon	Xe-135	9,104 dni
cezij	Cs-137	30,0 let
barij	Ba-140	12,746 dni
lantani	La-140	1,678 dni
cer	Ce-141	32,50 dni
cer	Ce-144	284,9 dni
živo srebro	Hg-203	46,60 dni
svinec	Pb-210	22,3 let
radon	Rn-222	3,835 dni
radij	Ra-226	1 600 let
radij	Ra-228	5,75 let
torij	Th-228	1,913 let
uran	U-238	4,468 10 ⁹ let



MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo ugotavljanje njihove izotopske sestave. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, ko je izotopska sestava dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti merjenje množine radioaktivnih snovi, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja, morajo biti manjše od aktivnosti, ki povzroči tridesetino avtorizirane dozne meje za posamezne radionuklide.

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora ustrezati podatkom o emisiji in mora vsebovati najbolj radiotoksične izotope. Navadno se vzorci iz okolja merijo s spektrometri gama, kjer se aktivnosti posameznih radionuklidov določi iz energije in intenzitete vrhov v spektru. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se merijo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemični separaciji merijo aktivnosti tritija in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne pa se radiokemična separacija uporablja še za določanje C-14 in Fe-55.

Pri izvedbi meritev sodeluje več institucij, vsaka institucija izvaja meritve po svojih merskih metodah in postopkih. V nadaljevanju poglavja so opisane merske metode, ki jih uporabljajo posamezni izvajalci pri meritvah.

INSTITUT "JOŽEF STEFAN"

Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), Laboratorij za meritve radioaktivnosti, je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od 5 keV do 3 000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med $0,005 \text{ s}^{-1}$ in $50\,000 \text{ s}^{-1}$.

Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo.

Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je od julija 2005 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za meritve doz $H_p(10)$, $H^*(10)$, kerme v zraku in $H_p(0,07)$ s termoluminiscenčnimi dozimetri TLD-400 (CaF₂:Mn) za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji v energijskem območju od 40 keV do 1,2 MeV in v območju doz od $7,5 \mu\text{Sv}$ do 5 Sv.

Celovito poročilo o vseh meritvah, opravljenih v okviru pogodbe 3152312 z dne 29. 12. 2015 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 3/2018. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, en izvod pa arhivirali na IJS. V tem poročilu se ob posameznih rezultatih ne podajata niti znak akreditacije niti besedilo, da je rezultat dobljen v okviru akreditirane metode.



Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je za meritve stroncija, tritija in C-14 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) od junija 2009 dalje pod zaporedno številko LP 090. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru.

Specifično aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifično aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov v prinesenih vzorcih se izražajo v Bq/kg ali Bq/g.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen H-3, Sr-89, Sr-90) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo merilom, ki so navedena v [i]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v [ii]. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LNE-LNHB. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrice vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom [iii] in postopkom [iv]. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih razmerah, je 5 %.

ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO

Medij	ZRAK	ZEMLJA	SEDIMENT	VODA	RIBE	GOMOLJ-NICE	MESO	SADJE	SOLATA	MLEKO
Enota	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Količina vzorca (*)	10 000 m ³	0,5 kg	0,1 kg	0,05 m ³	0,5 kg	2 kg	1 kg	2 kg	4 kg	4 kg
Be-7	2,0 E-5	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-2
Na-22	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Cr-51	1,0 E-5	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	8,0 E-2	3,0 E-2
Mn-54	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Co-57	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-2	4,0 E-2	6,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-3
Co-58	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Fe-59	2,0 E-7	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Co-60	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3	8,0 E-3
Zn-65	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	6,0 E-2	1,0 E-1	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Zr-95	2,0 E-6	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Nb-95	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,1 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-103	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-106	1,0 E-6	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2
Sb-124	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-2	3,5 E-2	1,0 E-1	3,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3
Sb-125	1,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2
I-131	4,0 E-5	1,0 E-0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2
Cs-134	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Cs-137	8,0 E-5	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Ba-140	5,4 E-5	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2
Pb-210	2,0 E-5			1,0 E+1	2,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	0,5 E-1	5,0 E-2
Ra-226				2,0 E+0	5,0 E-1	5,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2
Ra-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	4,0 E-2	3,0 E-2
Th-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2
U-238				3,0 E+0	3,0 E-1	5,0 E-1	1,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E-0	1,0 E-1

(*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji, sedimentih in algah, kjer velja za suhi vzorec.

(**) Zbiranje I-131 se opravlja s posebnimi filtri, opremljenimi z aerosolnim filtrom in filtrom iz aktivnega oglja, impregniranega s TEDA pri prečrpanem volumnu 1 000 m³.



Komentar:

Tabelirane spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % dosegamo:

- z detektorji (spektrometri), ki ustrezajo pogojem, navedenim v [i];
- z vzorci iz navadnega nekontaminiranega materiala; velike koncentracije posameznih radionuklidov dvignejo (poslabšajo) detekcijsko mejo za radionuklide, katerih karakteristične črte ležijo v območju Comptonskega praga intenzivnih črt v odvisnosti od vrste detektorja;
- ob predpostavki, da je čas zakasnitve t_n med časom vzorčevanja (postavljenim v sredo vzorčevalnega intervala) in časom meritve pri zraku 15 dni, pri vodi 30 dni in pri drugih vzorcih 60 dni. Kadar je dejanska zakasnitev t_d različna od navedene nominalne t_n , potem se spodnja detekcijska meja dobi, če se tabelirana vrednost pomnoži s faktorjem

$$e^{-0,692 \frac{(t_n - t_d)}{T_{1/2}}}$$

kjer je $T_{1/2}$ razpolovna doba opazovanega radionuklida.

Reference:

- [i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, Uradni list RS 20 (2007) 2509
- [ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja izdaja 12 (feb. 2012) in izdaja 13 (okt. 2016), IJS, Ljubljana
- [iii] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), JCGM 100:2008
- [iv] *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 03, mar. 2013, IJS, Ljubljana

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [v, vi]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Kot plin smo uporabili mešanico 90 % Ar in 10 % CH₄. Izkoristek proporcionalnega števca FHT 770 T-6, Eberline, za izbrane radionuklide ugotavljamo s kalibracijskimi certificiranimi standardi Eckert&Ziegler Analytics.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-90/Sr-89 ter po vzpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-90/Sr-89; iz meritve Y-90 pa najprej izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato še aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) [vi] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [vii], izračun merilne negotovosti je opisan v [vi].

Reference:

- [v] B. Vokal, Š. Fedina, J. Burger, I. Kobal, *Ten year Sr-90 survey at the Krško Nuclear Power Plant*, *Annali di Chimica*, 88 (1998), 731
- [vi] *Določanje stroncija z beta štetjem*, SDN-O2-STC(01), 8. izdaja, dec. 2015 in 9. izdaja, feb. 2017
- [vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 4. izdaja, jan. 2016



c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2)

Tritij določamo v desorbirani vodi iz adsorbentov in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v [viii]–[x]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvzamemo alikvot in dodamo koktajl ULTIMA GOLD LLT. Aktivnost tritija merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard) ali Quantulus 1220. Izkoristek števca za H-3 ugotavljamo s kalibracijskim certificiranim standardom proizvajalca NIST.

Reference:

- [viii] *Določanje tritija s tekočinskimi scintilacijskimi štetjem*, SDN-O2-STC(02), 7. izdaja, dec. 2015 in 8. izdaja, feb. 2017
- [ix] *Navodilo za uporabo tekočinske scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 4. izdaja, feb. 2016 in 8. izdaja, feb. 2017
- [x] *Navodilo za uporabo tekočinske scintilacijskega števca Quantulus 1220*, DP-O2-STC(04), 1. izdaja, mar. 2016

č) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinskoscintilacijskim štetjem.

Vzorce destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjence, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06*, *LSC-DN-07* in *LSC-DN-08*. Za kalibracijo števca in pripravo krivulje dušenja uporabljamo certificiran NIST-ov standard, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

Reference:

- [xi] *Umeritvene krivulje za tekočinski scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 02 (jul. 2014), IJS, Ljubljana
- [xii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 05 (avg. 2014), IJS, Ljubljana
- [xiii] *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 05 (jul. 2014) in izdaja 06 (dec. 2017), IJS, Ljubljana
- [xiv] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus (LSC-DN-08)*, izdaja 00 (maj 2014)

d) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14 (Odsek O-2)

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xv – xviii]. Raztopljeni $^{14}\text{CO}_2$ oborimo z BaCl_2 iz bazične raztopine. Uprašeni oborini BaCO_3 dodamo scintilacijski koktajl Instagel in destilirano vodo. Aktivnost C-14 merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard) ali Quantulus 1220. Izkoristek števca za C-14 določamo s certificiranim kalibracijskim standardom proizvajalca Eckert&Ziegler Analytics.

Reference:

- [xv] Woo H. J., Chun S. K., Cho S. Y., Kim Y. S., Kang D. W., Kim E. H., *Optimization of liquid scintillation counting techniques for the determination of carbon-14 in environmental samples*, Radionucl. Cem., 239 (1999) 3, 649–655
- [xvi] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 8. izdaja, dec. 2015 in 9. izdaja, feb. 2017



- [xvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL, D-O2-STC(02)*, 4. izdaja, feb. 2016 in 5. izdaja, nov. 2017
- [xviii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca Quantulus 1220, DP-O2-STC(04)*, 1. izdaja, mar. 2016

e) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA (Odsek F-2)

Sistem za termoluminiscenčno (TL) dozimetrijo sestavljajo računalniško kontroliran merilni sistem MR 200 C, veliko število dozimetrov in pečica za brisanje dozimetrov. Sistem omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Za okoljske dozimetre uporabljamo dozimetre tipa TLD-IJS-05 (iz CaF₂:Mn) z odličnimi odzivnimi lastnostmi, saj lahko merimo zelo nizke doze (pod 20 µSv).

Meritve zunanje doze so bile opravljene po postopku, opisanem v *TLD-DN-02* [xxi]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v delovnih poročilih IJS [xix, xx].

Reference:

- [xix] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066, IJS-DP-10126*, feb. 2009
- [xx] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387, IJS-DP-11217*, jan. 2013
- [xxi] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 10 (dec. 2016) in izdaja 11 (mar. 2017), IJS, Ljubljana

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Institut Ruđer Bošković, *Laboratorij za radioekologijo* je novembra 2008 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Metodi določanja tritija in Sr-89/Sr-90 sta akreditirani pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) od konca leta 2009 dalje.

Referenca:

- [xxii] *Priručnik sistema upravljanja kvaliteto PK (izdaja 11)*, Institut Ruđer Bošković, 2016

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Spektre gama merimo z germanijevimi detektorji, in sicer:

- z germanijevim detektorjem BE3830 z ločljivostjo 0,38 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,55 keV pri 59,5 keV (Am-241), 0,69 keV pri 122 keV (Co-57) in 2,05 keV pri 1 332,5 keV (Co-60);
- z germanijevim detektorjem BE5030P z ločljivostjo 0,334 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,568 keV pri 122 keV (Co-57) in 1,748 keV pri 1 332,5 keV (Co-60);
- z germanijevim detektorjem GR2520 z izkoristkom 25 % glede na izkoristek detektorja z natrijevim jodidom; germanijev detektor ima ločljivost 0,8 keV pri 122 keV in 1,81 keV pri 1 332,5 keV.



Germanijevi detektorji so povezani z računalnikom s programsko opremo GENIE 2000. Ta programska oprema se uporablja za analizo izmerjenih spektrov skladno s postopki, opisanimi v PS 5.4/1 [xxiii]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranimi standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodlih PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1 [xxiv] ali matematično z uporabo programske opreme ISOX/LABSOCS. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu s postopkom PS 5.4/7 [xxv] in PS 5.4/1 [xxiii].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost, ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce opisana v PS 5.4/1, izdaja (11), in RU 5.4/1-1, izdaja (13).

ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE (MDA) ZA SPEKTROMETRIJO GAMA ZA DVA DETEKTORJA*

Detektor	BE3830			GR2520		
	RIBE	VODA	SEDIMENT	RIBE	VODA	SEDIMENT
Medij						
Enota	kg	m ³	kg	kg	m ³	kg
Količina vzorca (**)	0,4	0,05	0,175	0,4	0,05	0,175
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg
Be-7	0,20	0,40	0,4	0,24	0,41	0,50
K-40	1,50	2,92	2,7	9,61	18,8	19,3
Mn-54	0,008	0,01	0,017	0,06	0,12	0,13
Co-58	0,02	0,02	0,04	0,04	0,08	0,09
Co-60	0,04	0,07	0,06	0,05	0,08	0,09
Zn-65	0,02	0,02	0,04	0,10	0,19	0,19
Ru-103	0,004	0,005	0,01	0,05	0,09	0,11
Sb-124	0,03	0,04	0,06	0,15	0,28	0,30
Sb-125	0,01	0,01	0,03	0,10	0,16	0,20
I-131	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
Cs-134	0,04	0,04	0,08	0,03	0,05	0,05
Cs-137	0,02	0,04	0,05	0,01	0,02	0,24
Bi-214	0, 11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
Ra-228	0, 20	0,07	0,6	1,00	1,80	2,02
Ra-226	0,11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
U-238	1,40	2,30	2,8	5,91	10,4	9,74
Am-241	0,002	2,30	0,008	0,06	0,06	0,01

* Spodnje meje detekcije se lahko spreminjajo v odvisnosti od razmer pri meritvah (števeni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.).

Reference:

- [xxiii] SUK PS 5.4/1 (izdaja 11), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2016
 [xxiv] SUK RU 5.4/1-1 (izdaja 13) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2016
 [xxv] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xxvi, xxvii]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Amberlite CG-400 in raztopino 0,25 M HNO₃ v metanolu [xxviii]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri s proporcionalnim števcem s silicijevim detektorjem i-Matic, Canberra.



V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija in izolacija itrija. Iz prve meritve na SrCO₃ izmerimo aktivnost obeh, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 pa določimo aktivnost Sr-90.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xxvix] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xxx], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/2 in PS 5.4/7 [xxix, xxv].

Reference:

- [xxvi] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xxvii] Grahek Ž., Košutić K., Rožmarić - Mačefat M., Strontium isolation from natural samples with Sr resin and subsequent determination of Sr-90. Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry, 268 (2006), 179–190
- [xxviii] Grahek Ž. et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, Journal Radioanal. Nucl. Chem., 242 (1999), 33–40
- [xxix] SUK PS 5.4/2 (izdaja 08), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxx] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 12), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, 2017

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xxxi–xxxv]. Vzorec vode se predestilira z dodatkom KMnO₄. 250 mL destilirane vode se elektrolitsko obogati. Koncentracijo H-3 določamo tako, da merimo 7 mL vodne raztopine, ki smo ji dodali 13 mL scintilatorja (ULTIMA GOLD) v polietilenski plastični posodici volumna 20 mL (Low diffusion plastic vial), na scintilacijskem števcu Liquid scintillation Analyser TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Ozadje je nižje od 3 sunkov na minuto. Izkoristek določamo z uporabo certificiranih "quench" standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

- [xxxi] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011
- [xxxii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xxxiii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013
- [xxxiv] SUK PS 5.4/3 (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxxv] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 10), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2016

č) DOLOČANJE Fe-55

Fe-55 se določa z izolacijo Fe-55 na koloni, napolnjeni s smolo TRU. Podrobnosti so opisane v sistemskem postopku PS 5.4/4 in delovnem navodilu RU 5.4/4-1 [xxxvi, xxxvii]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri s spektrometrom Liquid Scintillation Spectrometra TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Aktivnost se izračuna iz dobljenega neto števila sunkov in izkoristka, ki se določi iz spektralnega indeksa iz "quench-krivulje" ter izkoristka izolacije, dobljenega z merjenjem koncentracije Fe z AAS Perkin Elmer AAnalyst 400. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, RU 5.4/4-1 ter v referencah [xxxviii, xxxix].

Reference:

- [xxxvi] SUK PS 5.4/4 (izdaja 08), Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxxvii] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 11), Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, 2016



- [xxxviii] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Extraction chromatographic separation of iron from complex liquid samples and the determination of Fe-55, *Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, 267 (2006) 1, 131–137
- [xxxix] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of ^{55}Fe and $^{89,90}\text{Sr}$ in liquid radioactive waste, *Analytica Chimica Acta*, 511 (2004), 339–348

d) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Meritve zunanje doze na 10 lokacijah na Hrvaškem so opravljene s termoluminiscenčnimi (TLD) in radiofotoluminiscenčnimi (RPL) dozimetri. Rezultati so obdelani skladno s postopkom *PS 5.4/1 Mjerenje doze u okolini TLD i RPL dozimetrima*.

Vsi dozimetri TL in RPL so kalibrirani v laboratoriju za sekundarne dozimetrične standarde (SSDL) na Institutu Ruđer Bošković. Laboratorij je opremljen skladno s priporočili mednarodne agencije za atomsko energijo MAAE in ima opremo za vzdrževanje sledljivosti dozimetričnih veličin v skladu z mednarodnimi standardi.

Za kalibracijo se uporablja oprema Hopewell Designs, Inc., ZDA in vir Cs-137 (serijska št. 1234, februarja 2004 je bila aktivnost vira 740 GBq). Hitrost doze v polju kalibracijskega vira Cs-137 je določena z referenčno ionizacijsko celico LS-01 (PTW 32002) in/ali LS – 10 (PTW 32003), ki sta bili umerjeni maja 2017 v dozimetričnem laboratoriju MAAE z meroslovno sledljivostjo k BIPM. Hitrost doze je izmerjena v enotah kerma v zraku ter preračunana v enote $H^*(10)$ v skladu s standardom ISO 4037. Umerjanje se izvaja skladno s standardom *IAEA SRS 16:2000, Calibration method 4*.

e) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti, Zavod za eksperimentalnu fiziku, IRB*.

Ogljik C-14 v biološkem materialu

Biološki vzorci se sušijo v sušilniku pri 100 °C, nato se karbonizirajo 15 min pri temperaturi 600 °C v peči brez prisotnosti zraka. Karbonizirani vzorci se žgejo v toku prečiščenega kisika v posebni, predhodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO_2 iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [xxxviii–xli]. Masa absorbiranega CO_2 se določa s tehtanjem steklenice, v kateri se absorbira zmes, pred postopkom absorpcije in po njem. Postopek absorpcije se za vsak vzorec in pripadajoče standarde dvakrat ponovi. Aktivnost C-14 se meri v tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220, Ultra Low Level Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer). Števec je umerjen s certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer. Najnižja aktivnost ^{14}C , ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO_2 , je 2,5 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 3,5 pMC za posamezno meritev oziroma 2,5 pMC za dve ponovitvi.

Ogljik C-14 v atmosferskem CO_2

Atmosferski CO_2 se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm², kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na_2CO_3 , ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO_2 se uporabi za pripravo benzena [xl–xliii]. Meritve se izvajajo v tekočinskoscintilacijskem števcu (LSC) Quantulus 1220. Vzorci benzena z maso 4 g se merijo v steklenih ampulah z volumnom 7 mL. Za vse meritve C-14 se



uporablja standardni referenčni material Oxalic Acid II, NIST SRM-4990C. Pred vsako posamezno meritvijo aktivnosti ^{14}C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost ^{14}C , ki jo lahko določimo v vzorcih benzena, je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.

Reference:

- [xl] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ^{14}C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [xli] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka u obliku benzena u tekućinskom scintilacijskom brojaču. U: V. Garaj - Vrhovac, N. Kopjar, S. Miljanić, ur. Zbornik radova Šestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 18.–20. travnja 2005; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2005, 158–163
- [xlii] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije CO_2 . U: I. Krajcar Bronić, S. Miljanić, B. Obelić, ur. Zbornik radova Petog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 9.–11. travnja 2003; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2003, 267–272
- [xliii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU

Zavod za varstvo pri delu, *Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov* je marca 2004 pridobil akreditacijo za izvajanje visokoločljivostne spektrometrije gama v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025 pod zaporedno številko LP-032. Akreditacija zajema meritve vzorcev zemlje, sedimentov, zraka, padavin ter živil živalskega in rastlinskega porekla. Metoda ugotavljanja stroncija je akreditirana od februarja 2009 dalje pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-032.

Celovito poročilo z oznako LMSAR-98/2018-PJ o vseh meritvah, opravljenih na ZVD v okviru pogodbe št. 3152313 z dne 29. 12. 2015 in napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, po en izvod pa arhivirali na ZVD in IJS.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Omenjena metoda je v laboratoriju LMSAR podrobno opisana v dokumentu DP-LMSAR-09, in sicer v petih sklopih: energijska kalibracija, izkoristek detektorja, izračun lokacije in ploščine vrha, identifikacija radionuklida ter izračun specifične aktivnosti in merilne negotovosti rezultata. Vse našteje korake izvajamo s programsko opremo GENIE 2000, katere algoritmi so opisani v knjigi GENIE 2000 – Customization Tools Manual. Opora temu programskemu paketu pa so naslednji mednarodni standardi:

- IEC-1452: Nuclear instrumentation - Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers
- IEC-973: Test procedures for germanium gamma-ray detectors
- IEC-759: Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers
- IEC-61976: Nuclear instrumentation-Spectrometry - Characterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry
- ISO-11929-3: Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements



Sledljivost rezultatov dosegamo s kalibracijskimi standardi specifičnih geometrij in matrik, ki so podobne vzorcem, ki jih merimo za naše naročnike. Te standarde naročamo pri organizacijah, ki so akreditirane za pripravo teh standardov (npr. Eckert Ziegler Analytics iz ZDA in AEA Technology QSA GmbH iz Nemčije).

Vse sistematske vplive, kot so razlike v gostoti vzorcev, parametrov, ki vplivajo na atenuacijo gama sevanja v matriki in odmike od geometrije vzorca glede na standardne vzorce, izračunavamo z validirano programsko opremo Canberra, ki je navedena v dokumentu: Model S573/S574 ISOCS/LabSOCS, Validation & Verification Manual.

ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO (*)

Medij	BIOLOŠKI VZORCI	ZEMLJA	VODA	SEDIMENT	ZRAK
Enota	kg	kg	m ³	kg	m ³
Količina vzorca (**)	3	0,15	0,1	0,05	10 000
Radionuklid	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/m ³
K-40	0,2	4,7	4,7	5,8	4,0 E-05
Mn-54	0,03	0,7	0,9	0,8	6,0 E-06
Co-57	0,01	0,4	0,3	0,8	2,0 E-06
Co-58	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Co-60	0,03	0,7	0,7	0,8	6,0 E-06
Zn-65	0,06	1,5	2,0	1,8	1,0 E-05
Ru-103	0,10	0,9	1,6	1,0	7,0 E-06
Sb-124	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Sb-125	0,06	1,7	1,8	2,0	1,0 E-05
I-131	0,20	5,0	1,5	6,0	4,0 E-05
Cs-134	0,03	0,6	0,7	0,8	5,0 E-06
Cs-137	0,03	0,7	0,7	0,8	5,0 E-06
Pb-210	0,20	8,0	3,3	8,0	4,0 E-05
Ra-228	0,07	2,0	2,0	2,0	2,0 E-05
Th-228	0,06	2,0	1,2	2,0	1,0 E-05
Ra-226	0,5	4,0	2,0	4,0	8,0 E-06
U-238	0,1	4,0	3,0	4,0	2,0 E-05
Am-241	0,0	1,0	0,7	1,0	5,0 E-06

(*) Tabelirane spodnje detekcijske meje so podane z intervalom zaupanja 68 %.

(**) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji in sedimentih, kjer velja za suhi vzorec.

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-89/Sr-90 IN I-131

Natančen opis metod določitve Sr-89/90 v različnih vzorcih in določitve I-131 v mleku, kakor tudi vzorčenje in priprava vzorcev so predstavljeni v naslednjih internih delovnih postopkih:

- Vzorčenje, pakiranje, pošiljanje vzorcev iz biosfere, hrane in drugih bioloških vzorcev (DP-LMSAR-02)
- Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemično analizo (DP-LMSAR-03)
- Opis metode za določitev aktivnosti Sr-89/90 v vzorcih iz okolja (DP-LMSAR-4.01)
- Kemijska obdelava vzorcev in merjenje aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.02)
- Izračun specifične aktivnosti Sr-89/90 in merilna negotovost (DP-LMSAR-4.03)
- Zagotavljanje kakovosti meritev aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.04)
- Določitev specifične aktivnosti I-131 v mleku (DP-LMSAR-16)
- Kalibracija beta števca za določitev specifične aktivnosti I-131 (DP-LMSAR-18)

Sledljivost rezultatov je dosežena z redno kalibracijo instrumentov BERTHOLD LB770 in PROTEAN INSTRUMENTS CORPORATION MDS MPC-9604 s standardnimi raztopinami proizvajalca Amersham, QSA Global ali PTB. Postopek kalibracije je opisan v delovnih postopkih DP-LMSAR-4.03 in DP-LMSAR-18.



TABELARIČNI ZAPISI MERITEV

Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) določa zasnovo programa nadzora radioaktivnosti, načina in obsega nadzora radioaktivnosti okolja ter obratovalnega nadzora radioaktivnosti, vrste meritev ter metode vzorčevanja in merjenja radioaktivnosti, kakovost merilne opreme radioaktivnosti, način rednega obveščanja javnosti o rezultatih merjenja radioaktivnosti ter obseg in način priprave in sprejema programov izvajanja nadzora radioaktivnosti. Program nadzora radioaktivnosti je določen v skladu z Direktivo Sveta 96/29/EURATOM z dne 13. maja 1996 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo zdravja delavcev in prebivalstva pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja (Ur. l., št. 159, z dne 29. 6. 1996, str. 1), Priporočilom komisije 2000/473/EURATOM z dne 8. junija 2000 o uporabi členov 35 in 36 Pogodbe Euratom o nadzoru stopnje radioaktivnosti v okolju za namene ocenjevanja izpostavljenosti prebivalstva kot celote (Ur. l. št. 191, z dne 27. 7. 2000, str. 37) in Priporočilom komisije 2004/2/EURATOM z dne 18. decembra 2003 o standardiziranih podatkih o atmosferskih in tekočinskih radioaktivnih izpustih v okolje iz reaktorjev jedrskih elektrarn in obratov za predelavo med normalnim obratovanjem (Ur. l. št. 2, z dne 6. 1. 2004, str. 36).

V Priporočilu komisije 2004/2/EURATOM se kot vodilo za poročanje merskih izidov omenja standard *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation - Fundamentals and application* (ISO 11929:2010). Pri tem je posebna pozornost namenjena poročanju merskih rezultatov v bližini meje detekcije oziroma meje kvantifikacije.

Poleg omenjenih priporočil komisije se s poročanjem in ocenjevanjem izpostavitve prebivalcev notranjemu in zunanemu ionizirajočemu sevanju ter negotovosti ukvarja skupina MODARIA pod pokroviteljstvom MAAE (IAEA). Delovna skupina *Working Group (WG) 5 - Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of radionuclides*, katere člani so tudi sodelavci Odseka F2, se posebej ukvarja z oceno negotovosti doze ionizirajočega sevanja pri nadzoru radioaktivnosti. Delo je bilo končano s skupno objavo v znanstveni reviji (B. Zorko, M. Korun, J. C. M. Canadas, V. Nicoulaud Gouin, P. Chyly, A. M. Blixt Buhr, C. Lager, K. Aquilonius and P. Krajewski, *Systematic influences of gamma-ray spectrometry data near the decision threshold for radioactivity measurements in the environment*, Journal of Environmental Radioactivity, 158–159 (2016), 119–128).

Izmerki v tabelah in posredno v preglednicah so zapisani po naslednjih pravilih:

1. Specifične aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.
Specifične aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.
2. Pri IJS so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot neposredni merski rezultati, $y \pm u(y)$, pri čemer je $u(y)$ združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$).
Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.
Pri radiokemičnih meritvah vsebuje merska negotovost statistično negotovost meritve (negotovost tipa A) in druge ocenjene negotovosti tipa A in B, ki sledijo iz postopka in so bolj ali manj za določen postopek stalne. Negotovost tipa A ovrednotimo s statističnimi metodami, medtem ko negotovosti tipa B ovrednotimo s kritično presojo podatkov.
Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (2008).
3. Pri IRB so primarni rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot $y \pm U(y)$, kjer je $U(y) = k \cdot u(y)$ razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$. Če je



$U(y) \geq 0,9$ y, se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in rezultat meritve ni zapisan v tabeli. Na isti način so poročani tudi rezultati meritev Sr-90 in H-3. Ta način poročanja o rezultatih se nanaša na nizke aktivnosti, ki se določajo v bližini meje kvantifikacije (< 5 Bq/kg za Cs-137).

4. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo o neposrednem merskem rezultatu, ki ga označimo z znakom "‡", pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije; v prejšnjih poročilih se je vrednost izmerka prištela k razširjeni negotovosti ($k = 2$), rezultat pa smo označili kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti.
5. V tabele ne pišemo spodnjih **detekcijskih mej**, ki so ocenjene iz velikosti ozadja, verjetnosti za detekcijo in količine vzorca.

O spodnji meji aktivnosti se zaradi visoke detekcijske meje poroča za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomemben pri oceni doz. Skladno s standardom *Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements - Part 7: Fundamentals and general applications (ISO 11929-7:2005)* se številčna vrednost spodnje meje aktivnosti pri danih razmerah pri meritvi nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo.

Kadar se poroča o meji detekcije (največkrat pri Pb-210, H-3, Sr-90 itd.), se na podlagi priporočila Evropske komisije (*European Commission recommendation on standardized in formation on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; str. L2:32; odstavka 6 in 7) v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Te vrednosti ne podajamo s pripadajočo negotovostjo, v tabelah pa so označene z znakom "†". Zaradi tega tudi negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajamo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo (tj. upoštevamo stresanje vrednosti). Takšni zapisi so v tabelah označeni z "x". Na ta način smo poenotili tudi merske izide vseh sodelujočih organizacij in odsekov: IJS-F2, IJS-O2, IRB in ZVD.

Pri drugih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele ne pišemo. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

6. Pri računu doz za neko časovno obdobje T (npr. dan, mesec, leto) predpostavljamo, da poteka vnos medija (npr. vode, zraka) v organizem s stalno hitrostjo $\frac{dV}{dt} = \dot{V} = konst.$ Ta predpostavka nam omogoča, da v organizem vneseno aktivnost A posameznih radionuklidov izrazimo s:
 - ! časovnim integralom specifične aktivnosti (s časovnim integralom koncentracije aktivnosti) ali s
 - ! povprečno specifično aktivnostjo v obdobju T , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca, zbranega v obdobju T .

Velja namreč:

$$A / (\text{Bq}) = \int_0^T \dot{V} / \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot a(t) / \left(\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}\right) \cdot dt / (\text{s}) = (\dot{V} \cdot T) \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot dt = V_T \cdot \langle a(t) \rangle = V_T \cdot a_T$$

kjer sta $V_T = (\dot{V} \cdot T)$ v času T vnesena količina (volumen) medija v organizem in $\langle a(t) \rangle = a_T$ povprečna specifična aktivnost v obdobju T , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca a_T , zbranega iz enako velikih delnih vzorcev (volumnov) v obdobju T . To je primer kontinuirnega vzorčevanja vzorcev reke Save, saj se vzorec zbira dnevno, meritev sestavljenega vzorca pa je le enkrat mesečno. S takšnim načinom vzorčevanja in periode izvajanja meritev lahko izgubimo informacijo o morebitnih izpustih iz opazovanega objekta. Res je, da kontinuirno zbiranje vzorca v Brežicah omogoča retrospektivno analizo za tri dni nazaj, medtem ko vzorčevanje reke Save v Krškem tega ne omogoča.

Če bi vzorec torej samo zbirali v obdobju T (npr. vse leto), bi bila a_T letna povprečna specifična aktivnost po eni sami meritvi za zbrani vzorec. Ker pa vzorec zbiramo in merimo periodično (npr.



mesečno), potem je letna aktivnost A letna vsota (integral) obdobjnih (npr. mesečnih) specifičnih aktivnosti $a(t)$. Ob predpostavki, da je vnos v organizem konstanten, potem sicer lahko govorimo o letni aritmetični srednji vrednosti (navadno ali neuteženo povprečje) specifične aktivnosti, vendar pa se je treba zavedati, da gre za letno vsoto obdobjnih specifičnih aktivnosti, deljeno s številom meritev.

Program nadzora radioaktivnosti v nekem mediju mora tako omogočati dovolj dobro retrospektivno sliko v nekem obdobju, zato samo zbiranje vzorca v daljšem obdobju in redke meritve niso pokazatelj dobrega nadzora radioaktivnosti.

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (v obdobju T) nabereмо N delnih vzorcev z volumnom v :

$$a_T = \frac{1}{N \cdot v} \cdot \sum_{j=1}^N v \cdot a_j = \langle a \rangle$$

Kadar računamo vneseno aktivnost za neko obdobje (npr. leto) iz zaporedja ločenih (diskretnih) meritev (npr. mesečnih sestavljenih vzorcev; $T = \text{mesec}$), nadomestimo zgornji integral z vsoto:

$$A_{\text{leto}} = \sum_{i=1}^{12} V_{\text{mes}} \cdot a_{\text{mes},i} = V_{\text{mes}} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i} = (V_{\text{mes}} \cdot 12) \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

$$A_{\text{leto}} = V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

kjer je pomen veličin isti kot zgoraj.

7. Ocena negotovosti oziroma stresanja letne doze:

Letna učinkovita doza E_j j -tega radionuklida je sorazmerna z mesečno aritmetično srednjo vrednostjo obdobjnih specifičnih aktivnosti (navadno ali neuteženo povprečje) in porabi (ventiliran zrak, masa popite vode ali zaužite hrane itd.):

$$(E)_j = h(g)_{j, \text{ing, inh}} \cdot V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (a_{\text{mes},i})_j$$

kjer je $h(g)_{j, \text{ing, inh}}$ predvidena učinkovita doza na enoto vnosa j -tega radionuklida zaradi zaužitja ali vdihavanja, izražena v Sv/Bq.

Relativna negotovost mesečne učinkovite doze j -tega radionuklida je potem:

$$\frac{(\delta E_{\text{mes}})_j}{(E_{\text{mes}})_j} = \sqrt{\left(\frac{\delta h(g)_{j, \text{ing, inh}}}{h(g)_{j, \text{ing, inh}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta V_{\text{mes}}}{V_{\text{mes}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta (a_{\text{mes}})_j}{(a_{\text{mes}})_j}\right)^2}$$

Oziroma negotovost letne učinkovite doze, sešeta po vseh radionuklidih, je:

$$\delta E = \sqrt{\sum_{j, \text{mes}} (\delta E_{\text{mes}})_j^2}$$

Letno učinkovito dozo za določeno prenosno pot zapišemo potem kot $E \pm \delta E$. Stresanje mesečnih merskih rezultatov pa lahko zapišemo kot:

$$\Delta E = \sqrt{\sum_j \frac{\sum_{\text{mes}} (E_{\text{mes}} - E)_j^2}{11}}$$

Pri čemer je ta vrednost zapisana ločeno, brez predznaka \pm .



8. Ocena negotovosti mesečne aritmetične srednje vrednosti, ali krajše mesečnega povprečja specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\bar{a}_{\text{leto},j}$ za j -ti radionuklid v določenem letu:

$$\bar{a}_{\text{leto},j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_{i,j}, \text{ kjer je } N \text{ število meritev v enem letu } (i = 1 \dots N).$$

Obdobni neposredni rezultat meritve j -tega radionuklida (mesečno, trimesečno itd.) se podaja kot:

$$a_{i,j} \pm \delta a_{i,j}$$

kjer je $a_{i,j}$ izmerjena vrednost, $\delta a_{i,j}$ pa njena negotovost.

Apriorna negotovost povprečja (aritmetične sredine) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\delta \bar{a}_{\text{leto},j}$ za j -ti radionuklid v določenem letu:

$$\delta \bar{a}_{\text{leto},j} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_i (\delta a_i)_j^2}$$

Standardna deviacija $\sigma_{\text{leto},j}$ ali stresanje obdobjnih merskih rezultatov za j -ti radionuklid v določenem letu:

$$\sigma_{\text{leto},j} = \sqrt{\frac{\sum_i (a_i - \bar{a}_{\text{leto}})_j^2}{N-1}}; \text{ excelova funkcija "STDEV"}$$

Aposteriorna negotovost povprečja (aritmetične srednje vrednosti) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\delta \bar{a}_{\text{leto},j}$ zaradi stresanja podatkov v določenem letu:

$$\delta \bar{a}_{\text{leto},j} = \sqrt{\frac{\sum_i (a_i - \bar{a}_{\text{leto}})_j^2}{N(N-1)}}; \text{ excelova funkcija "STDEV" deljeno s korenem iz števila meritev}$$

Negotovost letne vsote useda j -tega radionuklida, $\delta a_{\text{used, leto},j}$ pa podajamo kot:

$$\delta a_{\text{used, leto},j} = \sqrt{\sum_i (\delta a_{\text{used},i})_j^2}$$

9. Pri evalvaciji podatkov se za mesečno povprečje (aritmetično srednjo vrednost) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\bar{a}_{\text{leto},j}$ za j -ti radionuklid v določenem letu uporabljata zapisa:
- $(\bar{a}_{\text{leto},j} \pm \delta \bar{a}_{\text{leto},j})$ v primeru uporabe apriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti)
 - $(\bar{a}_{\text{leto},j}; \delta \bar{a}_{\text{leto},j})$ v primeru uporabe aposteriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti) zaradi stresanja merskih podatkov
10. Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci, izračunamo iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
11. Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234m ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
12. Notranje doze so izračunane iz vsebnosti radionuklidov v mediju, doznih faktorjev in iz predpostavljene porabe hrane, vode ali frekvence vdihovanja zraka. Negotovosti doz so izračunane iz negotovosti vsebnosti radionuklidov, povprečenih preko celega leta. Negotovosti porabe in doznih faktorjev v negotovostih doz niso upoštevane.
13. Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitve meritve Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.



SEZNAM TABEL MERITEV IZ PROGRAMA IMISIJSKIH MERITEV

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK

	Tabele	Stran
1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode in filtrskega ostanka		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 1, 2	M–2
BREŽICE	T – 3, 4	M–3
JESENICE na Dolenjskem	T – 5, 6	M–6
1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 7	M–8
BREŽICE	T – 9	M–9
JESENICE na Dolenjskem	T – 10	M–9
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 11	M–10
2. REKA SAVA – sedimenti		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 12	M–10
BREŽICE	T – 13	M–11
JESENICE na Dolenjskem	T – 14	M–11
KRŠKO pod mostom	T – 15/p	M–12
pod jezom NEK	T – 16/p1	M–12
PESJE	T – 16/p2	M–13
BREŽICE	T – 16/p3	M–13
JESENICE na Dolenjskem	T – 17/p	M–14
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 18	M–14
2. REKA SAVA – vodna biota – ribe		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 19	M–15
BREŽICE	T – 21	M–15
JESENICE na Dolenjskem	T – 22	M–16
JESENICE na Dolenjskem	T – 22/p1	M–16
OTOK (R Hrvaška)	T – 24	M–17
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 25	M–17



3. VODOVODI – enkratni vzorci pitne vode

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

vodovod KRŠKO	T – 28	M–20
vodovod BREŽICE	T – 29	M–20
vertina E1 v NEK	T – V1	M–21
vertina VOP-4 v Vrbini	T – V2	M–21

4. ČRPALIŠČA VODOVODOV – sestavljeni mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

vodovod BREŽICE	T – 30	M–22
črpališče BREGE	T – 31	M–23
črpališče RORE	T – 32	M–24
vodovod SPODNJI STARI GRAD	T – 33	M–25
črpališče BREŽICE - Glogov Brod	T – 34	M–26

4. PODTALNICE – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

MEDSAVE (R Hrvaška)	T – 35	M–27
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – 36	M–28

5. PADAVINE – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

BREGE	T – 37	M–30
KRŠKO	T – 38	M–32
DOBOVA	T – 39	M–34
LJUBLJANA *)	T – 40	M–36
PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI	T – 41	M–38

6. SUHI USEDI – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama

SUHI USED – vazelinske plošče	T – 42	M–39
-------------------------------	--------	------

*) Meritve iz lastne raziskovalne dejavnosti, ki niso bile financirane iz programov nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS ali NEK



7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli

– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–44
SPODNJI STARI GRAD	T – 44	M–45
STARA VAS	T – 45	M–46
LESKOVEC	T – 46	M–47
BREGE	T – 47	M–48
VIHRE	T – 48	M–49
GORNJI LENART	T – 49	M–50
LIBNA	T – 50	M–51
DOBOVA	T – 51	M–52
LJUBLJANA *)	T – 52	M–54

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–56
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–60
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–62
Kontinuirni merilniki hitrosti doze MFM-202	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje)		M–68

9. ZEMLJA – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–70
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–72
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–74

10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–78
VIHRE	T – 62	M–79
BREGE	T – 63	M–80
PESJE, VIHRE, BREGE (I-131)	T – 64	M–81

11. SADJE – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

JABOLKA	T – 65	M–81
HRUŠKE	T – 66	M–82
JAGODE	T – 67	M–82
GROZDJE IN BEZEG	T – 68	M–83

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



12. POVRTNINE IN POLJŠČINE – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

SOLATA, BUČKE, ČEBULA, BLITVA	T – 69	M–83
KROMPIR, FEFERONI, PAPRIKA, PARADIŽNIK	T – 70	M–84
ZELENA, KUMARE, KORENJE, ZELJE	T – 71	M–84
MALANCANI, RDEČA PESA, RADIČ, FIŽOL V ZRNJU	T – 72	M–85
KORUZA, PŠENICA, JEČMEN, FIŽOL V ZRNJU	T – 73	M–85

13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

KOKOŠJE MESO IN JAJCA	T – 74	M–86
SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO	T – 75	M–86

**OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK
ZARADI HE BREŽICE**

**1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane
vode in filtrskega ostanka**

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 1, 2	M–88
-----------------------	-------------	------

1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, levi breg	T – HE 3	M–89
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 4	M–89

1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 5	M–90
HE BREŽICE, nadomestni habitat NH1	T – HE 6	M–90

2. REKA SAVA – sedimenti

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 7	M–91
HE BREŽICE, levi breg	T – HE 8	M–92
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 9	M–92



2. REKA SAVA – vodna biota – ribe
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom
KRŠKO

T – HE 10 M–93
T – HE 11 M–93

3. PODTALNICA – enkratni vzorci vode
specifična analiza H-3

vertina VOP-1
vertina V-12/77
vertina V7/77

T – HE 12 M–94
T – HE 13 M–94
T – HE 14 M–94

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV

M–95



1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.					
Kol. vzorca (L)	141,05	133,50	144,10	147,20	
Pretok (m ³ /s)	152,8	157,4	174,7	306,6	
Oznaka vzorca	NEKVKRK117	NEKVKRK217	NEKVKRK317	NEKVKRK417	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	5,6E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 6E-01	2,3E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 5E-01
Ra-226		1,4E+00 ± 1E-01		6,2E-02 ± 4E-02	3,7E-01 ± 3E-02
Pb-210	1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00	2,5E+00 ± 5E-01		8,0E+00 ± 6E-01
Ra-228	7,4E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E-01		7,6E-01 ± 1E-01
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 3E-01	2,6E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 6E-02	4,0E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,8E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,4E+00 ± 4E-01	2,7E+01 ± 1E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 4E+00	1,9E+01 ± 7E-01	1,4E+00 ± 3E-01	3,9E+01 ± 1E+00
I-131	3,2E+00 ± 4E+00				8,0E-01 ± 1E+00
Cs-134					
Cs-137	1,2E-01 †	1,5E-01 †	3,8E-02 †	3,5E-02 †	8,6E-02 ± 3E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,7E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 8E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.					
Kol. vzorca (L)	144,00	145,60	147,20	147,20	
Susp. snov (g)	1,107	1,071	1,020	0,898	
Oznaka vzorca	NEKFKRK117	NEKFKRK217	NEKFKRK317	NEKFKRK417	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	2,4E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 2E-01		2,3E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 7E-02
Ra-226	1,1E-01 ± 2E-02	1,9E-01 ± 3E-02	1,2E+00 ± 1E-01	6,2E-02 ± 4E-02	3,9E-01 ± 3E-02
Pb-210	6,4E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 2E-01			3,0E-01 ± 5E-02
Ra-228	7,8E-02 ± 5E-02		5,5E-01 ± 2E-01		1,6E-01 ± 6E-02
Th-228	1,1E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 6E-02		1,4E-01 ± 6E-02	1,1E-01 ± 2E-02
Th-230					
K-40	1,4E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01		1,4E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Be-7	1,0E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,4E-02 †	3,8E-02 ± 1E-02	8,3E-02 †	3,5E-02 †	4,5E-02 ± 1E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,3E-02 †	1,5E-02 †	5,5E-01 ± 7E-02	1,1E+00 ± 1E-01	4,3E-01 ± 3E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 1b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m ³ /s)	71,9	208,9	177,7	203,6	159,9	108,8	
Oznaka vzorca	NEKVKR0117	NEKVKR0217	NEKVKR0317	NEKVKR0417	NEKVKR0517	NEKVKR0617	
IZOTOP							
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
H-3	5,9E+02 ± 7E+01	5,0E+02 ± 7E+01	5,9E+02 ± 6E+01	5,8E+02 ± 7E+01	5,4E+02 ± 7E+01	7,8E+02 ± 7E+01	5,9E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m ³ /s)	90,9	59,5	373,8	140,9	273,8	505,1	
Oznaka vzorca	NEKVKR0717	NEKVKR0817	NEKVKR0917	NEKVKR1017	NEKVKR1117	NEKVKR1217	
IZOTOP							
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
H-3	5,8E+02 ± 7E+01	6,5E+02 ± 7E+01	5,7E+02 ± 9E+01	5,9E+02 ± 7E+01	5,7E+02 ± 8E+01	5,2E+02 ± 9E+01	5,9E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2017 T - 4c
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	344,48	340,27	321,03	299,66	
Susp. snov (g)	0,709	3,460	0,694	0,839	
Oznaka vzorca	NEKFBRK117	NEKFBRK217	NEKFBRK317	NEKFBRK417	
IZOTOP					
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
Sr-90	6,5E-03 †	5,8E-03 †	2,0E-01 ± 4E-02	6,2E-01 ± 6E-02	2,1E-01 ± 1E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	Brežice							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	januar	februar	marec	april	maj	junij		
Datum vzor.	48,30	43,50	48,20	47,75	46,60	48,30		
Kol. vzorca (L)	71,9	208,9	177,7	203,6	159,9	108,8		
Pretok (m ³ /s)	NEKVB0117	NEKVB0217	NEKVB0317	NEKVB0417	NEKVB0517	NEKVB0617		
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
IZOTOP								
U-238	4,2E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 9E-01	3,0E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 4E+00	1,2E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 8E-01	
Ra-226	5,4E-01 ± 2E-01	6,0E+00 ± 2E-01	9,2E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,1E+01 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E-01	
Pb-210	1,4E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	5,7E-01 ± 4E-01	4,8E+01 ± 6E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00	
Ra-228	2,1E+00 ± 2E-01	5,8E-01 ± 3E-01	3,7E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	
Th-228	1,1E+00 ± 3E-01				1,1E+00 ± 4E-01	3,7E-01 ± 9E-02		
Th-230								
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00	
Be-7	6,3E+01 ± 2E-01	5,8E+01 ± 2E+00	9,8E+00 ± 1E+00	9,6E+01 ± 7E+00	1,9E+02 ± 6E+00	1,6E+02 ± 5E+00	9,6E+01 ± 2E+00	
I-131	4,1E+00 ± 5E-01		4,5E+00 ± 8E-01				1,4E+00 ± 2E-01	
Cs-134								
Cs-137	5,5E-01 ± 6E-01		1,9E-01	4,1E-01 ± 1E-01	2,0E-01	2,0E-01	2,6E-01 ± 8E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	1,9E+00 ± 3E-01	8,8E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01	9,4E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-02	2,8E+00 ± 9E-02	
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	6,8E+02 ± 7E+01	4,6E+02 ± 6E+01	1,2E+03 ± 9E+01	4,9E+02 ± 7E+01	9,0E+03 ± 4E+02	2,2E+03 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD. Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Brežice							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	januar	februar	marec	april	maj	junij		
Datum vzor.	116,32	108,92	119,24	115,66	111,06	113,55		
Kol. vzorca (L)	0,604	0,563	0,946	8,467	1,010	0,755		
Susp. snov (g)	NEKFB0117	NEKFB0217	NEKFB0317	NEKFB0417	NEKFB0517	NEKFB0617		
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
IZOTOP								
U-238	6,7E-01 ± 5E-01	2,4E+00 ± 6E-01		1,6E+00 ± 7E-01	7,2E-01 ± 6E-01	9,0E-01 ± 2E-01		
Ra-226	8,6E-01 ± 8E-02	7,9E-01 ± 7E-02		2,3E+00 ± 1E-01	5,1E-01 ± 7E-02	8,1E-01 ± 3E-02		
Pb-210	1,3E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 6E-01	7,8E-01 ± 6E-01	2,4E+00 ± 6E-01	6,2E-01 ± 5E-01	4,1E-01 ± 8E-02	1,2E+00 ± 2E-01	
Ra-228	2,4E-01 ± 1E-01	4,0E-01 ± 1E-01	3,3E-01 ± 1E-01	1,6E+00 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	5,4E-01 ± 7E-02	
Th-228	1,6E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 1E-01	8,8E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 6E-02		
Th-230								
K-40		1,4E+00 ± 9E-01	1,3E+00 ± 9E-01	2,2E+01 ± 2E+00		1,7E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 4E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,5E-02	7,0E-02	5,3E-02	2,9E-01 ± 5E-02	9,5E-02	8,3E-02	1,1E-01 ± 4E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 3b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzdrž. mesto	Brežice							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	46,60	46,30	49,50	47,80	46,30	47,70		
Pretok (m³/s)	90,9	59,5	373,8	140,9	273,8	505,1		
Oznaka vzorca	NEKVBR0717	NEKVBR0817	NEKVBR0917	NEKVBR1017	NEKVBR1117	NEKVBR1217		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238		2,1E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00		5,0E+00 ± 2E+00		1,9E+00 ± 5E-01	
Ra-226	4,2E-01 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01		2,1E+00 ± 3E-01		1,9E+00 ± 7E-02	
Pb-210	4,6E+00 ± 3E+00	2,1E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 1E+00	1,6E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 7E-01	
Ra-228		2,3E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	9,6E-01 ± 4E-01	3,3E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 1E-01	
Th-228		6,6E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	6,1E-01 ± 9E-02	
Th-230		1,7E+01 ± 1E+01					1,4E+00 ± 1E+00	
K-40	1,9E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 1E+00	
Be-7	8,0E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 2E+00	3,3E+02 ± 1E+01	2,8E+02 ± 8E+00	2,5E+02 ± 7E+00	1,3E+02 ± 2E+00	
I-131				1,1E+01 ± 1E+00	4,6E+00 ± 6E-01		2,0E+00 ± 1E-01	
Cs-134								
Cs-137	2,8E-01	2,0E-01	1,6E-01	1,2E-01 ± 1E-01	1,7E-01	1,8E-01	2,2E-01 ± 4E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	9,8E-02	2,9E+00 ± 4E-01	5,4E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 7E-01 x	
H-3	3,7E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 2E+02	6,6E+02 ± 6E+01	1,7E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 5E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku O-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 4b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzdrž. mesto	Brežice							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	100,99	111,51	108,53	111,49	99,38	88,79		
Susp. snov (g)	0,902	0,330	0,875	0,346	0,432	1,915		
Oznaka vzorca	NEKFBR0717	NEKFBR0817	NEKFBR0917	NEKFBR1017	NEKFBR1117	NEKFBR1217		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238		1,6E+00 ± 1E+00	4,8E-01 ± 3E-01		5,0E+00 ± 2E+00		9,1E-01 ± 2E-01	
Ra-226	1,4E+00 ± 1E+00		5,5E-01 ± 6E-02		2,1E+00 ± 3E-01		8,0E-01 ± 1E-01	
Pb-210			1,7E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 8E-01	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 3E-01	
Ra-228		8,0E-01 ± 5E-01	1,5E-01 ± 1E-01		3,3E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E-01	7,2E-01 ± 7E-02	
Th-228		2,6E-01 ± 2E-01			1,3E+00 ± 5E-01	6,6E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 6E-02	
Th-230								
K-40			1,8E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 1E+00	3,7E+01 ± 4E+00	6,0E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 4E-01	
Be-7			9,7E-01 ± 2E-01		2,8E+02 ± 8E+00	4,1E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	
I-131				1,0E+00 ± 2E-01	4,6E+00 ± 6E-01		4,7E-01 ± 5E-02	
Cs-134								
Cs-137	1,2E-01	1,1E-01	7,4E-02 ± 2E-02	8,0E-02	1,7E-01	2,2E-01	1,2E-01 ± 2E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 5a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem							
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	272,00	245,70	271,90	262,30	272,30	262,40		
Pretok (m ³ /s)	87,3	288,0	226,0	232,4	205,0	134,0		
Oznaka vzorca	JFV01-17	JFV02-17	JFV03-17	JFV04-17	JFV05-17	JFV06-17		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	7,5E+00 ± 1E+00	7,3E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 1E+00		6,5E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01		1,4E+00 ± 1E-01
Pb-210								
Ra-228	1,5E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 5E-01		1,4E+00 ± 2E-01
Th-228								
Th-230								
K-40	5,8E+01 ± 7E+00	5,3E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 7E+00	4,2E+01 ± 6E+00	6,2E+01 ± 8E+00		5,2E+01 ± 3E+00
Be-7	2,1E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 9E-01	3,3E+00 ± 1E+00		2,6E+00 ± 4E-01
I-131	6,9E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 4E+00	4,0E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 9E-01		4,9E+00 ± 9E-01
Cs-134								
Cs-137		1,0E-01 ± 6E-02						1,7E-02 ± 1E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,2E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01		2,2E+00 ± 9E-02
H-3	7,1E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	2,8E+02 ± 1E+02	3,5E+03 ± 3E+02		1,0E+03 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 6a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem							
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00		
Susp. snov (g/m ³)	0,6	3,1	2,4	23,3	8,6	2,0		
Oznaka vzorca	JST01-17	JST02-17	JST03-17	JST04-17	JST05-17	JST06-17		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238				1,1E+00 ± 3E-01	8,5E-01 ± 2E-01			3,3E-01 ± 6E-02
Ra-226				1,7E+00 ± 5E-01	6,2E-01 ± 3E-01			3,9E-01 ± 1E-01
Pb-210								
Ra-228								
Th-228								
Th-230								
K-40				1,4E+01 ± 3E+00	7,6E+00 ± 2E+00			3,7E+00 ± 6E-01
Be-7				2,0E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 6E-01		8,4E-01 ± 2E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				1,8E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 8E-02			5,9E-02 ± 2E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	270,70	271,90	261,90	275,40	249,20	265,70	
Pretok (m ³ /s)	92,6	56,0	461,0	207,7	394,0	656,0	
Oznaka vzorca	JFV07-17	JFV08-17	JFV09-17	JFV10-17	JFV11-17	JFV12-17	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	7,9E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,9E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 9E-02
Pb-210							
Ra-228	1,7E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,0E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 7E+00	5,1E+01 ± 6E+00	4,9E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 2E+00
Be-7	3,6E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 3E-01
I-131	3,4E+00 ± 2E+00		2,2E+00 ± 7E-01		3,3E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 5E-01
Cs-134							
Cs-137	1,2E-01 ± 5E-02	8,8E-02 ± 5E-02	1,1E-01 ± 7E-02	1,6E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 7E-02	2,6E-01 ± 1E-01	8,5E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 6E-02
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	4,2E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	255,00	279,00	
Susp. snov (g/m ³)	2,3	1,3	8,7	3,6	4,3	17,9	
Oznaka vzorca	JST07-17	JST08-17	JST09-17	JST10-17	JST11-17	JST12-17	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238		1,1E+00 ± 7E-01	9,2E-01 ± 7E-01			1,2E+00 ± 7E-01	2,7E-01 ± 1E-01
Ra-226	3,6E-01 ± 2E-01		5,7E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01		4,5E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 5E-02
Pb-210							
Ra-228			4,1E-01 ± 3E-01			5,8E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 6E-02
Th-228							
Th-230							
K-40							
Be-7	1,3E+00 ± 6E-01		2,7E+00 ± 8E-01	2,4E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,4E-02 ± 6E-02	5,4E-02 ± 4E-02	2,0E-01 ± 9E-02	1,2E-01 ± 7E-02	1,8E-01 ± 6E-02	3,6E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 6a, 6b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	810,00	819,00	828,00	813,00	
Susp. snov (g/m ³)	6,0	33,9	12,3	25,9	
Oznaka vzorca	JST-I-17	JST-II-17	JST-III-17	JST-IV-17	
IZOTOP					
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
Sr-90	2,3E-03 †	2,5E-03 †	2,1E-03 †	2,3E-03 †	2,3E-03 ± 6E-05 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2017 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevancev gama (**) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	28. 11. 2018	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,95	45,50	44,65	43,50	
Oznaka vzorca	RSKRK117	RSKRK217	RSKRK317	RSKRK417	
IZOTOP					
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	5,0E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	8,4E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 6E-01
Ra-226	2,0E+00 ± 2E-01	6,5E-01 ± 3E-01	1,8E+01 ± 3E+00	4,6E+00 ± 2E+00	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210	5,7E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,7E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 6E-01	1,0E+01 ± 1E+00
Ra-228		1,3E+00 ± 6E-01	2,7E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228		1,9E+00 ± 5E-01	7,9E-01 ± 5E-01		6,7E-01 ± 2E-01
Th-230		1,7E+01 ± 1E+01			4,4E+00 ± 3E+00
K-40	3,9E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Be-7	9,6E+00 ± 9E-01	5,9E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 5E+00	3,1E+01 ± 3E+00	6,5E+01 ± 2E+00
I-131	6,5E+00 ± 3E-01	7,5E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01		3,9E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	† 2,5E-01	† 3,0E-01	† 2,5E-01	† 3,0E-01	2,8E-01 ± 1E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,4E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 2E-01
H-3	6,9E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 7E+01	6,5E+02 ± 7E+01	6,4E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2017 T - 9
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	42,45	44,80	43,50	42,55	
Oznaka vzorca	RSBRK117	RSBRK217	RSBRK317	RSBRK417	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238			2,1E+00 ± 2E+00	8,2E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 6E-01
Ra-226	2,6E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 1E-01
Pb-210	3,0E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 1E+00
Ra-228	9,3E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 4E-01	8,1E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 2E-01
Th-228	6,4E-01 ± 4E-01			6,5E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,1E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+02 ± 1E+01	7,5E+01 ± 3E+00
Be-7	5,7E+00 ± 1E+00	6,2E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,8E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 3E+00
I-131	1,1E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 4E-01		1,6E+00 ± 3E-01
Cs-134					
Cs-137	† 2,3E-01	† 3,0E-01	2,5E-01 ± 8E-02	8,1E-01 ± 1E-01	4,0E-01 ± 1E-01 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	4,3E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 2E-01	4,2E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 2E-01
H-3	7,6E+02 ± 1E+02	6,4E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 6E+01	3,2E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 10
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	44,65	44,35	42,60	46,25	
Oznaka vzorca	RSJEK117	RSJEK217	RSJEK317	RSJEK417	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238				8,0E+00 ± 3E+00	2,0E+00 ± 7E-01
Ra-226	6,7E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E-01
Pb-210	2,4E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00
Ra-228	9,3E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	8,5E-01 ± 5E-01	4,6E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 2E-01
Th-228	6,5E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 3E-01
Th-230					
K-40		2,8E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	6,3E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	2,1E+02 ± 6E+00	3,2E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 4E+00	1,7E+02 ± 3E+00
I-131	8,3E+00 ± 4E-01	5,8E+00 ± 3E-01			3,5E+00 ± 1E-01
Cs-134					
Cs-137	† 2,1E-01	† 2,2E-01	† 2,5E-01	† 2,8E-01	2,4E-01 ± 2E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,6E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	4,1E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 2E-01
H-3	7,0E+02 # 7E+01	6,1E+02 ± 6E+01	1,0E+03 ± 1E+02	7,1E+02 ± 6E+01	7,5E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Oznaka vzorca	PO-I-17	PO-II-17	PO-III-17	PO-IV-17	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
H-3	3,2E+02 ± 1E+02	2,8E+02 ± 1E+02	2,9E+02 ± 1E+02	3,2E+02 ± 1E+02	3,0E+02 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	54,4	64,8	61,0	59,9	
Oznaka vzorca	SDKRK117	SDKRK217	SDKRK317	SDKRK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,6E+01 ± 9E+00	2,0E+01 ± 6E+00	4,0E+01 ± 8E+00	4,7E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,3E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,6E+01 ± 9E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 5E-01
Pb-210	8,8E+01 ± 8E+00	4,0E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 7E+00	8,3E+01 ± 1E+01	7,2E+01 ± 4E+00
Ra-228	3,3E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 9E-01
Th-228	3,0E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	4,0E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 1E+01
Be-7	3,6E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,3E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 7E-01	5,5E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,3E+00 ± 3E-01	† 9,7E-02	3,0E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 6E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	59,5	58,8	31,7	60,6	
Oznaka vzorca	SDBRK117	SDBRK217	SDBRK317	SDBRK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 7E+00	3,1E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 2E+01	3,6E+01 ± 6E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 5E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 8E-01
Pb-210	4,9E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 6E+00	8,0E+01 ± 1E+01	9,1E+01 ± 2E+01	6,8E+01 ± 6E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00
Th-228	2,3E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 1E+00
Th-230	2,8E+01 ± 8E+00				6,9E+00 ± 2E+00
K-40	3,2E+02 ± 1E+01	4,4E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 3E+01	4,4E+02 ± 3E+01	4,0E+02 ± 1E+01
Be-7	9,7E+00 ± 8E-01	1,7E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 1E+01	5,9E+01 ± 8E+00	5,6E+01 ± 4E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,6E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 5E-01	7,9E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 7E-01	5,8E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,9E+00 ± 7E-01	† 8,0E-02	† 7,5E-02	† 7,6E-02	1,0E+00 ± 1E+00 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 14
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	22. 3. 2017	23. 5. 2017	26. 9.	28. 12. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	66,2	76,8	60,6	81,2	
Oznaka vzorca	SDJEK117	SDJEK217	SDJEK317	SDJEK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,2E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 9E+00	1,9E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 6E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 5E-01
Pb-210	4,7E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 6E+00	3,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,3E+01 ± 9E-01	2,0E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 8E-01
Th-228	2,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 9E-01
Th-230	2,8E+01 ± 1E+01				7,1E+00 ± 3E+00
K-40	3,1E+02 ± 2E+01	2,7E+02 ± 1E+01	3,9E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01
Be-7	8,8E+00 ± 1E+00	8,7E+00 ± 1E+00	4,6E+01 ± 6E+00		1,6E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,0E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	4,7E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	7,7E+00 ± 8E-01	7,8E-01 ± 3E-01	4,8E-01 ± 3E-01	5,6E-01 ± 3E-01	2,4E+00 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2017 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	149,1	175,3	153,9	143,2	
Oznaka vzorca	SIZ02-17	SIZ05-17	SIZ09-17	SIZ11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,1E+01 ± 9E+00	2,7E+01 ± 8E+00	3,9E+01 ± 9E+00	3,6E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,8E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,1E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 6E+00	3,3E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,0E+02 ± 5E+01	3,6E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 5E+01	4,6E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 2E+01
Be-7	2,0E+01 ± 6E+00	1,1E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 9E+00	3,1E+01 ± 9E+00	2,4E+01 ± 4E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,5E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 7E-01	6,1E+00 ± 9E-01	5,3E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezom NEK				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	142,7	163,1	125,7	178,1	
Oznaka vzorca	SIS02-17	SIS05-17	SIS09-17	SIS11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,8E+01 ± 9E+00	2,8E+01 ± 8E+00	3,9E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 9E+00	3,4E+01 ± 5E+00
Ra-226	4,2E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,8E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,3E+02 ± 5E+01	4,3E+02 ± 5E+01	5,6E+02 ± 6E+01	3,4E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 3E+01
Be-7			1,2E+02 ± 2E+01	7,5E+01 ± 1E+01	4,9E+01 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,4E+00 ± 1E+00	8,2E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 2E+00	3,0E+00 ± 7E-01	7,2E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	148,6	170,1	160,7	167,6	
Oznaka vzorca	SPE02-17	SPE05-17	SPE09-17	SPE11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 8E+00	3,5E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 9E+00	3,0E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,0E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,1E+02 ± 5E+01	3,9E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 5E+01	4,0E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 2E+01
Be-7	1,1E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 7E+00		5,4E+00 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,0E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	9,8E-01 ± 3E-01	5,0E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	149,1	167,1	192,7	169,6	
Oznaka vzorca	SBR02-17	SBR06-17	SBR09-17	SBR11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 8E+00	1,9E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,8E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,4E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,0E+02 ± 5E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7			5,4E+00 ± 3E+00	8,6E+00 ± 4E+00	3,5E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,1E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	164,2	196,9	204,6	179,3	
Oznaka vzorca	SJE02-17	SJE05-17	SJE09-17	SJE11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 8E+00	1,9E+01 ± 7E+00	1,6E+01 ± 6E+00	2,2E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,7E+01 ± 5E+00	1,4E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,9E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 4E+01	2,6E+02 ± 2E+01
Be-7	1,4E+01 ± 6E+00		8,1E+00 ± 3E+00	1,7E+01 ± 5E+00	9,7E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,7E+00 ± 6E-01	7,2E-01 ± 4E-01	6,1E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvška)				
Datum vzor.	16. 2. 2017	18. 5. 2017	28. 9. 2017	6. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	184,6	196,1	180,7	185,1	
Oznaka vzorca	SPO02-17	SPO05-17	SPO09-17	SPO11-17	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 7E+00	1,9E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 8E+00	2,2E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,1E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 2E+01
Be-7				1,0E+01 ± 4E+00	2,5E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,5E+00 ± 5E-01	7,8E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	† 4,2E-02	† 3,8E-02	† 3,4E-02	† 3,8E-02	3,8E-02 ± 2E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z a posteriori negotovostjo.

LETO 2017 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	krap	krap	krap	postrv	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 5. 2017	16. 5. 2017	16. 8. 2017	5. 10. 2017	
Oznaka vzorca	RIKR0117	RIKR0417	RIKR0717	RIKR1017	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		2,3E-01 ± 1E-01		4,1E-01 ± 3E-01	1,6E-01 ± 9E-02
Ra-226	1,1E-01 ± 4E-02	1,2E-01 ± 2E-02	1,9E-01 ± 4E-02	7,0E-01 ± 5E-02	2,8E-01 ± 2E-02
Pb-210	4,6E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 9E-02			1,5E-01 ± 7E-02
Ra-228	2,0E-01 ± 1E-01		1,9E-01 ± 9E-02		9,8E-02 ± 3E-02
Th-228		8,0E-02 ± 3E-02		2,9E-01 ± 8E-02	9,3E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	9,3E+01 ± 6E+00	9,4E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 7E+00	9,5E+01 ± 6E+00	9,6E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	† 4,8E-02	3,8E-02 ± 1E-02	† 4,8E-02	† 4,0E-02	4,3E-02 ± 2E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E-01 ± 3E-02	2,0E-01 ± 5E-02	† 1,3E-02	† 1,0E-02	8,6E-02 ± 5E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	krap	klen	krap	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 4. 2017	15. 6. 2017	16. 8. 2016	5. 10. 2017	
Oznaka vzorca	RIBR0317	RIBR0617	RIBR0917	RIBR1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		1,5E-01 ± 1E-01			3,8E-02 ± 3E-02
Ra-226	8,1E-02 ± 5E-02	1,0E-01 ± 2E-02	8,7E-02 ± 3E-02	7,6E-02 ± 3E-02	8,6E-02 ± 2E-02
Pb-210			1,7E-01 ± 2E-01		4,3E-02 ± 6E-02
Ra-228			1,5E-01 ± 7E-02		3,8E-02 ± 2E-02
Th-228	1,1E-01 ± 8E-02	4,4E-02 ± 3E-02			3,9E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	9,5E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 7E+00	9,8E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	† 5,3E-02	† 2,3E-02	† 3,8E-02	1,9E-02 ± 3E-02	3,3E-02 ± 8E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	† 1,2E-02	2,9E-01 ± 5E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 2E-01	8,5E-01 ± 4E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	krap	klen	krap	postrv	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 4. 2017	15. 6. 2017	16. 8. 2017	5. 10. 2017	
Oznaka vzorca	RIJE0217	RIJE0517	RJE0817	RIJE1117	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	2,1E-01 ± 4E-02	1,4E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 3E-02	7,7E-01 ± 4E-02	3,2E-01 ± 2E-02
Pb-210	8,2E-01 ± 4E-01	2,9E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	4,9E-01 ± 2E-01
Ra-228	2,5E-01 ± 7E-02	1,8E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 5E-02	2,2E-01 ± 4E-02
Th-228	3,0E-01 ± 7E-02			1,6E-01 ± 7E-02	1,2E-01 ± 2E-02
Th-230					
K-40	9,9E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	9,2E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	† 3,8E-02	† 5,0E-02	† 3,5E-02	† 3,0E-02	3,8E-02 ± 4E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,3E-01 ± 4E-02	1,2E-01 ± 5E-02	9,9E-02 ± 2E-02	2,7E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	mren <i>Barbus barbus</i>	ploščič <i>Abramis brama</i>	klen <i>Leuciscus cephalus</i>	krap <i>Cyprinus carpio</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 6. 2017	15. 6. 2017	15. 11. 2017	15. 11. 2017	
Kol. vzor. (lg)	0,484	0,541	0,324	0,440	
Odstoteksuhve snovi	27,81	26,65	28,76	31,33	
Oznaka vzorca	JE0617R1	JE0617R2	JE1117R1	JE1117R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	5,1E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 3E-01			3,9E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	9,9E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	9E+01 ± 1E+01	9,6E+01 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvška)				
Vrsta vzorca	ščuka <i>Esox lucius</i>	platnica <i>Rutilus pigus virgo</i>	ščuka <i>Esox lucius</i>	podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 6. 2017	15. 6. 2017	15. 11. 2017	15. 11. 2017	
Kol. vzor. (kg)	0,504	0,427	0,487	0,415	
Odstotek suhe snovi	24,42	31,44	22,87	30,82	
Oznaka vzorca	OT0617R1	OT0617R2	OT1117R1	OT1117R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	4,9E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 3E-01			2,6E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	9,8E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E-01 ± 9E-02	1,2E-01 ± 9E-02	1,1E-01 ± 9E-02		8,6E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2017 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvška)				
Vrsta vzorca	podust <i>Chondrostoma nasus</i>	krap <i>Cyprinus carpio</i>	podust <i>Chondrostoma nasus</i>	srebni tolstolobik <i>Fypophthalmichthys molitrix</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	15. 6. 2017	15. 6. 2017	15. 11. 2017	15. 11. 2017	
Kol. vzor. (kg)	0,375	0,521	0,385	0,395	
Odstotek suhe snovi	34,18	22,66	30,54	34,75	
Oznaka vzorca	PO0617R1	PO0617R2	PO1117R1	PO1117R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	1,2E+00 ± 4E-01	8,8E-01 ± 3E-01			5,1E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	9,8E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137				3,1E-01 ± 1E-01	7,7E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

- 3. ENKRATNI VZORCI PITNE VODE
PODTALNICE**
- 4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE**

LETO 2017 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)				
	11. 1. 2017	22. 5. 2017	7. 9. 2017	9. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	11. 1. 2017	22. 5. 2017	7. 9. 2017	9. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	51,53	49,54	50,89	49,78	
Oznaka vzorca	K17VD311	K17VD351	K17VD391	K17VD3B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	6,8E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	4,3E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,6E+00 ± 4E-01	8,2E-01 ± 7E-01 ‡	2,3E-01 ± 6E-01 ‡	7,2E-01 ± 6E-01 ‡	8,4E-01 ± 3E-01
Pb-210	1,9E+00 ± 1E+00 ‡	3,7E-01 ± 1E-01 †	2,9E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 4E+00	2,6E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	5,9E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 3E-01	6,9E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 5E-01	6,9E-01 ± 2E-01
Th-228	4,5E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01	1,5E-02 ± 2E-01 ‡	1,0E+00 ± 2E-01	4,7E-01 ± 9E-02
Th-230					
K-40	2,2E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Be-7	2,1E+00 ± 8E-01		3,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 4E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	7,6E-02 †	8,7E-02 †	8,4E-02 †	8,4E-02 †	8,3E-02 ± 2E-03 x
H-3	2,4E+02 ± 6E+01	4,4E+01 †	4,1E+01 †	5,9E+01 †	9,6E+01 ± 5E+01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)				
	11. 1. 2017	22. 5. 2017	7. 9. 2017	9. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	11. 1. 2017	22. 5. 2017	7. 9. 2017	9. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	47,67	49,06	50,08	48,78	
Oznaka vzorca	K17VD111	K17VD151	K17VD191	K17VD1B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	4,3E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 4E+00 ‡	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	1,0E+01 ± 3E+00	4,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,7E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 5E-01		1,2E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,7E+00 †	3,4E-01 †	6,1E+00 ± 1E+00	3,4E-01 †	2,1E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 5E-01		1,1E+00 ± 2E-01
Th-228	6,7E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 2E-01		3,5E-01 ± 9E-02
Th-230					
K-40	2,7E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00		2,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,0E+01 ± 1E+00	2,7E-01 ± 2E+00 ‡	4,4E+01 ± 7E+00		1,4E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	7,0E-01 ± 1E-01	6,0E-01 ± 8E-02	5,9E-01 ± 9E-02	5,8E-01 ± 8E-02	6,2E-01 ± 5E-02
H-3	6,2E+02 ± 7E+01	4,1E+02 ± 6E+01	5,3E+02 ± 6E+01	5,4E+02 ± 8E+01	5,3E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina E1				
	11. 1. 2017	22. 5. 2017	7. 9. 2017	9. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	49,55	45,70	48,48	42,33	
Kol. vzorca (L)					
Oznaka vzorca	K17VRE111	K17VRE151	K17VRE191	K17VRE1B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	4,5E+00 ± 9E-01	8,8E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 3E+00 ‡	1,3E+01 ± 1E+01 ‡	7,4E+00 ± 3E+00
Ra-226	3,5E+00 ± 5E-01	3,2E+00 ± 8E-01	2,8E+00 ± 6E-01	4,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 5E-01
Pb-210	2,2E+00 ± 6E-01	5,0E-01 †	7,0E+00 ± 2E+00	8,8E-02 ± 2E+00 ‡	2,4E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	2,5E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E-01
Th-228	3,9E-01 ± 7E-02	4,5E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01	7,8E-01 ± 1E-01
Th-230				3,2E+01 ± 3E+01 ‡	8,0E+00 ± 8E+00
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 6E+00
Be-7	3,1E+00 ± 6E-01		6,9E+00 ± 9E-01	6,7E-01 ± 2E+00 ‡	2,7E+00 ± 5E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137				5,9E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,3E+00 ± 2E-01	4,2E+00 ± 3E-01	4,1E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 1E-01
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP-4						
	28. 12. 2016	1. 2. 2017	1. 3. 2017	3. 4. 2017	3. 5. 2017	1. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Kol. vzorca (L)							
Oznaka vzorca	K17VRP411	K17VRP421	K17VRP431	K17VRP441	K17VRP451	K17VRP461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	2,7E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 7E+02	2,9E+04 ± 1E+03	2,1E+04 ± 9E+02	1,1E+04 ± 5E+02	1,8E+04 ± 7E+02	2,1E+04 ± 4E+02

Vzorč. mesto	vrtina VOP-4						
	3. 7. 2017	1. 8. 2017	4. 9. 2017	2. 10. 2017	2. 11. 2017	4. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Kol. vzorca (L)							
Oznaka vzorca	K17VRP471	K17VRP481	K17VRP491	K17VRP4A1	K17VRP4B1	K17VRP4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	8,4E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	9,4E+02 ± 8E+01	7,4E+02 ± 9E+01	2,1E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2017 T - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							
Datum vzor.	15. 12. 2016 - 16. 1. 2017	16. 1. 2017 - 15. 2. 2017	15. 2. 2017 - 15. 3. 2017	15. 3. 2017 - 18. 4. 2017	18. 4. 2017 - 16. 5. 2017	16. 5. 2017 - 15. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)	
Kol. vzorca (L)	43,11	39,51	43,02	43,71	46,47	48,96		
Oznaka vzorca	K17VC3111	K17VC3121	K17VC3131	K17VC3141	K17VC3151	K17VC3161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	2,7E+00 ± 5E+00 ‡	4,3E+00 ± 9E-01	5,5E+00 ± 5E+00 ‡	4,8E+00 ± 3E+00	4,1E+00 ± 5E+00 ‡	3,7E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	
Ra-226	3,7E-01 ± 3E-01 ‡	4,7E-01 ± 4E-01	1,1E-01 ± 5E-01 ‡	6,1E-01 ± 4E-01	5,7E-01 ± 5E-01 ‡	3,9E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 2E-01	
Pb-210	2,4E-01	2,4E+00 ± 9E-01	5,9E+00	4,5E-01 †	1,5E+01 ± 2E+01 ‡	1,0E+00 ± 1E+00 ‡	4,1E+00 ± 2E+00	x
Ra-228	2,8E-01 ± 3E-01 ‡	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	3,5E-01 ± 5E-01 ‡	7,7E-01 ± 6E-01	7,3E-01 ± 3E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	3,6E-01 ± 4E-01 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	2,8E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01	3,1E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 1E-01	
Th-230	6,2E+00 ± 7E+00 ‡	6,4E+00 ± 8E+00 ‡				2,1E+00 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	
K-40	2,7E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	
Be-7	9,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 2E+00 ‡			1,9E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 4E-01	
L-131								
Cs-134								
Cs-137		5,2E-03 ± 5E-02 ‡		3,4E-02 ± 1E-01 ‡			6,5E-03 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,7E-02 †	9,9E-02 †	1,0E-01 †	1,3E-01 †	9,9E-02 †	9,3E-02 †	1,0E-01 ± 5E-03	x
H-3	2,0E+02 ± 4E+01	1,2E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 6E+01	7,9E+01 ± 2E+01	2,0E+02 ± 2E+01	2,9E+01 †	1,4E+02 ± 3E+01	x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							
Datum vzor.	15. 6. 2017 - 17. 7. 2017	17. 7. 2017 - 16. 8. 2017	16. 8. 2017 - 18. 9. 2017	18. 9. 2017 - 16. 10. 2017	16. 10. 2017 - 16. 11. 2017	16. 11. 2017 - 18. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
Kol. vzorca (L)	42,80	48,15	45,26	49,79	45,70	49,82		
Oznaka vzorca	K17VC3171	K17VC3181	K17VC3191	K17VC31A1	K17VC31B1	K17VC31C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	3,4E+00 ± 4E+00 ‡	4,6E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 9E-01	5,3E+00 ± 9E-01	4,1E+00 ± 9E-01	
Ra-226	2,5E-01 ± 4E-01 ‡	7,9E-01 ± 6E-01	2,7E-01 ± 4E-01 ‡	6,4E-01 ± 5E-01	9,3E-01 ± 5E-01	2,3E-01 ± 3E-01 ‡	4,7E-01 ± 1E-01	
Pb-210	8,9E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 4E+00 ‡	8,1E-01 ± 5E+00 ‡	4,7E-01 †	4,4E+00 ± 7E-01	4,0E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 1E+00	x
Ra-228		3,3E-01 ± 5E-01 ‡	6,5E-01 ± 5E-01 ‡	1,1E+00 ± 4E-01	2,6E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01	
Th-228		6,1E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	3,8E-01 ± 3E-01	1,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,1E-01 ± 6E-02	3,4E-01 ± 8E-02	
Th-230						1,1E+01 ± 5E+00	1,9E+00 ± 1E+00	
K-40	2,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 1E+00	
Be-7	6,8E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 1E+00	1,7E+00 ± 8E-01	3,6E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 9E-01	3,5E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 3E-01	
L-131								
Cs-134								
Cs-137							3,3E-03 ± 1E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106				5,8E-01 ± 1E+00 ‡			4,9E-02 ± 1E-01	
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,8E-02 †	8,4E-02 †	9,6E-02 †	8,0E-02 †	9,1E-02 †	7,9E-02 †	9,5E-02 ± 3E-03	x
H-3	2,1E+01 †	2,7E+01 †	2,4E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 4E+01	2,0E+02 ± 2E+01	1,8E+01 †	1,2E+02 ± 2E+01	x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 31a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	15. 12. 2016 - 16. 1. 2017	16. 1. 2017 - 15. 2. 2017	15. 2. 2017 - 15. 3. 2017	15. 3. 2017 - 18. 4. 2017	18. 4. 2017 - 16. 5. 2017	16. 5. 2017 - 15. 6. 2017		
Kol. vzorca (L)	50,47	47,18	43,68	51,20	43,49	46,40		
Oznaka vzorca	K17VC1111	K17VC1121	K17VC1131	K17VC1141	K17VC1151	K17VC1161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	2,9E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 3E+00 ‡	1,2E+01 ± 3E+00	3,3E+00 ± 4E+00 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	4,3E-01 ± 4E-01 ‡	4,6E-01	2,8E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 2E+00	4,4E-01 ± 5E-01 ‡	2,8E+00 ± 4E-01	
Pb-210	2,4E+00 ± 4E-01	4,6E-01 †	3,4E+00 ± 7E-01	3,8E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 6E+00	3,3E-01 †	3,5E+00 ± 2E+00 x	
Ra-228	9,4E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,2E-01 ± 4E-01 ‡	6,6E-01 ± 4E-01	3,2E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-232	5,1E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E-01	4,1E-02 ± 3E-01 ‡	2,4E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-230			1,2E+01 ± 6E+00				2,0E+00 ± 1E+00	
K-40	7,5E+01 ± 7E+00	5,6E+01 ± 6E+00	8,8E+01 ± 1E+01	7,2E+01 ± 8E+00	8,1E+01 ± 9E+00	8,5E+01 ± 9E+00	7,6E+01 ± 3E+00	
Be-7			1,9E+00 ± 8E-01	9,8E-01 ± 1E+00 ‡			4,8E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137						3,9E-02 ± 2E-01 ‡	3,3E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,6E-01 ± 9E-02	4,2E-01 ± 8E-02	6,1E-01 ± 9E-02	9,2E-02 †	8,8E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 8E-02	4,8E-01 ± 1E-01 x	
H-3	2,0E+03 ± 3E+02	2,1E+03 ± 3E+02	1,9E+03 ± 3E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 31b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	15. 6. 2017 - 17. 7. 2017	17. 7. 2017 - 16. 8. 2017	16. 8. 2017 - 18. 9. 2017	18. 9. 2017 - 16. 10. 2017	16. 10. 2017 - 16. 11. 2017	16. 11. 2017 - 18. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	49,17	46,06	51,03	43,31	48,24	45,90		
Oznaka vzorca	K17VC1171	K17VC1181	K17VC1191	K17VC11A1	K17VC11B1	K17VC11C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	2,9E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 6E+00 ‡	3,9E+00 ± 8E-01	5,4E+00 ± 3E+00	6,3E+00 ± 4E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 8E-01	
Ra-226		2,8E-01 ± 6E-01 ‡	3,6E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 2E-01	
Pb-210	4,2E+00 ± 1E+01 ‡	4,8E-01 †	3,6E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 5E+00	6,1E-01 ± 1E+00 ‡	3,5E-01 ± 1E+00 ‡	3,9E+00 ± 1E+00 x	
Ra-228	1,3E+00 ± 8E-01	6,0E-01 ± 5E-01 ‡	2,9E-01 ± 4E-01 ‡	2,5E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 1E-01	
Th-232	8,6E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 3E-01 ‡		6,6E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	6,3E-01 ± 2E-01	9,0E-01 ± 9E-02	
Th-230					1,8E+01 ± 3E+01 ‡		2,6E+00 ± 3E+00	
K-40	8,4E+01 ± 8E+00	8,6E+01 ± 9E+00	8,3E+01 ± 8E+00	6,9E+01 ± 8E+00	1,8E+01 ± 3E+00	9,5E+01 ± 9E+00	7,4E+01 ± 2E+00	
Be-7	4,6E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,5E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 8E-01 ‡	4,3E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137				5,2E-03 ± 8E-02 ‡	1,6E-01 ± 2E-01 ‡		3,1E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,6E-01 ± 8E-02	5,8E-01 ± 9E-02	1,1E-01 †	2,7E-01 †	5,8E-01 ± 9E-02	5,9E-01 ± 8E-02	4,6E-01 ± 6E-02 x	
H-3	1,8E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 6E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Rore							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	15. 12. 2016 - 16. 1. 2017	16. 1. 2017 - 15. 2. 2017	15. 2. 2017 - 15. 3. 2017	15. 3. 2017 - 18. 4. 2017	18. 4. 2017 - 16. 5. 2017	16. 5. 2017 - 15. 6. 2017		
Datum vzor.	42,01	39,32	37,53	46,05	37,75	39,99		
Kol. vzorca (L)								
Oznaka vzorca	K17VC1411	K17VC1421	K17VC1431	K17VC1441	K17VC1451	K17VC1461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	3,0E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 6E+00 ‡	1,7E+00 ± 5E+00 ‡	3,4E+00 ± 3E+00	9,2E+00 ± 5E+00	1,6E+00 ± 6E+00 ‡	4,3E+00 ± 2E+00	
Ra-226	2,9E+00 ± 1E+00	9,4E-01 ± 8E-01 ‡	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	5,5E-01 ± 5E-01 ‡	1,6E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01 ‡	1,4E+00 ± 3E-01	
Pb-210	2,9E+00 ± 7E+00 ‡	4,7E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 3E+00	3,4E-01 †	4,0E-01 †	1,8E+00 ± 2E+00 ‡	2,5E+00 ± 8E-01	x
Ra-228	1,3E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 7E-01	7,8E-01 ± 4E-01	6,6E-01 ± 6E-01 ‡	3,4E-01 ± 4E-01 ‡	7,4E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 2E-01	
Th-228	1,8E+00 ± 2E-01	6,1E-01 ± 6E-01 ‡	1,5E+00 ± 3E-01	3,1E-01 ± 2E-01	6,6E-01 ± 4E-01	1,9E-01 ± 4E-01 ‡	8,4E-01 ± 2E-01	
Th-230		1,2E+01 ± 1E+01 ‡					2,0E+00 ± 2E+00	
K-40	2,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,9E+00 ± 1E+00		7,6E+00 ± 1E+00				1,9E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,2E-03 ± 7E-02 ‡			1,2E-01 ± 1E-01 ‡		1,6E-02 ± 1E-01 ‡	2,3E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,7E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 9E-02	6,4E-01 ± 9E-02	5,0E-01 ± 7E-02	1,4E-01 †	6,2E-01 ± 9E-02	4,9E-01 ± 7E-02	x
H-3	6,1E+02 ± 8E+01	6,9E+02 ± 8E+01	4,8E+02 ± 4E+01	5,9E+02 ± 8E+01	6,0E+02 ± 5E+01	5,0E+02 ± 8E+01	5,8E+02 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Rore						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
	15. 6. 2017 - 17. 7. 2017	17. 7. 2017 - 16. 8. 2017	16. 8. 2017 - 18. 9. 2017	18. 9. 2017 - 16. 10. 2017	16. 10. 2017 - 16. 11. 2017	16. 11. 2017 - 18. 1. 2018		
Datum vzor.	43,07	40,14	45,46	37,40	40,96	42,54		
Kol. vzorca (L)								
Oznaka vzorca	K17VC1471	K17VC1481	K17VC1491	K17VC14A1	K17VC14B1	K17VC14C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	2,3E+00 ± 6E-01	2,8E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 6E+00 ‡	9,0E+00 ± 8E+00 ‡	1,2E+01 ± 2E+00	4,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	1,5E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 7E-01	6,0E-01 ± 6E-01 ‡	2,3E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 9E-01	5,5E-01 ± 5E-01 ‡	1,4E+00 ± 2E-01	
Pb-210	4,5E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 5E+00 ‡	3,0E-01 †	2,6E+00 ± 2E+01 ‡	5,2E-01 †	2,9E-01 †	2,1E+00 ± 5E-01	x
Ra-228	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	7,4E-01 ± 6E-01	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 8E-01	8,5E-01 ± 2E-01	
Th-228	8,5E-02 ± 1E-01 ‡	4,1E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	9,9E-01 ± 3E-01	9,0E-01 ± 4E-01	3,4E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 9E-02	
Th-230							1,0E+00 ± 1E+00	
K-40	3,1E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	5,8E+00 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	
Be-7	9,3E+00 ± 1E+00	9,2E+00 ± 2E+00		1,1E+01 ± 2E+00	7,9E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		9,6E-02 ± 1E-01 ‡		9,2E-02 ± 1E-01 ‡			2,7E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,4E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 9E-02	5,5E-01 ± 4E-02	x
H-3	4,4E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 5E+01	7,4E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 8E+01	6,0E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 7E+01	5,8E+02 ± 2E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 33a
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	15. 12. 2016 - 16. 1. 2017	16. 1. 2017 - 15. 2. 2017	15. 2. 2017 - 15. 3. 2017	15. 3. 2017 - 18. 4. 2017	18. 4. 2017 - 16. 5. 2017	16. 5. 2017 - 15. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)	
Kol. vzorca (L)	48,97	45,80	42,30	51,39	42,25	45,01		
Oznaka vzorca	K17VC211	K17VC221	K17VC231	K17VC241	K17VC251	K17VC261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	1,1E+00 ± 3E+00 ‡	7,3E+00 ± 2E+00	3,7E-01 ± 5E+00 ‡	2,8E+00 ± 2E+00 ‡	4,0E+00 ± 4E+00 ‡	1,5E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	
Ra-226	5,6E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 8E-01	3,2E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 4E-01	
Pb-210	7,2E-01	5,7E+00 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+01	3,7E-01	2,9E+00 ± 3E+00 ‡	4,7E-01 ± 7E-01 ‡	8,0E+00 ± 6E+00 x	
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 6E-01	9,9E-01 ± 7E-01	8,4E-01 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	
Th-228	9,8E-01 ± 3E-01	8,6E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	5,4E-02 ± 9E-02 ‡	7,0E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	6,5E+01 ± 7E+00	3,9E+01 ± 4E+00	8,0E+01 ± 8E+00	8,2E+01 ± 8E+00	6,9E+01 ± 7E+00	7,3E+01 ± 9E+00	6,8E+01 ± 3E+00	
Be-7					1,1E+00 ± 5E+00 ‡	9,8E-01 ± 7E-01	3,4E-01 ± 8E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			1,5E-01 ± 2E-01 ‡				2,6E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,4E-01 ± 8E-02	9,3E-01 ± 9E-02	4,7E-01 ± 7E-02	4,3E-01 ± 7E-02	1,2E-01	4,6E-01 ± 8E-02	4,9E-01 ± 1E-01 x	
H-3	1,8E+03 ± 3E+02	1,0E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 3E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 9E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 33b
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	15. 6. 2017 - 17. 7. 2017	17. 7. 2017 - 16. 8. 2017	16. 8. 2017 - 18. 9. 2017	18. 9. 2017 - 16. 10. 2017	16. 10. 2017 - 16. 11. 2017	16. 11. 2017 - 18. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
Kol. vzorca (L)	48,03	44,96	49,67	42,20	46,75	48,18		
Oznaka vzorca	K17VC271	K17VC281	K17VC291	K17VC2A1	K17VC2B1	K17VC2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	3,7E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 6E+00 ‡	3,0E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 6E+00 ‡	4,7E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	3,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226	6,7E-01 ± 4E-01	5,7E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 4E-01	8,2E-01 ± 4E-01	1,9E+00 ± 2E-01	
Pb-210	3,9E-01 ± 4E+00 ‡	3,1E+00 ± 2E+00	4,2E-01	4,3E-01	3,3E+00 ± 4E+00 ‡	9,7E+00 ± 5E+00	5,5E+00 ± 3E+00 x	
Ra-228	7,2E-01 ± 5E-01	2,6E-01 ± 4E-01 ‡	1,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	7,5E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 1E-01	
Th-228	3,8E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 7E-01	6,1E-01 ± 2E-01	8,8E-01 ± 2E-01	9,3E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	7,0E-01 ± 8E-02	
Th-230								
K-40	6,4E+01 ± 7E+00	9,0E+01 ± 9E+00	7,1E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 6E+00	1,3E+01 ± 3E+00	8,0E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 2E+00	
Be-7	4,6E+00 ± 1E+00	8,7E+00 ± 1E+00	1,6E+01 ± 2E+00		1,3E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00	4,6E+00 ± 5E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137							1,3E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,1E-02	1,2E-01	1,5E-01	4,4E-01 ± 8E-02	5,9E-01 ± 8E-02	6,9E-01 ± 9E-02	4,2E-01 ± 7E-02 x	
H-3	2,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 6E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod)							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	15. 12. 2016 - 16. 1. 2017	16. 1. 2017 - 15. 2. 2017	15. 2. 2017 - 15. 3. 2017	15. 3. 2017 - 18. 4. 2017	18. 4. 2017 - 16. 5. 2017	16. 5. 2017 - 15. 6. 2017		
Kol. vzorca (L)	49,94	50,47	51,94	51,58	51,60	51,09		
Oznaka vzorca	K17VC3211	K17VC3221	K17VC3231	K17VC3241	K17VC3251	K17VC3261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	9,9E-01 ± 1E+00 ‡	4,5E+00 ± 2E+00	7,8E-01 ± 1E+00 ‡	2,7E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 5E-01	
Ra-226	3,7E-01 ± 3E-01	8,9E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 1E+00	1,3E-01 ± 2E-01 ‡		4,9E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01	
Pb-210	4,6E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 3E+00	4,1E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 8E-01		5,1E+00 ± 5E-01	5,0E+00 ± 8E-01	
Ra-228	5,9E-01 ± 3E-01	4,1E-01 ± 4E-01 ‡	1,9E-01 ± 3E-01 ‡			4,7E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 1E-01	
Th-228	5,1E-01 ± 6E-01 ‡	3,3E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01		4,9E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00	
Be-7	3,4E+00 ± 8E-01	4,7E-02 ± 5E-01 ‡	2,1E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 8E-01	9,3E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			3,5E-03 ± 4E-02 ‡				5,8E-04 ± 7E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,4E-02	8,4E-02 †	7,7E-02 †	8,0E-02 †	8,3E-02 †	8,6E-02 †	8,2E-02 ± 1E-03 x	
H-3	2,0E+02 ± 4E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 1E+01	2,9E+01 †	1,2E+02 ± 2E+01 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod)							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	15. 6. 2017 - 17. 7. 2017	17. 7. 2017 - 16. 8. 2017	16. 8. 2017 - 18. 9. 2017	18. 9. 2017 - 16. 10. 2017	16. 10. 2017 - 16. 11. 2017	16. 11. 2017 - 18. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	50,86	43,21	47,44	36,41	44,11	44,95		
Oznaka vzorca	K17VC3271	K17VC3281	K17VC3291	K17VC32A1	K17VC32B1	K17VC32C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	2,7E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E+00 ‡	9,1E-01 ± 1E+00 ‡	7,6E+00 ± 3E+00	2,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 4E-01	
Ra-226	2,2E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 8E-01 ‡	3,2E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 3E+00 ‡	8,6E-01 ± 2E+00 ‡	6,1E-01 ± 5E-01	8,4E-01 ± 3E-01	
Pb-210	7,7E+00 ± 8E-01	3,4E-01 †	9,8E+00 ± 4E+00	5,1E-03 ± 2E+00 ‡	1,3E+00 ± 4E+00 ‡	3,5E+00 ± 5E+00 ‡	4,4E+00 ± 9E-01 x	
Ra-228	4,1E-01 ± 4E-01 ‡		3,2E-01 ± 3E-01 ‡	1,3E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 6E-01	8,0E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 1E-01	
Th-228	6,5E-01 ± 7E-01 ‡	7,3E-01 ± 3E-01	7,4E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01	7,6E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	2,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 9E-01	
Be-7	1,4E+01 ± 1E+00	3,0E+00 ± 2E+00		8,2E+00 ± 4E+00	2,3E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		9,7E-02 ± 2E-01 ‡				3,2E-02 ± 9E-02 ‡	1,1E-02 ± 1E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,5E-02	9,1E-02 †	9,7E-02 †	1,2E-01 †	9,0E-02 †	1,1E-01 †	9,0E-02 ± 3E-03 x	
H-3	2,4E+02 ± 4E+01	2,3E+01 †	1,7E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	1,8E+01 †	1,3E+02 ± 2E+01 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 35a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	11. 1. 2017	3. 2. 2017	3. 3. 2017	5. 4. 2017	5. 5. 2017	7. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	48,65	50,24	47,86	51,32	48,56	52,81	
Oznaka vzorca	MED01-17	MED02-17	MED03-17	MED04-17	MED05-17	MED06-17	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	7,0E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 2E+00	8,9E+00 ± 3E+00	6,6E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 9E-01
Ra-226					1,1E+00 ± 5E-01	6,7E-01 ± 4E-01	2,9E-01 ± 1E-01
Pb-210						8,4E-01 ± 6E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	5,6E+01 ± 9E+00	6,1E+01 ± 1E+01	8,1E+01 ± 1E+01	5,3E+01 ± 9E+00	4,6E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 1E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	9,4E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 35b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	5. 7. 2017	2. 8. 2017	15. 9. 2017	4. 10. 2017	3. 11. 2017	4. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,34	46,25	48,98	46,01	47,76	51,33	
Oznaka vzorca	MED07-17	MED08-17	MED09-17	MED10-17	MED11-17	MED12-17	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	6,5E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 3E+00	5,9E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 3E+00	7,8E+00 ± 3E+00	3,5E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 6E-01			9,5E-01 ± 5E-01			3,6E-01 ± 8E-02
Pb-210							
Ra-228	1,5E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 9E-01			1,2E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 7E-01	5,9E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	8,6E+01 ± 1E+01	8,7E+01 ± 1E+01	6,7E+01 ± 1E+01	6,6E+01 ± 1E+01	6,3E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 9E+00	6,7E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137				3,1E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 1E-01		5,1E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,1E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 7E-02
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	6,7E+02 ± 1E+02	7,9E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 1E+02	9,9E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 36a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvaška)						
Datum vzor.	11. 1. 2017	3. 2. 2017	3. 3. 2017	5. 4. 2017	5. 5. 2017	7. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	49,22	47,79	47,40	49,39	47,28	51,67	
Oznaka vzorca	SIB01-17	SIB02-17	SIB03-17	SIB04-17	SIB05-17	SIB06-17	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	6,8E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	5,9E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 3E+00	7,2E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	8,8E-01 ± 5E-01	8,2E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	2,0E+00 ± 9E-01	2,1E+00 ± 1E+00		1,2E+00 ± 8E-01		1,6E+00 ± 9E-01	1,1E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,9E+01 ± 9E+00	5,0E+01 ± 9E+00	5,9E+01 ± 1E+01	5,3E+01 ± 9E+00	4,8E+01 ± 9E+00	5,0E+01 ± 9E+00	5,3E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,1E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 1E-01
H-3	5,8E+02 ± 1E+02	5,5E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 1E+02	4,8E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 36b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvaška)						
Datum vzor.	5. 7. 2017		15. 9. 2017	4. 10. 2017	3. 11. 2017	4. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	47,54		50,66	44,40	46,40	48,43	
Oznaka vzorca	SIB07-17		SIB09-17	SIB10-17	SIB11-17	SIB12-17	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	6,5E+00 ± 3E+00		5,4E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 3E+00	6,6E+00 ± 3E+00	4,3E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 8E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 5E-01		2,0E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 6E-01		1,6E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228			2,1E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 9E+00		6,1E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 9E+00	5,7E+01 ± 1E+01	5,6E+01 ± 9E+00	5,3E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137				2,5E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 1E-01	5,9E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,6E+00 ± 3E-01		4,3E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 1E-01
H-3	4,3E+02 ± 1E+02		4,4E+02 ± 1E+02	5,0E+02 ± 1E+02	4,6E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2017 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017		
Kol. vzorca (L)	8,18	24,93	2,74	18,97	12,38	20,64		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	33,6	53,7	25,9	43,4	31,1	95,6		
Oznaka vzorca	K17PD211	K17PD221	K17PD231	K17PD241	K17PD251	K17PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	1,2E+00 ± 7E+00 ‡	5,2E+00 ± 9E+00 ‡	5,3E+01 ± 5E+01 ‡	7,8E+00 ± 4E+00		9,8E+00 ± 1E+01 ‡	1,3E+01 ± 9E+00	
U-238	1,9E+01 ± 4E+00	6,5E+00 ± 1E+00		8,4E-01 ± 9E-01 ‡	2,5E+00 ± 6E-01	3,3E+00 ± 1E+00	5,4E+00 ± 8E-01	
Ra-226	4,8E+01 ± 1E+01	3,5E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 7E+01	1,5E+02 ± 1E+01		2,3E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 1E+01	
Pb-210		1,7E+00 ± 6E-01		1,8E+00 ± 1E+00		7,8E-01 ± 9E-01 ‡	7,1E-01 ± 2E-01	
Ra-228					2,7E+01 ± 1E+01		4,6E+00 ± 2E+00	
Th-230	9,7E-01 ± 2E+00 ‡	2,1E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 5E+00	8,5E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 4E-01 ‡	8,8E-01 ± 4E-01	2,0E+00 ± 9E-01	
Th-228	3,3E+00 ± 7E+00 ‡	2,2E+01 ± 4E+00		1,2E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 6E+00	1,7E+01 ± 2E+00	
K-40	5,8E+01 ± 8E+00	2,7E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 6E+01	1,6E+02 ± 7E+00	7,9E+01 ± 6E+00	6,8E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 1E+01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,4E-02 ± 3E-01 ‡	9,5E-01 ± 5E-01	4,4E-01 ± 2E+00 ‡			4,0E-01 ± 3E-01	3,0E-01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,7E-01	1,0E+00 ± 2E-01	4,2E-01	2,8E-01	3,4E-01	2,3E-01	4,7E-01 ± 1E-01 x	
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	5,7E+02 ± 7E+01	1,8E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 9E+01	1,5E+03 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(***) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017		
Kol. vzorca (L)	8,2	24,9	2,7	19,0	12,4	20,6		Polletni used (*)
Padavine (mm)***	33,6	53,7	25,9	43,4	31,1	95,6		
Oznaka vzorca	K17PD211	K17PD221	K17PD231	K17PD241	K17PD251	K17PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22	4,1E-02 ± 3E-01 ‡	2,8E-01 ± 5E-01 ‡	1,4E+00 ± 1E+00 ‡	3,4E-01 ± 2E-01		9,4E-01 ± 1E+00 ‡	3,0E+00 ± 2E+00	
U-238	6,4E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 8E-02		3,7E-02 ± 4E-02 ‡	7,8E-02 ± 2E-02	3,1E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	
Ra-226	1,6E+00 ± 4E-01	1,9E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	6,5E+00 ± 4E-01		2,2E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 3E+00	
Pb-210		9,2E-02 ± 3E-02		7,8E-02 ± 4E-02		7,5E-02 ± 8E-02 ‡	2,4E-01 ± 1E-01	
Ra-228					8,5E-01 ± 4E-01		8,5E-01 ± 4E-01	
Th-230	3,3E-02 ± 7E-02 ‡	1,1E-01 ± 2E-02	1,8E-01 ± 1E-01	3,7E-02 ± 2E-02	1,3E-02 ± 1E-02 ‡	8,4E-02 ± 4E-02	4,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	1,1E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E+00 ± 2E-01		5,1E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 1E-01	4,5E+00 ± 6E-01	6,9E+00 ± 7E-01	
K-40	2,0E+00 ± 3E-01	1,4E+01 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	6,5E+01 ± 4E+00	9,4E+01 ± 4E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,1E-04 ± 9E-03 ‡	5,1E-02 ± 3E-02	1,1E-02 ± 6E-02 ‡			3,8E-02 ± 3E-02	1,0E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,9E-02	5,4E-02 ± 1E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,1E-02	2,2E-02	1,3E-01 ± 1E-02 x	
H-3	5,0E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 8E+00	1,5E+01 ± 2E+00	8,0E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 3E+00	1,3E+02 ± 9E+00	4,5E+02 ± 1E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(***) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 37b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	20,54	32,13	50,12	28,18	38,98	16,20		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)***	76,7	103,5	291,1	89,4	141,4	106,9		
Oznaka vzorca	K17PD271	K17PD281	K17PD291	K17PD2A1	K17PD2B1	K17PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	1,4E+01 ± 4E+00	6,3E-01 ± 9E-01 ‡	1,5E+00 ± 2E+00 ‡			3,8E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 5E+00	
U-238	2,7E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 3E-01		1,2E+00 ± 1E+00 ‡	1,2E+00 ± 2E+00 ‡		3,2E+00 ± 5E-01	
Ra-226	7,7E+02 ± 3E+01	7,9E+01 ± 4E+00	6,7E+00 ± 1E+00	2,7E+01 ± 5E+00		7,9E+00 ± 1E+00	1,9E+02 ± 7E+00	
Pb-210	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	4,5E-01 ± 5E-01 ‡	2,2E-01 ± 4E-01 ‡				5,8E-01 ± 2E-01	
Ra-228		1,6E+01 ± 6E+00			1,3E+01 ± 1E+01 ‡	4,5E+01 ± 2E+01	8,5E+00 ± 2E+00	
Th-230		6,1E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 4E-01	2,0E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 8E-01 ‡	3,1E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01	
Th-228	2,5E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00		3,6E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 1E+00	
K-40	4,8E+01 ± 8E+00	1,9E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01			2,2E+02 ± 7E+00	
Be-7	7,1E+02 ± 4E+01							
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E+00 ± 5E-01	1,6E-01 ± 1E-01					2,9E-01 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106				9,8E+01 ± 9E+00			8,1E+00 ± 7E-01	
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E-01 †	9,4E-02 †	1,5E-01 †	1,3E-01 †	2,6E-01 †	4,2E-01 ± 1E-01 x	
H-3	1,5E+03 ± 9E+01	1,1E+03 ± 8E+01	1,1E+03 ± 8E+01	1,1E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 3E+01	

- (*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	20,5	32,1	50,1	28,2	39,0	16,2		Letni used (*)
Padavine (mm)***	76,7	103,5	291,1	89,4	141,4	106,9		
Oznaka vzorca	K17PD271	K17PD281	K17PD291	K17PD2A1	K17PD2B1	K17PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	1,1E+00 ± 3E-01	6,5E-02 ± 9E-02 ‡	4,5E-01 ± 5E-01 ‡			4,1E-01 ± 2E-01	5,0E+00 ± 2E+00	
Ra-226	2,1E-01 ± 8E-02	1,5E-01 ± 3E-02		1,1E-01 ± 1E-01 ‡	1,7E-01 ± 3E-01 ‡		2,1E+00 ± 4E-01	
Pb-210	5,9E+01 ± 3E+00	8,2E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 5E-01		8,4E-01 ± 2E-01	1,4E+02 ± 4E+00	
Ra-228	1,5E-01 ± 1E-01 ‡	4,6E-02 ± 5E-02 ‡	6,5E-02 ± 1E-01 ‡				5,1E-01 ± 2E-01	
Th-230		1,6E+00 ± 6E-01			1,9E+00 ± 2E+00 ‡	4,8E+00 ± 2E+00	9,2E+00 ± 3E+00	
Th-228	1,9E-01 ± 4E-02	6,3E-02 ± 1E-02	1,3E-01 ± 1E-01	1,8E-02 ± 3E-02 ‡	4,9E-02 ± 1E-01 ‡	3,3E-02 ± 2E-02	9,4E-01 ± 2E-01	
K-40	3,7E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01	9,9E-01 ± 5E-01	3,2E-01 ± 2E-01			1,3E+01 ± 1E+00	
Be-7	5,4E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 1E+00	5,2E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 4E-01	2,3E+02 ± 6E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 4E-02	1,6E-02 ± 1E-02					2,3E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106				8,7E+00 ± 8E-01			8,7E+00 ± 8E-01	
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 ± 1E-02	1,4E-02 †	2,7E-02 †	1,4E-02 †	1,8E-02 †	2,8E-02 †	3,4E-01 ± 2E-02 x	
H-3	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 8E+00	3,1E+02 ± 2E+01	9,9E+01 ± 9E+00	2,4E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,5E+03 ± 4E+01	

- (*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 38a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	8,92	21,32	2,19	16,58	12,96	22,45		
Padavine (mm)	5,1	62,0	21,2	54,4	51,0	87,6		
Oznaka vzorca	K17PD311	K17PD321	K17PD331	K17PD341	K17PD351	K17PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	4,4E+00 ± 3E+01 ‡	4,0E+00 ± 6E+00 ‡	1,3E+02 ± 2E+02 ‡	3,7E+00 ± 2E+01 ‡	1,1E+01 ± 2E+01 ‡	3,0E+00 ± 1E+01 ‡	2,5E+01 ± 3E+01	
U-238								
Ra-226		1,6E+00 ± 1E+00 ‡	9,4E+01 ± 5E+01	2,6E+00 ± 3E+00 ‡	2,8E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 9E-01	1,7E+01 ± 8E+00	
Pb-210	1,7E+01 ± 9E+00	1,2E+02 ± 1E+01	8,2E+02 ± 4E+02	2,4E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 6E+00	1,9E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 7E+01	
Ra-228	4,0E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 7E-01	6,4E+01 ± 5E+01		9,7E-01 ± 2E+00 ‡		1,2E+01 ± 8E+00	
Th-230					9,6E+00 ± 3E+01 ‡	3,2E+01 ± 2E+01	6,9E+00 ± 6E+00	
Th-228	6,1E-01 ± 3E+00 ‡	2,0E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 2E+01	1,3E+00 ± 2E+00 ‡		2,7E-01 ± 5E-01 ‡	4,5E+00 ± 3E+00	
K-40	8,8E+00 ± 1E+01 ‡	1,1E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 2E+02 ‡	1,6E+01 ± 6E+00	1,6E+01 ± 9E+00	2,6E+01 ± 5E+00	1,5E+01 ± 3E+01	
Be-7	3,9E+01 ± 8E+00	1,9E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 1E+02 ‡	1,1E+02 ± 7E+00	8,0E+01 ± 6E+00	4,6E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,4E-01 ± 2E-01 ‡	2,4E-01 ± 5E+00 ‡	4,6E-01 ± 4E-01 ‡		6,0E-02 ± 2E-01 ‡	1,5E-01 ± 8E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,9E-01	2,1E-01 †	5,9E-01 †	3,2E-01 †	3,4E-01 †	2,0E-01 †	3,8E-01 ± 7E-02	x
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	8,1E+02 ± 8E+01	7,5E+02 ± 7E+01	1,3E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 9E+01	1,2E+03 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	8,9	21,3	2,2	16,6	13,0	22,5		
Padavine (mm)	5,1	62,0	21,2	54,4	51,0	87,6		
Oznaka vzorca	K17PD311	K17PD321	K17PD331	K17PD341	K17PD351	K17PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	2,2E-02 ± 1E-01 ‡	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,7E+00 ± 3E+00 ‡	2,0E-01 ± 9E-01 ‡	5,6E-01 ± 1E+00 ‡	2,7E-01 ± 9E-01 ‡	4,0E+00 ± 4E+00	
Ra-226		9,9E-02 ± 8E-02 ‡	2,0E+00 ± 1E+00	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	1,4E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 8E-02	2,5E+00 ± 1E+00	
Pb-210	8,8E-02 ± 4E-02	7,7E+00 ± 7E-01	1,7E+01 ± 9E+00	1,3E+00 ± 3E-01	8,7E-01 ± 3E-01	1,7E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 9E+00	
Ra-228	2,1E-02 ± 1E-02	8,0E-02 ± 5E-02	1,4E+00 ± 1E+00		4,9E-02 ± 1E-01 ‡		1,5E+00 ± 1E+00	
Th-230					4,9E-01 ± 2E+00 ‡	2,8E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	
Th-228	3,1E-03 ± 2E-02 ‡	1,2E-01 ± 7E-02	4,8E-01 ± 4E-01	6,9E-02 ± 9E-02 ‡		2,4E-02 ± 4E-02 ‡	7,0E-01 ± 4E-01	
K-40	4,5E-02 ± 6E-02 ‡	6,5E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 4E+00 ‡	8,7E-01 ± 3E-01	8,4E-01 ± 4E-01	2,3E+00 ± 5E-01	5,0E+00 ± 4E+00	
Be-7	2,0E-01 ± 4E-02	1,2E+01 ± 5E-01	2,7E+00 ± 2E+00 ‡	6,0E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 3E-01	4,0E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 3E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		8,6E-03 ± 1E-02 ‡	5,0E-03 ± 1E-01 ‡	2,5E-02 ± 2E-02 ‡		5,2E-03 ± 2E-02 ‡	4,4E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,0E-03	1,3E-02 †	1,3E-02 †	1,8E-02 †	1,7E-02 †	1,8E-02 †	8,1E-02	x
H-3	6,5E+00 ± 5E-01	5,0E+01 ± 5E+00	1,6E+01 ± 2E+00	7,3E+01 ± 5E+00	8,9E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 8E+00	3,5E+02 ± 1E+01	

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 38b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	16,73	36,39	50,74	24,29	36,90	16,54		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)	65,5	106,7	301,0	106,0	156,2	103,1		
Oznaka vzorca	K17PD371	K17PD381	K17PD391	K17PD3A1	K17PD3B1	K17PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	3,7E+00 ± 6E+00 ‡	3,0E+00 ± 2E+00	8,4E-01 ± 6E-01	4,2E+00 ± 4E+00 ‡	4,4E+00 ± 4E+00 ‡	2,2E+00 ± 1E+01 ‡	1,4E+01 ± 1E+01	
Ra-226	8,5E+00 ± 3E+00	1,0E-01 ± 5E-01 ‡		1,2E+00 ± 1E+00 ‡	1,2E+00 ± 8E-01		9,5E+00 ± 4E+00	
Pb-210	6,3E+02 ± 3E+01	1,0E+02 ± 6E+00	5,0E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 7E+00	1,7E+02 ± 3E+01	
Ra-228	4,1E+00 ± 1E+00	7,4E-01 ± 6E-01			1,5E+00 ± 6E-01	8,4E-01 ± 2E+00 ‡	6,5E+00 ± 4E+00	
Th-230							3,4E+00 ± 3E+00	
Th-228	3,1E+00 ± 7E-01	5,5E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 4E-01	3,4E-01 ± 2E-01		2,7E+00 ± 1E+00	
K-40	4,9E+01 ± 9E+00	6,3E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 1E+00	6,3E+00 ± 3E+00	4,5E+00 ± 3E+00	1,7E+00 ± 6E+00 ‡	1,4E+01 ± 2E+01	
Be-7	8,6E+02 ± 4E+01	9,1E+02 ± 3E+01	6,7E+02 ± 5E+01	2,6E+02 ± 3E+01	1,0E+02 ± 4E+00	8,5E+01 ± 6E+00	3,3E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E+00 ± 3E-01						2,1E-01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			1,1E-01 ± 7E-01 ‡	6,6E+01 ± 2E+01			5,5E+00 ± 2E+00	
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,7E-01	9,6E-02 †	9,5E-02 †	2,1E-01 †	1,2E-01 †	2,9E-01 †	2,8E-01 ± 5E-02	x
H-3	1,2E+03 ± 8E+01	7,8E+02 ± 7E+01	9,5E+02 ± 7E+01	8,1E+02 ± 1E+02	6,7E+02 ± 9E+01	8,2E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (L)	16,7	36,4	50,7	24,3	36,9	16,5		Letni used (*)
Padavine (mm)	65,5	106,7	301,0	106,0	156,2	103,1		
Oznaka vzorca	K17PD371	K17PD381	K17PD391	K17PD3A1	K17PD3B1	K17PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	2,4E-01 ± 4E-01 ‡	3,2E-01 ± 2E-01	2,5E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 4E-01 ‡	6,8E-01 ± 6E-01 ‡	2,3E-01 ± 2E+00 ‡	6,2E+00 ± 4E+00	
Ra-226	5,6E-01 ± 2E-01	1,1E-02 ± 5E-02 ‡		1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,8E-01 ± 1E-01		3,4E+00 ± 1E+00	
Pb-210	4,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E-01	1,5E+01 ± 8E-01	2,2E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 7E-01	6,1E+00 ± 7E-01	1,3E+02 ± 9E+00	
Ra-228	2,7E-01 ± 8E-02	7,9E-02 ± 6E-02			2,3E-01 ± 9E-02	8,6E-02 ± 2E-01 ‡	2,2E+00 ± 1E+00	
Th-230							3,3E+00 ± 2E+00	
Th-228	2,1E-01 ± 5E-02	5,8E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 4E-02	5,3E-02 ± 3E-02		1,3E+00 ± 4E-01	
K-40	3,2E+00 ± 6E-01	6,7E-01 ± 3E-01	3,3E+00 ± 4E-01	6,7E-01 ± 3E-01	7,0E-01 ± 5E-01	1,7E-01 ± 7E-01 ‡	1,4E+01 ± 4E+00	
Be-7	5,7E+01 ± 3E+00	9,8E+01 ± 4E+00	2,0E+02 ± 1E+01	2,8E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 7E-01	8,8E+00 ± 6E-01	4,7E+02 ± 2E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-02						1,5E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			3,3E-02 ± 2E-01	7,0E+00 ± 2E+00			7,0E+00 ± 2E+00	
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,8E-02	1,0E-02 †	2,9E-02 †	2,3E-02 †	1,9E-02 †	2,9E-02 †	2,1E-01	x
H-3	8,0E+01 ± 5E+00	8,3E+01 ± 7E+00	2,9E+02 ± 2E+01	8,5E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	8,5E+01 ± 9E+00	1,1E+03 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 39a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Dobova								Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017			
Kol. vzorca (L)	7,79	20,82	2,31	14,81	14,60	19,47			
Padavine (mm)	38,8	52,2	9,9	57,0	59,4	58,2			
Oznaka vzorca	K17PD411	K17PD421	K17PD431	K17PD441	K17PD451	K17PD461			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)								
Na-22					6,4E-01 ± 5E-01				1,1E-01 ± 8E-02
U-238	1,9E+01 ± 9E+00				2,7E+00 ± 4E+00 ‡		1,0E+01 ± 6E+00		5,4E+00 ± 2E+00
Ra-226			2,3E+02 ± 8E+01		1,2E+00 ± 2E+00 ‡		1,9E+00 ± 9E-01		3,8E+01 ± 1E+01
Pb-210	2,5E+01 ± 2E+01 ‡	1,9E+02 ± 1E+01	8,3E+01		3,5E+02 ± 2E+01		5,1E+01 ± 3E+00		1,3E+02 ± 5E+01 x
Ra-228			5,0E+01 ± 3E+01		2,1E+00 ± 1E+00			1,6E+00 ± 9E-01	8,9E+00 ± 5E+00
Th-230							2,0E+01 ± 1E+01		3,4E+00 ± 2E+00
Th-228	3,7E+00 ± 2E+00	9,6E-01 ± 4E-01	1,6E+01 ± 2E+01 ‡		1,4E+00 ± 1E+00		8,7E-01 ± 3E-01		4,1E+00 ± 3E+00
K-40	1,4E+01 ± 1E+01 ‡	1,1E+01 ± 3E+00			3,7E+01 ± 9E+00		2,0E+01 ± 5E+00		1,6E+01 ± 3E+00
Be-7	6,4E+01 ± 8E+00	4,1E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 1E+02		6,9E+02 ± 4E+01		2,1E+02 ± 1E+01		8,0E+02 ± 7E+01
I-131									4,1E+02 ± 2E+01
Cs-134									
Cs-137	2,8E-01 ± 8E-01 ‡	4,5E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 4E+00 ‡		2,9E-02 ± 5E-01 ‡		1,6E-02 ± 1E-01 ‡		8,3E-02 ± 3E-01 ‡
Co-58									1,9E-01 ± 6E-01
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	5,7E-01 †	2,2E-01 †	5,9E-01 †		3,1E-01 †		3,2E-01 †		2,2E-01 †
H-3	4,5E+02 ± 7E+01	6,4E+02 ± 7E+01	7,1E+02 ± 7E+01		1,2E+03 ± 9E+01		1,4E+03 ± 1E+02		1,2E+03 ± 9E+01 †

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Dobova								Polletni used (*)
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017			
Kol. vzorca (L)	7,8	20,8	2,3	14,8	14,6	19,5			
Padavine (mm)	38,8	52,2	9,9	57,0	59,4	58,2			
Oznaka vzorca	K17PD411	K17PD421	K17PD431	K17PD441	K17PD451	K17PD461			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22					3,8E-02 ± 3E-02				3,8E-02 ± 3E-02
U-238	7,5E-01 ± 3E-01				1,6E-01 ± 2E-01 ‡		6,1E-01 ± 4E-01		1,5E+00 ± 5E-01
Ra-226			2,2E+00 ± 8E-01		6,7E-02 ± 1E-01 ‡		1,1E-01 ± 5E-02		6,6E-02 ± 8E-02 ‡
Pb-210	9,6E-01 ± 8E-01 ‡	1,0E+01 ± 7E-01	8,2E-01		2,0E+01 ± 1E+00		3,0E+00 ± 2E-01		5,0E+00 ± 5E-01
Ra-228			4,9E-01 ± 3E-01		1,2E-01 ± 7E-02			9,6E-02 ± 5E-02	7,1E-01 ± 3E-01
Th-230							1,2E+00 ± 8E-01		1,2E+00 ± 8E-01
Th-228	1,4E-01 ± 6E-02	5,0E-02 ± 2E-02	1,6E-01 ± 2E-01 ‡		8,1E-02 ± 6E-02		5,2E-02 ± 2E-02		9,4E-02 ± 3E-02
K-40	5,3E-01 ± 4E-01 ‡	5,7E-01 ± 1E-01			2,1E+00 ± 5E-01		1,2E+00 ± 3E-01		8,2E-01 ± 2E-01
Be-7	2,5E+00 ± 3E-01	2,1E+01 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00		3,9E+01 ± 2E+00		1,2E+01 ± 9E-01		4,7E+01 ± 4E+00
I-131									1,2E+02 ± 5E+00
Cs-134									
Cs-137	1,1E-02 ± 3E-02 ‡	2,3E-02 ± 8E-03	2,8E-03 ± 3E-02 ‡		1,6E-03 ± 3E-02 ‡		9,4E-04 ± 8E-03 ‡		4,8E-03 ± 2E-02 ‡
Co-58									4,5E-02 ± 6E-02
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	2,2E-02 †	1,1E-02 †	5,9E-03 †		1,8E-02 †		1,9E-02 †		1,3E-02 †
H-3	1,7E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	7,0E+00 ± 7E-01		6,6E+01 ± 5E+00		8,6E+01 ± 6E+00		6,9E+01 ± 5E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 39b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	20,76	42,52	49,72	24,64	48,46	14,93		
Padavine (mm)	88,8	108,0	291,0	80,8	150,5	78,5		
Oznaka vzorca	K17PD471	K17PD481	K17PD491	K17PD4A1	K17PD4B1	K17PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								5,4E-02 ± 4E-02
U-238	2,2E+00 ± 3E+00 ‡		1,4E+00 ± 2E+00 ‡		3,3E+00 ± 5E+00 ‡			3,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	4,9E+00 ± 2E+00				2,7E-01 ± 8E-01 ‡			2,0E+01 ± 7E+00
Pb-210	4,8E+02 ± 4E+01	2,8E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	7,3E+01 ± 6E+00	8,8E+00 ± 1E+00		2,7E+01 ± 8E+00	1,2E+02 ± 4E+01 x
Ra-228	4,6E-01 ± 6E-01 ‡		5,0E-01 ± 4E-01 ‡		5,8E-01 ± 4E-01		1,5E+00 ± 2E+00 ‡	4,7E+00 ± 3E+00
Th-230								1,7E+00 ± 1E+00
Th-228	2,3E+00 ± 1E+00	2,5E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 2E-01		8,0E-01 ± 2E-01		2,2E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00
K-40	3,8E+01 ± 6E+00	8,2E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 5E+00	3,3E+00 ± 2E+00		6,2E+00 ± 7E+00 ‡	1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	8,9E+02 ± 7E+01	6,4E+02 ± 4E+01	6,0E+02 ± 2E+01	6,9E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01		2,4E+02 ± 1E+01	4,9E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,6E-01 ± 3E-01							1,8E-01 ± 3E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106				1,1E+02 ± 9E+00	8,6E-01 ± 8E-01 ‡			8,9E+00 ± 8E-01
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,3E-01 †	1,0E-01 †	9,1E-02 †	2,1E-01 †	1,0E-01 †	3,2E-01 †		2,7E-01 ± 5E-02 x
H-3	1,2E+03 ± 8E+01	8,7E+02 ± 7E+01	5,6E+02 ± 6E+01	1,1E+03 ± 9E+01	6,7E+02 ± 1E+02	4,3E+02 ± 8E+01		8,7E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	20,8	42,5	49,7	24,6	48,5	14,9		
Padavine (mm)	88,8	108,0	291,0	80,8	150,5	78,5		
Oznaka vzorca	K17PD471	K17PD481	K17PD491	K17PD4A1	K17PD4B1	K17PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								3,8E-02 ± 3E-02
U-238	1,9E-01 ± 3E-01 ‡		4,1E-01 ± 5E-01 ‡		4,9E-01 ± 7E-01 ‡			2,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	4,4E-01 ± 2E-01				4,0E-02 ± 1E-01 ‡			3,0E+00 ± 8E-01
Pb-210	4,3E+01 ± 3E+00	3,0E+00 ± 3E-01	9,9E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01		2,1E+00 ± 6E-01	1,1E+02 ± 4E+00 x
Ra-228	4,1E-02 ± 5E-02 ‡		1,5E-01 ± 1E-01 ‡		8,7E-02 ± 6E-02		1,2E-01 ± 2E-01 ‡	1,1E+00 ± 4E-01
Th-230								1,2E+00 ± 8E-01
Th-228	2,0E-01 ± 1E-01	2,7E-02 ± 2E-02	1,3E-01 ± 6E-02		1,2E-01 ± 3E-02		1,7E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 3E-01
K-40	3,4E+00 ± 5E-01	8,9E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 5E-01	9,0E-01 ± 4E-01	4,9E-01 ± 2E-01		4,9E-01 ± 6E-01 ‡	1,2E+01 ± 1E+00
Be-7	7,9E+01 ± 6E+00	6,9E+01 ± 5E+00	1,7E+02 ± 6E+00	5,6E+01 ± 3E+00	6,0E+01 ± 6E+00		1,9E+01 ± 1E+00	5,8E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,5E-02 ± 3E-02							1,3E-01 ± 6E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106				8,6E+00 ± 7E-01	1,3E-01 ± 1E-01			8,7E+00 ± 7E-01
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,0E-02 †	1,1E-02 †	2,6E-02 †	1,7E-02 †	1,5E-02 †	2,5E-02 †		2,0E-01 x
H-3	1,0E+02 ± 7E+00	9,3E+01 ± 8E+00	1,6E+02 ± 2E+01	9,0E+01 ± 7E+00	1,0E+02 ± 1E+01	3,4E+01 ± 6E+00		8,6E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017		
Kol. vzorca (L)	18,19	33,04	5,58	40,34	20,49	52,03		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	56,3	114,0	33,8	153,2	71,6	149,5		
Oznaka vzorca	L17PD111	L17PD121	L17PD131	L17PD141	L17PD151	L17PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238		3,4E+00 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+01 ‡	1,6E+00 ± 4E+00 ‡	5,3E+00 ± 1E+01 ‡	2,9E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 3E+00	
Ra-226	1,2E+01 ± 4E+00	7,2E-01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 6E+00			1,0E+00 ± 4E-01	6,7E+00 ± 1E+00	
Pb-210	5,7E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 6E+00	1,8E+03 ± 9E+01	9,2E+01 ± 6E+00	1,3E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 4E+00	4,3E+02 ± 2E+01	
Ra-228	7,7E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 6E-01	2,7E+00 ± 2E+00	8,7E-02 ± 7E-01 ‡	1,0E+00 ± 2E+00 ‡	4,1E-01 ± 5E-01 ‡	2,2E+00 ± 6E-01	
Th-230								
Th-228	6,7E+00 ± 9E-01	6,1E-01 ± 3E-01	1,7E+01 ± 1E+00	1,1E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 5E-01	7,7E-01 ± 2E-01	4,5E+00 ± 3E-01	
K-40	3,4E+01 ± 6E+00	4,4E+00 ± 3E+00	7,1E+01 ± 1E+01	1,7E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 7E+00	2,1E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 3E+00	
Be-7	4,2E+02 ± 2E+01	7,7E+01 ± 4E+00	2,3E+03 ± 2E+02	2,9E+02 ± 2E+01	8,5E+01 ± 6E+00	4,1E+02 ± 3E+01	6,0E+02 ± 3E+01	
L-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E+00 ± 5E-01	1,7E-01 ± 1E-01	5,6E+00 ± 7E-01	5,0E-01 ± 2E-01			1,4E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	5,0E+02 ± 7E+01	5,2E+02 ± 6E+01	5,3E+02 ± 8E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	7,5E+02 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017		
Kol. vzorca (L)	18,2	33,0	5,6	40,3	20,5	52,0		Polletni used (*)
Padavine (mm)***	56,3	114,0	33,8	153,2	71,6	149,5		
Oznaka vzorca	L17PD111	L17PD121	L17PD131	L17PD141	L17PD151	L17PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238		3,9E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 6E-01 ‡	2,5E-01 ± 6E-01 ‡	3,8E-01 ± 8E-01 ‡	4,4E-01 ± 2E-01	2,1E+00 ± 1E+00	
Ra-226	7,0E-01 ± 2E-01	8,2E-02 ± 6E-02	8,8E-01 ± 2E-01			1,5E-01 ± 6E-02	1,8E+00 ± 3E-01	
Pb-210	3,2E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	5,9E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 9E-01	9,2E-01 ± 3E-01	5,0E+00 ± 7E-01	1,3E+02 ± 4E+00	
Ra-228	4,3E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 7E-02	9,0E-02 ± 7E-02	1,3E-02 ± 1E-01 ‡	7,2E-02 ± 1E-01 ‡	6,1E-02 ± 7E-02 ‡	8,0E-01 ± 2E-01	
Th-230								
Th-228	3,8E-01 ± 5E-02	6,9E-02 ± 3E-02	5,6E-01 ± 4E-02	1,7E-01 ± 4E-02	7,7E-02 ± 3E-02	1,2E-01 ± 3E-02	1,4E+00 ± 9E-02	
K-40	1,9E+00 ± 4E-01	5,0E-01 ± 4E-01	2,4E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	3,1E-01 ± 2E-01	8,9E+00 ± 1E+00	
Be-7	2,3E+01 ± 1E+00	8,8E+00 ± 4E-01	7,9E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 3E+00	6,1E+00 ± 5E-01	6,2E+01 ± 4E+00	2,2E+02 ± 8E+00	
L-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 3E-02	1,9E-02 ± 1E-02	1,9E-01 ± 2E-02	7,7E-02 ± 3E-02			4,0E-01 ± 5E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	2,8E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 3E+00	1,9E+02 ± 2E+01	7,6E+01 ± 8E+00	9,7E+01 ± 2E+01	4,7E+02 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	10,94	28,68	50,95	16,45	50,12	43,88		
Padavine (mm)***	73,0	60,3	343,6	53,8	203,9	218,1		
Oznaka vzorca	L17PD171	L17PD181	L17PD191	L17PD1A1	L17PD1B1	L17PD1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	2,5E+00 ± 5E+00 ‡	3,4E+00 ± 5E+00 ‡	1,1E+00 ± 4E+00 ‡	4,8E+00 ± 7E+00 ‡	1,3E+01 ± 2E+00	2,2E+00 ± 3E+00 ‡	4,9E+00 ± 2E+00	
Ra-226	3,1E+00 ± 3E+00 ‡	2,0E+00 ± 8E-01			2,2E+00 ± 2E+00 ‡	8,0E-01 ± 3E-01	4,0E+00 ± 7E-01	
Pb-210	4,4E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 1E+01	1,2E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 9E+00	4,5E+00 ± 1E+00	1,3E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 9E+00	
Ra-228	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	5,0E-02 ± 2E-01 ‡	1,3E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 7E-01	7,7E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01	
Th-230			7,2E+00 ± 1E+01 ‡				6,0E-01 ± 1E+00	
Th-228	2,1E+00 ± 3E+00 ‡	6,5E-01 ± 6E-01 ‡	2,2E-01 ± 4E-01 ‡	1,4E+00 ± 7E-01	4,3E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	
K-40	4,7E+01 ± 8E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	9,4E+00 ± 4E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 2E+00	
Be-7	2,0E+03 ± 7E+01	5,2E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 9E+00	6,7E+01 ± 6E+00	7,3E+01 ± 3E+01	4,4E+02 ± 2E+01	5,7E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E+00 ± 5E-01	9,2E-01 ± 4E-01			4,8E-03 ± 7E-02 ‡	6,6E-02 ± 1E-01 ‡	8,6E-01 ± 9E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			4,8E-02 ± 5E-01 ‡	9,4E+01 ± 2E+01		1,9E+00 ± 9E-01	8,0E+00 ± 2E+00	
Sb-125								
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	8,5E+02 ± 7E+01	4,8E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 6E+01	5,4E+02 ± 6E+01	5,0E+02 ± 6E+01	7,1E+02 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). Ker je bilo v decembru premalo vzorca (dežja), je bila meritev zavržena, meritev H-3 pa ne. V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	10,9	28,7	51,0	16,5	50,1	43,9		
Padavine (mm)***	73,0	60,3	343,6	53,8	203,9	218,1		
Oznaka vzorca	L17PD171	L17PD181	L17PD191	L17PD1A1	L17PD1B1	L17PD1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	1,8E-01 ± 4E-01 ‡	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	3,7E-01 ± 1E+00 ‡	2,6E-01 ± 4E-01 ‡	2,6E+00 ± 4E-01	4,8E-01 ± 6E-01 ‡	6,2E+00 ± 2E+00	
Ra-226	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E-01 ± 5E-02			4,4E-01 ± 5E-01 ‡	1,7E-01 ± 7E-02	2,8E+00 ± 6E-01	
Pb-210	3,2E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	4,3E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 2E-01	2,7E+01 ± 4E+00	2,1E+02 ± 6E+00	
Ra-228	1,5E-01 ± 1E-01 ‡	7,4E-02 ± 6E-02 ‡	1,7E-02 ± 6E-02 ‡	7,0E-02 ± 5E-02	3,3E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 6E-02	1,6E+00 ± 3E-01	
Th-230			2,5E+00 ± 4E+00 ‡				2,5E+00 ± 4E+00	
Th-228	1,5E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E-02 ± 3E-02 ‡	7,4E-02 ± 1E-01 ‡	7,3E-02 ± 4E-02	8,8E-02 ± 5E-02	9,2E-02 ± 4E-02	1,9E+00 ± 3E-01	
K-40	3,4E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01	5,5E+00 ± 1E+00	5,0E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01	2,0E+01 ± 2E+00	
Be-7	1,4E+02 ± 5E+00	3,1E+01 ± 1E+00	5,8E+01 ± 3E+00	3,6E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 6E+00	9,5E+01 ± 5E+00	5,7E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,8E-02 ± 4E-02	5,5E-02 ± 3E-02			9,8E-04 ± 1E-02 ‡	1,4E-02 ± 3E-02 ‡	5,5E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			1,7E-02 ± 2E-01	5,0E+00 ± 1E+00		4,1E-01 ± 2E-01	5,5E+00 ± 1E+00	
Sb-125								
H-3	8,2E+01 ± 9E+00	5,1E+01 ± 4E+00	1,6E+02 ± 2E+01	2,7E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+03 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). Ker je bilo v decembru premalo vzorca (dežja), je bila meritev zavržena, meritev H-3 pa ne. V letnem usedu decembrski vzorec ni upoštevan.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 41
5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2017

Specifična analiza H-3 (**) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško			Bregje			Dobova			Ljubljana		
	Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti	
Mesec vzorčevanja	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²
Januar	5,1	1,3E+00	6,5E-03	33,6	1,5E+00	5,0E-02	38,8	4,5E-01	1,7E-02	56,3	5,0E-01	2,8E-02
Februar	62,0	8,1E-01	5,0E-02	53,7	2,6E+00	1,4E-01	52,2	6,4E-01	3,3E-02	114,0	5,2E-01	5,9E-02
Marec	21,2	7,5E-01	1,6E-02	25,9	5,7E-01	1,5E-02	9,9	7,1E-01	7,0E-03	33,8	5,3E-01	1,8E-02
April	54,4	1,3E+00	7,3E-02	43,4	1,8E+00	8,0E-02	57,0	1,2E+00	6,6E-02	153,2	1,2E+00	1,9E-01
Maj	51,0	1,7E+00	8,9E-02	31,1	1,4E+00	4,4E-02	59,4	1,4E+00	8,6E-02	71,6	1,1E+00	7,6E-02
Junij	87,6	1,3E+00	1,1E-01	95,6	1,3E+00	1,3E-01	58,2	1,2E+00	6,9E-02	149,5	6,5E-01	9,7E-02
Julij	65,5	1,2E+00	8,0E-02	76,7	1,5E+00	1,1E-01	88,8	1,2E+00	1,0E-01	73,0	1,1E+00	8,2E-02
Avgust	106,7	7,8E-01	8,3E-02	103,5	1,1E+00	1,1E-01	108,0	8,7E-01	9,3E-02	60,3	8,5E-01	5,1E-02
September	301,0	9,5E-01	2,9E-01	291,1	1,1E+00	3,1E-01	291,0	5,6E-01	1,6E-01	343,6	4,8E-01	1,6E-01
Oktober	106,0	8,1E-01	8,5E-02	89,4	1,1E+00	9,9E-02	80,8	1,1E+00	9,0E-02	53,8	5,1E-01	2,7E-02
November	156,2	6,7E-01	1,0E-01	141,4	1,7E+00	2,4E-01	150,5	6,7E-01	1,0E-01	203,9	5,4E-01	1,1E-01
December	103,1	8,2E-01	8,5E-02	106,9	1,2E+00	1,3E-01	78,5	4,3E-01	3,4E-02	218,1		
Mesečno povprečje (za celo leto) (kBq/m ³)	1,04E+00	±	2,5E-02	1,41E+00	±	3,0E-02	8,66E-01	±	2,4E-02	6,68E-01	±	2,6E-02
Celotna vrednost	1120		1,1E+00	1092		1,5E+00	1073		8,6E-01	1531		9,1E-01
	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku O-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2017 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)									
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017			Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	64,8	28,8	32,9	22,6	28,3	29,5				
Padavine (mm)***	19,4	57,9	23,6	48,9	41,1	91,6				
Oznaka vzorca	K17PV211	K17PV221	K17PV231	K17PV241	K17PV251	K17PV261				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
Na-22										
U-238										
Ra-226	1,9E-01 ± 1E-01	4,3E-02 ± 6E-02 ‡	3,8E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 8E-02	2,2E-02 ± 2E-01 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	3,8E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 1E+00		
Pb-210	1,1E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 8E-02	9,4E-01 ± 2E-01	2,8E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 3E-01	6,3E+00 ± 4E-01	1,3E+01 ± 8E-01	7,6E+01 ± 4E+00		
Ra-228			1,9E-02 ± 2E-02 ‡		4,0E-03 ± 2E-02 ‡	4,3E-02 ± 4E-02 ‡	6,6E-02 ± 5E-02	3,3E-01 ± 2E-01		
Tl-230										
Tl-228	4,6E-02 ± 1E-02	6,0E-03 ± 9E-03 ‡	3,8E-02 ± 8E-03	5,3E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 3E-02 ‡	6,2E-02 ± 2E-02	2,4E-01 ± 4E-02	1,2E+00 ± 2E-01		
K-40		5,6E-03 ± 6E-02 ‡	3,7E-01 ± 8E-02	2,2E-01 ± 1E-01	5,0E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01	8,7E+00 ± 2E+00		
Bc-7	4,0E+00 ± 2E-01	5,7E+00 ± 4E-01	7,2E+00 ± 3E-01	3,2E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	1,0E+02 ± 2E+00	5,2E+02 ± 1E+01		
F-131										
Cs-134										
Cs-137			8,5E-03 ± 4E-03				8,5E-03 ± 4E-03	4,2E-02 ± 2E-02		
Co-58										
Co-60										
Cs-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)									
Datum vzor.	3.7.2017 - 1.8.2017	1.8.2017 - 4.9.2017	4.9.2017 - 2.10.2017	2.10.2017 - 2.11.2017	2.11.2017 - 4.12.2017	4.12.2017 - 27.12.2017			Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	32,4	22,7	21,8	31,5	64,4	54,8				
Padavine (mm)***	71,1	105,1	296,1	97,7	148,8	105,0				
Oznaka vzorca	K17PV271	K17PV281	K17PV291	K17PV2A1	K17PV2B1	K17PV2C1				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
Na-22										
U-238										
Ra-226	7,2E-02 ± 2E-02	1,7E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 4E-01	4,8E-02 ± 2E-01 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	1,6E-01 ± 1E-01 ‡	8,7E-01 ± 4E-01	4,3E+00 ± 2E+00		
Pb-210	4,0E+00 ± 3E-01	8,9E+00 ± 4E-01	8,6E+00 ± 6E-01	6,7E+00 ± 5E-01	2,4E-02 ± 2E-02 ‡	2,8E-01 ± 1E-01	2,1E+00 ± 5E-01	1,0E+01 ± 3E+00		
Ra-228	1,1E-01 ± 4E-02	4,6E-02 ± 3E-02			1,1E+01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 3E-01	5,6E+01 ± 1E+00	2,8E+02 ± 7E+00		
Tl-230					1,6E-02 ± 3E-02 ‡	9,0E-02 ± 5E-02	3,3E-01 ± 9E-02	1,7E+00 ± 5E-01		
Tl-228	4,3E-02 ± 3E-02	9,6E-02 ± 1E-02	8,2E-02 ± 2E-02		2,5E-02 ± 1E-02	3,9E-02 ± 1E-02	5,2E-01 ± 6E-02	2,6E+00 ± 3E-01		
K-40	4,1E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	3,7E-02 ± 9E-02 ‡	8,8E-02 ± 1E-01 ‡	1,7E-01 ± 1E-01 ‡	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	3,1E+00 ± 6E-01	1,5E+01 ± 3E+00		
Bc-7	2,2E+01 ± 1E+00	5,4E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 5E-01	2,8E+02 ± 4E+00	1,4E+03 ± 2E+01		
F-131										
Cs-134										
Cs-137		8,8E-03 ± 5E-03			3,9E-03 ± 4E-03 ‡	8,3E-03 ± 1E-02 ‡	2,9E-02 ± 1E-02	1,5E-01 ± 7E-02		
Co-58										
Co-60										
Cs-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106			4,9E-01 ± 9E-02	2,0E-01 ± 2E-01			6,9E-01 ± 2E-01	3,4E+00 ± 9E-01		
Sb-125										

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK								Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017				
Kol. vzorca (g)	17,4	5,6	8,6	7,8	7,2	9,7				
Padavine (mm)	38,8	52,2	9,9	57,0	59,4	58,2				
Oznaka vzorca	K17PV2611	K17PV2621	K17PV2631	K17PV2641	K17PV2651	K17PV2661				
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)										
Na-22		4,7E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 3E-01 ‡	7,7E-01 ± 4E-01	1,7E-01 ± 3E-01 ‡	6,6E-02 ± 6E-01 ‡	1,6E+00 ± 9E-01	7,9E+00 ± 4E+00		
U-238			1,1E-01 ± 9E-02 ‡	1,4E-01 ± 8E-02	1,0E-01 ± 7E-02	7,3E-02 ± 2E-01 ‡	4,2E-01 ± 3E-01	2,1E+00 ± 1E+00		
Ra-226	6,0E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 4E-01	7,3E-01 ± 2E-01	5,6E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 4E-01	5,0E+00 ± 7E-01	1,6E+01 ± 1E+00	7,8E+01 ± 6E+00		
Pb-210	4,1E-02 ± 1E-01 ‡		1,4E-02 ± 1E-01 ‡	4,2E-02 ± 1E-01 ‡			9,8E-02 ± 2E-01	4,9E-01 ± 9E-01		
Ra-228						5,9E+00 ± 3E+00	5,9E+00 ± 3E+00	2,9E+01 ± 1E+01		
Th-230							2,8E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 5E-01		
Th-232	1,0E-02 ± 5E-02 ‡	5,4E-02 ± 3E-02	1,0E-01 ± 4E-02	5,6E-02 ± 3E-02	4,3E-02 ± 5E-02 ‡	1,9E-02 ± 4E-02 ‡	7,9E-01 ± 7E-01	4,0E+00 ± 4E+00		
K-40	3,6E-01 ± 3E-01 ‡					3,6E-01 ± 5E-01 ‡	9,6E+01 ± 3E+00	4,8E+02 ± 1E+01		
Be-7	2,5E+00 ± 2E-01	5,7E+00 ± 4E-01	6,4E+00 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 2E+00				
I-131										
Cs-134										
Cs-137			1,5E-02 ± 3E-02 ‡				1,5E-02 ± 3E-02	7,4E-02 ± 1E-01		
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										

- (*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
 (***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
 (‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK								Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017				
Kol. vzorca (g)	6,2	7,7	6,3	8,1	13,4	13,9				
Padavine (mm)	88,8	108,0	291,0	80,8	150,5	78,5				
Oznaka vzorca	K17PV2671	K17PV2681	K17PV2691	K17PV26A1	K17PV26B1	K17PV26C1				
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)										
Na-22		1,3E-01 ± 2E-01 ‡	6,5E-01 ± 6E-01 ‡		1,1E+00 ± 6E-01	1,6E-01 ± 1E-01 ‡	4,2E+00 ± 1E+00	2,1E+01 ± 6E+00		
U-238	6,2E-01 ± 1E-01		5,4E-01 ± 5E-01 ‡		1,5E-01 ± 7E-02	4,3E-02 ± 1E-01 ‡	4,0E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E+00		
Ra-226	7,3E-02 ± 1E-01 ‡	2,8E+00 ± 1E+00	6,6E+00 ± 6E-01	6,7E+00 ± 5E-01	6,8E+00 ± 9E-01	2,1E+00 ± 2E-01	4,7E+01 ± 2E+00	2,4E+02 ± 9E+00		
Pb-210	1,8E+00 ± 3E-01	7,6E+00 ± 6E-01	6,6E+00 ± 6E-01		1,0E-01 ± 7E-02	1,9E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 3E-01	8,2E+00 ± 2E+00		
Ra-228	8,5E-02 ± 1E-01 ‡	1,1E+00 ± 2E-01	7,3E-02 ± 6E-02 ‡				5,9E+00 ± 3E+00	2,9E+01 ± 1E+01		
Th-230							1,6E+00 ± 3E-01	8,2E+00 ± 2E+00		
Th-232	8,3E-02 ± 4E-02	1,1E+00 ± 3E-01	1,0E-01 ± 5E-02	2,5E-02 ± 4E-02 ‡	1,6E-02 ± 3E-02 ‡	4,7E-02 ± 2E-02	3,1E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 2E+01		
K-40	3,2E-01 ± 4E-01 ‡	2,9E+01 ± 3E+00	4,7E-02 ± 3E-01 ‡	2,4E+01 ± 1E+00	4,4E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 3E-01 ‡	2,4E+02 ± 6E+00	1,2E+03 ± 3E+01		
Be-7	1,3E+01 ± 1E+00	6,0E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00		2,1E+01 ± 8E-01	6,7E+00 ± 5E-01				
I-131										
Cs-134										
Cs-137	5,9E-03 ± 2E-02 ‡	5,7E-03 ± 3E-02 ‡					2,6E-02 ± 5E-02	1,3E-01 ± 2E-01		
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106			4,4E-01 ± 2E-01				4,4E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E+00		
Sb-125										

- (*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
 (***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
 (‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
 (†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
 (x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)								Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	28.12.2016 - 1.2.2017	1.2.2017 - 1.3.2017	1.3.2017 - 3.4.2017	3.4.2017 - 3.5.2017	3.5.2017 - 1.6.2017	1.6.2017 - 3.7.2017				
Kol. vzorca (g)	47,1	27,5	24,3	15,2	24,5	19,7				
Padavine (mm)	5,1	62,0	21,2	54,4	51,0	87,6				
Oznaka vzorca	K17PV311	K17PV321	K17PV331	K17PV341	K17PV351	K17PV361				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
Na-22										
U-238	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	2,1E-01 ± 2E-01 ‡	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	1,6E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 9E-01 ‡	1,7E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 5E+00		
Ra-226	1,0E-01 ± 6E-02	1,5E-02 ± 9E-02 ‡	2,5E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-02 ± 4E-02 ‡	2,4E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E+00		
Pb-210	7,4E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	9,1E-01 ± 1E-01	4,8E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,3E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 9E-01	1,2E+02 ± 4E+00		
Ra-228			4,2E-02 ± 4E-02 ‡	3,9E-02 ± 4E-02 ‡	9,3E-03 ± 3E-02 ‡	1,7E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 6E-01		
Tb-230										
Tb-228	2,4E-02 ± 2E-02 ‡	2,4E-02 ± 6E-02 ‡	5,0E-02 ± 4E-02 ‡	2,3E-02 ± 1E-02	2,7E-02 ± 2E-02	8,6E-02 ± 7E-02 ‡	2,3E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 5E-01		
K-40	1,4E-01 ± 3E-01 ‡	2,2E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 2E-01	9,0E-02 ± 4E-01 ‡	3,2E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 6E-01 ‡	1,8E+00 ± 8E-01	9,0E+00 ± 4E+00		
Be-7	3,4E+00 ± 4E-01	6,9E+00 ± 4E-01	8,2E+00 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	8,8E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 5E+00	7,6E+02 ± 3E+01		
I-131										
Cs-134										
Cs-137		5,1E-04 ± 5E-03 ‡		1,9E-03 ± 9E-03 ‡	1,5E-02 ± 1E-02	3,3E-03 ± 2E-02 ‡	2,0E-02 ± 2E-02	1,0E-01 ± 1E-01		
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	3.7.2017 - 1.8.2017	1.8.2017 - 4.9.2017	4.9.2017 - 2.10.2017	2.10.2017 - 2.11.2017	2.11.2017 - 4.12.2017	4.12.2017 - 27.12.2017			
Kol. vzorca (g)	24,3	14,5	19,0	26,8	44,2	39,1			
Padavine (mm)	65,5	106,7	301,0	106,0	156,2	103,1			
Oznaka vzorca	K17PV371	K17PV381	K17PV391	K17PV3A1	K17PV3B1	K17PV3C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238		4,2E-02 ± 2E-01 ‡	1,2E-02 ± 8E-02 ‡	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 5E-01 ‡	1,4E-01 ± 1E-01 ‡	2,3E+00 ± 1E+00	1,1E+01 ± 6E+00	
Ra-226	1,2E-01 ± 6E-02	1,5E-02 ± 2E-02 ‡	2,5E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E+00 ± 3E-01	1,3E-01 ± 8E-02	2,1E-01 ± 7E-02	1,4E+00 ± 4E-01	7,0E+00 ± 2E+00	
Pb-210	3,2E+00 ± 6E-01	5,7E+00 ± 7E-01	4,8E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 3E-01	9,7E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 3E-01	5,3E+01 ± 2E+00	2,6E+02 ± 8E+00	
Ra-228	6,0E-02 ± 6E-02 ‡	4,6E-02 ± 3E-02	1,8E-02 ± 6E-02 ‡	5,8E-02 ± 3E-02		4,0E-02 ± 4E-02 ‡	4,8E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 8E-01	
Tb-230									
Tb-228	2,5E-02 ± 2E-02 ‡	3,1E-02 ± 1E-02	7,7E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 2E-02	5,7E-02 ± 2E-02	3,4E-02 ± 3E-02 ‡	4,9E-01 ± 1E-01	2,4E+00 ± 6E-01	
K-40	4,0E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 9E-02	1,6E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	2,7E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	3,1E+00 ± 9E-01	1,6E+01 ± 5E+00	
Be-7	1,6E+01 ± 9E-01	4,8E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 8E-01	3,1E+02 ± 7E+00	1,6E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137		7,9E-03 ± 9E-03 ‡		7,2E-03 ± 1E-02 ‡		8,0E-04 ± 7E-03 ‡	3,6E-02 ± 3E-02	1,8E-01 ± 1E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106			7,3E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 9E-02			9,3E-01 ± 2E-01	4,7E+00 ± 8E-01	
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Ljubljana IJS									
Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Polletna vsota	Polletni used
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017			
Kol. vzorca (g)	20,0	11,6	8,8	5,1	9,5	9,6			
Padavine (mm)***	56,3	114,0	33,8	153,2	71,6	149,5			
Oznaka vzorca	L17PV111	L17PV121	L17PV131	L17PV141	L17PV151	L17PV161			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	3,5E+00 ± 2E+00		4,1E-01 ± 1E+00 ‡		3,2E-01 ± 5E-01 ‡	8,6E-01 ± 1E+00 ‡	5,1E+00 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+01	
Ra-226	2,9E-02 ± 9E-02 ‡		1,6E-01 ± 3E-01 ‡		2,4E-01 ± 2E-01		4,3E-01 ± 4E-01	2,2E+00 ± 2E+00	
Pb-210	7,5E-02	1,7E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 2E-01	5,4E+00 ± 7E-01	4,1E+00 ± 5E-01	9,0E+00 ± 6E-01	2,2E+01 ± 1E+00 x	1,1E+02 ± 6E+00 x	
Ra-228	9,4E-02 ± 8E-02 ‡		1,6E-02 ± 2E-01 ‡		1,1E-01 ± 1E-01 ‡	6,8E-02 ± 1E-01 ‡	2,9E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 1E+00	
Tl-230									
Tl-228	9,4E-02 ± 4E-02		1,0E-01 ± 4E-02	3,0E-02 ± 3E-02 ‡	6,9E-03 ± 1E-01 ‡		2,3E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 7E-01	
K-40	7,3E-02 ± 3E-01 ‡	2,7E-01 ± 3E-01 ‡	4,8E-01 ± 3E-01		7,5E-01 ± 4E-01	2,5E-01 ± 6E-01 ‡	1,8E+00 ± 8E-01	9,1E+00 ± 4E+00	
Be-7	1,7E+00 ± 7E-01	1,4E+01 ± 7E-01	1,0E+01 ± 6E-01	5,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 4E+00	8,2E+02 ± 2E+01	
F-131									
Cs-134									
Cs-137		1,3E-02 ± 2E-02 ‡	8,3E-03 ± 3E-02 ‡		3,3E-02 ± 5E-02 ‡		5,4E-02 ± 7E-02	2,7E-01 ± 3E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Ljubljana IJS									
Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Letna vsota	Letni used
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017			
Kol. vzorca (g)	8,3	8,0	4,9	9,2	14,1	11,2			
Padavine (mm)***	73,0	60,3	343,6	53,8	203,9	218,1			
Oznaka vzorca	L17PV171	L17PV181	L17PV191	L17PV1A1	L17PV1B1	L17PV1C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	4,3E-01 ± 3E-01			2,0E+00 ± 1E+00	5,1E-01 ± 4E-01 ‡	4,3E-01 ± 5E-01 ‡	8,4E+00 ± 3E+00	4,2E+01 ± 1E+01	
Ra-226	6,4E-02 ± 1E-01 ‡	2,8E-01 ± 2E-01		6,4E-02 ± 2E-01 ‡	1,3E-01 ± 7E-02	3,1E-01 ± 4E-01 ‡	1,3E+00 ± 7E-01	6,4E+00 ± 3E+00	
Pb-210	4,7E+00 ± 6E-01	8,7E+00 ± 5E-01	5,7E+00 ± 6E-01	4,0E+00 ± 8E-01	4,7E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 6E-01	5,3E+01 ± 2E+00 x	2,6E+02 ± 9E+00 x	
Ra-228		4,2E-02 ± 7E-02 ‡	3,5E-02 ± 7E-02 ‡	8,2E-02 ± 1E-01 ‡	1,8E-01 ± 8E-02		6,4E-01 ± 3E-01	3,2E+00 ± 2E+00	
Tl-230									
Tl-228	9,4E-02 ± 5E-02	5,0E-02 ± 5E-02 ‡	7,7E-02 ± 6E-02	1,3E-01 ± 6E-02	9,3E-02 ± 3E-02	5,2E-02 ± 5E-02 ‡	7,3E-01 ± 2E-01	3,6E+00 ± 9E-01	
K-40		9,4E-01 ± 6E-01	4,9E-01 ± 3E-01	1,1E-01 ± 4E-01 ‡	2,4E-01 ± 3E-01 ‡		3,6E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 6E+00	
Be-7	2,5E+01 ± 1E+00	7,0E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 6E-01	3,4E+02 ± 7E+00	1,7E+03 ± 3E+01	
F-131									
Cs-134									
Cs-137	2,4E-02 ± 2E-02 ‡		7,1E-02 ± 3E-02		3,0E-02 ± 4E-02 ‡		1,8E-01 ± 8E-02	9,0E-01 ± 4E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106				6,3E-02 ± 3E-01 ‡			6,3E-02 ± 3E-01	3,2E-01 ± 1E+00	
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2017 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2017

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomarni, CH₃I) (**)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
Datum vzor.		Volumen prečrpanega zraka V (m ³) in koncentracija aktivnosti KA (Bq/m ³)													
od	do	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA
28. 12. 2016	16. 1. 2017	1779,8	< 2E-05	1572,4	< 2E-05	1918,7	< 2E-05	1417,3	< 2E-05	1758,9	< 2E-05	1335,1	< 3E-05	1636,9	< 2E-05
16. 1. 2017	1. 2. 2017	1380,9	< 6E-06	1366,6	< 2E-05	1568,1	< 1E-05	1364,0	< 4E-05	1532,8	< 3E-05	1068,8	< 3E-05	1284,2	< 3E-05
1. 2. 2017	15. 2. 2017	1309,2	< 1E-05	1207,9	< 2E-05	1348,7	< 1E-05	1100,4	< 4E-05	1216,9	< 3E-05	1010,0	< 2E-05	1080,1	< 3E-05
15. 2. 2017	1. 3. 2017	1291,0	< 1E-05	1216,5	< 5E-05	1412,3	< 2E-05	1122,0	< 1E-05	1262,2	< 1E-05	1020,8	< 1E-05	1130,8	< 2E-05
1. 3. 2017	15. 3. 2017	1271,0	< 2E-05	1288,4	< 1E-05	1500,0	< 2E-05	1157,9	< 4E-05	1325,7	< 3E-05	1013,6	< 6E-05	1164,3	< 1E-05
15. 3. 2017	3. 4. 2017	1857,8	< 7E-05	2027,0	< 2E-05	1856,3	< 1E-05	1556,4	< 2E-05	1763,4	< 1E-05	1330,0	< 2E-05	1243,2	< 4E-05
3. 4. 2017	18. 4. 2017	1323,1	< 1E-05	1691,6	< 3E-05	1557,9	< 3E-05	1279,1	< 2E-05	1276,5	< 2E-05	1068,3	< 2E-05	1302,4	< 3E-05
18. 4. 2017	3. 5. 2017	1420,0	< 2E-05	1560,4	< 8E-05	1538,8	< 8E-06	1307,6	< 3E-05	1407,2	< 2E-05	1075,3	< 5E-05	1308,3	< 2E-05
3. 5. 2017	16. 5. 2017	1229,5	< 2E-05	1408,9	< 5E-05	1312,8	< 3E-05	1103,5	< 2E-05	1180,9	< 1E-05	895,2	< 5E-05	1094,7	< 6E-05
16. 5. 2017	1. 6. 2017	1617,3	< 2E-05	1741,6	< 7E-06	1708,1	< 2E-05	1330,2	< 3E-05	1485,4	< 3E-05	1113,5	< 3E-05	1417,6	< 3E-05
1. 6. 2017	15. 6. 2017	1467,0	< 2E-05	1458,4	< 2E-05	1530,9	< 3E-05	1202,6	< 5E-05	1351,2	< 2E-05	943,6	< 2E-05	1270,8	< 3E-05
15. 6. 2017	3. 7. 2017	1438,6	< 5E-05	1971,0	< 3E-05	1919,0	< 1E-05	1525,2	< 2E-05	1706,0	< 2E-05	1110,5	< 4E-05	1593,0	< 4E-05
3. 7. 2017	17. 7. 2017	1272,1	< 2E-05	1466,5	< 5E-05	1481,8	< 2E-05	1115,9	< 1E-04	1207,6	< 3E-05	552,7	< 4E-05	1256,8	< 1E-05
17. 7. 2017	1. 8. 2017	1140,8	< 6E-05	1597,9	< 3E-05	1581,9	< 5E-05	1263,9	< 2E-05	1397,4	< 2E-05	811,1	< 2E-05	1393,1	< 4E-05
1. 8. 2017	16. 8. 2017	1152,4	< 5E-05	1323,4	< 4E-05	1660,7	< 2E-05	1292,0	< 2E-05	1379,2	< 3E-05	957,2	< 3E-05	1329,9	< 8E-06
16. 8. 2017	4. 9. 2017	1540,7	< 2E-05	1742,7	< 3E-05	2015,4	< 2E-05	1625,0	< 3E-05	1765,4	< 2E-05	1140,2	< 2E-05	1713,4	< 2E-05
4. 9. 2017	18. 9. 2017	1146,4	< 5E-05	1305,1	< 4E-05	1516,3	< 3E-05	1248,6	< 2E-05	1278,1	< 2E-05	844,1	< 8E-05	1286,7	< 3E-05
18. 9. 2017	2. 10. 2017	1118,1	< 3E-05	1336,9	< 1E-04	1415,4	< 4E-05	1247,1	< 5E-05	1297,5	< 4E-05	817,3	< 3E-05	1264,8	< 2E-05
2. 10. 2017	16. 10. 2017	1062,0	< 5E-05	1314,8	< 3E-05	1503,7	< 5E-05	1220,5	< 2E-05	1211,0	< 1E-05	863,7	< 4E-05	1242,4	< 2E-05
16. 10. 2017	2. 11. 2017	1366,4	< 2E-05	1557,9	< 2E-05	1706,3	< 4E-05	1459,3	< 6E-05	1426,1	< 3E-05	970,2	< 5E-05	1487,9	< 3E-05
2. 11. 2017	16. 11. 2017	1074,6	< 7E-06	1335,1	< 2E-05	1506,3	< 8E-06	1140,7	< 3E-05	1186,9	< 1E-05	814,5	< 6E-05	1249,3	< 2E-05
16. 11. 2017	4. 12. 2017	1371,4	< 2E-05	1649,3	< 1E-05	1594,6	< 4E-05	1426,5	< 3E-05	1633,9	< 3E-05	1419,6	< 7E-05	1528,9	< 2E-05
4. 12. 2017	18. 12. 2017	842,1	< 4E-05	1349,6	< 3E-05	1179,9	< 2E-05	1176,1	< 3E-05	1154,4	< 3E-05	1251,6	< 5E-05	1185,5	< 2E-05
18. 12. 2017	27. 12. 2017	711,3	< 3E-05	844,8	< 5E-05	755,3	< 7E-05	742,5	< 5E-05	837,1	< 1E-05	670,6	< 2E-05	781,4	< 2E-05

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2017 T - 44a
 7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	11815,00	9061,19	10513,65	8838,05	8330,83	8244,77		
Oznaka vzorca	K17AE11S	K17AE12S	K17AE13S	K17AE14S	K17AE15S	K17AE16S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	8,8E-06 ± 6E-06			1,3E-05 ± 2E-05 ‡		1,7E-06 ± 2E-05 ‡	3,9E-06 ± 5E-06	
U-238				2,7E-05 ± 5E-05 ‡		5,3E-04 ± 3E-04	9,3E-05 ± 5E-05	
Ra-226								
Pb-210	6,9E-04 ± 4E-05	6,2E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 5E-05	2,7E-04 ± 3E-05	3,7E-04 ± 5E-05	6,2E-04 ± 5E-05	5,2E-04 ± 2E-05	
Ra-228	6,4E-06 ± 2E-06	2,4E-06 ± 3E-06 ‡	8,7E-06 ± 4E-06	8,4E-06 ± 4E-06	2,9E-06 ± 3E-06 ‡	1,0E-05 ± 8E-06	6,5E-06 ± 2E-06	
Th-230								
Th-228	7,6E-06 ± 1E-06	1,0E-05 ± 3E-06	9,5E-06 ± 3E-06	9,7E-06 ± 7E-06	6,6E-06 ± 2E-06	3,5E-06 ± 7E-06 ‡	7,8E-06 ± 2E-06	
K-40								
Be-7	2,0E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 4E-04	3,3E-03 ± 1E-04	5,6E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 9E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,4E-06 ± 1E-06	4,9E-08 ± 5E-07 ‡	4,9E-08 ± 4E-07 ‡	2,4E-06 ± 3E-06 ‡		1,2E-07 ± 6E-07 ‡	8,4E-07 ± 6E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

 LETO 2017 T - 44b
 7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017	
Kol. vzorca (m ³)	10195,55	13674,72	11174,28	12332,05	12648,84	8915,35	
Oznaka vzorca	K17AE17S	K17AE18S	K17AE19S	K17AE1AS	K17AE1BS	K17AE1CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22			3,6E-05 ± 2E-05	5,8E-05 ± 7E-05 ‡	1,3E-06 ± 1E-06 ‡	2,2E-05 ± 1E-05	1,1E-07 ± 1E-07
U-238					6,4E-06 ± 1E-05 ‡		1,2E-05 ± 7E-06
Ra-226	8,4E-06 ± 4E-05 ‡						4,7E-05 ± 3E-05
Pb-210	4,4E-04 ± 2E-05	4,1E-04 ± 2E-05	3,7E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 5E-05	4,7E-04 ± 6E-05	5,6E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,2E-06 ± 6E-06 ‡	8,4E-06 ± 2E-06	5,1E-06 ± 5E-06 ‡	8,9E-06 ± 3E-06	8,3E-06 ± 2E-06	1,5E-05 ± 5E-06	7,6E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	5,9E-06 ± 2E-06	5,3E-06 ± 1E-06	5,4E-06 ± 2E-06	1,2E-05 ± 4E-06	5,9E-06 ± 1E-06	8,4E-06 ± 4E-06	7,5E-06 ± 1E-06
K-40							
Be-7	4,0E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	1,8E-03 ± 7E-05	2,2E-03 ± 3E-04	1,8E-03 ± 8E-05	1,7E-03 ± 7E-05	3,0E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,9E-08 ± 5E-07 ‡	1,6E-07 ± 3E-07 ‡	3,4E-07 ± 7E-07 ‡	8,4E-08 ± 7E-07 ‡		3,3E-06 ± 1E-06	7,5E-07 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95			1,5E-03 ± 1E-04	1,3E-03 ± 1E-04			2,3E-04 ± 1E-05
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	15122,90	11967,89	13768,29	12818,38	11988,14	13145,70		
Oznaka vzorca	K17AE21S	K17AE22S	K17AE23S	K17AE24S	K17AE25S	K17AE26S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	2,0E-05 ± 9E-06		1,8E-05 ± 2E-05 ‡		1,9E-07 ± 2E-05 ‡			6,5E-06 ± 4E-06
U-238				8,5E-06 ± 3E-05 ‡	7,6E-06 ± 3E-05 ‡			2,7E-06 ± 7E-06
Ra-226				4,4E-04 ± 6E-05	4,4E-04 ± 2E-05			6,7E-04 ± 2E-05
Pb-210	1,1E-03 ± 5E-05	8,9E-04 ± 4E-05	5,3E-04 ± 3E-05	9,1E-07 ± 3E-06 ‡	6,6E-06 ± 2E-06	6,2E-04 ± 5E-05	7,0E-06 ± 3E-06	4,3E-06 ± 1E-06
Ra-228	7,5E-06 ± 3E-06		3,9E-06 ± 3E-06					
Th-230								
Th-228	4,5E-06 ± 1E-06	3,1E-06 ± 1E-06	8,1E-06 ± 2E-06	7,1E-06 ± 2E-06	5,2E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 2E-06		5,9E-06 ± 7E-07
K-40								
Be-7	3,0E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	5,5E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 2E-04	6,0E-03 ± 3E-04		4,5E-03 ± 9E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-06 ± 9E-07	2,8E-07 ± 5E-07 ‡	2,5E-07 ± 4E-07 ‡	1,6E-07 ± 4E-07 ‡	1,9E-07 ± 3E-07 ‡			6,0E-07 ± 2E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	11487,65	14175,70	12009,95	13496,35	14325,60	10339,88		
Oznaka vzorca	K17AE27S	K17AE28S	K17AE29S	K17AE2AS	K17AE2BS	K17AE2CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	6,8E-06 ± 4E-06	1,7E-06 ± 5E-06 ‡	6,1E-05 ± 3E-05	3,2E-06 ± 1E-05 ‡	2,4E-07 ± 8E-06 ‡	1,2E-05 ± 7E-06		1,0E-05 ± 4E-06
U-238								1,3E-06 ± 3E-06
Ra-226								7,2E-04 ± 2E-05
Pb-210	6,8E-04 ± 4E-05	8,3E-04 ± 5E-05	4,8E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 5E-05	7,1E-04 ± 2E-04	8,8E-04 ± 5E-05		6,0E-06 ± 8E-07
Ra-228	9,0E-06 ± 3E-06	6,2E-06 ± 1E-06	1,3E-05 ± 4E-06	4,5E-06 ± 5E-06 ‡	3,1E-06 ± 2E-06	9,7E-06 ± 3E-06		
Th-230								
Th-228	8,8E-06 ± 1E-06	7,1E-06 ± 9E-07	7,8E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 3E-06	4,1E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 1E-06		6,4E-06 ± 5E-07
K-40								
Be-7	5,4E-03 ± 4E-04	5,4E-03 ± 4E-04	3,6E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 3E-04	2,5E-03 ± 2E-04		4,2E-03 ± 8E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-07 ± 3E-07 ‡	3,8E-08 ± 1E-07 ‡	4,4E-06 ± 7E-06 ‡	4,4E-07 ± 8E-07 ‡	5,1E-07 ± 5E-07 ‡	1,9E-06 ± 1E-06		9,2E-07 ± 6E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			3,2E-03 ± 3E-04	2,2E-03 ± 1E-04				
Sb-125						3,1E-07 ± 3E-06 ‡		4,5E-04 ± 3E-05

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	14503,90	12107,13	14285,92	13021,60	12509,12	13865,04		
Oznaka vzorca	K17AE31S	K17AE32S	K17AE33S	K17AE34S	K17AE35S	K17AE36S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	7,2E-06 ± 1E-05 ‡	2,3E-06 ± 7E-06 ‡	1,5E-05 ± 1E-05	1,8E-05 ± 1E-05	2,8E-05 ± 1E-05	1,7E-06 ± 2E-05 ‡	1,2E-05 ± 5E-06	
Ra-226				3,5E-05 ± 4E-05 ‡			5,8E-06 ± 7E-06	
Pb-210	8,2E-04 ± 6E-05	8,5E-04 ± 5E-05	5,8E-04 ± 3E-05	3,2E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 2E-05	
Ra-228	9,6E-06 ± 2E-06	4,1E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 4E-06	7,5E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	6,4E-06 ± 2E-06	5,2E-06 ± 1E-06	6,3E-06 ± 1E-06	7,7E-06 ± 1E-06	6,9E-06 ± 1E-06	6,7E-06 ± 1E-06	6,5E-06 ± 6E-07	
K-40								
Be-7	3,0E-03 ± 3E-04	3,0E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 2E-04	6,0E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 1E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E-06 ± 1E-06	9,8E-07 ± 6E-07	1,3E-06 ± 1E-06	5,9E-07 ± 4E-07	1,6E-07 ± 4E-07 ‡	9,4E-08 ± 2E-07 ‡	9,3E-07 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	12554,96	14660,95	12183,34	13221,06	13616,05	9711,36		
Oznaka vzorca	K17AE37S	K17AE38S	K17AE39S	K17AE3AS	K17AE3BS	K17AE3CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,5E-05 ± 1E-05	1,1E-05 ± 1E-05 ‡		1,8E-05 ± 3E-05 ‡	3,9E-06 ± 4E-06 ‡		1,0E-05 ± 4E-06	
Ra-226	1,6E-06 ± 2E-05 ‡		1,0E-04 ± 8E-05				1,1E-05 ± 8E-06	
Pb-210	4,3E-04 ± 7E-05	7,8E-04 ± 3E-05	6,4E-04 ± 5E-05	6,1E-04 ± 4E-05	8,3E-04 ± 4E-05	8,0E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 1E-05	
Ra-228	9,1E-06 ± 3E-06	3,8E-06 ± 2E-06		5,5E-06 ± 5E-06 ‡	6,5E-06 ± 1E-06	5,6E-06 ± 3E-06	5,9E-06 ± 8E-07	
Th-230								
Th-228	9,7E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 1E-06	9,0E-06 ± 3E-06	8,8E-06 ± 5E-06	7,1E-06 ± 1E-06	5,4E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	5,8E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 3E-04	2,8E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 7E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,0E-07 ± 1E-06 ‡	7,4E-08 ± 2E-07 ‡	2,1E-07 ± 7E-07 ‡		1,2E-06 ± 3E-07	2,5E-06 ± 1E-06	8,7E-07 ± 2E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			3,0E-03 ± 3E-04					
Sb-125				2,2E-03 ± 2E-04		1,1E-05 ± 7E-06	4,3E-04 ± 2E-05	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	13378,96	10622,54	12568,81	11409,96	10993,85	12280,48		
Oznaka vzorca	K17AE41S	K17AE42S	K17AE43S	K17AE44S	K17AE45S	K17AE46S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	6,2E-06 ± 6E-06 ‡	1,0E-05 ± 2E-05 ‡		3,5E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 9E-06	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	7,7E-06 ± 4E-06	
U-238					9,1E-06 ± 3E-05 ‡	2,3E-06 ± 3E-05 ‡	1,9E-06 ± 6E-06	
Ra-226					4,7E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 4E-05	6,7E-04 ± 2E-05	
Pb-210	1,0E-03 ± 6E-05	8,5E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 5E-05	4,3E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 3E-05	6,9E-06 ± 1E-06	
Ra-228	4,5E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	7,6E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 3E-06	8,9E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	5,5E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 1E-06	6,4E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 7E-07	
K-40						5,8E-06 ± 1E-04 ‡	9,7E-07 ± 2E-05	
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	4,7E-03 ± 2E-04	4,7E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 3E-04	4,1E-03 ± 9E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,6E-06 ± 8E-07	2,2E-06 ± 1E-06	1,2E-07 ± 5E-07 ‡	1,2E-07 ± 4E-07 ‡	1,5E-07 ± 3E-07 ‡		1,0E-06 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017	
Kol. vzorca (m ³)	11041,30	12949,98	10720,09	12066,23	12103,04	8650,46	
Oznaka vzorca	K17AE47S	K17AE48S	K17AE49S	K17AE4AS	K17AE4BS	K17AE4CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		6,4E-07 ± 1E-06 ‡	1,2E-06 ± 2E-05 ‡	8,9E-06 ± 1E-05 ‡	2,5E-05 ± 9E-06	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	5,3E-08 ± 1E-07
U-238	2,5E-05 ± 1E-05	2,8E-06 ± 4E-06 ‡					1,0E-05 ± 3E-06
Ra-226							9,5E-07 ± 3E-06
Pb-210	7,2E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 4E-05	3,2E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 5E-05	1,8E-04 ± 2E-05	1,0E-03 ± 7E-05	6,7E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,4E-06 ± 4E-06	5,0E-06 ± 1E-06	1,4E-06 ± 6E-06 ‡	6,5E-06 ± 5E-06	9,5E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 6E-06 ‡	6,4E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	7,6E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 1E-06	5,6E-06 ± 2E-06	1,3E-05 ± 2E-06	6,1E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 5E-07
K-40							4,9E-07 ± 9E-06
Be-7	5,0E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 3E-04	2,8E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 2E-04	2,4E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,5E-07 ± 7E-07 ‡	5,5E-08 ± 2E-07 ‡	3,8E-06 ± 5E-06 ‡	4,2E-07 ± 8E-07 ‡	7,5E-07 ± 6E-07	1,4E-07 ± 6E-07 ‡	9,7E-07 ± 5E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106			2,3E-03 ± 2E-04	2,1E-03 ± 1E-04			3,6E-04 ± 2E-05
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	12788,60	9970,86	11733,98	10752,32	10417,73	11512,94		
Oznaka vzorca	K17AE51S	K17AE52S	K17AE53S	K17AE54S	K17AE55S	K17AE56S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22			6,5E-06 ± 1E-05 ‡	8,8E-06 ± 2E-05 ‡	3,3E-06 ± 4E-05 ‡	3,3E-06 ± 2E-05 ‡		3,6E-06 ± 8E-06
U-238								
Ra-226								
Pb-210	1,1E-03 ± 5E-05	9,5E-04 ± 6E-05	7,0E-04 ± 4E-05	2,3E-04 ± 4E-05	4,6E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 4E-05	5,7E-06 ± 3E-05 ‡	9,5E-07 ± 6E-06
Ra-228	2,4E-06 ± 3E-06 ‡	1,1E-05 ± 3E-06	9,0E-06 ± 4E-06	4,5E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 3E-06		6,5E-04 ± 2E-05
Th-230								7,8E-06 ± 1E-06
Th-228	2,5E-06 ± 1E-06	7,7E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 2E-06	7,6E-06 ± 2E-06	4,7E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 4E-06		6,0E-06 ± 9E-07
K-40								
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 3E-04	4,6E-03 ± 2E-04	5,5E-03 ± 3E-04		4,2E-03 ± 9E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E-06 ± 7E-07	5,0E-08 ± 4E-07 ‡	2,6E-07 ± 5E-07 ‡	3,8E-07 ± 8E-07 ‡	1,9E-06 ± 1E-06	5,9E-07 ± 1E-06 ‡		9,4E-07 ± 3E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	10482,62	12126,91	9918,16	11697,85	12210,69	8748,52		
Oznaka vzorca	K17AE57S	K17AE58S	K17AE59S	K17AE5AS	K17AE5BS	K17AE5CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22			1,5E-05 ± 2E-05 ‡	6,5E-05 ± 1E-04 ‡		1,7E-05 ± 1E-05		1,3E-05 ± 1E-05
U-238	1,3E-05 ± 7E-06	2,6E-05 ± 1E-05		3,6E-06 ± 3E-05 ‡		2,4E-06 ± 4E-05 ‡		9,7E-07 ± 5E-06
Ra-226								
Pb-210	6,7E-04 ± 4E-05	8,4E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 6E-05	7,5E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 1E-05		6,6E-04 ± 1E-05
Ra-228	5,8E-06 ± 3E-06	9,5E-06 ± 3E-06	5,3E-06 ± 6E-06 ‡	9,5E-06 ± 4E-06	6,3E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 5E-06		7,9E-06 ± 1E-06
Th-230								
Th-228	9,8E-06 ± 1E-06	8,1E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 3E-06	1,2E-05 ± 2E-06	5,6E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 2E-06		7,0E-06 ± 6E-07
K-40								
Be-7	5,1E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 2E-04		3,9E-03 ± 6E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E-06 ± 2E-06 ‡	1,4E-07 ± 3E-07 ‡	5,1E-07 ± 1E-06 ‡	1,9E-06 ± 1E-06	1,2E-06 ± 9E-07	1,3E-06 ± 2E-06 ‡		1,0E-06 ± 3E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			2,4E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 1E-04				3,8E-04 ± 2E-05
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 . 1. 2. 2017	1. 2. 2017 . 1. 3. 2017	1. 3. 2017 . 3. 4. 2017	3. 4. 2017 . 3. 5. 2017	3. 5. 2017 . 1. 6. 2017	1. 6. 2017 . 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	11989,79	9768,74	13361,52	8230,31	9582,43	9400,54		
Oznaka vzorca	K17AE61S	K17AE62S	K17AE63S	K17AE64S	K17AE65S	K17AE66S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	1,0E-05 ± 2E-05 ‡		7,7E-07 ± 6E-07		7,3E-05 ± 3E-05	2,8E-05 ± 3E-05 ‡	2,1E-05 ± 2E-05 ‡	1,3E-07 ± 9E-08
U-238			9,4E-06 ± 2E-05 ‡					2,3E-05 ± 9E-06
Ra-226								
Pb-210	8,8E-04 ± 8E-05	9,4E-04 ± 4E-05	3,6E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 4E-05	3,8E-04 ± 4E-05	6,9E-04 ± 4E-05	6,1E-04 ± 2E-05	
Ra-228	7,1E-06 ± 3E-06	6,8E-06 ± 4E-06	5,6E-06 ± 1E-06	1,0E-05 ± 4E-06	5,8E-06 ± 4E-06	8,3E-06 ± 5E-06	7,3E-06 ± 2E-06	
Th-230								
Th-228	6,9E-06 ± 2E-06	9,6E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 4E-06	1,3E-05 ± 3E-06	7,6E-06 ± 3E-06	6,7E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 1E-06	
K-40								
Be-7	2,9E-03 ± 3E-04	3,1E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 3E-04	6,5E-03 ± 6E-04	4,4E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 1E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-06 ± 7E-07	3,2E-07 ± 6E-07 ‡	1,2E-06 ± 6E-07	1,4E-06 ± 2E-06 ‡	1,1E-06 ± 2E-06 ‡	2,2E-07 ± 6E-07 ‡	1,0E-06 ± 5E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 . 1. 8. 2017	1. 8. 2017 . 4. 9. 2017	4. 9. 2017 . 2. 10. 2017	2. 10. 2017 . 2. 11. 2017	2. 11. 2017 . 4. 12. 2017	4. 12. 2017 . 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	6220,94	12472,04	9728,88	10799,08	11572,50	9740,59		
Oznaka vzorca	K17AE67S	K17AE68S	K17AE69S	K17AE6AS	K17AE6BS	K17AE6CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22		1,1E-05 ± 8E-06	1,5E-06 ± 3E-05 ‡		4,1E-06 ± 7E-06 ‡	1,2E-05 ± 2E-05 ‡	6,4E-08 ± 5E-08	
U-238							1,4E-05 ± 5E-06	
Ra-226	5,7E-06 ± 5E-05 ‡						1,0E-06 ± 5E-06	
Pb-210	6,3E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 4E-05	6,6E-04 ± 5E-05	1,1E-03 ± 5E-05	7,4E-04 ± 4E-05	3,2E-04 ± 9E-05	6,4E-04 ± 1E-05	
Ra-228	9,1E-06 ± 7E-06 ‡	7,8E-06 ± 2E-06	8,4E-06 ± 7E-06	5,8E-07 ± 6E-06 ‡	6,8E-06 ± 3E-06	6,6E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	1,6E-05 ± 5E-06	6,3E-06 ± 4E-06	9,6E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 3E-06	9,8E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	9,3E-06 ± 9E-07	
K-40								
Be-7	5,3E-03 ± 3E-04	5,3E-03 ± 7E-04	3,5E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 2E-04	1,4E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 9E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-07 ± 9E-07 ‡	3,1E-07 ± 6E-07 ‡	1,4E-07 ± 8E-07 ‡	5,5E-07 ± 1E-06 ‡	1,0E-06 ± 1E-06 ‡	1,0E-06 ± 9E-07 ‡	7,9E-07 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95			3,0E-03 ± 2E-04					
Ru-106								
Sb-125				2,3E-03 ± 1E-04			4,4E-04 ± 2E-05	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna							
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	12782,06	10437,41	10631,96	11401,52	11318,89	12427,89		
Oznaka vzorca	K17AE71S	K17AE72S	K17AE73S	K17AE74S	K17AE75S	K17AE76S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,9E-05 ± 1E-05	2,3E-06 ± 1E-05 ‡	2,2E-05 ± 1E-05	3,5E-05 ± 2E-05	1,5E-05 ± 1E-05 ‡	1,4E-07 ± 5E-07 ‡	2,6E-08 ± 9E-08	
Ra-226								
Pb-210	8,6E-04 ± 9E-05	7,5E-04 ± 4E-05	4,1E-04 ± 4E-05	3,9E-04 ± 3E-05	1,3E-05 ± 3E-05 ‡	4,3E-04 ± 4E-05	1,5E-05 ± 6E-06	2,2E-06 ± 6E-06
Ra-228	7,9E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 3E-06	9,9E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 4E-06	4,5E-04 ± 3E-05	9,3E-06 ± 2E-06	5,5E-04 ± 2E-05	8,4E-06 ± 1E-06
Th-230								
Th-228	7,4E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 1E-06	8,9E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 1E-06	7,8E-06 ± 1E-06	1,0E-05 ± 1E-06	7,9E-06 ± 6E-07	1,1E-06 ± 2E-05
K-40								
Be-7	2,8E-03 ± 1E-04	2,7E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 1E-04	4,7E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 6E-04	4,0E-03 ± 1E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,4E-06 ± 7E-07	2,0E-07 ± 5E-07 ‡	4,3E-08 ± 4E-07 ‡	2,0E-07 ± 5E-07 ‡	1,9E-07 ± 5E-07 ‡		3,4E-07 ± 2E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna							
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	11167,40	12893,86	10522,57	11818,86	12168,24	8616,75		
Oznaka vzorca	K17AE77S	K17AE78S	K17AE79S	K17AE7AS	K17AE7BS	K17AE7CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	9,3E-06 ± 9E-06 ‡	1,3E-05 ± 2E-05 ‡	1,7E-05 ± 1E-05 ‡	2,7E-05 ± 1E-05	1,9E-05 ± 9E-06	7,4E-06 ± 4E-05 ‡	1,3E-08 ± 4E-08	1,5E-05 ± 4E-06
Ra-226								
Pb-210	4,6E-04 ± 5E-05	5,1E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 4E-05	9,9E-04 ± 5E-05	7,1E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 1E-04	2,6E-06 ± 5E-06	5,9E-04 ± 2E-05
Ra-228	9,7E-06 ± 3E-06	5,0E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 7E-06 ‡	7,5E-06 ± 5E-06	1,2E-05 ± 3E-06	1,0E-05 ± 4E-06	8,6E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	7,8E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 3E-06	9,5E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 2E-06	9,7E-06 ± 3E-06	8,2E-06 ± 6E-07	5,5E-07 ± 9E-06
K-40								
Be-7	4,8E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 7E-04	3,1E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 9E-05	2,2E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 8E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,9E-07 ± 2E-06 ‡	5,4E-07 ± 9E-07 ‡	4,6E-07 ± 9E-07 ‡	3,7E-07 ± 8E-07 ‡	3,3E-08 ± 3E-07 ‡	2,9E-06 ± 2E-06	6,1E-07 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			3,0E-03 ± 2E-04	1,8E-03 ± 1E-04				4,0E-04 ± 2E-05
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Datum vzor.	115764,2	113854,0	144539,1	134264,8	129649,6	142214,1		
Kol. vzorca (m ³)	K17AE811	K17AE821	K17AE831	K17AE841	K17AE851	K17AE861		
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
IZOTOP:								
Na-22		3,2E-06 ± 3E-06 ‡	7,1E-07 ± 3E-07	7,8E-07 ± 4E-07	5,9E-07 ± 3E-07	8,9E-07 ± 4E-07	4,9E-07 ± 1E-07	
U-238			5,1E-07 ± 3E-06 ‡				6,3E-07 ± 7E-07	
Ra-226			1,1E-05 ± 3E-05 ‡				4,6E-06 ± 6E-06	
Pb-210	8,5E-04 ± 1E-04	9,2E-04 ± 5E-05	5,8E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 3E-05	3,8E-04 ± 3E-05 ‡	7,0E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 2E-05	
Ra-228		1,8E-08 ± 9E-07 ‡	5,1E-07 ± 1E-06 ‡				8,8E-08 ± 2E-07	
Th-230								
Th-228	1,1E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 6E-07	1,1E-06 ± 6E-07	1,6E-06 ± 4E-07	2,6E-06 ± 4E-07	1,7E-06 ± 2E-07	
K-40								
Be-7	2,8E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	6,5E-03 ± 4E-04	4,5E-03 ± 1E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,3E-06 ± 2E-07	2,1E-06 ± 2E-07	7,1E-07 ± 2E-07	2,2E-07 ± 2E-07 ‡	3,6E-07 ± 1E-07	3,1E-07 ± 1E-07	1,0E-06 ± 8E-08	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017	
Datum vzor.	130405,1	153385,9	129798,8	139046,5	138309,3	102595,7	
Kol. vzorca (m ³)	K17AE871	K17AE881	K17AE891	K17AE8A1	K17AE8B1	K17AE8C1	
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
IZOTOP:							
Na-22	8,7E-07 ± 3E-07	4,8E-07 ± 2E-07			1,9E-07 ± 2E-07 ‡		3,8E-07 ± 7E-08
U-238	1,4E-06 ± 5E-06 ‡				3,8E-06 ± 3E-06		7,4E-07 ± 6E-07
Ra-226							2,3E-06 ± 3E-06
Pb-210	6,8E-04 ± 3E-05	6,9E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 3E-05	1,0E-03 ± 7E-05	8,7E-04 ± 5E-05	8,9E-04 ± 4E-05	7,2E-04 ± 2E-05
Ra-228	4,2E-07 ± 1E-06 ‡		4,2E-07 ± 1E-06 ‡				1,1E-07 ± 2E-07
Th-230							
Th-228	2,7E-06 ± 6E-07	1,9E-06 ± 4E-07	1,8E-06 ± 7E-07	7,3E-07 ± 8E-07 ‡	1,6E-06 ± 5E-07	1,8E-06 ± 7E-07	1,7E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	5,7E-03 ± 2E-04	5,2E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,9E-07 ± 2E-07	1,2E-07 ± 2E-07 ‡	2,1E-08 ± 2E-07 ‡	3,2E-07 ± 5E-07 ‡	1,1E-06 ± 2E-07	2,5E-06 ± 3E-07	8,8E-07 ± 7E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106			3,0E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04			4,5E-04 ± 1E-05
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
 "Jožef Stefan"
 Ljubljana
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 7. 2017	3. 7. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 27. 12. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	374157,3	406128,5	413589,8	379951,5	
Oznaka vzorca	K17AE8D1	K17AE8E1	K17AE8F1	K17AE8G1	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	1,2E-07 †	6,9E-08 †	1,3E-07 †	1,2E-07 †	1,1E-07 ± 1E-08 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	28. 12. 2016 - 1. 2. 2017	1. 2. 2017 - 1. 3. 2017	1. 3. 2017 - 3. 4. 2017	3. 4. 2017 - 3. 5. 2017	3. 5. 2017 - 1. 6. 2017	1. 6. 2017 - 3. 7. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	86223,2	111686,2	128377,5	130506,0	119399,9	135357,2		
Oznaka vzorca	RP17AE111	RP17AE121	RP17AE131	RP17AE141	RP17AE151	RP17AE161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22		1,3E-06 ± 5E-06 ‡	2,5E-07 ± 3E-07 ‡	1,5E-06 ± 6E-06 ‡	5,9E-07 ± 2E-07	9,4E-07 ± 4E-06 ‡	8,1E-07 ± 2E-07	2,7E-07 ± 6E-08
U-238			7,3E-06 ± 5E-06					1,8E-06 ± 2E-06
Ra-226								
Pb-210	9,7E-04 ± 7E-05	8,5E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 2E-05	4,9E-04 ± 2E-05		7,9E-04 ± 4E-05	7,1E-04 ± 2E-05
Ra-228	2,0E-06 ± 2E-06		4,5E-07 ± 1E-06 ‡	2,8E-07 ± 1E-06 ‡			5,9E-07 ± 7E-07 ‡	5,5E-07 ± 4E-07
Th-230								
Th-228	4,1E-06 ± 1E-06	1,1E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 6E-07	2,1E-06 ± 5E-07	1,1E-06 ± 5E-07		2,8E-06 ± 4E-07	2,1E-06 ± 3E-07
K-40	4,1E-05 ± 8E-05 ‡							6,8E-06 ± 1E-05
Be-7	4,0E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,8E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04		6,8E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 9E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,6E-06 ± 5E-07	3,0E-06 ± 3E-07	1,6E-06 ± 2E-07	8,9E-07 ± 2E-07	5,6E-07 ± 1E-07		4,7E-07 ± 3E-07	1,8E-06 ± 1E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	3. 7. 2017 - 1. 8. 2017	1. 8. 2017 - 4. 9. 2017	4. 9. 2017 - 2. 10. 2017	2. 10. 2017 - 2. 11. 2017	2. 11. 2017 - 4. 12. 2017	4. 12. 2017 - 27. 12. 2017		
Kol. vzorca (m ³)	125319,5	144536,5	122020,4	130497,6	137749,8	91890,5		
Oznaka vzorca	RP17AE171	RP17AE181	RP17AE191	RP17AE1AP	RP17AE1BP	RP17AE1CI		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	6,9E-07 ± 3E-07	5,7E-06 ± 5E-06 ‡	6,5E-06 ± 5E-06 ‡	5,8E-06 ± 1E-05 ‡	4,3E-06 ± 5E-06 ‡	6,7E-07 ± 4E-06 ‡	1,9E-07 ± 4E-08	3,3E-06 ± 2E-06
U-238	6,0E-06 ± 5E-06							
Ra-226								
Pb-210	6,9E-04 ± 3E-05	8,2E-04 ± 5E-05	6,1E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 8E-05	8,5E-04 ± 5E-05	9,9E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 1E-05	7,8E-04 ± 1E-05
Ra-228	1,0E-06 ± 1E-06 ‡	9,5E-07 ± 8E-07	4,5E-06 ± 2E-06	1,2E-06 ± 3E-06 ‡	4,6E-08 ± 7E-07 ‡	5,6E-07 ± 1E-06 ‡	9,6E-07 ± 4E-07	9,6E-07 ± 4E-07
Th-230								
Th-228	2,6E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 8E-07	7,2E-05 ± 2E-05	5,3E-06 ± 1E-06	2,6E-06 ± 6E-07	8,2E-06 ± 2E-06	3,4E-06 ± 7E-06
K-40								4,4E-03 ± 6E-05
Be-7	5,5E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 2E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,7E-07 ± 4E-07	6,6E-09 ± 6E-08 ‡	5,1E-08 ± 2E-07 ‡	1,4E-06 ± 7E-07	1,8E-06 ± 4E-07	3,9E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 1E-07	1,6E-06 ± 1E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106			3,0E-03 ± 1E-04	2,6E-03 ± 1E-04				4,7E-04 ± 1E-05
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL-DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d /km	Kraj in naslov
1 N	60	T1B1	45°56'54" / 15°30'56"	1,2	Spodnja Libna 5, M. Klinec (ob cesti)
	1	T1C1	45°57'09" / 15°30'49"	1,7	Libna 2, Andrej Peršolja
	2	T1F1	46°01'45" / 15°30'42"	10	Mali Kamen 32, Anton Brljavec
2 NNE	3	T2B1	45°56'46" / 15°31'20"	0,79	Spodnji Stari Grad 1
	4	T2B2	45°57'00" / 15°31'23"	1,4	Libna 8, Jože Pogačar
	5	T2D1	45°58'12" / 15°31'50"	3,75	Pleterje 16a, Maks Urek
	6	T2E1	46°00'44" / 15°34'41"	9,72	Pečice 33, KS Križe
3 NE	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
	7	T3E1	45°58'27" / 15°33'38"	5,42	Zgornja Pohanca 3, Silvester Kunej
	8	T3E2	45°59'21" / 15°35'39"	8,4	Sromlje 13, Ivan Bartole
4 ENE	9	T4B1	45°56'35" / 15°31'53"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
	62	T4D1	45°56'50" / 15°32'45"	2,7	Dolenja vas pri Krškem 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'11" / 15°35'44"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'53"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5 E	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'56"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
	13	T5D1	45°56'24" / 15°33'16"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'22"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6 ESE	16	T6B1	45°55'52" / 15°31'30"	1,25	VOP-4
	63	T6D1	45°55'48" / 15°33'15"	3,2	Pesje 23 (Amerika), Angela Slivšek
	17	T6E1	45°53'56" / 15°37'38"	9,65	Mostec 45, Jožefa Žibert
	18	T6E2	45°54'32" / 15°35'23"	6,72	Brežice, Nad Vrbino 3
	19	T6E3	45°54'56" / 15°35'13"	6	Brežice, Čolnarska 9, F. Vinpolšek
7 SE	59	T7D1	45°55'10" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 34, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'43"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8 SSE	22	T8D1	45°54'50" / 15°31'30"	2,7	Vihre 17, Martin Račič
	58	T8E1	45°53'16" / 15°32'52"	6,1	Boršt 1, Alojz Zofič
9 S	23	T9D1	45°53'41" / 15°30'33"	5	Črešnjice 30a, Avgust Kovač
	24	T9D2	45°54'52" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10 SSW	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'34"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'05"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11 SW	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'53"	2,62	Brege 52, Franc Škofljanc (met. postaja)
	27	T11D1	45°55'05" / 15°29'10"	3,2	Drnovo 62, Fanika Bizjak
	28	T11E1	45°53'49" / 15°27'26"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12 WSW	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'44"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'11"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13 W	31	T13C1	45°56'19" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
	32	T13D1	45°56'15" / 15°28'23"	3,2	Leskovec, Cesta ob gaju 17, Martina Strgar
	33	T13E1	45°56'27" / 15°25'07"	7,37	Drenovec 8, Ivan Zupančič
	34	T13E2	45°55'41" / 15°23'30"	9,72	Raka 1, Emil Vehovar, nad vodnjakom

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d /km	Kraj in naslov
14 WNW	35	T14D1	45°56'57" / 15°28'40"	2,9	Klet Leskovec, Rostoharjeva 15a
	36	T14E1	45°57'34" / 15°25'10"	7,85	Kalce 4, Franc Tomažin
	37	T14E2	45°57'54" / 15°23'52"	9,72	Veliki trn 6, Janc
15 NW	38	T15C1	45°57'02" / 15°30'02"	1,9	Krško, Ob Potočnici
	39	T15B1	45°56'36" / 15°30'18"	1	Vrbina 2, Milka Filej
	40	T15D1	45°57'55" / 15°29'03"	4,37	Krško, Bohoričeva 5
	41	T15D2	45°57'32" / 15°28'59"	3,12	Trška gora, vinograd ob cesti, desno
	42	T15D3	45°57'22" / 15°29'22"	2,81	Krško, Ribiška 3, Emil Gelb
	43	T15E1	45°59'11" / 15°28'03"	6,6	Gunte 6
	44	T15F1	46°00'36" / 15°25'40"	10,5	Presladol 74, Jane Radej
16 NNW	45	T16B1	45°56'54" / 15°30'22"	1,3	Vrbina, Hladilnica Evrosad
	46	T16C1	45°57'04" / 15°30'10"	1,9	Krško, Cesta 4. julija 112, Edvin Kocjan
	47	T16D1	45°57'48" / 15°29'48"	3,12	Krško, Sremiška 29b, S. Valentinčič
	48	T16D2	45°58'32" / 15°29'22"	4,55	Sremič 13, Topolovšek
	49	T16D3	45°57'40" / 15°29'44"	2,9	Krško, Stritarjeva 5, Martin Založnik
	50	T16E1	46°00'20" / 15°28'41"	8,1	Senovo, Titova 2, Antonija Hodnik

DOZIMETRI, RAZPOREJENI NA OGRAJI NEK

št.	Oznaka	Smer	Geografske koordinate	Kraj postavitve
51	T6A1	ESE	45°56'13" / 15°31'08"	sredina ograje
52	T8A1	SE	45°56'11" / 15°31'00"	hladilni stolpi
53	T11A1	SW	45°56'15" / 15°30'51"	vhod bistvene vode
54	T13A1	W	45°56'18" / 15°30'47"	zahodna stran ograje
55	T3A1	NE	45°56'23" / 15°31'03"	vratarnica
56	T15A1	NNW	45°56'23" / 15°30'52"	severna ograja zahodno od stikalne postaje
65	T2A1	WSW	45°56'17" / 15°30'47"	zahodna stran ograje levo od 54
66	T1A1	W	45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje desno od 54
67	T2A2	NNE	45°56'25" / 15°31'02"	severna ograja ob stikalni postaji

LETO 2017 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja $H^*(10)$ (mSv) v posameznih obdobjih v letu 2017																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017		od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018		Letna doza	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017		od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018		Letna doza	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017		od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018		Letna doza					
	Pas (km)	ograja znotraj NEK				do 1,5 km			1,5 km do 5,0 km			5,0 km do 10,0 km				Povprečje po sektorjih				
N 1	št.																			
NNE 2	67	0,284	0,308	0,592	60	0,319	0,344	0,663	1	0,375	0,385	0,760	2	0,454	0,468	0,922	0,383	0,399	0,782	
NE 3	55	0,298	0,320	0,618	3	0,389	0,419	0,807	5	0,371	0,406	0,777	6	0,361	0,387	0,748	0,412	0,438	0,850	
ENE 4					4	0,526	0,542	1,068	61	0,460	0,508	0,968	7	0,394	0,413	0,807	0,407	0,443	0,850	
E 5					9	0,361	0,391	0,752	62	0,474	0,496	0,970	8	0,369	0,407	0,776	0,430	0,454	0,884	
ESE 6	51	0,275	0,290	0,565	12	0,372	0,386	0,758	13	0,400	0,416	0,816	10	0,442	0,473	0,915	0,385	0,407	0,793	
SE 7					14	0,392	0,408	0,799	14	0,392	0,408	0,799	15	0,377	0,420	0,797	0,371	0,406	0,777	
SSE 8					16	0,340	0,394	0,734	63	0,406	0,413	0,819	17	0,283	0,352	0,635	0,371	0,406	0,777	
S 9													18	0,403	0,412	0,815				
SSW 10													19	0,424	0,461	0,884	0,370	0,420	0,790	
SW 11	53	0,298	0,300	0,598	59	0,339	0,399	0,738	20	0,416	0,471	0,886	21	0,354	0,391	0,746	0,419	0,455	0,874	
WSW 12					22	0,379	0,418	0,797	22	0,379	0,418	0,797	58	0,458	0,493	0,952	0,437	0,459	0,896	
W 13					24	0,401	0,419	0,820	23	0,473	0,499	0,973	23	0,473	0,499	0,973	0,435	0,477	0,912	
WNW 14					26	0,402	0,429	0,831	24	0,401	0,419	0,820	57	0,468	0,525	0,993	0,384	0,422	0,806	
NW 15	56	0,274	0,309	0,583	27	0,384	0,418	0,802	25	0,378	0,413	0,791	28	0,390	0,435	0,825	0,369	0,405	0,775	
NNW 16					29	0,369	0,404	0,773	26	0,402	0,429	0,831	30	0,370	0,406	0,776	0,408	0,439	0,847	
					30	0,390	0,437	0,827	27	0,384	0,418	0,802	31	0,392	0,398	0,790	0,431	0,463	0,894	
					31	0,392	0,398	0,790	38	0,340	0,341	0,681	32	0,403	0,477	0,880	0,355	0,386	0,741	
					32	0,403	0,477	0,880	40	0,307	0,340	0,646	33	0,449	0,469	0,918				
					33	0,392	0,398	0,790	41	0,350	0,375	0,725	34	0,389	0,411	0,800				
					34	0,403	0,477	0,880	42	0,314	0,339	0,652	36	0,395	0,435	0,830				
					35	0,467	0,494	0,961	43	0,340	0,341	0,681	37	0,432	0,460	0,892				
					39	0,390	0,437	0,827	44	0,322	0,361	0,683	43	0,464	0,510	0,974				
					40	0,307	0,340	0,646	46	0,453	0,493	0,946	44	0,322	0,361	0,683	0,412	0,434	0,846	
					41	0,350	0,375	0,725	47	0,475	0,482	0,956	50	0,360	0,326	0,686				
					42	0,314	0,339	0,652	48	0,454	0,509	0,963								
					45	0,319	0,350	0,669	49	0,412	0,442	0,855								
Povprečje po pasovih	(9)	0,282	0,304	0,587	(8)	0,377	0,408	0,785	(25)	0,396	0,425	0,821	(24)	0,404	0,435	0,839	(57)	0,397	0,427	0,823
	±	0,018	0,018	0,034	±	0,066	0,062	0,128	±	0,048	0,051	0,098	±	0,049	0,051	0,098	±	0,051	0,053	0,102
Ljubljana																	št.			
																	64	0,392	0,444	0,836

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
() – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

LETO 2017 T - 53/c
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v letu 2017																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017			v 2017	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017			v 2017	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017			v 2017	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017			v 2017					
	od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018				od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018				od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018				od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018								
Pas (km)	ograja znotraj NEK				do 1,5 km			1,5 km do 5,0 km			5,0 km do 10,0 km			Povprečje po sektorjih							
	št.				št.				št.												
N 1					60	0,054	0,057	0,055	1	0,063	0,064	0,063	2	0,076	0,077	0,077	0,064	0,066	0,065		
NNE 2	67	0,048	0,051	0,049	3	0,065	0,069	0,067	5	0,062	0,067	0,065	6	0,061	0,064	0,062	0,069	0,072	0,071		
NE 3	55	0,050	0,053	0,052	4	0,088	0,090	0,089	61	0,077	0,084	0,081	7	0,066	0,068	0,067	0,068	0,073	0,071		
ENE 4					9	0,061	0,065	0,063	62	0,080	0,082	0,081	8	0,062	0,067	0,065	0,072	0,075	0,074		
E 5					12	0,063	0,064	0,063	13	0,067	0,069	0,068	10	0,074	0,078	0,076	0,072	0,075	0,074		
ESE 6	51	0,046	0,048	0,047	16	0,057	0,065	0,061	14	0,066	0,067	0,067	11	0,074	0,075	0,075	0,065	0,067	0,066		
SE 7									63	0,068	0,068	0,068	15	0,063	0,069	0,066	0,062	0,067	0,065		
SSE 8	52	0,042	0,044	0,043					17	0,048	0,058	0,053	18	0,068	0,068	0,068	0,062	0,067	0,065		
S 9									19	0,071	0,076	0,074	20	0,070	0,078	0,074	0,065	0,071	0,066		
SSW 10									21	0,060	0,065	0,062	22	0,064	0,069	0,066	0,070	0,075	0,073		
SW 11	53	0,050	0,050	0,050					23	0,080	0,083	0,081	24	0,067	0,069	0,068	0,073	0,079	0,076		
WSW 12	65	0,052	0,054	0,053					26	0,068	0,071	0,069	25	0,064	0,068	0,066	0,065	0,070	0,067		
W 13	54	0,048	0,053	0,050					27	0,065	0,069	0,067	28	0,066	0,072	0,069	0,062	0,067	0,065		
WNW 14	66	0,046	0,050	0,048					29	0,062	0,067	0,064	30	0,062	0,067	0,065	0,069	0,073	0,071		
NW 15	56	0,046	0,051	0,049	39	0,066	0,072	0,069	31	0,066	0,066	0,066	32	0,068	0,079	0,073	0,072	0,077	0,075		
NNW 16									33	0,075	0,078	0,076	34	0,065	0,068	0,067	0,060	0,064	0,062		
									35	0,079	0,082	0,080	36	0,066	0,072	0,069	0,069	0,073	0,071		
									38	0,057	0,056	0,057	37	0,073	0,076	0,074	0,072	0,077	0,075		
									40	0,052	0,056	0,054	43	0,078	0,084	0,081	0,060	0,064	0,062		
									41	0,059	0,062	0,060	44	0,054	0,060	0,057	0,069	0,072	0,070		
									42	0,053	0,056	0,054					0,067	0,071	0,069		
					45	0,054	0,058	0,056	46	0,076	0,082	0,079	50	0,061	0,054	0,057	0,067	0,071	0,069		
									47	0,080	0,080	0,080					0,069	0,072	0,070		
									48	0,076	0,084	0,080					0,067	0,071	0,069		
									49	0,069	0,073	0,071					0,067	0,071	0,069		
Povprečje po pasovih	(9)	0,047	0,050	0,049	(8)	0,063	0,067	0,065	(25)	0,067	0,070	0,068	(24)	0,068	0,072	0,070	(57)	0,067	0,071	0,069	
	±	0,003	0,003	0,003	±	0,011	0,010	0,011	±	0,008	0,009	0,008	±	0,008	0,008	0,008	±	0,009	0,009	0,008	
Ljubljana																	št.	64	0,066	0,073	0,070

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
() – število merilnih mest, upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

LETO 2017 T - 54/a
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V REPUBLIKI SLOVENIJI

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'46" / 14°51'01"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'29" / 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36" / 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55" / 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07" / 15°10'39"
6	MALKOVEC (MOKRONOG)	45°57'11" / 15°12'18"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'12" / 15°13'33"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°53'00"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34" / 16°11'15"
15	LEDAVA	46°33'25" / 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08" / 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VAČE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'03" / 14°28'23"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55" / 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03" / 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28" / 14°42'28"
33	RATEČE	46°29'49" / 13°42'46"
34	TRENTA	46°22'56" / 13°45'13"
35	LOG POD MANGARTOM	46°24'25" / 13°36'10"
36	BOVEC	46°20'05" / 13°32'55"
37	TOLMIN	46°10'46" / 13°43'54"
38	BILJE (NOVA GORICA)	45°53'44" / 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50" / 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'49" / 13°55'19"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'30" / 13°37'02"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11" / 14°14'08"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'58" / 14°11'36"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23" / 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42" / 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'32" / 13°54'08"
47	SORICA	46°13'19" / 14°01'41"
48	STARA FUŽINA	46°17'21" / 13°53'36"
49	JELENJA VAS (ISKRBA, KOČEVSKA REKA)	45°33'40" / 14°51'28"
50	KREDARICA	46°22'43" / 13°50'57"

LETO 2017 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv)	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec)
		od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017		od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018			v 2017	od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017		od 1. 7. 2017 do 1. 1. 2018	
		od do	od do	od do	od do	od do		od do	od do	od do	od do
1	KOČEVJE	0,456 ± 0,070	0,511 ± 0,079	0,967 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,465 ± 0,072	0,505 ± 0,078	0,970 ± 0,106	0,078 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,568 ± 0,087	0,615 ± 0,095	1,182 ± 0,129	0,095 ± 0,015	0,102 ± 0,016	0,099 ± 0,021				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,416 ± 0,064	0,457 ± 0,070	0,873 ± 0,095	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
5	NOVO MESTO	0,342 ± 0,053	0,348 ± 0,054	0,691 ± 0,075	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,013				
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,372 ± 0,057	0,301 ± 0,046	0,673 ± 0,074	0,063 ± 0,010	0,050 ± 0,008	0,056 ± 0,012				
7	LISCA	0,365 ± 0,056	0,385 ± 0,059	0,750 ± 0,082	0,061 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
8	CELJE	0,416 ± 0,064	0,460 ± 0,071	0,876 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,414 ± 0,064	0,412 ± 0,064	0,826 ± 0,090	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,395 ± 0,061	0,404 ± 0,062	0,798 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,014				
11	ROGLA	0,517 ± 0,080	0,588 ± 0,091	1,105 ± 0,121	0,087 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,092 ± 0,020				
12	MARIBOR	0,390 ± 0,060	0,438 ± 0,068	0,828 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
13	PTUJ	0,451 ± 0,069	0,485 ± 0,075	0,935 ± 0,102	0,076 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,078 ± 0,017				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,383 ± 0,059	0,436 ± 0,067	0,819 ± 0,089	0,064 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
15	LENDAVA	0,438 ± 0,067	0,349 ± 0,054	0,787 ± 0,086	0,074 ± 0,011	0,058 ± 0,009	0,066 ± 0,014				
16	MURSKA SOBOTA	0,392 ± 0,060	0,432 ± 0,067	0,824 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
17	VELIKI DOLENCI	0,459 ± 0,071	0,503 ± 0,077	0,961 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
18	GORNJA RADGONA	0,403 ± 0,062	0,410 ± 0,063	0,812 ± 0,088	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,015				
19	SVEČINA PLAČ	0,453 ± 0,070	0,497 ± 0,076	0,950 ± 0,104	0,076 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,450 ± 0,069	0,463 ± 0,071	0,913 ± 0,099	0,076 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,076 ± 0,017				
21	KOTLJE	0,478 ± 0,074	0,546 ± 0,084	1,024 ± 0,112	0,080 ± 0,012	0,090 ± 0,014	0,085 ± 0,019				
22	VELENJE	0,435 ± 0,067	0,462 ± 0,071	0,897 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,414 ± 0,064	0,459 ± 0,071	0,873 ± 0,095	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
24	LUČE OB SAVINJI	0,424 ± 0,065	0,436 ± 0,067	0,860 ± 0,094	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
25	VAČE	0,443 ± 0,068	0,450 ± 0,069	0,893 ± 0,097	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,016				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,390 ± 0,060	0,433 ± 0,067	0,823 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
27	BRNIK AERODROM	0,506 ± 0,078	0,607 ± 0,093	1,113 ± 0,122	0,085 ± 0,013	0,100 ± 0,015	0,093 ± 0,020				
28	JEZERSKO	0,531 ± 0,082	0,548 ± 0,084	1,079 ± 0,118	0,089 ± 0,014	0,091 ± 0,014	0,090 ± 0,020				
29	PODLJUBELJ	0,412 ± 0,063	0,437 ± 0,067	0,849 ± 0,092	0,069 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
30	LESCE	0,412 ± 0,064	0,419 ± 0,065	0,832 ± 0,091	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
31	PLANINA POD GOLICO	0,483 ± 0,074	0,526 ± 0,081	1,009 ± 0,110	0,081 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,084 ± 0,018				
32	ZDENSKA VAS	0,475 ± 0,073	0,498 ± 0,077	0,973 ± 0,106	0,080 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
33	RATEČE	0,457 ± 0,070	0,493 ± 0,076	0,950 ± 0,104	0,077 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
34	TRENTA	0,298 ± 0,046	0,315 ± 0,049	0,612 ± 0,067	0,050 ± 0,008	0,052 ± 0,008	0,051 ± 0,011				
35	LOG POD MANGARTOM	0,462 ± 0,071	0,507 ± 0,078	0,969 ± 0,106	0,078 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
36	BOVEC	0,357 ± 0,055	0,393 ± 0,061	0,750 ± 0,082	0,060 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,062 ± 0,014				
37	TOLMIN	0,364 ± 0,056	0,404 ± 0,062	0,768 ± 0,084	0,061 ± 0,009	0,067 ± 0,010	0,064 ± 0,014				
38	BILJE NOVA GORICA	0,254 ± 0,039	0,326 ± 0,050	0,580 ± 0,064	0,043 ± 0,007	0,054 ± 0,008	0,048 ± 0,011				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,559 ± 0,086	0,417 ± 0,064	0,976 ± 0,107	0,094 ± 0,014	0,069 ± 0,011	0,081 ± 0,018				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,503 ± 0,078	0,536 ± 0,083	1,039 ± 0,113	0,085 ± 0,013	0,089 ± 0,014	0,087 ± 0,019				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,341 ± 0,053	0,364 ± 0,056	0,705 ± 0,077	0,057 ± 0,009	0,060 ± 0,009	0,059 ± 0,013				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,393 ± 0,061	0,421 ± 0,065	0,815 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
43	ZALOG POSTOJNA	0,432 ± 0,067	0,467 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,568 ± 0,087	0,596 ± 0,092	1,163 ± 0,127	0,095 ± 0,015	0,098 ± 0,015	0,097 ± 0,021				
45	VRHNIKA	0,642 ± 0,099	0,670 ± 0,103	1,311 ± 0,143	0,108 ± 0,017	0,111 ± 0,017	0,109 ± 0,024				
46	VOJSKO	0,437 ± 0,067	0,465 ± 0,072	0,903 ± 0,098	0,074 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
47	SORICA	0,374 ± 0,058	0,385 ± 0,059	0,759 ± 0,083	0,063 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
48	STARA FUŽINA	0,306 ± 0,047	0,331 ± 0,051	0,638 ± 0,069	0,051 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,053 ± 0,012				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,646 ± 0,099	0,765 ± 0,118	1,411 ± 0,154	0,109 ± 0,017	0,126 ± 0,019	0,118 ± 0,026				
50	KREDARICA	0,361 ± 0,056	0,367 ± 0,056	0,727 ± 0,079	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,013				
	Število merilnih mest	#	#	#	#	#	#				
	Povprečje - merilna mesta	0,434 ± 0,079	0,461 ± 0,092	0,895 ± 0,166	0,073 ± 0,013	0,076 ± 0,015	0,075 ± 0,017				
	Najvišja doza	0,646 ± 0,099 ⁽⁴⁹⁾	0,765 ± 0,118 ⁽⁴⁹⁾	1,411 ± 0,154 ⁽⁴⁹⁾	0,109 ± 0,017 ⁽⁴⁹⁾	0,126 ± 0,019 ⁽⁴⁹⁾	0,118 ± 0,026 ⁽⁴⁹⁾				
	Najnižja doza	0,254 ± 0,039 ⁽³⁸⁾	0,301 ± 0,046 ⁽⁶⁾	0,580 ± 0,064 ⁽³⁸⁾	0,043 ± 0,007 ⁽³⁸⁾	0,050 ± 0,008 ⁽⁶⁾	0,048 ± 0,011 ⁽³⁸⁾				

* Dozimeter je bil izgubljen oz. ukraden; vrednosti so dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

(**) Meritve doze zunanega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2017 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	20. 12. 2016 - 12. 7. 2017	12. 7. 2017 – 9. 1. 2018	
Vzorč. mesto	$H^*(10)$ (mSv)		
Bistra	0,33	0,37	0,70
Bregana	0,39	0,41	0,80
Harmica	0,49	0,48	0,97
Jastrebarsko	0,39	0,37	0,76
Klanjec	0,31	0,32	0,63
Novaki	0,35	0,32	0,67
Oroslavlje	0,39	0,40	0,79
Samobor	0,40	0,33	0,73
Zagreb	0,41	0,38	0,79
Zaprešić	0,35	0,34	0,69

Dne 20. 12. 2017 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL dozimetri.

LETO 2017 T - 56/a

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2017 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
NEK (Gamma)	Brege	92 ± 8	76	141	96 ± 6	83	137	96 ± 6	83	137	97 ± 7	83	145	96 ± 6	79	126	99 ± 10	83	236	95,9 ± 2,8	0,43 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	105 ± 10	88	168	108 ± 7	91	149	108 ± 7	91	149	116 ± 7	98	168	116 ± 8	98	185	120 ± 9	103	187	112,1 ± 3,2	0,51 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Krško	95 ± 8	76	152	97 ± 6	83	130	97 ± 6	83	130	99 ± 6	86	139	97 ± 5	81	125	100 ± 8	86	179	97,5 ± 2,5	0,44 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Leskovec	100 ± 8	83	146	102 ± 6	89	137	102 ± 6	89	137	106 ± 7	91	149	104 ± 6	90	140	107 ± 8	93	189	103,4 ± 2,7	0,47 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Libna	77 ± 5	68	103	78 ± 3	70	98	78 ± 3	70	98	79 ± 3	69	94	77 ± 3	70	93	79 ± 3	64	103	78,1 ± 1,3	0,35 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	101 ± 6	85	128	101 ± 5	87	123	101 ± 5	87	123	102 ± 5	86	116	101 ± 5	86	117	103 ± 5	89	128	101,5 ± 2,1	0,46 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	104 ± 9	82	154	107 ± 7	91	145	107 ± 7	91	145	112 ± 7	95	160	112 ± 6	95	147	112 ± 9	94	241	109,3 ± 3,0	0,49 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	94 ± 9	75	143	97 ± 6	84	142	97 ± 6	84	142	101 ± 7	84	144	100 ± 6	85	148	104 ± 10	88	246	98,6 ± 2,8	0,44 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Vihre	95 ± 6	77	121	96 ± 5	82	132	96 ± 5	82	132	97 ± 5	78	119	96 ± 5	84	111	97 ± 8	80	191	96,1 ± 2,2	0,43 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	78 ± 6	49	111	82 ± 4	72	108	82 ± 4	72	108	85 ± 4	75	107	85 ± 4	76	106	88 ± 5	77	123	83,6 ± 1,8	0,38 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	82 ± 6	69	111	83 ± 4	75	114	83 ± 4	75	114	85 ± 4	77	106	85 ± 3	76	98	88 ± 4	78	115	84,6 ± 1,6	0,38 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	77 ± 7	65	117	79 ± 4	69	109	79 ± 4	69	109	80 ± 4	71	106	79 ± 3	71	104	85 ± 4	75	114	80,0 ± 1,6	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	74 ± 7	62	128	75 ± 5	66	117	75 ± 5	66	117	75 ± 5	65	106	75 ± 4	66	121	76 ± 7	67	164	75,0 ± 2,1	0,34 ± 0,01						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
NEK (Gamma)	Brege	99 ± 7	84	166	100 ± 9	83	180	100 ± 13	81	179	98 ± 13	82	212	100 ± 11	83	186	98 ± 7	80	130	97,0 ± 2,2	0,85 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	124 ± 8	105	177	120 ± 11	98	209	116 ± 14	94	204	112 ± 14	92	239	112 ± 11	90	183	110 ± 9	93	155	113,7 ± 2,5	1,00 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Krško	100 ± 7	83	146	100 ± 8	82	166	100 ± 10	81	164	98 ± 10	83	183	100 ± 9	78	150	98 ± 7	82	140	98,1 ± 2,0	0,86 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Leskovec	108 ± 7	91	159	107 ± 9	90	170	106 ± 11	87	175	104 ± 11	86	185	105 ± 10	89	158	104 ± 7	88	146	104,3 ± 2,2	0,91 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Libna	79 ± 3	71	109	79 ± 4	70	119	80 ± 6	70	116	78 ± 7	68	144	80 ± 5	71	109	80 ± 4	67	104	78,5 ± 1,0	0,69 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	103 ± 5	91	122	103 ± 5	88	132	102 ± 6	86	122	102 ± 6	89	140	102 ± 5	88	119	102 ± 5	88	118	101,9 ± 1,5	0,89 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	114 ± 8	97	176	112 ± 10	93	185	112 ± 13	93	193	111 ± 12	92	208	112 ± 11	93	172	110 ± 8	92	153	110,2 ± 2,4	0,97 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	105 ± 7	89	165	104 ± 10	85	182	103 ± 13	85	198	101 ± 13	84	214	102 ± 11	82	184	100 ± 7	81	137	100,0 ± 2,3	0,88 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Vihre	97 ± 6	84	141	96 ± 6	82	135	97 ± 8	82	144	97 ± 8	83	165	98 ± 7	86	147	97 ± 5	81	121	96,5 ± 1,7	0,85 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	88 ± 5	78	127	87 ± 6	77	142	85 ± 9	74	137	85 ± 8	74	152	87 ± 8	76	121	87 ± 5	76	119	84,7 ± 1,5	0,74 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	89 ± 4	79	122	88 ± 5	77	122	87 ± 8	76	139	85 ± 9	73	165	87 ± 10	60	129	85 ± 6	73	118	85,5 ± 1,3	0,75 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	87 ± 5	70	135	87 ± 7	75	140	86 ± 10	74	150	84 ± 10	74	171	85 ± 9	72	141	84 ± 6	72	123	81,4 ± 1,4	0,71 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	76 ± 6	67	147	77 ± 10	67	201	77 ± 11	63	145	76 ± 12	66	176	78 ± 10	67	146	76 ± 7	66	126	75,4 ± 1,8	0,66 ± 0,02						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2017 T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2017 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)		Polletna doza (mSv)	
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij							
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks				
MZO	Brinje	106 ± 10	85	154	109 ± 8	94	151	109 ± 8	94	151	114 ± 9	92	162	111 ± 7	91	150	117 ± 9	98	196	111,0 ± 3,4	0,50 ± 0,02								
MZO	Brnik	109 ± 8	89	163	109 ± 9	88	174	109 ± 9	88	174	114 ± 11	95	177	110 ± 7	94	158	117 ± 10	97	176	110,8 ± 3,6	0,50 ± 0,02								
MZO	Celje	90 ± 7	74	145	91 ± 6	78	133	91 ± 6	78	133	93 ± 6	76	130	92 ± 6	79	150	93 ± 7	78	164	91,7 ± 2,6	0,41 ± 0,01								
MZO	Dolenje	85 ± 8	67	122	85 ± 8	71	119	85 ± 8	71	119	86 ± 6	71	112	83 ± 6	72	122	85 ± 6	71	121	84,8 ± 2,8	0,38 ± 0,01								
MZO	Dvor	94 ± 8	75	133	95 ± 6	80	130	95 ± 6	80	130	97 ± 8	81	140	95 ± 7	81	167	98 ± 7	83	143	95,6 ± 2,8	0,43 ± 0,01								
MZO	Gačnik	106 ± 9	87	172	112 ± 8	93	149	112 ± 8	93	149	118 ± 8	100	168	114 ± 7	100	170	120 ± 9	102	175	113,7 ± 3,3	0,51 ± 0,01								
MZO	Gornja Radgona	97 ± 6	78	130	98 ± 5	85	118	98 ± 5	85	118	100 ± 5	86	132	98 ± 5	83	127	101 ± 6	87	138	98,6 ± 2,2	0,45 ± 0,01								
MZO	Hrastje	73 ± 10	27	121	74 ± 7	55	127	74 ± 7	55	127	76 ± 8	62	128	74 ± 7	62	137	77 ± 7	63	144	74,8 ± 3,1	0,34 ± 0,01								
MZO	Hrastnik	89 ± 8	72	162	91 ± 6	77	116	91 ± 6	77	116	91 ± 8	76	132	90 ± 5	74	112	93 ± 6	80	131	90,9 ± 2,5	0,41 ± 0,01								
MZO	Ilirska Bistrica	108 ± 9	86	168	109 ± 8	92	164	109 ± 8	92	164	112 ± 9	94	165	109 ± 7	90	149	114 ± 6	96	138	110,6 ± 3,1	0,50 ± 0,01								
MZO	Iška vas	82 ± 9	64	135	85 ± 7	70	124	85 ± 7	70	124	85 ± 7	70	132	84 ± 9	13	142	85 ± 12	15	198	84,5 ± 3,3	0,38 ± 0,01								
MZO	Jesenice na Dol.	75 ± 7	58	112	75 ± 6	62	102	75 ± 6	62	102	76 ± 6	63	109	76 ± 5	65	97	77 ± 5	64	105	75,8 ± 2,3	0,34 ± 0,01								
MZO	Kamnik	80 ± 6	65	107	79 ± 5	64	102	79 ± 5	64	102	79 ± 6	66	111	78 ± 5	66	109	80 ± 5	67	104	79,1 ± 2,2	0,36 ± 0,01								
MZO	Koper	94 ± 7	79	161	93 ± 7	76	140	93 ± 7	76	140	95 ± 7	79	147	95 ± 6	82	145	98 ± 6	65	138	94,9 ± 2,7	0,43 ± 0,01								
MZO	Krajinski park Goričko	100 ± 8	84	155	104 ± 6	89	129	104 ± 6	89	129	109 ± 7	96	146	106 ± 6	91	153	110 ± 9	94	168	105,3 ± 2,8	0,48 ± 0,01								
MZO	Lendava	89 ± 7	74	138	92 ± 6	79	113	92 ± 6	79	113	96 ± 5	81	121	95 ± 6	80	132	99 ± 8	85	162	93,8 ± 2,5	0,42 ± 0,01								
MZO	Levec	104 ± 9	75	170	105 ± 7	90	150	105 ± 7	90	150	108 ± 8	89	152	108 ± 8	92	210	108 ± 7	93	166	106,4 ± 3,1	0,48 ± 0,01								
MZO	Loče	99 ± 7	82	142	101 ± 6	85	134	101 ± 6	85	134	106 ± 7	90	143	103 ± 8	90	224	105 ± 7	88	158	102,3 ± 2,7	0,46 ± 0,01								
MZO	Malkovec	100 ± 8	84	150	102 ± 6	84	151	102 ± 6	84	151	106 ± 7	91	151	104 ± 6	89	132	108 ± 7	92	155	103,6 ± 2,7	0,47 ± 0,01								
MZO	MB-Center	83 ± 6	69	127	83 ± 6	70	105	83 ± 6	70	105	83 ± 6	69	110	82 ± 5	67	111	83 ± 5	72	127	82,8 ± 2,3	0,37 ± 0,01								
MZO	MB-Slivnica	93 ± 9	75	171	97 ± 8	81	146	97 ± 8	81	146	101 ± 8	82	154	96 ± 6	81	147	99 ± 9	84	196	97,1 ± 3,2	0,44 ± 0,01								
MZO	Muta	95 ± 9	75	156	99 ± 7	80	140	99 ± 7	80	140	102 ± 7	84	137	101 ± 6	84	143	102 ± 8	83	149	100,0 ± 2,9	0,45 ± 0,01								
MZO	N. Gorica	97 ± 7	82	147	98 ± 8	80	134	98 ± 8	80	134	97 ± 6	83	117	97 ± 6	84	149	98 ± 6	84	136	97,4 ± 2,7	0,44 ± 0,01								
MZO	Park Škocjanske jame	93 ± 8	78	133	94 ± 7	78	137	94 ± 7	78	137	94 ± 7	78	134	92 ± 6	76	130	96 ± 6	78	127	93,9 ± 2,7	0,42 ± 0,01								
MZO	Podbočje	88 ± 8	70	124	89 ± 6	77	134	89 ± 6	77	134	91 ± 6	77	117	91 ± 6	79	123	94 ± 6	77	120	90,5 ± 2,5	0,41 ± 0,01								
MZO	Podčetrtek	103 ± 8	84	157	106 ± 6	89	147	106 ± 6	89	147	110 ± 7	95	148	108 ± 7	91	171	112 ± 7	93	174	107,5 ± 2,7	0,49 ± 0,01								
MZO	Ptuj	107 ± 11	88	186	112 ± 8	93	168	112 ± 8	93	168	121 ± 7	104	159	120 ± 7	101	172	123 ± 10	106	218	116,6 ± 3,3	0,53 ± 0,02								
MZO	Radenci	87 ± 8	71	138	90 ± 6	75	117	90 ± 6	75	117	93 ± 6	77	147	91 ± 6	75	126	93 ± 9	78	185	90,7 ± 2,7	0,41 ± 0,01								
MZO	Ravne na Koroškem	102 ± 8	80	155	101 ± 6	87	137	101 ± 6	87	137	104 ± 7	89	139	103 ± 7	88	155	105 ± 8	88	177	102,4 ± 2,8	0,46 ± 0,01								
MZO	Rogla	98 ± 8	78	136	94 ± 9	80	131	94 ± 9	80	131	104 ± 7	87	142	103 ± 6	84	143	102 ± 7	86	156	100,2 ± 3,0	0,45 ± 0,01								
MZO	Rudno polje	101 ± 10	83	138	89 ± 8	72	130	89 ± 8	72	130	110 ± 9	89	153	110 ± 6	96	150	111 ± 8	96	147	102,5 ± 3,2	0,46 ± 0,01								
MZO	Suha	94 ± 7	77	128	94 ± 6	81	130	94 ± 6	81	130	97 ± 7	79	141	95 ± 6	79	129	97 ± 7	78	147	95,0 ± 2,6	0,43 ± 0,01								
MZO	Todraž	115 ± 10	93	161	118 ± 8	100	156	118 ± 8	100	156	121 ± 10	103	204	120 ± 8	105	175	126 ± 9	106	182	119,6 ± 3,6	0,54 ± 0,02								
MZO	Trbovlje	74 ± 7	58	124	75 ± 6	62	100	75 ± 6	62	100	75 ± 7	63	117	74 ± 5	62	100	76 ± 6	62	120	74,8 ± 2,5	0,34 ± 0,01								
MZO	Zagorje	78 ± 6	65	111	77 ± 6	66	104	77 ± 6	66	104	78 ± 7	63	127	77 ± 5	64	105	79 ± 6	66	105	77,6 ± 2,4	0,35 ± 0,01								

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2017 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
		Julij				Avgust				September				Oktober				November						December	
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Brinje	114 ± 9	95	191	118 ± 9	96	186	115 ± 14	94	198	113 ± 11	95	199	115 ± 14	96	227	112 ± 11	94	181	112,4 ± 2,7	0,98 ± 0,02				
MZO	Brnik	115 ± 9	95	207	124 ± 13	92	232	129 ± 12	110	194	131 ± 11	114	209	130 ± 15	110	219	124 ± 12	102	196	115,6 ± 2,8	1,01 ± 0,02				
MZO	Celje	94 ± 6	79	125	95 ± 8	78	142	94 ± 10	76	146	93 ± 8	79	165	94 ± 9	79	155	92 ± 8	77	150	92,5 ± 2,0	0,81 ± 0,02				
MZO	Dolenje	85 ± 5	72	117	85 ± 6	70	120	85 ± 11	70	169	84 ± 8	74	179	87 ± 10	71	138	85 ± 8	71	131	84,9 ± 2,0	0,74 ± 0,02				
MZO	Dvor	97 ± 6	81	134	99 ± 6	83	128	98 ± 11	81	182	97 ± 8	83	160	99 ± 12	83	165	97 ± 9	83	141	96,6 ± 2,1	0,85 ± 0,02				
MZO	Gačnik	121 ± 8	102	174	120 ± 10	100	213	117 ± 12	96	167	116 ± 9	100	199	117 ± 12	99	195	113 ± 9	93	173	115,3 ± 2,5	1,01 ± 0,02				
MZO	Gornja Radgona	101 ± 6	87	120	100 ± 7	85	139	98 ± 8	79	142	98 ± 6	81	131	99 ± 7	82	148	98 ± 6	83	132	98,8 ± 1,7	0,87 ± 0,01				
MZO	Hrastje	76 ± 7	64	116	78 ± 8	63	150	78 ± 13	58	167	77 ± 10	59	159	79 ± 13	60	149	78 ± 9	62	129	75,8 ± 2,4	0,66 ± 0,02				
MZO	Hrastnik	93 ± 6	80	130	94 ± 7	79	155	94 ± 12	76	170	91 ± 9	77	153	94 ± 12	80	153	92 ± 8	77	137	91,6 ± 2,0	0,80 ± 0,02				
MZO	Ilirska Bistrica	115 ± 6	101	141	118 ± 8	100	180	113 ± 11	93	199	111 ± 8	94	182	112 ± 12	95	179	111 ± 11	94	188	112,1 ± 2,3	0,98 ± 0,02				
MZO	Iška vas	87 ± 6	72	124	88 ± 7	73	126	89 ± 12	70	154	87 ± 10	73	172	88 ± 14	69	166	87 ± 10	72	146	85,9 ± 2,4	0,75 ± 0,02				
MZO	Jesenice na Dol.	78 ± 6	65	119	79 ± 7	65	122	79 ± 11	64	128	78 ± 10	64	185	79 ± 9	66	124	78 ± 6	66	109	76,8 ± 1,9	0,67 ± 0,02				
MZO	Kamnik	80 ± 5	65	116	80 ± 7	66	169	80 ± 11	15	308	80 ± 6	68	118	82 ± 8	67	126	81 ± 7	69	117	79,6 ± 1,7	0,70 ± 0,01				
MZO	Koper	98 ± 5	85	129	99 ± 7	78	163	95 ± 10	80	161	96 ± 8	80	200	96 ± 11	80	187	95 ± 10	76	164	95,9 ± 2,0	0,84 ± 0,02				
MZO	Krajinski park Goričko	110 ± 9	97	210	111 ± 8	94	173	109 ± 11	91	153	108 ± 8	91	161	108 ± 10	93	173	104 ± 8	85	146	106,4 ± 2,2	0,93 ± 0,02				
MZO	Lendava	97 ± 7	84	146	99 ± 8	83	201	97 ± 10	79	154	96 ± 7	81	146	95 ± 9	78	157	94 ± 7	73	134	94,8 ± 2,0	0,83 ± 0,02				
MZO	Levec	109 ± 7	94	152	110 ± 9	93	174	109 ± 11	90	182	109 ± 10	91	219	109 ± 11	93	181	105 ± 9	81	154	107,2 ± 2,4	0,94 ± 0,02				
MZO	Loče	107 ± 7	91	146	106 ± 9	88	185	103 ± 10	87	149	104 ± 8	89	171	105 ± 10	88	161	102 ± 8	89	148	103,2 ± 2,1	0,90 ± 0,02				
MZO	Malkovec	108 ± 7	91	186	108 ± 8	90	183	106 ± 11	87	175	104 ± 10	90	215	105 ± 10	90	180	103 ± 8	82	144	104,5 ± 2,1	0,92 ± 0,02				
MZO	MB-Center	84 ± 5	71	128	83 ± 6	69	125	84 ± 8	70	114	83 ± 6	71	129	86 ± 8	71	127	84 ± 6	71	122	83,3 ± 1,7	0,73 ± 0,01				
MZO	MB-Slivnica	98 ± 9	83	156	99 ± 12	79	232	98 ± 12	79	161	97 ± 9	81	180	99 ± 13	81	182	95 ± 10	73	171	97,2 ± 2,5	0,85 ± 0,02				
MZO	Muta	103 ± 6	87	143	103 ± 11	84	284	100 ± 10	83	181	102 ± 7	86	170	104 ± 10	84	167	101 ± 8	82	151	101,0 ± 2,2	0,88 ± 0,02				
MZO	N. Gorica	98 ± 6	85	142	99 ± 6	84	138	98 ± 8	84	160	98 ± 7	81	165	99 ± 10	86	160	99 ± 8	83	133	97,9 ± 2,0	0,86 ± 0,02				
MZO	Park Škocjanske jame	95 ± 6	77	130	96 ± 7	82	153	94 ± 10	79	171	94 ± 8	79	170	96 ± 11	80	156	96 ± 9	78	160	94,4 ± 2,1	0,83 ± 0,02				
MZO	Podbočje	95 ± 6	82	111	95 ± 8	79	144	94 ± 12	78	175	93 ± 11	77	185	94 ± 10	79	158	92 ± 6	79	119	91,8 ± 2,0	0,80 ± 0,02				
MZO	Podčetrtek	115 ± 7	97	156	115 ± 10	96	190	111 ± 13	93	201	109 ± 10	92	208	110 ± 10	92	168	107 ± 8	79	152	108,9 ± 2,2	0,95 ± 0,02				
MZO	Ptuj	125 ± 9	102	193	127 ± 11	109	226	120 ± 13	98	195	120 ± 12	104	229	120 ± 12	98	213	116 ± 11	91	196	118,4 ± 2,7	1,04 ± 0,02				
MZO	Radenci	94 ± 6	81	144	99 ± 9	74	180	101 ± 13	81	179	100 ± 8	81	153	101 ± 10	80	169	98 ± 7	83	145	93,5 ± 2,1	0,82 ± 0,02				
MZO	Ravne na Koroškem	107 ± 7	90	142	107 ± 9	89	178	104 ± 9	86	142	106 ± 8	88	174	108 ± 10	86	179	105 ± 8	86	158	103,9 ± 2,2	0,91 ± 0,02				
MZO	Rogla	102 ± 7	87	147	101 ± 9	87	184	105 ± 10	87	159	102 ± 7	86	151	101 ± 10	85	149	94 ± 11	76	156	100,7 ± 2,3	0,88 ± 0,02				
MZO	Rudno polje	109 ± 7	92	158	109 ± 7	93	150	112 ± 10	92	158	109 ± 7	95	160	103 ± 13	84	166	92 ± 8	77	125	104,2 ± 2,3	0,91 ± 0,02				
MZO	Suha	97 ± 7	83	151	98 ± 7	84	148	98 ± 11	80	179	97 ± 9	80	170	100 ± 12	82	164	97 ± 8	82	153	96,0 ± 2,1	0,84 ± 0,02				
MZO	Todraž	124 ± 8	106	170	125 ± 9	104	176	125 ± 13	104	218	121 ± 10	103	196	124 ± 14	100	197	121 ± 12	97	175	121,2 ± 2,7	1,06 ± 0,02				
MZO	Trbovlje	76 ± 6	63	120	74 ± 8	61	137	75 ± 12	58	135	72 ± 8	58	144	74 ± 10	58	131	73 ± 8	32	127	74,6 ± 2,0	0,65 ± 0,02				
MZO	Zagorje	79 ± 6	64	102	82 ± 7	63	123	83 ± 9	69	135	81 ± 8	67	142	83 ± 10	66	133	82 ± 7	66	120	79,0 ± 1,9	0,69 ± 0,02				

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2017 T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2017 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)		
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij							
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks				
ARSO	Bovec	82	± 10	64	148	86	± 10	70	148	86	± 10	70	148	90	± 12	72	174	87	± 8	72	143	88	± 10	69	157	86,4	± 4,0	0,39	± 0,02
ARSO	Dobliče	121	± 17	94	257	137	± 12	103	228	137	± 12	103	228	142	± 10	117	188	140	± 9	120	183	147	± 12	126	301	139,2	± 4,6	0,63	± 0,02
ARSO	Kočevje	136	± 15	107	221	149	± 13	114	243	149	± 13	114	243	154	± 11	130	212	152	± 10	130	218	158	± 12	135	266	150,8	± 4,9	0,68	± 0,02
ARSO	Kredarica	132	± 5	121	150	133	± 5	120	150	133	± 5	120	150	134	± 5	120	156	132	± 5	121	151	136	± 6	125	170	133,2	± 2,1	0,60	± 0,01
ARSO	Krvavec	108	± 13	83	150	95	± 8	80	125	95	± 8	80	125	114	± 9	96	145	115	± 7	97	174	115	± 8	98	187	107,1	± 3,4	0,48	± 0,02
ARSO	Lesce	97	± 8	80	146	96	± 8	82	140	96	± 8	82	140	98	± 8	84	151	95	± 7	79	154	99	± 9	84	156	96,7	± 3,2	0,44	± 0,01
ARSO	Lisca	91	± 8	74	134	95	± 7	79	140	95	± 7	79	140	97	± 6	82	136	95	± 5	82	120	97	± 6	82	129	95,3	± 2,6	0,43	± 0,01
ARSO	LJ-Bežigrad	113	± 10	93	164	118	± 8	100	164	118	± 8	100	164	121	± 9	105	176	118	± 8	100	201	123	± 9	104	196	118,6	± 3,5	0,54	± 0,02
ARSO	MB-Tabor	101	± 9	83	175	107	± 7	87	139	107	± 7	87	139	115	± 8	99	157	113	± 6	94	144	119	± 8	103	189	110,6	± 3,0	0,50	± 0,01
ARSO	MS-Rakičan	100	± 8	83	159	102	± 6	86	129	102	± 6	86	129	107	± 6	90	134	105	± 7	89	164	107	± 9	90	165	103,8	± 2,8	0,47	± 0,01
ARSO	NG-Bilje	76	± 10	62	163	76	± 10	62	132	76	± 10	62	132	76	± 7	62	120	73	± 7	61	119	75	± 7	61	121	75,1	± 3,3	0,34	± 0,01
ARSO	Novo mesto	86	± 10	64	138	87	± 8	72	159	87	± 8	72	159	88	± 7	74	129	87	± 8	71	152	90	± 9	74	166	87,5	± 3,3	0,39	± 0,02
ARSO	Postojna	110	± 12	84	157	116	± 8	98	158	116	± 8	98	158	120	± 10	99	172	116	± 9	99	176	122	± 11	102	255	116,7	± 3,8	0,53	± 0,02
ARSO	Rateče	114	± 10	95	163	101	± 10	83	155	101	± 10	83	155	127	± 9	107	176	123	± 7	105	162	128	± 11	108	205	116,8	± 3,8	0,53	± 0,02
ARSO	Sečovelje	81	± 10	66	175	80	± 8	68	128	80	± 8	68	128	82	± 8	71	143	80	± 6	68	128	85	± 6	71	135	81,6	± 3,0	0,37	± 0,01
ARSO	Sl. Gradec	120	± 11	97	189	126	± 9	102	168	126	± 9	102	168	135	± 9	114	196	133	± 7	115	171	135	± 9	113	194	130,0	± 3,6	0,59	± 0,02
ARSO	Velenje	104	± 8	88	168	107	± 8	90	157	107	± 8	90	157	110	± 9	89	164	108	± 6	93	146	111	± 8	96	175	107,8	± 3,1	0,49	± 0,01
EIMV	Vnajarje	123	± 9	99	164	127	± 8	106	170	127	± 8	106	170	131	± 8	114	177	129	± 7	111	188	137	± 7	117	162	129,6	± 3,2	0,58	± 0,01
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
ARSO	Bovec	86	± 9	74	151	86	± 7	72	148	90	± 16	73	193	86	± 9	72	171	91	± 16	72	183	89	± 15	72	170	86,6	± 2,9	0,76	± 0,03
ARSO	Dobliče	152	± 10	130	229	156	± 12	131	219	149	± 17	124	235	145	± 15	122	297	147	± 17	115	225	142	± 10	118	199	143,4	± 3,4	1,26	± 0,03
ARSO	Kočevje	159	± 11	135	204	165	± 13	134	218	154	± 15	129	232	156	± 14	131	276	153	± 15	123	233	142	± 17	104	188	153,2	± 3,7	1,34	± 0,03
ARSO	Kredarica	135	± 5	124	162	134	± 5	121	163	137	± 6	123	165	136	± 5	124	160	136	± 7	121	165	136	± 6	123	154	134,3	± 1,5	1,18	± 0,01
ARSO	Krvavec	113	± 6	96	154	113	± 8	96	219	116	± 8	98	148	114	± 8	98	157	107	± 13	85	158	95	± 10	78	147	109,2	± 2,4	0,96	± 0,02
ARSO	Lesce	97	± 9	80	181	97	± 8	82	168	98	± 12	78	158	96	± 8	80	173	100	± 14	81	190	97	± 13	73	166	96,8	± 2,5	0,85	± 0,02
ARSO	Lisca	98	± 6	83	136	98	± 7	83	148	99	± 12	82	201	97	± 9	82	160	98	± 11	78	164	92	± 9	74	144	96,0	± 2,0	0,84	± 0,02
ARSO	LJ-Bežigrad	122	± 7	104	173	125	± 9	106	199	111	± 18	81	215	101	± 10	82	186	102	± 13	84	186	100	± 10	83	156	116,3	± 2,6	1,02	± 0,02
ARSO	MB-Tabor	119	± 7	99	162	120	± 10	102	213	117	± 12	100	170	115	± 9	98	197	116	± 11	97	175	112	± 9	90	171	112,9	± 2,3	0,99	± 0,02
ARSO	MS-Rakičan	109	± 8	92	172	107	± 11	88	208	102	± 14	13	183	104	± 8	89	156	104	± 9	88	171	101	± 8	86	155	104,1	± 2,2	0,91	± 0,02
ARSO	NG-Bilje	75	± 9	12	145	75	± 10	28	157	75	± 12	57	150	76	± 7	64	153	78	± 12	64	153	79	± 12	63	148	75,5	± 2,5	0,66	± 0,02
ARSO	Novo mesto	91	± 8	74	154	93	± 10	46	148	92	± 13	73	161	89	± 15	15	176	92	± 12	73	156	91	± 8	74	131	89,1	± 2,6	0,78	± 0,02
ARSO	Postojna	121	± 9	99	160	124	± 12	100	212	119	± 13	94	188	118	± 11	99	191	119	± 14	91	209	117	± 11	96	171	117,9	± 2,9	1,03	± 0,03
ARSO	Rateče	125	± 10	108	202	125	± 9	107	184	124	± 12	104	182	122	± 9	107	194	117	± 13	89	192	101	± 10	76	140	117,9	± 2,8	1,03	± 0,02
ARSO	Sečovelje	84	± 5	71	117	86	± 7	74	142	83	± 12	67	155	82	± 9	64	221	84	± 13	69	174	83	± 14	67	207	82,7	± 2,2	0,72	± 0,02
ARSO	Sl. Gradec	137	± 9	118	211	136	± 10	114	217	133	± 11	112	198	133	± 9	113	210	133	± 11	110	196	128	± 11	96	192	131,6	± 2,7	1,15	± 0,02
ARSO	Velenje	112	± 7	98	155	113	± 10	94	219	111	± 12	95	184	110	± 8	93	171	111	± 12	95	188	109	± 9	91	172	109,1	± 2,4	0,96	± 0,02
EIMV	Vnajarje	82	± 66	0	163	-	± -	-	-	135	± 11	112	205	132	± 10	114	202	132	± 11	110	206	125	± 9	105	180	129,7	± 2,7	1,14	± 0,02

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2017 T - 56/e

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2017 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)		
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij							
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks				
URSJV	Lakonca	64	± 7	52	122	66	± 7	55	104	66	± 7	55	104	65	± 8	49	111	64	± 4	50	86	65	± 5	53	82	64,8	± 2,4	0,29	± 0,01
URSJV	LJ-Brinje-IJS	84	± 11	100	98	86	± 9	100	98	86	± 9	100	98	89	± 10	100	98	86	± 9	100	98	92	± 10	100	98	87,1	± 3,9	0,39	± 0,02
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	71	± 9	100	90	76	± 7	100	90	76	± 7	100	90	94	± 11	100	90	95	± 10	0	90	100	± 11	100	90	82,0	± 3,5	0,37	± 0,02
URSJV	LJ-Vič	100	± 9	80	144	104	± 7	87	133	104	± 7	87	133	106	± 8	89	158	104	± 7	88	163	108	± 8	90	155	104,4	± 3,1	0,47	± 0,01
URSJV	NEK-URSJV	66	± 8	100	90	69	± 5	100	90	69	± 5	100	90	72	± 6	100	90	72	± 5	100	90	76	± 8	100	90	70,5	± 2,4	0,32	± 0,01
URSJV	Prapretno	88	± 8	72	153	91	± 6	79	118	91	± 6	79	118	93	± 8	79	139	91	± 6	76	120	95	± 6	79	134	91,7	± 2,7	0,41	± 0,01
URSJV	Sv. Mohor	70	± 6	58	108	71	± 4	60	92	71	± 4	60	92	72	± 5	58	102	-	± -	-	-	73	± 6	59	118	4,4	± 2,1	0,02	± 0,01
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
URSJV	Lakonca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,8	± 2,4	0,57	± 0,02
URSJV	LJ-Brinje-IJS	90	± 10	100	98	93	± 10	100	98	90	± 15	100	98	89	± 13	100	98	90	± 14	100	98	88	± 12	100	98	88,4	± 3,0	0,77	± 0,03
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	105	± 16	100	90	106	± 17	0	90	114	± 18	0	90	100	± 15	0	90	89	± 12	100	90	80	± 10	100	90	85,4	± 3,0	0,75	± 0,03
URSJV	LJ-Vič	116	± 85	94	1710	111	± 30	88	872	108	± 11	88	204	106	± 9	89	177	108	± 12	88	160	107	± 9	90	157	105,2	± 2,6	0,92	± 0,02
URSJV	NEK-URSJV	77	± 6	100	90	76	± 9	100	90	74	± 11	100	90	72	± 11	100	90	73	± 9	100	90	72	± 6	100	90	71,8	± 1,9	0,63	± 0,02
URSJV	Prapretno	96	± 7	82	147	94	± 9	79	171	97	± 14	82	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92,5	± 2,4	0,81	± 0,02
URSJV	Sv. Mohor	73	± 6	62	118	73	± 7	61	127	73	± 8	60	115	73	± 8	59	145	-	± -	-	-	76	± 6	65	113	72,1	± 1,7	0,63	± 0,02

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2017

8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU (MEIS, d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni X/Q (s/m^3)													
Januar	9,53E-08	9,18E-08	7,74E-08	1,36E-07	9,39E-08	2,21E-08	1,24E-08	1,53E-08	3,35E-08	7,18E-08	1,64E-07	9,44E-08	8,87E-08	1,33E-08
Februar	1,06E-07	8,64E-08	1,00E-07	1,44E-07	9,61E-08	2,62E-08	1,98E-08	2,27E-08	4,29E-08	7,09E-08	1,55E-07	7,54E-08	9,92E-08	1,28E-08
Marec	9,99E-08	1,00E-07	1,10E-07	9,99E-08	9,63E-08	5,34E-08	1,93E-08	2,59E-08	5,29E-08	5,69E-08	7,85E-08	5,33E-08	7,27E-08	3,51E-08
April	1,10E-07	1,25E-07	1,05E-07	1,33E-07	1,23E-07	3,91E-08	2,69E-08	5,30E-08	5,41E-08	1,06E-07	1,17E-07	7,81E-08	8,37E-08	1,88E-08
Maj	3,37E-07	4,15E-07	1,95E-07	1,76E-07	1,97E-07	5,48E-08	2,67E-08	3,43E-08	6,73E-08	1,02E-07	8,66E-08	5,68E-08	1,32E-07	3,49E-08
Junij	1,01E-06	9,01E-07	8,87E-07	4,62E-07	3,84E-07	1,08E-07	7,94E-08	6,86E-08	8,35E-08	1,49E-07	1,11E-07	1,64E-07	2,25E-07	5,93E-08
Julij	1,82E-06	1,40E-06	1,35E-06	2,09E-07	4,99E-07	9,05E-08	5,94E-08	6,20E-08	1,31E-07	2,44E-07	1,14E-07	1,09E-07	2,17E-07	4,57E-08
Avgust	1,60E-06	1,82E-06	1,13E-06	1,50E-07	4,20E-07	1,21E-07	5,65E-08	6,18E-08	1,36E-07	2,91E-07	1,16E-07	6,72E-08	1,31E-07	6,76E-08
September	2,17E-07	1,97E-07	1,93E-07	1,78E-07	1,41E-07	5,08E-08	4,14E-08	4,67E-08	8,43E-08	1,36E-07	9,40E-08	8,16E-08	1,52E-07	2,54E-08
Oktober	1,86E-07	1,64E-07	1,63E-07	2,28E-07	1,38E-07	4,98E-08	3,16E-08	3,27E-08	7,05E-08	7,74E-08	7,67E-08	6,75E-08	1,84E-07	3,56E-08
November	1,03E-07	9,36E-08	9,60E-08	1,13E-07	8,34E-08	2,37E-08	1,99E-08	3,29E-08	5,37E-08	9,49E-08	1,15E-07	6,34E-08	1,24E-07	1,33E-08
December	4,61E-08	3,35E-08	6,92E-08	1,36E-07	3,44E-08	2,61E-08	1,73E-08	1,71E-08	2,27E-08	3,39E-08	3,74E-08	1,99E-08	1,12E-07	1,45E-08

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni $(D/Q)/(s/m^2)$													
Januar	3,11E-06	1,51E-06	4,54E-07	1,78E-07	2,23E-07	2,31E-08	1,36E-08	1,51E-08	4,38E-08	1,83E-07	9,01E-08	7,18E-08	1,09E-07	1,27E-08
Februar	2,79E-06	1,23E-06	4,11E-07	1,47E-07	2,29E-07	2,12E-08	2,28E-08	2,26E-08	5,52E-08	1,51E-07	8,16E-08	5,64E-08	1,23E-07	8,61E-09
Marec	2,09E-06	8,45E-07	4,67E-07	7,87E-08	1,55E-07	2,61E-08	2,30E-08	1,99E-08	3,99E-08	9,57E-08	5,70E-08	4,10E-08	9,22E-08	1,43E-08
April	2,17E-06	9,61E-07	4,49E-07	9,33E-08	1,61E-07	2,11E-08	2,48E-08	3,07E-08	4,84E-08	1,22E-07	8,52E-08	5,53E-08	7,50E-08	8,16E-09
Maj	2,67E-06	8,97E-07	6,44E-07	1,20E-07	1,82E-07	3,03E-08	2,60E-08	2,66E-08	5,22E-08	9,83E-08	4,22E-08	4,08E-08	1,11E-07	1,61E-08
Junij	2,70E-06	8,84E-07	7,43E-07	1,61E-07	1,85E-07	4,31E-08	2,74E-08	2,40E-08	4,20E-08	9,22E-08	5,83E-08	6,42E-08	1,11E-07	2,42E-08
Julij	2,77E-06	9,95E-07	7,35E-07	1,03E-07	2,58E-07	3,12E-08	2,84E-08	3,32E-08	6,00E-08	1,26E-07	6,41E-08	6,67E-08	1,21E-07	2,07E-08
Avgust	3,02E-06	1,23E-06	7,98E-07	1,09E-07	2,55E-07	5,01E-08	3,97E-08	3,83E-08	6,46E-08	1,61E-07	8,51E-08	5,44E-08	8,91E-08	2,75E-08
September	3,83E-06	1,62E-06	7,44E-07	1,73E-07	2,62E-07	3,59E-08	5,39E-08	5,62E-08	1,11E-07	2,44E-07	1,14E-07	6,72E-08	1,40E-07	1,53E-08
Oktober	2,97E-06	8,91E-07	5,89E-07	1,56E-07	1,97E-07	3,93E-08	3,01E-08	3,06E-08	5,10E-08	1,26E-07	7,39E-08	6,22E-08	2,02E-07	1,85E-08
November	3,46E-06	1,50E-06	4,46E-07	1,86E-07	1,93E-07	1,80E-08	2,28E-08	3,54E-08	9,00E-08	2,26E-07	8,12E-08	5,06E-08	1,41E-07	1,08E-08
December	2,42E-06	6,37E-07	4,75E-07	1,58E-07	8,33E-08	2,70E-08	2,57E-08	2,08E-08	3,06E-08	8,70E-08	2,93E-08	2,22E-08	1,70E-07	1,19E-08

9. ZEMLJA

LETO 2017 T – 57a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice							
	18. 5. 2017							
	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)								
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	29,7	44,1	51,5	156,5	125,3	+ trava	281,8
Oznaka vzorca	K17ZN11T51	K17ZN11AB51	K17ZN11C51	K17ZN11D51	K17ZN11E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	8,0E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 9E+02	3,7E+03 ± 3E+02	3,7E+03 ± 3E+02	8,0E+03 ± 1E+03
Ra-226	7,4E-01 ± 4E-01	1,4E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	5,8E+03 ± 5E+02	5,0E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	8,6E+00 ± 6E-01	2,4E+03 ± 1E+03	2,9E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 7E+02	1,6E+03 ± 2E+03 ‡	7,3E+03 ± 1E+03	7,3E+03 ± 1E+03	8,9E+03 ± 3E+03
Ra-228	2,2E-01 ± 2E-01	1,0E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	4,1E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 8E+01	3,9E+03 ± 8E+01	8,0E+03 ± 2E+02
Th-228	7,7E-02 ± 4E-02	1,1E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	3,9E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 7E+01	3,9E+03 ± 7E+01	7,8E+03 ± 1E+02
Th-230								
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	5,0E+04 ± 5E+03	4,9E+04 ± 3E+03	4,9E+04 ± 3E+03	9,9E+04 ± 6E+03
Be-7	4,2E+01 ± 3E+00	2,3E+02 ± 7E+01				2,3E+02 ± 7E+01	2,7E+02 ± 7E+01	2,3E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,4E-02 ± 3E-02	1,2E+03 ± 6E+01	2,1E+03 ± 8E+01	1,1E+03 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,8E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,3E-01 ± 1E-02	1,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	6,6E+01 ± 1E+01	9,3E+01 ± 7E+00	9,3E+01 ± 7E+00	1,6E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice							
	18. 5. 2017							
	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno povprečje 0-15	Utečeno povprečje 0-30	
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)								
Kol. vzorca (kg)	0,14	0,26	0,37	0,41	0,46			
Kol. (kg/m ²)	0,2	29,7	44,1	51,5	156,5			
Oznaka vzorca	K17ZN11T51	K17ZN11AB51	K17ZN11C51	K17ZN11D51	K17ZN11E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	8,3E-01 ± 1E+00 ‡	2,7E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	
Ra-226	3,8E+00 ± 2E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	
Pb-210	4,4E+01 ± 3E+00	8,2E+01 ± 4E+01	6,6E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 1E+01	1,0E+01 ± 2E+01 ‡	5,8E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 1E+01	
Ra-228	1,1E+00 ± 8E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 6E-01	
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01	3,5E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 5E-01	
Th-230								
K-40	6,8E+02 ± 7E+01	4,3E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,2E+02 ± 1E+01	7,7E+00 ± 3E+00				1,8E+00 ± 6E-01	8,1E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,8E-01 ± 1E-01	4,2E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 8E-01	2,2E+00 ± 2E-01	3,6E+01 ± 8E-01	1,7E+01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 7E-02	6,4E-01 ± 7E-02	8,1E-01 ± 9E-02	7,4E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 7E-02	7,4E-01 ± 5E-02	5,6E-01 ± 5E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2017 T – 57b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice							
	20. 9. 2017							
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,1	38,9	45,6	45,2	141,9	129,8	+ trava	271,7
Oznaka vzorca	K17ZN11T91	K17ZN11AB91	K17ZN11C91	K17ZN11D91	K17ZN11E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	1,9E+01 ± 3E-01 ‡	1,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 5E+02	4,1E+03 ± 4E+02	4,1E+03 ± 4E+02	8,2E+03 ± 6E+02
Ra-226	2,9E+01 ± 2E-01	1,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	5,5E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 3E+02	5,3E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	1,3E+01 ± 9E-01	2,3E+03 ± 6E+02	3,1E+03 ± 1E+03	4,2E+02	5,1E+03 ± 2E+03	5,8E+03 ± 1E+03 x	5,8E+03 ± 1E+03 x	1,1E+04 ± 3E+03 x
Ra-228	2,2E+01 ± 1E-01	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	4,0E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 8E+01	4,0E+03 ± 8E+01	8,0E+03 ± 2E+02
Th-228	8,6E-02 ± 3E-02	1,1E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	3,9E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 6E+01	4,0E+03 ± 6E+01	7,9E+03 ± 1E+02
Th-230								
K-40	8,0E+01 ± 8E+00	1,5E+04 ± 1E+03	1,7E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	4,7E+04 ± 5E+03	4,9E+04 ± 3E+03	4,9E+04 ± 3E+03	9,6E+04 ± 5E+03
Be-7	1,2E+02 ± 5E+00						1,2E+02 ± 5E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-02	1,3E+03 ± 5E+01	2,3E+03 ± 8E+01	3,9E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 2E+02	7,4E+03 ± 2E+02	7,4E+03 ± 2E+02	1,1E+04 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,8E-01 ± 1E-02	3,7E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 4E+00	7,4E+01 ± 5E+00	2,7E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 9E+00	1,6E+02 ± 9E+00	4,3E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice							
	20. 9. 2017							
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno povprečje		Utečeno povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,38	0,42	0,40	0,45	0-15		0-30
Kol. (kg/m ²)	0,1	38,9	45,6	45,2	141,9			
Oznaka vzorca	K17ZN11T91	K17ZN11AB91	K17ZN11C91	K17ZN11D91	K17ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	2,8E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,1E+00 ± 1E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00
Pb-210	9,5E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 1E+01	6,9E+01 ± 2E+01	9,2E+00	3,6E+01 ± 2E+01	4,5E+01 ± 1E+01 x	4,0E+01 ± 1E+01 x	4,0E+01 ± 1E+01 x
Ra-228	1,6E+00 ± 8E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 6E-01	3,0E+01 ± 6E-01	3,0E+01 ± 6E-01
Th-228	6,4E-01 ± 2E-01	2,9E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 5E-01	2,9E+01 ± 5E-01	2,9E+01 ± 5E-01
Th-230								
K-40	5,9E+02 ± 6E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01
Be-7	8,8E+02 ± 3E+01							
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,0E-01 ± 1E-01	3,3E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 2E+00	8,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 1E+00	3,9E+01 ± 9E-01	3,9E+01 ± 9E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 9E-02	9,5E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-02	1,6E+00 ± 9E-02	1,6E+00 ± 9E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – 59a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6E (mivkasta borovina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	18. 5. 2017							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	42,9	58,2	57,0	112,0	158,1	+ trava	270,1
Oznaka vzorca	K17ZN2T51	K17ZN2AB51	K17ZN2C51	K17ZN2D51	K17ZN2E51			
IZTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	2,1E+00 ± 1E+00	5,8E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 5E+02	3,5E+03 ± 4E+02	3,5E+03 ± 4E+02	6,6E+03 ± 6E+02
Ra-226	2,2E+00 ± 1E+00	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 4E+02	5,3E+03 ± 3E+02	5,3E+03 ± 3E+02	9,4E+03 ± 5E+02
Pb-210	8,0E+00 ± 3E+00	1,8E+03 ± 6E+02	1,3E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 2E+02	5,6E+02	5,6E+03 ± 7E+02	5,7E+03 ± 7E+02	6,2E+03 ± 7E+02 x
Ra-228	5,9E-02 ± 2E-01 ‡	1,0E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 5E+01	2,8E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	6,7E+03 ± 2E+02
Th-228	1,1E-01 ± 9E-02 ‡	1,1E+03 ± 3E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 4E+01	2,8E+03 ± 9E+01	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	6,6E+03 ± 2E+02
Th-230		4,3E+02 ± 2E+03 ‡		3,5E+03 ± 2E+03		3,9E+03 ± 3E+03	3,9E+03 ± 3E+03	3,9E+03 ± 3E+03
K-40	2,3E+02 ± 2E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 1E+03	2,1E+04 ± 2E+03	3,5E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 3E+03	8,6E+04 ± 4E+03
Be-7	6,0E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 6E+01 ‡				5,3E+01 ± 6E+01	1,1E+02 ± 6E+01	5,3E+01 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,5E+02 ± 1E+01	8,9E+01 ± 2E+01	2,9E+02 ± 2E+01	5,8E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 3E+01	1,1E+03 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,1E+00 †	4,5E+00 †	3,9E+00 †	7,2E+00 †	1,2E+01 x	1,2E+01 x	1,9E+01 x

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	18. 5. 2017							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno povprečje	Utečeno povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,41	0,48	0,44	0,48	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,3	42,9	58,2	57,0	112,0			
Oznaka vzorca	K17ZN2T51	K17ZN2AB51	K17ZN2C51	K17ZN2D51	K17ZN2E51			
IZTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	6,8E+00 ± 4E+00	1,4E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	
Ra-226	7,1E+00 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210	2,6E+01 ± 9E+00	4,3E+01 ± 1E+01	2,3E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 4E+00	5,0E+00 †	3,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00 x	
Ra-228	1,9E-01 ± 8E-01 ‡	2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 9E-01	2,4E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 6E-01	
Th-228	3,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,5E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 6E-01	
Th-230		1,0E+01 ± 5E+01 ‡		6,1E+01 ± 3E+01		2,5E+01 ± 2E+01	1,5E+01 ± 1E+01	
K-40	7,5E+02 ± 7E+01	3,1E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,9E+02 ± 9E+00	1,2E+00 ± 1E+00 ‡				3,3E-01 ± 4E-01	2,0E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		3,5E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	5,2E+00 ± 3E-01	5,2E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 2E-01	4,1E+00 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	7,3E-02 †	7,8E-02 †	6,9E-02 †	6,4E-02 †	7,3E-02 x	6,9E-02 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – 59b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Kusova Vrčina									
20. 9. 2017									
Datum vzor.	trava		0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Gl. vzor. (cm)	0,2		47,4	54,5	52,5	108,6	154,4	+ trava	263,0
Kol. vzorca (kg/m ²)	K17ZN2T91		K17ZN2AB91	K17ZN2C91	K17ZN2D91	K17ZN2E91			
Oznaka vzorca	K17ZN2T91		K17ZN2AB91	K17ZN2C91	K17ZN2D91	K17ZN2E91			
IZOTOP									
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
U-238	8,5E-01 ± 6E-01	1,0E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 4E+02	6,8E+03 ± 5E+02	
Ra-226	5,9E-01 ± 4E-01	1,7E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 4E+02	5,5E+03 ± 3E+02	5,5E+03 ± 3E+02	9,7E+03 ± 5E+02	
Pb-210	1,2E+01 ± 1E+00	7,0E+02 ± 1E+03 ‡	2,0E+03 ± 6E+02	1,7E+02 ± 2E+03 ‡	6,3E+03 ± 2E+03	2,9E+03 ± 2E+03	2,9E+03 ± 2E+03	9,1E+03 ± 3E+03	
Ra-228	3,1E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	2,9E+03 ± 9E+01	4,1E+03 ± 8E+01	4,1E+03 ± 8E+01	7,0E+03 ± 1E+02	
Th-228	1,0E-01 ± 5E-02	1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	2,9E+03 ± 8E+01	4,1E+03 ± 7E+01	4,1E+03 ± 7E+01	7,0E+03 ± 1E+02	
Th-230					2,1E+03 ± 4E+03 ‡			2,1E+03 ± 4E+03	
K-40	1,5E+02 ± 2E+01	1,7E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	3,6E+04 ± 3E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,2E+04 ± 3E+03	8,7E+04 ± 4E+03	
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00	4,9E+02 ± 7E+01				4,9E+02 ± 7E+01	4,9E+02 ± 7E+01	4,9E+02 ± 7E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,0E-01 ± 3E-02	1,4E+02 ± 8E+00	1,5E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 2E+01	4,9E+02 ± 2E+01	5,3E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 3E+01	1,0E+03 ± 3E+01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	-----	3,8E+00 †	3,8E+00 †	4,1E+00 †	7,3E+00 †	1,2E+01 x	1,2E+01 x	1,9E+01 x	

Kusova Vrčina								
20. 9. 2017								
Datum vzor.	trava		0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno povprečje	Utečeno povprečje
Gl. vzor. (cm)	0,17		0,45	0,49	0,47	0,49	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg)	0,2		47,4	54,5	52,5	108,6		
Oznaka vzorca	K17ZN2T91		K17ZN2AB91	K17ZN2C91	K17ZN2D91	K17ZN2E91		
IZOTOP								
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								
U-238	4,4E+00 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Ra-226	3,1E+00 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	6,3E+01 ± 8E+00	1,5E+01 ± 2E+01 ‡	3,7E+01 ± 1E+01	3,3E+00 ± 3E+01 ‡	5,8E+01 ± 2E+01	1,9E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 1E+01	
Ra-228	1,6E+00 ± 7E-01	2,7E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 5E-01	2,7E+01 ± 5E-01	
Th-228	5,2E-01 ± 2E-01	2,7E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 4E-01	2,7E+01 ± 4E-01	
Th-230					1,9E+01 ± 4E+01 ‡		8,0E+00 ± 2E+01	
K-40	7,9E+02 ± 8E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	
Be-7	5,2E+02 ± 2E+01	1,0E+01 ± 1E+00				3,2E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,2E-01 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	4,5E+00 ± 4E-01	4,5E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	8,0E-02 †	7,1E-02 †	7,9E-02 †	6,7E-02 †	7,6E-02 x	7,2E-02 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 60a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Amerika							
	18. 5. 2017							
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,4	33,2	41,9	52,9	116,5	128,0	+ trava	244,6
Oznaka vzorca	K17ZN3T51	K17ZN3AB51	K17ZN3C51	K17ZN3D51	K17ZN3E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	8,5E+01 ± 6E-01	8,9E+02 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 4E+02	4,3E+03 ± 3E+02	4,3E+03 ± 3E+02	6,8E+03 ± 5E+02
Ra-226	3,1E+00 ± 1E+00	1,7E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 6E+02	6,9E+03 ± 4E+02	6,9E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 7E+02
Pb-210	3,0E+00 ± 6E-01	2,9E+02	4,3E+02 ± 1E+03 †	1,6E+03 ± 1E+03	3,9E+03 ± 6E+02	2,4E+03 ± 2E+03 x	2,4E+03 ± 2E+03 x	6,3E+03 ± 2E+03 x
Ra-228		1,2E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 5E+01	1,9E+03 ± 6E+01	3,7E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 8E+01	4,6E+03 ± 8E+01	8,4E+03 ± 2E+02
Th-228	2,0E-01 ± 1E-01	1,2E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,8E+03 ± 5E+01	3,9E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 7E+01	4,4E+03 ± 7E+01	8,3E+03 ± 1E+02
Th-230	1,0E+01 ± 6E+00						1,0E+01 ± 6E+00	
K-40	3,0E+02 ± 3E+01	1,5E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	2,2E+04 ± 2E+03	4,8E+04 ± 5E+03	5,5E+04 ± 3E+03	5,5E+04 ± 3E+03	1,0E+05 ± 6E+03
Be-7	2,8E+01 ± 2E+00						2,8E+01 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		8,2E+02 ± 5E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,8E+03 ± 8E+01	2,4E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	2,1E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 1E+01	8,8E+01 ± 5E+00	8,8E+01 ± 5E+00	2,0E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
	18. 5. 2017							
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno povprečje		
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,35	0,39	0,40	0,46	0-15		
Kol. (kg/m ²)	0,4	33,2	41,9	52,9	116,5	0-30		
Oznaka vzorca	K17ZN3T51	K17ZN3AB51	K17ZN3C51	K17ZN3D51	K17ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,0E+00 ± 1E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00	
Ra-226	7,1E+00 ± 3E+00	5,2E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 5E+00	5,4E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	
Pb-210	6,9E+00 ± 1E+00	8,8E+00	1,0E+01 ± 3E+01 †	3,1E+01 ± 2E+01 ‡	3,4E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 2E+01 x	2,6E+01 ± 9E+00 x	
Ra-228		3,6E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 7E-01	3,4E+01 ± 7E-01	
Th-228	4,5E-01 ± 3E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 5E-01	3,4E+01 ± 6E-01	
Th-230	2,4E+01 ± 1E+01							
K-40	7,0E+02 ± 7E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	
Be-7	6,4E+01 ± 5E+00							
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	6,4E-01 ± 7E-02	5,6E-01 ± 6E-02	8,2E-01 ± 7E-02	9,4E-01 ± 9E-02	6,9E-01 ± 4E-02	8,1E-01 ± 5E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 60b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	20. 9. 2017							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,4	34,4	34,4	53,4	122,4	122,2	+ trava	244,5
Oznaka vzorca	K17ZN3T91	K17ZN3AB91	K17ZN3C91	K17ZN3D91	K17ZN3E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	5,1E+01 ± 4E+01 ‡	1,3E+03 ± 6E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 3E+02	3,6E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 6E+02	4,6E+03 ± 6E+02	8,2E+03 ± 7E+02
Ra-226		1,6E+03 ± 6E+02	1,6E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 5E+02	5,7E+03 ± 7E+02	5,7E+03 ± 7E+02	1,1E+04 ± 8E+02
Pb-210	4,1E+01 ± 2E+00	2,6E+03 ± 2E+03	1,1E+03 ± 5E+02	1,5E+03 ± 1E+03	4,0E+03 ± 3E+02	5,2E+03 ± 2E+03	5,2E+03 ± 2E+03	9,2E+03 ± 2E+03
Ra-228	1,9E+01 ± 2E+01 ‡	1,2E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+01	1,8E+03 ± 6E+01	4,1E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 3E+02	4,2E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 4E+02
Th-228	1,2E+01 ± 8E-02	1,2E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+01	1,8E+03 ± 5E+01	4,1E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 3E+02	4,2E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 3E+02
Th-230		2,3E+03 ± 2E+03			4,7E+03 ± 2E+03	2,3E+03 ± 2E+03	2,3E+03 ± 2E+03	7,0E+03 ± 3E+03
K-40	1,9E+02 ± 2E+01	1,5E+04 ± 3E+03	1,4E+04 ± 1E+03	2,2E+04 ± 2E+03	5,1E+04 ± 5E+03	5,1E+04 ± 4E+03	5,1E+04 ± 4E+03	1,0E+05 ± 6E+03
Be-7	3,9E+02 ± 3E+01	1,7E+02 ± 8E+01				1,7E+02 ± 8E+01	5,6E+02 ± 9E+01	1,7E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,9E+03 ± 3E+02 ‡	7,7E+02 ± 3E+02	1,2E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 7E+01	3,4E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 3E+02	5,2E+03 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,0E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	1,3E+02 ± 1E+01	9,8E+01 ± 6E+00	9,8E+01 ± 6E+00	2,3E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	20. 9. 2017							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utečeno	Utečeno	
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,39	0,45	0,42	0,47	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,4	34,4	34,4	53,4	122,4	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K17ZN3T91	K17ZN3AB91	K17ZN3C91	K17ZN3D91	K17ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	3,9E+01 ± 2E+01	3,8E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00	
Ra-226		4,5E+01 ± 2E+01	4,7E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 3E+00	
Pb-210	1,0E+02 ± 6E+00	7,5E+01 ± 6E+01	3,1E+01 ± 1E+01	2,8E+01 ± 2E+01	3,3E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+01	3,8E+01 ± 9E+00	
Ra-228	4,8E-01 ± 6E-01 ‡	3,4E+01 ± 9E+00	3,4E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00	
Th-228	3,0E-01 ± 2E-01	3,5E+01 ± 8E+00	3,5E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 1E+00	
Th-230		6,8E+01 ± 4E+01			3,9E+01 ± 2E+01	1,9E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 1E+01	
K-40	4,8E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 1E+02	4,1E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 3E+01	
Be-7	9,9E+02 ± 6E+01	4,9E+00 ± 2E+00				1,4E+00 ± 7E-01	6,9E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E-02 ± 8E-02 ‡	2,2E+01 ± 8E+00	3,5E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	8,7E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 1E-01	5,9E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 9E-02	8,0E-01 ± 5E-02	9,4E-01 ± 5E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA

LETO 2017 T - 61 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	januar	februar	marec	april	maj	junij		
Datum vzor.	5,28	5,40	5,26	5,43	5,17	5,33		
Kol. vzorca (kg)	MLPE0117	MLPE0217	MLPE0317	MLPE0417	MLPE0517	MLPE0617		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)							
U-238	1,4E-01 ± 5E-02	2,4E-02 ± 2E-02		9,3E-02 ± 7E-02			4,3E-02 ± 1E-02	
Ra-226		2,1E-02 ± 2E-03		4,1E-02 ± 8E-03			2,0E-02 ± 2E-03	
Pb-210	7,5E-02 ± 5E-02	6,8E-03 ± 1E-02			1,7E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 6E-03	2,4E-02 ± 1E-02	
Ra-228			1,4E-02 ± 6E-03			4,0E-02 ± 2E-02	9,0E-03 ± 4E-03	
Th-228	4,1E-02 ± 1E-02	7,2E-03 ± 4E-03					8,0E-03 ± 2E-03	
Th-230								
K-40	4,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 1E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,3E-02 ± 4E-03	2,5E-01 ± 8E-03	4,1E-02 ± 2E-03	2,4E-02 ± 5E-03	3,0E-02 ± 4E-03	4,1E-02 ± 4E-03	7,0E-02 ± 2E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,8E-02 ± 5E-03	1,0E-01 ± 1E-02	2,8E-02 ± 5E-03	3,0E-02 ± 5E-03	6,2E-02 ± 7E-03	6,2E-02 ± 6E-03	5,2E-02 ± 3E-03	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2017 T - 61 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum vzor.	5,34	5,38	5,41	5,38	5,40	5,31	
Kol. vzorca (kg)	MLPE0717	MLPE0817	MLPE0917	MLPE1017	MLPE1117	MLPE1217	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238	2,1E-02 ± 4E-03	5,0E-02 ± 8E-03				1,2E-02 ± 4E-03	2,1E-02 ± 7E-03
Ra-226		4,5E-02 ± 6E-02	1,8E-02 ± 6E-02				1,7E-02 ± 1E-03
Pb-210		6,5E-02 ± 2E-02	3,7E-02 ± 2E-02				1,7E-02 ± 9E-03
Ra-228		4,0E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 1E-02				1,3E-02 ± 3E-03
Th-228	2,0E-02 ± 7E-03						1,1E-02 ± 2E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,2E-02 ± 4E-03	8,5E-02 ± 6E-03	5,2E-02 ± 5E-03	3,8E-02 ± 5E-03	3,8E-02 ± 5E-03	3,2E-02 ± 4E-03	6,0E-02 ± 1E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,8E-02 ± 5E-03	1,6E-03	6,6E-02 ± 7E-03	1,9E-02 ± 5E-03	2,9E-02 ± 5E-03	1,5E-02	3,9E-02 ± 8E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2017 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	5,24	5,20	5,19	5,30	5,26	5,30	
Kol. vzorca (kg)	5,24	5,20	5,19	5,30	5,26	5,30	
Oznaka vzorca	MLVH0117	MLVH0217	MLVH0317	MLVH0417	MLVH0517	MLVH0617	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238	1,2E-02 ± 1E-02	1,0E-01 ± 4E-02				2,9E-02 ± 6E-03	1,9E-02 ± 7E-03
Ra-226		1,2E-01 ± 5E-03					2,9E-02 ± 1E-02
Pb-210	3,6E-02 ± 2E-02	8,7E-02 ± 5E-02	6,0E-02 ± 5E-02			8,3E-02 ± 6E-02	6,4E-02 ± 2E-02
Ra-228		4,2E-02 ± 2E-02	3,9E-02 ± 2E-02			3,1E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 6E-03
Th-228	4,9E-02 ± 4E-02	2,3E-02 ± 9E-03				5,9E-02 ± 2E-02	1,2E-02 ± 7E-03
Th-230							
K-40	3,6E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	5,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,9E-02 ± 2E-03	1,1E-02 ± 2E-03	9,8E-03 ± 3E-03	1,8E-02 ± 3E-03	1,5E-02 ± 3E-03	1,7E-02 ± 5E-03	1,5E-02 ± 1E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,4E-02 ± 6E-03	7,1E-02 ± 8E-03	1,1E-03 †	1,6E-03 †	7,3E-03 ± 6E-03	1,5E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 1E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	5,17	5,27	5,17	5,28	5,42	5,10	
Kol. vzorca (kg)	5,17	5,27	5,17	5,28	5,42	5,10	
Oznaka vzorca	MLVH0717	MLVH0817	MLVH0917	MLVH1017	MLVH1117	MLVH1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			2,8E-02 ± 3E-03			1,9E-02 ± 9E-03	9,3E-03 ± 3E-03
Ra-226	1,5E-02 ± 7E-03						1,9E-02 ± 7E-03
Pb-210	1,0E-01 ± 5E-02		8,7E-02 ± 2E-02			1,1E-01 ± 6E-02	5,7E-02 ± 1E-02
Ra-228				6,7E-02 ± 2E-02			2,0E-02 ± 4E-03
Th-228				3,6E-02 ± 2E-02	3,5E-02 ± 6E-03		1,2E-02 ± 4E-03
Th-230							
K-40	3,3E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 6E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,8E-02 ± 4E-03	1,4E-02	1,3E-02 ± 2E-03	9,5E-03	8,1E-03 ± 2E-03	1,2E-02 †	1,4E-02 ± 1E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	6,6E-02 ± 1E-02	1,2E-02 ± 6E-03	1,7E-02 ± 5E-03	1,3E-03 †	1,7E-03 †	7,5E-02 ± 1E-02	2,3E-02 ± 8E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzrč. mesto	Bregje						
	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	4,90 MLBG0117	5,43 MLBG0217	5,43 MLBG0317	5,39 MLBG0417	5402,00 MLBG0517	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238	1,9E-02 ± 4E-02		3,5E-02 ± 8E-02	1,4E-02 ± 1E-02	2,8E-02 ± 1E-02	4,7E-02 ± 7E-03	3,2E-03 ± 7E-03
Ra-226	6,2E-03 ± 6E-03			7,8E-02 ± 7E-02			2,2E-02 ± 1E-02
Pb-210	7,5E-02 ± 4E-02	9,5E-02 ± 6E-02					4,1E-02 ± 2E-02
Ra-228	5,8E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 2E-02	4,5E-02 ± 2E-02			3,5E-01 ± 3E-02	8,1E-02 ± 7E-03
Th-228	3,2E-02 ± 1E-02			2,3E-02 ± 2E-02		2,1E-02 ± 2E-02	1,3E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	3,7E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-02 ± 3E-03	1,1E-02 †	1,1E-02 ± 2E-03	4,9E-02 ± 7E-03	4,2E-02 ± 8E-03	1,9E-02 ± 5E-03	2,4E-02 ± 7E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,0E-03 †	9,2E-02 ± 1E-02	9,9E-04 †	5,5E-02 ± 6E-03	2,2E-02 ± 5E-03	4,9E-02 ± 6E-03	3,7E-02 ± 1E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzrč. mesto	Bregje						
	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	5,13 MLBG0717	5,45 MLBG0817	5,41 MLBG0917	5,20 MLBG1017	5,31 MLBG1117	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	2,0E-02 ± 8E-03	3,0E-02 ± 4E-03			1,7E-02 ± 9E-03	2,3E-02 ± 1E-02	1,6E-03 ± 3E-03
Pb-210		3,0E-02 ± 4E-02					1,8E-02 ± 7E-03
Ra-228	3,8E-02 ± 3E-02	2,8E-02 ± 8E-03					2,3E-02 ± 9E-03
Th-228	5,6E-02 ± 2E-02			1,2E-02 ± 8E-03			4,6E-02 ± 4E-03
Th-230							1,2E-02 ± 3E-03
K-40	5,0E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 9E-01	5,1E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,5E-02 ± 6E-03	1,4E-02 ± 2E-03	3,0E-02 ± 4E-03	2,3E-02 ± 3E-03	2,4E-02 ± 4E-03	2,5E-02 ± 6E-03	2,4E-02 ± 3E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,2E-03 †	1,2E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 5E-03	8,4E-03 ± 4E-03	8,8E-03 ± 4E-03	3,6E-02 ± 6E-03	2,6E-02 ± 8E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 64
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI I-131 (Bq/L) #		
11. 5. 2017	12. 5. 2017	< 7,64E-3	< 6,72E-3	< 5,92E-3
31. 5. 2017	1. 6. 2017	< 8,40E-3	< 7,32E-3	< 6,51E-3
20. 6. 2017	21. 6. 2017	< 6,55E-3	< 7,52E-3	< 6,56E-3
31. 7. 2017	1. 8. 2017	< 6,89E-3	< 8,01E-3	< 6,49E-3
10. 8. 2017	11. 8. 2017	< 7,40E-3	< 7,97E-3	< 6,75E-3
31. 8. 2017	1. 9. 2017	< 6,94E-3	< 7,73E-3	< 6,44E-3
14. 9. 2017	15. 9. 2017	< 7,11E-3	< 8,39E-3	< 6,63E-3
11. 10. 2017	12. 10. 2017	< 7,15E-3	< 7,76E-3	< 7,06E-3

LETO 2017 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	19. 9. 2017	19. 9. 2017	19. 9. 2017	19. 9. 2017	
Kol. vzorca (kg)	0,33	0,33	0,35	0,43	
Odstotek suhe snovi	19,80	15,70	14,10	18,80	
Oznaka vzorca	K17HSJB191	K17HSJB691	K17HSJB791	K17HSJB891	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	5,3E-01 ± 3E-01	2,1E-01 ± 1E-01	4,6E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Ra-226			2,9E-02 ± 6E-02 ‡	2,0E-02 ± 4E-02 ‡	1,2E-02 ± 2E-02
Pb-210	3,1E-01 †	2,1E-01 ± 9E-02	9,4E-02 ± 4E-01 ‡	1,2E-01 ± 9E-02	1,8E-01 ± 5E-02 x
Ra-228	4,5E-02 ± 8E-02 ‡		2,3E-02 ± 4E-02 ‡		1,7E-02 ± 2E-02
Th-228	8,4E-02 ± 3E-02	5,1E-02 ± 1E-02	4,6E-02 ± 2E-02	7,4E-03 ± 1E-02 ‡	4,7E-02 ± 9E-03
Th-230					
K-40	6,1E+01 ± 6E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	6,2E+01 ± 6E+00	5,1E+01 ± 3E+00
Be-7	9,2E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 1E-01		5,5E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 1E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137			9,8E-03 ± 1E-02 ‡		2,5E-03 ± 4E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,0E-03 †	4,6E-03 †	8,2E-03 ± 2E-03	1,8E-03 †	4,4E-03 ± 1E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	19. 9. 2017	19. 9. 2017	
Kol. vzorca (kg)	0,51	0,48	
Odstotek suhe snovi	22,00	22,90	
Oznaka vzorca	K17HSHR191	K17HSHR691	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	2,2E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,1E-01 ± 1E-01
Ra-226		1,3E-01 ± 1E-01 ‡	6,4E-02 ± 7E-02
Pb-210	4,5E-01 ± 1E-01	2,5E-01 †	3,5E-01 ± 1E-01 x
Ra-228		6,7E-02 ± 6E-02 ‡	3,4E-02 ± 3E-02
Th-228		5,8E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	7,0E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 6E+00	6,4E+01 ± 5E+00
Be-7	9,6E-01 ± 1E-01	5,9E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 1E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,8E-02 ± 2E-03	2,6E-02 ± 3E-03	2,2E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2017 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnja Pohanca (kmetija Žerjav)	Spodnji Stari Grad	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	17. 5. 2017	17. 5. 2017	
Kol. vzorca (kg)	0,27	0,27	
Odstotek suhe snovi	8,30	7,50	
Oznaka vzorca	K17HSJG2151	K17HSJG451	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	3,3E-03 ± 4E-02 ‡	1,6E-01 ± 1E-01	8,3E-02 ± 6E-02
Ra-226	4,4E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 5E-02	9,4E-02 ± 3E-02
Pb-210	3,9E-02 ± 3E-02	9,5E-02 †	6,7E-02 ± 3E-02 x
Ra-228	3,0E-02 ± 1E-02	5,7E-02 ± 3E-02	4,4E-02 ± 2E-02
Th-228	8,4E-03 ± 3E-03	2,5E-02 ± 1E-02	1,7E-02 ± 5E-03
Th-230			
K-40	3,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Be-7	4,1E-01 ± 4E-02		2,1E-01 ± 2E-02
I-131			
Cs-134			
Cs-137	8,4E-03 ± 8E-03 ‡		4,2E-03 ± 4E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 ± 6E-03	1,0E-01 ± 7E-03	1,1E-01 ± 5E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2017 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo vino ter bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Leskovec	Libna	Leskovec
Vrsta vzorca	Grozdje - rdeče	Grozdje - belo	Bezeg
Datum vzor.	18. 9. 2017	19. 9. 2017	4. 9. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,56	0,46	0,21
Odstotek suhe snovi	23,20	23,60	19,90
Oznaka vzorca	K17HSGR191	K17HSGR291	K17HSBZ891
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238		1,9E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 4E-01 ‡
Ra-226	2,0E-01 ± 7E-02	1,6E-01 ± 8E-02	7,6E-01 ± 2E-01
Pb-210	2,3E-01 ± 1E-01	4,0E-02 †	2,6E+00 ± 6E-01
Ra-228	7,2E-02 ± 5E-02		7,2E-01 ± 1E-01
Th-228	3,4E-02 ± 2E-02		2,6E-01 ± 4E-02
Th-230			
K-40	8,0E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	1,4E+02 ± 1E+01
Be-7	1,3E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,8E+01 ± 8E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	5,1E-04 ± 6E-03 ‡	5,2E-03 ± 2E-02 ‡	
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,8E-01 ± 1E-02	4,3E-02 ± 4E-03	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.


LETO 2017 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, bučke, čebula, blitva

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre	Brege	Brege	Pesje
Vrsta vzorca	solata	bučke	čebula	blitva
Datum vzor.	20. 6. 2017	20. 6. 2017	20. 6. 2017	20. 6. 2017
Oznaka vzorca	SZNEK010617	SZNEK020617	SZNEK030617	SZNEK040617
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	6,9E-02 ± 3E-02	5,5E-02 ± 3E-02		
Ra-226	1,1E-01 ± 5E-03	1,4E-02 ± 4E-03	6,6E-02 ± 1E-02	9,3E-02 ± 1E-02
Pb-210	3,9E-01 ± 5E-02		1,9E-01 ± 7E-02	4,9E-01 ± 9E-02
Ra-228	1,2E-01 ± 1E-02		5,9E-02 ± 3E-02	2,0E-01 ± 2E-02
Th-228	1,6E-01 ± 1E-02	1,2E-02 ± 8E-03	2,5E-02 ± 2E-02	5,9E-02 ± 2E-02
Th-230				
K-40	1,2E+02 ± 6E+00	8,0E+01 ± 4E+00	6,7E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 8E+00
Be-7			3,4E-01 ± 3E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,4E-02 ± 4E-03	8,5E-03 †	1,3E-02	1,7E-02 ± 1E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,9E-01 ± 3E-02	6,3E-02 ± 1E-02	3,1E-01 ± 3E-02	3,4E-01 ± 3E-02

(***) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2017 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – krompir, feferoni, paprika, paradižnik

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Žadovinek	Brege	Brege	Trnje
Vrsta vzorca	krompir	feferoni	paprika	paradižnik
Datum vzor.	20. 6. 2017	5. 8. 2017	5. 8. 2017	5. 8. 2017
Oznaka vzorca	SZNEK050617	SZNEK060817	SZNEK070817	SZNEK080817
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	2,1E-01 ± 1E-01		4,8E-02 ± 3E-02	
Ra-226	4,6E-02 ± 1E-02	9,6E-02 ± 1E-02	3,8E-02 ± 5E-03	
Pb-210	1,1E-01 ± 1E-01			
Ra-228		3,4E-02 ± 3E-02		3,5E-02 ± 1E-02
Th-228	6,9E-02 ± 3E-02		5,3E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 3E-02
Th-230				
K-40	1,3E+02 ± 7E+00	7,5E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7		1,2E+00 ± 7E-02	2,5E-01 ± 3E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,8E-02 †	1,2E-02 †	7,0E-03 ± 2E-03	7,3E-02 ± 3E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	5,7E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 1E-02	2,9E-03 †	1,8E-02 ± 5E-03

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2017 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – zelena, kumare, korenje, zelje

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Trnje	Spodnji Stari Grad	Spodnji Stari Grad	Vrbina
Vrsta vzorca	zelena	kumare	korenje	zelje
Datum vzor.	5. 8. 2017	5. 8. 2017	5. 8. 2017	5. 8. 2017
Oznaka vzorca	SZNEK090817	SZNEK100817	SZNEK100817	SZNEK120817
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	2,5E-01 ± 7E-02	2,4E-02 ± 3E-02		
Ra-226	2,1E-01 ± 1E-02	8,6E-03 ± 5E-03	1,5E-01 ± 1E-02	2,7E-02 ± 7E-03
Pb-210	1,6E+00 ± 1E-01		8,9E-02 ± 8E-02	1,7E-01 ± 6E-02
Ra-228	2,6E-01 ± 2E-02		1,5E-01 ± 3E-02	3,1E-02 ± 2E-02
Th-228	1,1E-01 ± 2E-02		5,5E-02 ± 3E-02	
Th-230				
K-40	1,7E+02 ± 9E+00	4,0E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 7E+00	8,5E+01 ± 5E+00
Be-7	1,3E+01 ± 4E-01			4,1E-01 ± 4E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,8E-02 ± 4E-03	6,7E-02 ± 3E-03	1,3E-02 †	2,7E-02 ± 5E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	7,8E-01 ± 7E-02	2,6E-02 ± 3E-03	7,9E-02 ± 2E-02	9,1E-02 ± 1E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2017 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – malancani, rdeča pesa, radič, fižol v zrnju

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre	Žadovinek	Spodnji Stari Grad	Trnje
Vrsta vzorca	malancani	rdeča pesa	radič	fižol v zrnju
Datum vzor.	5. 8. 2017	5. 8. 2017	14. 9. 2017	14. 9. 2017
Oznaka vzorca	SZNEK130817	SZNEK140817	SZNEK150917	SZNEK160917
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (B q/kg)			
U-238				
Ra-226	8,4E-02 ± 8E-03	1,7E-01 ± 2E-02	1,0E-01 ± 1E-02	5,8E-01 ± 5E-02
Pb-210	1,1E-01 ± 7E-02	3,2E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Ra-228	3,9E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 5E-02	8,4E-02 ± 2E-02	2,1E-01 ± 1E-01
Th-228			7,7E-02 ± 2E-02	
Th-230				
K-40	8,3E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 8E+00	1,4E+02 ± 8E+00	4,6E+02 ± 2E+01
Be-7	1,1E-01 ± 3E-02	5,7E-01 ± 1E-01	1,5E+01 ± 5E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,3E-03 †	2,5E-02 †	4,1E-02 ± 5E-03	5,0E-02 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	4,0E-03 †	4,9E-01 ± 5E-02	3,3E-01 ± 3E-02	9,7E-02 ± 4E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2017 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – kuruza, pšenica, ječmen, fižol v zrnju

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vrbina	Vrbina	Žadovinek	Pesje
Vrsta vzorca	kuruza	pšenica	ječmen	repa
Datum vzor.	14. 9. 2017	14. 9. 2017	14. 9. 2017	11. 10. 2017
Oznaka vzorca	SZNEK170917	SZNEK180917	SZNEK190917	SZNEK201017
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (B q/kg)			
U-238				
Ra-226	4,5E-02 ± 6E-03	4,5E-01 ± 2E-02	4,2E-01 ± 3E-02	1,8E-01 ± 2E-01
Pb-210	8,9E-02 ± 5E-02	6,9E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 3E-01	
Ra-228		2,9E-01 ± 3E-02	1,7E-01 ± 5E-02	
Th-228	4,6E-02 ± 1E-02			5,4E-02 ± 4E-02
Th-230				
K-40	1,1E+02 ± 6E+00	1,3E+02 ± 7E+00	1,4E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 6E+00
Be-7	1,1E-01 ± 3E-02	1,2E+00 ± 9E-02	5,0E+00 ± 2E-01	6,0E-01 ± 9E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,4E-02 ± 5E-03	1,8E-02 ± 5E-03	2,5E-02 †	2,2E-02 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	4,7E-03 †	5,6E-01 ± 6E-02	1,6E-01 ± 3E-02	5,6E-01 ± 5E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2017 T - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Povprečje - jajca (*)	Sp. Stari Grad (Turnšek)
Vrsta vzorca	Kokošja jajca	Kokošja jajca		Kokošje meso
Datum vzor.	16. 1. 2017	17. 5. 2017		16. 1. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,24	0,25		0,15
Odstotek suhe snovi	23,20	24,30		26,00
Oznaka vzorca	K17HJ111	K17HJ351		K17HMK111
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	5,0E-01 ± 5E-01 ‡	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	3,5E-01 ± 3E-01	7,6E-01 ± 5E-01
Ra-226		1,5E-01 ± 8E-02	7,7E-02 ± 4E-02	4,5E-02 ± 2E-01 ‡
Pb-210	1,1E-01 ± 6E-01 ‡	3,2E-01 †	2,1E-01 ± 1E-01 x	4,3E-01 †
Ra-228	1,6E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 6E-02	1,8E-01 ± 6E-02	
Th-228	1,0E-01 ± 3E-02	5,0E-02 ± 2E-02	7,7E-02 ± 2E-02	9,5E-02 ± 4E-02
Th-230				
K-40	3,9E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 3E+00	9,5E+01 ± 9E+00
Be-7	1,6E-01 ± 2E-01 ‡		7,9E-02 ± 8E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137				4,1E-02 ± 5E-02 ‡
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	4,1E-03 †	5,2E-03 †	4,6E-03 ± 5E-04 x	7,8E-03 †

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T - 75
13. HRANILA – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Brege (Skofljanc)	Povprečje - svinjsko meso (*)	Leskovec	Leskovec
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso		Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	16. 1. 2017	16. 2. 2017		1. 3. 2017	11. 1. 2017
Kol. vzorca (kg)	0,38	0,42		0,39	0,29
Odstotek suhe snovi	28,30	27,40		42,40	25,40
Oznaka vzorca	K17HMS111	K17HMS221		K17HMG831	K17HMD311
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	5,2E-02 ± 9E-02 ‡	5,6E-01 ± 4E-01	3,1E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 6E-01 ‡	5,6E-02 ± 2E-01 ‡
Ra-226				2,2E-01 ± 1E-01	
Pb-210	2,5E-02 †	3,0E-01 †	1,6E-01 ± 1E-01 x	5,7E-01 ± 1E+00 ‡	4,5E-02 †
Ra-228		8,5E-02 ± 1E-01 ‡	4,2E-02 ± 6E-02		
Th-228	9,3E-03 ± 1E-02 ‡	1,8E-01 ± 3E-02	9,4E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 3E-02 ‡	5,6E-02 ± 2E-02
Th-230	1,5E-01 ± 8E-01 ‡		7,6E-02 ± 4E-01		3,6E-01 ± 1E+00 ‡
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 8E+00	1,7E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,5E-02 ± 1E-02	1,3E-01 ± 2E-02	9,1E-02 ± 1E-02	1,4E-01 ± 2E-02	1,9E-02 ± 1E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,4E-03 †	3,6E-03 †	3,5E-03 ± 1E-04 x	5,1E-03 †	4,4E-03 †

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

**OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI
V OKOLICI NEK ZARADI HE BREŽICE**

1. VODA – REKA SAVA

VODA – SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA – ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

3. PODTALNICA

VODA - ENKRATNI VZORCI

LETO 2017 T – HE 1b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	24,6	45,7	49,2	48,3	44,2	47,5	
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0717	NEKVHEJ0817	NEKVHEJ0917	NEKVHEJ1017	NEKVHEJ1117	NEKVHEJ1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238			3,0E+00 ± 2E+00			1,4E+00 ± 2E+00	7,3E-01 ± 4E-01
Ra-226		6,1E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 2E-01			9,5E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Pb-210		2,4E+00 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	6,7E+01 ± 1E+01	8,9E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Ra-228		1,0E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 4E-01	4,7E+00 ± 1E+00	9,4E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-228						1,5E+00 ± 3E-01	2,5E-01 ± 6E-02
Th-230							
K-40	6,3E+00 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 3E+00	9,2E+01 ± 9E+00	2,0E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Be-7	3,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	7,5E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,2E+02 ± 2E+01	6,2E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 3E+00
I-131	1,8E+00 ± 4E-01			4,4E+00 ± 6E-01			1,0E+00 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137	† 3,3E-01	† 2,1E-01	† 2,8E-01	† 2,0E-01	† 4,5E-01	† 2,8E-01	2,9E-01 ± 4E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	† 1,8E-01	3,7E+00 ± 4E-01	† 7,8E-02	1,8E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 7E-01 x
H-3	3,4E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	5,6E+02 ± 6E+01	1,8E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD. Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 2b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	53,5	101,7	104,5	107,1	96,6	97,4	
Susp. snov (g)	1,5	0,9	17,4	1,1	0,7	2,8	
Oznaka vzorca	NEKFHEJ0717	NEKFHEJ0817	NEKFHEJ0917	NEKFHEJ1017	NEKFHEJ1117	NEKFHEJ1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		1,8E+00 ± 1E+00				1,5E+00 ± 1E+00	5,5E-01 ± 2E-01
Ra-226	4,6E-01 ± 4E-01		7,5E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 1E-01		8,3E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 7E-02
Pb-210		1,1E+00 ± 8E-01	9,5E-01 ± 1E+00		1,6E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E+00	8,3E-01 ± 3E-01
Ra-228		7,5E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01		8,5E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 1E-01
Th-228			3,4E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40		1,8E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00		1,3E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 6E-01
Be-7				1,3E+00 ± 4E-01	7,9E-01 ± 2E-01		3,5E-01 ± 7E-02
I-131							
Cs-134							
Cs-137	† 3,3E-01	† 1,4E-01	† 1,3E-01	† 1,3E-01	† 5,3E-02	4,4E-01 ± 8,2E-02	2,0E-01 ± 6E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor. Kol. vzorca (L) Oznaka vzorca	julij 51,4 RSHEL0717	avgust 52,1 RSHEL0817	september 52,3 RSHEL0917	oktober 50,0 RSHEL1017	november 52,3 RSHEL1117	december 50,2 RSHEL1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,7E+00 ± 6E-01		1,5E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 4E-01	
Ra-226	7,7E-01 ± 1E-01	9,5E-01 ± 3E-01			4,6E-01 ± 9E-02	9,9E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 7E-02	
Pb-210	1,3E+01 ± 8E-01	3,2E+00 ± 2E+00		1,4E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 5E-01	9,9E+00 ± 9E-01	5,6E+00 ± 5E-01	
Ra-228	1,6E+00 ± 2E-01	4,5E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 1E-01		1,6E+00 ± 3E-01	
Th-228	1,4E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 4E-01	4,2E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	3,8E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 1E+00	
Be-7	1,1E+02 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00		3,1E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 7E-01	1,3E+02 ± 4E+00	5,1E+01 ± 1E+00	
I-131	1,4E+00 ± 1E-01				5,7E+00 ± 2E-01	2,1E+01 ± 1E+00	4,7E+00 ± 2E-01	
Cs-134								
Cs-137	† 1,1E-01	† 2,3E-01	† 2,3E-01	† 1,6E-01	1,9E-01 ± 3,9E-02	2,1E-01 ± 5,8E-02	1,9E-01 ± 2E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,4E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01	4,5E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	4,4E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 2E-01	
H-3	6,9E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 1E+02	4,6E+02 ± 8E+01	5,6E+02 ± 6E+01	2,6E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku O-2.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor. Kol. vzorca (L) Oznaka vzorca	julij 53,2 RSHE0717	avgust 52,3 RSHE0817	september 51,3 RSHE0917	oktober 50,0 RSHE1017	november 51,3 RSHE1117	december 51,9 RSHE1217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,1E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 1,6E+00	2,0E+00 ± 1,8E+00	1,5E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 7E-01	
Ra-226		6,2E-01 ± 1E-01	8,7E-01 ± 4E-01	2,6E+00 ± 3E-01	9,0E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E-01	
Pb-210	1,4E+01 ± 2E+00	4,3E+00 ± 6E-01	3,0E+00 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	8,0E+00 ± 7E-01	
Ra-228		1,4E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 9E-01	8,3E-01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	
Th-228	9,4E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	9,5E-01 ± 6E-01		9,7E-01 ± 4E-01		6,8E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,3E+02 ± 7E+00	1,5E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 2E+00	2,7E+02 ± 8E+00	6,9E+00 ± 9E-01	4,9E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 2E+00	
I-131	1,8E+00 ± 2E-01			5,4E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 1E-01	
Cs-134								
Cs-137	† 1,8E-01	† 1,2E-01	† 3,5E-01	† 2,0E-01	† 1,8E-01	† 2,5E-01	2,1E-01 ± 3E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	1,7E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 1E-01	
H-3	7,4E+02 ± 8E+01	6,6E+02 ± 7E+01	3,1E+04 ± 1E+03	7,1E+02 ± 9E+01	6,1E+02 ± 6E+01	1,1E+03 ± 1E+02	5,7E+03 ± 2E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 5

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezo				
Datum vzor.			26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)			47,2	52,3	
Oznaka vzorca			RSHEJK317	RSHEJK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238			1,3E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 1E+00
Ra-226			5,8E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 9E-02	7,9E-01 ± 1E-01
Pb-210			6,4E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 7E-01	9,3E+00 ± 1E+00
Ra-228			1,7E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01
Th-228			1,6E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-230					
K-40			2,2E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Be-7			7,5E+01 ± 3E+00	7,8E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 2E+00
I-131				1,4E+00 ± 1E-01	7,0E-01 ± 6E-02
Cs-134					
Cs-137			† 3,0E-01	5,9E-01 ± 5,5E-02	4,5E-01 ± 1E-01 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90			6,5E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 4E-01	4,8E+00 ± 4E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 6

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat NH1				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)			50,0	51,5	
Oznaka vzorca			RSNHK317	RSNHK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238			8,0E-01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	5,5E+00 ± 2E+00
Ra-226				9,4E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 2E-01
Pb-210			1,5E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00
Ra-228			2,7E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 5E-01
Th-228				1,7E+00 ± 7E-01	8,5E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40			1,0E+02 ± 4E+00	8,9E+01 ± 6E+00	9,6E+01 ± 4E+00
Be-7			1,3E+02 ± 4E+00	8,0E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137			† 1,8E-01	† 3,5E-01	2,7E-01 ± 8E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90			5,3E+00 ± 5E-01	5,8E+00 ± 5E-01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 2c

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)			259,7	301,0	
Susp. snov (g)			19,8	4,6	
Oznaka vzorca			NEKFHEJK317	NEKFHEJK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90			† 1,5E-02	3,0E-01 ± 4E-02	1,6E-01 ± 1E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 7

2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.			26. 9. 2017	28. 11. 2017	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)			77,0	54,4	
Oznaka vzorca			SDHEJK317	SDHEJK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			2,0E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 9E+00	2,7E+01 ± 5E+00
Ra-226			2,1E+01 ± 7E-01	3,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 6E-01
Pb-210			2,5E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 8E+00	4,3E+01 ± 4E+00
Ra-228			2,0E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Th-228			1,7E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40			2,5E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 1E+01
Be-7			5,0E+01 ± 3E+00		2,5E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137			1,3E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 5E-01	3,5E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90			† 6,6E-02	1,3E+00 ± 3E-01	6,9E-01 ± 6E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 8b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	Datum vzor.	24. 7. 2017	9. 8. 2017	1. 9. 2017	2. 10. 2017	2. 11. 2017	1. 12. 2017	
Kol. vzor. (g)	59,9	59,1	55,5	55,3	53,2	58,9		
Oznaka vzorca	SDHEL0717	SDHEL0817	SDHEL0917	SDHEL1017	SDHEL1117	SDHEL1217		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,4E+01 ± 7E+00	2,6E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 3E+00	
Ra-226	2,8E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 5E-01	3,3E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 4E-01	
Pb-210	3,7E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00	6,7E+01 ± 3E-01	5,8E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 1E+01	9,7E+01 ± 2E+01	5,8E+01 ± 3E+00	
Ra-228	2,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 7E-01	
Th-228	2,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 8E-01	
Th-230								
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,9E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 1E+01	
Be-7	2,5E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 4E+00	8,9E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 6E+00	5,4E+01 ± 5E+00	6,5E+01 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,0E+00 ± 4E-01	6,0E+00 ± 2E-01	6,1E+00 ± 3E-01	6,4E+00 ± 4E-01	8,9E+00 ± 9E-01	5,2E+00 ± 6E-01	6,1E+00 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	† 6,1E-02	† 6,3E-02	† 7,6E-02	† 7,4E-02	† 1,2E-01	† 7,1E-02	7,7E-02 ± 8E-03 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 9b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	Datum vzor.	24. 7. 2017	9. 8. 2017	1. 9. 2017	2. 10. 2017	2. 11. 2017	1. 12. 2017	
Kol. vzor. (g)	44,5	53,5	50,5	62,3	48,8	51,2		
Oznaka vzorca	SDHED0717	SDHED0817	SDHED0917	SDHED1017	SDHED1117	SDHED1217		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,8E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 9E+00	3,5E+01 ± 8E+00	2,9E+01 ± 3E+00	
Ra-226	3,1E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 7E-01	3,4E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 3E-01	
Pb-210	5,8E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 6E+00	5,1E+01 ± 5E+00	7,2E+01 ± 1E+01	7,6E+01 ± 8E+00	5,8E+01 ± 3E+00	
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 6E-01	
Th-228	2,5E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 7E-01	
Th-230								
K-40	3,5E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 3E+01	4,1E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 9E+00	
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00	6,1E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 5E+00	8,0E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,4E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 3E-01	5,5E+00 ± 4E-01	8,2E+00 ± 3E-01	4,6E+00 ± 6E-01	5,5E+00 ± 5E-01	5,8E+00 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	† 9,7E-02	† 1,1E+00 ± 1E-01	† 2,2E-01	† 1,4E-01	3,9E+00 ± 4E-01	4,5E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 8E-01 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 10
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Vrsta vzorca			krap	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.			16. 8. 2017	5. 10. 2017	
Oznaka vzorca			RIHEJK317	RIHEJK417	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				3,3E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 7E-02
Ra-226				3,1E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 1E-02
Pb-210					
Ra-228			1,3E-01 ± 9E-02		6,5E-02 ± 5E-02
Th-228			2,3E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 4E-02	2,2E-01 ± 5E-02
Th-230					
K-40			1,1E+02 ± 8E+00	8,7E+01 ± 5E+00	9,8E+01 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137			6,1E-02 ± 3E-02	1,5E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90			9,3E-02 ± 2E-02	1,3E+00 ± 1E-01	7,2E-01 ± 6E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2017 T – HE 11
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško		
Vrsta vzorca		klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.		5. 9. 2017	
Oznaka vzorca		RIHEAP217	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)		
U-238			
Ra-226		4,3E-01 ± 4E-02	4,3E-01 ± 4E-02
Pb-210		3,4E-01 ± 3E-01	3,4E-01 ± 3E-01
Ra-228		2,4E-01 ± 7E-02	2,4E-01 ± 7E-02
Th-228			
Th-230			
K-40		1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00
Be-7			
I-131			
Cs-134			
Cs-137		† 3,1E-02	3,1E-02 x
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-90		4,1E-01 ± 6E-02	4,1E-01 ± 6E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2017 T – HE 12
3. VRTINA VOP-1 – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	17. 1. 2017	16. 2. 2017	16. 3. 2017	19. 4. 2017	17. 5. 2017	16. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP111	K17VRP121	K17VRP131	K17VRP141	K17VRP151	K17VRP161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	6,0E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 9E+01	9,4E+02 ± 9E+01	5,5E+02 ± 8E+01	7,2E+02 ± 7E+01	9,1E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	18. 7. 2017	16. 8. 2017	19. 9. 2017	18. 10. 2017	17. 11. 2017	11. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP171	K17VRP181	K17VRP191	K17VRP1A1	K17VRP1B1	K17VRP1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	9,9E+02 ± 1E+02	9,9E+02 ± 1E+02	9,4E+02 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	9,8E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2017 T – HE 13
3. VRTINA V-12/77 – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	17. 1. 2017	16. 2. 2017	16. 3. 2017	19. 4. 2017	17. 5. 2017	16. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP127711	K17VRP127721	K17VRP127731	K17VRP127741	K17VRP127751	K17VRP127761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 7E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	18. 7. 2017	16. 8. 2017	19. 9. 2017	18. 10. 2017	17. 11. 2017	11. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP127771	K17VRP127781	K17VRP127791	K17VRP1277A1	K17VRP1277B1	K17VRP1277C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2017 T – HE 14
3. VRTINA V-7/77 – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	17. 1. 2017	16. 2. 2017	16. 3. 2017	19. 4. 2017	17. 5. 2017	16. 6. 2017	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP77711	K17VRP77721	K17VRP77731	K17VRP77741	K17VRP77751	K17VRP77761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 6E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	18. 7. 2017	16. 8. 2017	19. 9. 2017	18. 10. 2017	17. 11. 2017	11. 12. 2017	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K17VRP77771	K17VRP77781	K17VRP77791	K17VRP777A1	K17VRP777B1	K17VRP777C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	1,0E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 3E+02	2,9E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

**TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV**

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA-TEL-2016-03 World-wide open proficiency test
on the determination of natural and artificial radionuclides in water,
clover and spruce needles samples,
IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2016 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 2 vzorca umetno kontaminirane vode, vzorec deteljice in vzorec smrekovih iglic za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je IJS, Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama, IRB pa pri določitvi sevalcev gama in Sr-90 v dveh vzorcih vode ter v vzorcu smrekovih iglic. Končne individualne rezultate je IJS, Odsek F-2, prejel oktobra 2016 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 207 (IJS, Odsek F-2) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2016-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2016*], IRB pa ravno tako oktobra 2016 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 38 (IRB) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2016-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2016*]. Rezultati teh analiz so bili obravnavani v poročilu za leto 2016 *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, poročilo za leto 2016 (IJS-DP-12291)*.

V nadaljevanju so objavljeni še rezultati IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 70) ter primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Končne individualne rezultate je IJS, Odsek O-2, prejel avgusta 2017 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 70 (IJS, Odsek O-2) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2016-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, August 2017*].

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

IAEA-TEL-2016-03						
Sample 1, Spiked Water						
analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od maja do junija 2016</i> , individualni rezultati objavljeni <i>avgusta 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 70	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-90	14,7 ± 0,5	14,3 ± 0,9	-2,72	-0,39	-0,25	A

IAEA-TEL-2016-03						
Sample 2, Spiked Water						
analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>maja in junija 2016</i> ter <i>maja in junija 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>avgusta 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 70	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-89	373 ± 15	375,4 ± 21,7	0,64	0,09	0,03	A
Sr-90	20,5 ± 0,5	20,4 ± 1,4	-0,49	-0,07	-0,03	A

IAEA-TEL-2016-03						
Sample 4, Spruce Needles						
analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od maja do julija 2016</i> , individualni rezultati objavljeni <i>avgusta 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 70	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-90	17 ± 2	17,2 ± 0,9	1,18	0,09	0,05	A

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA-TEL-2017-03 World-wide open proficiency test
on the determination of natural and artificial radionuclides in water,
milk powder, Ca-carbonate and simulated filters samples,
IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2017 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec mleka v prahu in vzorec kalcijevega karbonata za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je IJS, Odsek O-2, sodeloval pri določitvi stroncija in tritija v vzorcu vode in mleka v prahu, IRB pa pri določitvi sevalcev gama in Sr-90 v dveh vzorcih vode ter v vzorcu mleka v prahu in kalcijevega karbonata. Končne individualne rezultate je IJS, Odsek O-2, prejel oktobra 2017 [Individual Evaluation Report for Laboratory No. 107 (IJS, Odsek O-2) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2017-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2017], IRB pa ravno tako oktobra 2017 [Individual Evaluation Report for Laboratory No. 10 (IRB) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2017-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2017].

V prvih dveh tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 107), sledijo pa jim 4 tabele z rezultati IRB (koda laboratorija 10) ter primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti za vse radionuklide, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec. Vzorec vode št. 2 je vseboval mešanico svežih fisijskih produktov, ki navadno niso prisotni v vzorcih. Za ta vzorec so laboratoriji dobili dodatno navodilo, da ga izmerijo takoj s časom meritve najmanj kot 10 000 s, nato ponovno čez 15 dni s časom meritve med 20 000 s in 80 000 s, odvisno od izkoristka detektorja, ter po 30 dnevih s časom meritve 80 000 s. Vzorec kalcijevega karbonata je bil odzvet na izviro mineralne vode v Bad Radkersburgu v Avstriji in je vseboval višje koncentracije NORM radionuklidov. V tem vzorcu je bilo treba določiti radionuklida Ra-226 in Ra-228.

Izračun povprečnih vrednosti in kriterijev za primerjavo preostalih rezultatov (Z-test):

Robust Mean: $x^* = \text{median of } x_i (i = 1, 2 \dots p)$

Robust standard deviation: $s^* = 1.483 * \text{median of } |x_i - x^*|$

Z-test: $z = (\text{Reported-Value} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-test: $z < 2$: acceptable, $2 \leq z \leq 3$: warning, $z > 3$: not acceptable

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2017-03 Sample 01, Spiked Water analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od julija do septembra 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 107	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
H-3	29,8 ± 0,6	29,7 ± 2,2	-0,34	-0,04	-0,03	A
Sr-90	11,2 ± 0,3	11,0 ± 0,6	-1,79	-0,30	-0,17	A

IAEA-TEL-2017-03 Sample 04, Milk powder analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od avgusta do septembra 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 107	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-90	99,9 ± 5	100,8 ± 5,0	0,90	0,13	0,08	A

REZULTATI IRB:

IAEA-TEL-2017-03 Sample 01, Spiked Water analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 10	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ba-133	16,9 ± 0,5	17,2 ± 1,4	1,78	0,20	0,33	A
Cs-137	13,1 ± 0,4	13,4 ± 0,8	2,29	0,34	0,50	A
H-3	29,8 ± 0,6	31,0 ± 1,5	4,03	0,74	0,40	A
Sr-90	11,2 ± 0,3	11,0 ± 0,5	-1,79	-0,34	-0,17	A

IAEA-TEL-2017-03 Sample 02, Spiked Water analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 10	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Zr-95	8,00 ± 0,22	8,1 ± 0,8	1,25	0,12	0,17	A
Tc-99m	53,8 ± 2,2	–	–	–	–	–
Mo-99	55,9 ± 1,9	34,2 ± 7,9	-38,82	-2,67	-2,15	N
Ru-103	3,94 ± 0,12	3,9 ± 0,5	-1,02	-0,08	-0,13	A
I-132	54,1 ± 2,2	–	–	–	–	–
Ba-140	37,1 ± 1,1	49,3 ± 7,3	32,88	1,65	3,49	N
Ce-141	15,7 ± 0,4	18,1 ± 1,2	15,29	1,90	2,67	A
Ce-143	48 ± 4	–	–	–	–	–
Ce-144	1,85 ± 0,24	1,8 ± 0,5	-2,70	-0,09	-0,17	A
Nd-147	15 ± 0,5	–	–	–	–	–
Np-239	3 100 ± 70	–	–	–	–	–

<p align="center">IAEA-TEL-2017-03 Sample 04, Milk powder analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2017</i>, individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i></p>						
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 10	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ba-133	137,4 ± 5,0	144,5 ± 7,6	5,17	0,78	0,45	A
Cs-137	98,6 ± 5,0	110,7 ± 5,6	12,27	1,61	1,51	A
Sr-90	99,9 ± 5,0	85,2 ± 4,3	-14,71	-2,23	-1,30	A

<p align="center">IAEA-TEL-2016-03 Sample 05, Ca-carbonate analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2017</i>, individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i></p>						
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 10	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ra-226	6 970 ± 200	7 974,4 ± 399,2	14,41	2,25	1,23	A
Ra-228	90 ± 4	108,5 ± 9,7	20,56	1,76	1,02	A

PRELIMINARNI REZULTATI PREVERJANJA

IAEA-TEL-2017-04 ALMERA proficiency test on the determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, milk powder, Ca-carbonate and simulated filters samples ALMERA, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2017 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec mleka v prahu in vzorec kalcijevega karbonata za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju smo sodelovali pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli oktobra 2017 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 57 (IJS, Odsek F-2) for the ALMERA Proficiency Test IAEA-TEL-2017-04, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2017*].

V tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 57 za Odsek F-2) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti za vse radionuklide, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec. ζ -test in relativni odmik za ta vzorec smo določili sami. Vzorec vode št. 2 je vseboval mešanico svežih fizijskih produktov, ki navadno niso prisotni v vzorcih. Za ta vzorec so laboratoriji dobili dodatno navodilo (priporočilo), da ga izmerijo takoj s časom meritve najmanj 10 000 s, nato ponovno čez 15 dni s časom meritve med 20 000 s in 80 000 s, odvisno od izkoristka detektorja, ter po 30 dneh s časom meritve 80 000 s. Vzorec kalcijevega karbonata je bil odvzet na izviru mineralne vode v Bad Radkersburgu v Avstriji in je vseboval višje koncentracije NORM radionuklidov. V tem vzorcu je bilo treba določiti radionuklida Ra-226 in Ra-228.

Poleg tega smo na *Odseku F-2* v vzorcu št. 1 določili še vsebnost tritija s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo.

Izračun povprečnih vrednosti in kriterijev za primerjavo preostalih rezultatov (Z-test):

Robust Mean: $x^* = \text{median of } x_i (I = 1,2 \dots p)$

Robust standard deviation $s^* = 1.483 * \text{median of } |x_i - x^*|$

Z-test: $z = (\text{Reported-Value} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-test: $z < 2$: acceptable, $2 \leq z \leq 3$: warning, $z > 3$: not acceptable

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-TEL-2017-04 Sample 01, Spiked Water						
analize IJS opravljene <i>maja 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ -preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ba-133	16,9 ± 0,5	17,5 ± 0,5	3,55	0,85	0,67	A
Cs-137	13,1 ± 0,4	12,8 ± 0,4	-2,29	-0,53	-0,50	A
H-3	29,8 ± 0,6	29,0 ± 1,2	-2,68	-0,64	-0,27	A

IAEA-TEL-2017-04 Sample 02, Spiked Water analize IJS opravljene <i>maja in avgusta 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Zr-95	8,00 ± 0,22	8,10 ± 0,3	1,25	0,27	0,17	A
Tc-99m	53,8 ± 2,2	62,0 ± 2,0	15,24	2,76	1,19	W
Mo-99	55,9 ± 1,9	58,0 ± 2,0	3,76	0,76	0,21	A
Ru-103	3,94 ± 0,12	–	–	–	–	–
I-132	54,1 ± 2,2	48,7 ± 1,5	–9,98	–2,03	–0,69	A
Ba-140	37,1 ± 1,1	39,0 ± 1,2	5,12	1,17	0,54	A
Ce-141	15,7 ± 0,4	16,2 ± 0,5	3,18	0,78	0,56	A
Ce-143	48 ± 4	–	–	–	–	–
Ce-144	1,85 ± 0,24	–	–	–	–	–
Nd-147	15 ± 0,5	–	–	–	–	–
Np-239	3 100 ± 70	3 400 ± 100	9,68	2,46	0,83	W

IAEA-TEL-2017-04 Sample 04, Milk powder analize IJS opravljene <i>maja 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ba-133	137,4 ± 5,0	154,0 ± 5,0	12,08	2,35	1,04	A
Cs-137	98,6 ± 5,0	106,0 ± 3,0	7,51	1,27	0,93	A

IAEA-TEL-2016-04 Sample 05, Ca-carbonate analize IJS opravljene <i>julija in avgusta 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Ra-226	6 970 ± 200	6 650 ± 200	–4,59	–1,13	–0,39	A
Ra-228	90 ± 4	84,5 ± 3,5	–6,11	–1,03	–0,3	A

IAEA-TEL-2017-04 Sample 03, Spiked Water, QC sample analize IJS opravljene <i>maja 2017</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	124 ± 5	122 ± 6	1,61	0,26	A
Ba-133	177 ± 10	181 ± 6	-2,26	-0,34	A
Eu-152	205 ± 8	196 ± 7	4,39	0,85	A

Po prejemu rezultatov interkomparacije je bila izvedena dodatna analiza vzorca vode št. 2, reevalvacija kratkoživega Tc-99m in evalvacija aktivnosti radionuklidov, ki niso bili sporočeni v predvidenem roku. V spodnji tabeli so vključeni vsi radionuklidi, ki so bili detektirani, tudi tisti, ki o njih nismo poročali. Glede na kriterije sprejemljivosti IAEA je bila določena stopnja sprejemljivosti. Iz tabele je mogoče razbrati, da so aktivnosti vseh radionuklidov, o katerih nismo poročali, sprejemljive.

IAEA-TEL-2017-04 Sample 02, Spiked Water vključeni vsi detektirani radionuklidi						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 57	Rel. bias (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Zr-95	8,00 ± 0,22	8,10 ± 0,3	1,25	0,27	0,17	A
Tc-99m	53,8 ± 2,2	57,5 ± 2,0	15,24	2,76	1,19	A
Mo-99	55,9 ± 1,9	58,0 ± 2,0	3,76	0,76	0,21	A
Ru-103	3,94 ± 0,12	4,06 ± 0,14	3,05	0,65	–	A
I-132	54,1 ± 2,2	48,7 ± 1,5	-9,98	-2,03	-0,69	A
Ba-140	37,1 ± 1,1	39,0 ± 1,2	5,12	1,17	0,54	A
Ce-141	15,7 ± 0,4	16,2 ± 0,5	3,18	0,78	0,56	A
Ce-143	48 ± 4	56,9 ± 5,94	18,54	1,24	–	A
Ce-144	1,85 ± 0,24	1,97 ± 0,1	6,49	0,46	–	A
Nd-147	15 ± 0,5	14,92 ± 1,44	-0,53	-0,05	–	A
Np-239	3 100 ± 70	3 400 ± 100	9,68	2,46	0,83	W

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA Proficiency test exercise 2016

Mediterranean sea water spiked with H-3, Sr-90, Cs-134 and Cs-137,

IAEA-RML-2016-01

IAEA, NAEL, Environmental laboratories, Monaco

V drugi polovici leta 2016 je IAEA (NAEL, Monaco) razposlala vzorec morske vode iz Mediterana, kontaminirane s H-3, Sr-90, Cs-134 in Cs-137. Pri tem preverjanju je Odsek O-2 sodeloval pri določitvi vsebnosti stroncija Sr-90 in tritija H-3. Odsek O-2 je prejel preliminarno poročilo v decembru 2016.

V naslednji tabeli sta prikazana rezultata analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 48), za H-3 in Sr-90 in primerjava z referenčnima vrednostima IAEA.

Izračun kriterija za primerjavo rezultatov:

Precision: $P = [(IAEA \text{ negotovost} / IAEA \text{ rezultat})^2 + (IJS \text{ negotovost} / IJS \text{ rezultat})^2]^{1/2} \cdot 100 \%$,
 $P < 25 \%$: acceptable

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-RML-2016-01					
Spiked Mediterranean Seawater					
analize IJS opravljene <i>oktobra in novembra 2016</i> , individualni preliminarni rezultati objavljeni <i>decembra 2016</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 48	Rel. bias (%)	<i>u</i> -preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
H-3	1,41 ± 0,04	1,27 ± 0,10	9,93	1,30	A
Sr-90	0,221 1 ± 0,001 6	0,216 ± 0,013	2,31	0,39	A

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA-TEL-2016-02
Proficiency Test on Determination of Low Activity
Radio-Caesium in Freshwater,
IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V decembru 2016 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA priredil primerjalne meritve za določitev cezijevih radionuklidov v vodi. Razposlali so 3 vzorce vod. Vsak vzorec je imel okoli 10 kg vode. Vzorec št. 1 je bila rečna voda z Japonske, kjer sta bila prisotna radionuklida Cs-134 in Cs-137, vzorec št. 2 je bila rečna voda iz Donave, kjer je bilo treba določiti Cs-137. Tretji vzorec pa je bila dunajska vodovodna voda, umetno kontaminirana s Cs-134 in Cs-137. Ta vzorec je bil namenjen kontroli kakovosti, aktivnosti obeh radionuklidov Cs-134 in Cs-137 sta bili vnaprej znani.

Končne individualne rezultate je IRB prejel marca 2017 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 6 (IRB) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2016-02, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, March 2017*]. V tabelah v prilogi 1 so zbrani rezultati analiz IRB (koda laboratorija 6) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA.

REZULTATI IRB:

IAEA-TEL-2016-02 Sample 1, River Water from Japan analize IRB opravljene <i>januarja 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>marca 2017</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 6	Rel. bias (%)	<i>u</i> -preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	0,045 ± 0,005	0,051 ± 0,004	13,33	0,94	A
Cs-137	0,29 ± 0,04	0,307 ± 0,016	5,86	0,39	A

IAEA-TEL-2016-02 Sample 2, Danube Water analize IRB opravljene <i>januarja 2017</i> , individualni rezultati objavljeni <i>marca 2017</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 6	Rel. bias (%)	<i>u</i> -preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-137	0,07 ± 0,004	0,071 ± 0,005	1,43	0,16	A

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2016
NPL – Velika Britanija**

AB, B1 – kontaminirani vodni raztopini

V septembru 2017 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2016" [NPL REPORT IR 43, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2016, J. Dean, P. Aitken-Smith, S. Collins and S. Woods, September 2017], kjer je sodeloval Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri meritvah vzorcev kontaminiranih vodnih raztopin B1 in AB, kjer so določili vsebnosti H-3, C-14 in Sr-90. Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (IJS rezultat – NPL vrednost) · 100 % / NPL vrednost

zeta-preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) · [(IJS negotovost)² + (NPL negotovost)²]^{-1/2}

z-preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) / (0,05823 · NPL vrednost)

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – AB / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od novembra 2016 do februarja 2017</i> končno poročilo objavljeno <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	odmik (%)	zeta-preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	5,031 ± 0,064	5,00 ± 0,20	–0,6	–0,15	–0,11
Sr-90	4,658 ± 0,021	4,5 ± 0,3	–3,4	–0,53	–0,58

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od decembra 2016 do marca 2017</i> končno poročilo objavljeno <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	odmik (%)	zeta-preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	0,958 ± 0,012	0,930 ± 0,020	–2,9	–1,20	–0,50
C-14	0,497 4 ± 0,003 3	0,490 ± 0,040	–1,5	–0,18	–0,26

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ERAD-PT-2017

Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil and Water International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2017 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 3 vzorcih umetno kontaminirane vode in enem vzorcu zemlje določiti vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama v vzorcih vod in zemlje z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Individualna poročila so prejeli septembra 2017 [IARMA ERAD-PT-2016, *Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil and Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 05, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, september 2017*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 05 za Odsek F-2), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za umetne in naravne radionuklide v 3 vzorcih kontaminirane vode in enem vzorcu zemlje.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ERAD-PT-2017					
Sample IARMA-048, Water Sample					
analize IJS opravljene <i>avgusta 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. bias (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	3,20 ± 0,20	3,29 ± 0,10	2,8	0,3	A
Ba-133	2,30 ± 0,10	2,34 ± 0,09	1,7	0,2	A
Cs-134	6,20 ± 0,20	6,20 ± 0,20	0,0	0,0	A
Cs-137	3,50 ± 0,15	3,97 ± 0,12	13,4	1,3	A
Pb-210	1,80 ± 0,10	1,41 ± 0,23	-21,7	-2,2	W
Ra-226	3,35 ± 0,20	3,70 ± 0,90	10,5	1,0	A

IARMA ERAD-PT-2017 Sample IARMA-049, Water Sample analize IJS opravljene <i>avgusta 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. bias (%)	Z-preskus	Končna ocena
Co-60	10,00 ± 0,40	10,27 ± 0,31	2,7	0,3	A
Ba-133	7,30 ± 0,30	7,47 ± 0,22	2,3	0,2	A
Cs-134	19,00 ± 0,60	19,00 ± 0,57	0,0	0,0	A
Cs-137	12,20 ± 0,40	12,24 ± 0,37	2,3	0,0	A
Pb-210	6,30 ± 1,00	6,30 ± 0,80	0,0	0,0	A
Ra-226	10,50 ± 0,70	13,80 ± 1,50	31,4	3,1	N

IARMA ERAD-PT-2017 Sample IARMA-050, Water Sample analize IJS opravljene <i>avgusta 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. bias (%)	Z-preskus	Končna ocena
Co-60	12,30 ± 0,40	12,74 ± 0,38	3,6	0,4	A
Ba-133	9,10 ± 0,30	8,90 ± 0,30	-2,2	-0,2	A
Cs-134	23,30 ± 0,60	23,30 ± 0,70	0,0	0,0	A
Cs-137	15,60 ± 0,40	15,00 ± 0,45	-3,8	-0,4	A
Pb-210	7,50 ± 0,50	7,50 ± 0,80	0,0	0,0	A
Ra-226	13,00 ± 1,00	15,20 ± 1,40	16,9	1,7	A

IARMA ERAD-PT-2017 Sample IARMA-047, Soil Sample analize IJS opravljene <i>junija in julija 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2017</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. bias (%)	Z-preskus	Končna ocena
K-40	440,00 ± 9,00	426,00 ± 14,00	-3,2	-0,3	A
Co-60	100,00 ± 3,00	96,30 ± 2,90	-3,7	-0,4	A
Ba-133	46,10 ± 1,50	46,10 ± 1,40	0,0	0,0	A
Cs-137	48,40 ± 2,50	45,40 ± 1,40	-6,2	-0,6	A
Pb-210	54,40 ± 6,00	50,80 ± 3,60	-6,6	-0,7	A
Pb-212	41,30 ± 6,00	37,80 ± 1,30	-8,5	-0,8	A
Pb-214	42,90 ± 4,60	43,00 ± 1,30	0,2	0,0	A
Ra-226	44,00 ± 3,40	47,40 ± 5,20	7,7	0,8	A
Am-241	125,00 ± 4,00	125,20 ± 3,80	0,0	0,0	A

REZULTATI PREVERJANJA
IARMA ETRIT-PT-2017
Environmental Radioactivity Proficiency Test on
the Determination of Tritium in Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA),
Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2017 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 6 vzorcih umetno kontaminirane vode določiti vsebnosti tritija. Pri tem preverjanju je sodeloval Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo z *Odseka F-2*. Individualna poročila so prejeli septembra 2017 [IARMA ETRIT-PT-2017, *Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 14, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, september 2017*].

V naslednji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 14 za *Odsek F-2*), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za določitev vsebnosti tritija v 6 vzorcih kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ETRIT-PT-2017					
Tritium in Water					
analize IJS opravljene <i>avgusta 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2017</i>					
VZOREC	IARMA	IJS Lab. No. 14	Rel. bias (%)	Z-preskus	Končna ocena
IARMA-052	15,3 ± 0,7	15,8 ± 1,2	3,1	0,31	A
IARMA-053	48,6 ± 2,0	50,5 ± 4,8	3,9	0,39	A
IARMA-054	116,0 ± 4,1	125,2 ± 8,2	7,9	0,79	A
IARMA-055	116,0 ± 4,1	138,2 ± 6,9	19,1	1,91	A
IARMA-056	231,0 ± 6,0	235,0 ± 8,3	1,7	0,17	A
IARMA-057	348,0 ± 9,6	352,2 ± 15,1	1,2	0,12	A

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-27 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V decembru 2017 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-27 [*Study MRAD-27, proficiency testing performance report, Multi-media Radiochemistry PT Scheme, Round 27, December 2017, ERA Customer Number: Z495414 (za ZVD), ERA, ZDA, december 2017*]), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2017. Pri tej primerjavi je sodeloval ZVD, ki je analiziral vzorce zemlje, vegetacije in aerosolnega filtra.

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 3 preglednicah.

REZULTATI ZVD:

ERA, Study MRAD-27 Soil Radionuclides					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2017</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	(pCi/kg)				
Ac-228	1 240 ± 31	958–1 380	1 128	Acceptable	–0,388
Am-241	1 140 ± 10	926–1 350	1 139	Acceptable	0,012
Bi-212	1 240 ± 31	566–1 960	1 236	Acceptable	–0,073 5
Bi-214	1 890 ± 47	863–2 660	1 364	Acceptable	–0,887
Cs-134	6 320 ± 57	4 570–6 960	6 443	Acceptable	1,13
Cs-137	3 830 ± 38	3 210–4 450	4 027	Acceptable	0,627
Co-60	4 130 ± 25	3 550–4 640	4 423	Acceptable	1,22
Pb-212	1 240 ± 31	1 040–1 360	1 141	Acceptable	–0,751
Pb-214	1 980 ± 50	822–2910	1 428	Acceptable	–0,837
Mn-54	–	< 1 000	< 50	Acceptable	–
K-40	10 600 ± 265	8 110–12 100	9 631	Acceptable	–0,471
Sr-90	3 460 ± 35	1 930–4 450	2 055	Acceptable	–1,8
Th-234	3 690 ± 37	2 150–4 780	3 619	Acceptable	0,24
U-238	3 690 ± 37	2 790–4 340	3 619	Acceptable	0,131
Zn-65	6 660 ± 60	5 870–8 280	7 123	Acceptable	0,079 1

**ERA, Study MRAD-27
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2017*, končni rezultati objavljeni *decembra 2017*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	(pCi/kg)				
Am-241	670 ± 6	546–836	730	Acceptable	0,542
Cs-134	1 670 ± 17	1 310–1 890	1 799	Acceptable	1,36
Cs-137	1 840 ± 18	1 710–2 160	1 975	Acceptable	0,323
Co-60	2 180 ± 13	2 050–2 570	2 441	Acceptable	1,02
K-40	30 900 ± 1 545	27 700–38 400	33 030	Acceptable	–0,004 28
Sr-90	2 650 ± 27	1 490–3 080	2 541	Acceptable	0,637
U-238	987 ± 10	684–1 100	822	Acceptable	–0,675
Zn-65	1 400 ± 13	1 230–1 850	1 561	Acceptable	0,16

**ERA, Study MRAD-27
Air Filter , Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2017*, končni rezultati objavljeni *decembra 2017*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	(pCi/kg)				
Am-241	14,9 ± 0,2	12,1–20,3	14,1	Acceptable	–1,04
Cs-134	1 140 ± 18	1 130–1 600	1 437	Acceptable	0,631
Cs-137	954 ± 12	851–1 140	928,8	Acceptable	–0,922
Co-60	271 ± 3	261–313	267,5	Acceptable	–1,52
Sr-90	121 ± 2	97,1–160	159,5	Acceptable	1,94
Zn-65	123 ± 1,5	105–174	122,3	Acceptable	–0,999

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-26 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V maju 2017 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-26 [*Study MRAD-26, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 05/23/17, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, maj 2017*]), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala marca 2017. Pri tej primerjavi je sodeloval IRB, ki je poročal rezultate za pet vzorcev (vzorec vegetacije, zemlje in trije vzorci vode, od katerih je bil eden za določitev tritija, eden za celotne sevalce alfa in beta in eden za določitev drugih radionuklidov).

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-26 Soil Radionuclides analize opravljene <i>aprila in maja 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2017</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/kg)				
Ac-228	1 240	795–1 720	1 201	Acceptable	–0,159
Am-241	448	262–582	414	Acceptable	–0,715
Bi-214	2 750	1 660–3 960	3 333	Acceptable	1,35
Cs-134	8 860	5 790–10 600	8 809	Acceptable	0,788
Cs-137	7 500	5 750–9 650	7 492	Acceptable	–0,396
Co-60	4 430	3 000–6 100	4 129	Acceptable	–1,34
K-40	10 600	7 740–14 200	10 283	Acceptable	–0,184
Sr-90	9 150	3 490–14 500	7 932	Acceptable	0,062 6
Th-234	1 940	614–3 650	1 846	Acceptable	–0,389
U-238	1 940	1 200–2 460	1 845	Acceptable	–0,079 4
Zn-65	6 090	4 850–8 090	5 759	Acceptable	–1,66

**ERA, Study MRAD-26
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *aprila in maja 2017*, končni rezultati objavljeni *maja 2017*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/kg)				
Am-241	1 860	1 140–2 470	1 672	Acceptable	–0,633
Cs-134	1 830	1 180–2 380	1 732	Acceptable	–0,194
Cs-137	2 500	1 810–3 480	2 408	Acceptable	–0,684
Co-60	1 390	959–1940	1 286	Acceptable	–0,873
K-40	30 900	22 300–43 400	30 629	Acceptable	–0,067 1
Sr-90	726	414–963	742	Acceptable	1,09
U-238	3 060	2 040–3 890	2 402	Acceptable	–1,73
Zn-65	853	615–1 200	840	Acceptable	–0,562

**ERA, Study MRAD-26
Water Radionuclides**

analize opravljene *aprila in maja 2017*, končni rezultati objavljeni *maja 2017*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/L)				
Am-241	140	94,3–188	144	Acceptable	0,486
Cs-134	2 510	1 840–2 880	2 685	Acceptable	2,57
Cs-137	1 400	1 190–1 680	1 466	Acceptable	0,875
Co-60	2 540	2 210–2 970	2 573	Acceptable	0,226
Fe-55	984	587–1 340	1 108	Acceptable	0,003 70
Sr-90	714	465–944	640	Acceptable	–0,977
Zn-65	1 960	1 630–2 470	2 093	Acceptable	–0,431

**ERA, Study MRAD-26
Water Tritium**

analize opravljene *aprila in maja 2017*, končni rezultati objavljeni *maja 2017*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/L)				
H-3	19 400	13 000–27 700	19 823	Acceptable	1,25

REZULTATI
MEDNARODNE PRIMERJALNE MERITVE
Study 111317C
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V decembru 2017 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne meritve študije 111317C [Study 111317C, Final PT Report, QuickTM Responce Proficiency Test Scheme, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 20 December 2017, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, december 2017] za en vzorec vode, ki ga je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala novembra 2017.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti stroncija. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrani v naslednji preglednici.

REZULTATI IRB:

ERA, Study 11131C Water Radionuclides				
analize opravljene <i>novembra in decembra 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2017</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/L)			
Sr-89	49,2 ± 1,07	39,2	Acceptable	-1,43
Sr-90	40,2 ± 1,00	39,6	Acceptable	-0,123

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 1/2016

Ringversuch 1/2016 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Maja 2017 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu kontaminirane vode, kjer je sodeloval IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 53) [Ringversuch 1/2016 zur Bestimmung von Gammastrahlen im Wasser, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, maj 2017]. Meritve so bile opravljene oktobra 2016. Rezultat meritev IJS, Odsek O-2, in primerjava z referenčno vrednostjo je v spodnji tabeli.

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

Probe 2 – Reales Wasser				
analize opravljene <i>oktobra 2016</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2017</i>				
IZOTOP	PTB-Wert	IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 53)	z-Wert	Končna ocena
	(Bq/L)			
H-3	67,0	66,3	< 0,10	A

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 3/2016

Ringversuch 3/2016 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Maja 2017 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu kontaminirane vode, kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 7) [Ringversuch 3/2016 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, maj 2017]. Meritve so bile opravljene novembra 2016. Rezultati meritev ZVD in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

Probe 1 – Model Wasser				
analize opravljene <i>novembra 2016</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2017</i>				
IZOTOP	PTB - Wert	ZVD (koda laboratorija 7)	z-Wert	Končna ocena
		(Bq/L)		
Mn – 54	11,2 ± 0,6	10,4 ± 0,1	0,134	A
Co – 60	9,7 ± 0,5	8,95 ± 0,21	0,261	A
Zn – 65	13,8 ± 0,7	12,9 ± 0,2	0,235	A
Cs – 134	27,1 ± 1,2	25,3 ± 0,3	0,467	A
Cs – 137	16,5 ± 0,7	15,5 ± 0,3	0,196	A
Am – 241	3,39 ± 0,26	3,15 ± 0,1	0,843	A

** podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

REZULTATI PREVERJANJA
"Fortluft 2016" sevalci gama v aerosolnem filtru
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V letu 2017 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft)*, 386. Ringversuch "Fortluft 2016", SW 1.4-03/2017, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, julij 2017, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 37. Končni rezultati so bili objavljeni julija 2017. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

BfS - "Fortluft 2016", ZVD				
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama				
analize (ZVD) opravljene <i>novembra 2016</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2017</i>				
IZOTOP	BfS PTB-Wert	ZVD (koda laboratorija 37)		odmik (%)
	(Bq)*	Aktivnost (Bq)	Varianca (Bq) ²	
I-131	8,78 ± 0,09	9,2	0,3	4,93
I-129	3,60 ± 0,13	4,0	0,6	9,67

* masa filtra je (702,1 ± 0,5) g

INTERLABORATORY COMPARISON

»RAW MILK 2017«

**MRI, Max Rubner-Institut,
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Kiel, Nemčija**

V letu 2017 je MRI, Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel iz Kiela, Nemčija, organiziral primerjalne meritve, kjer je bilo treba v vzorcu surovega mleka določiti vsebnost umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je IJS, Odsek F-2 poročal o meritvah vzorca #089 z visokoločljivostno spektrometrijo gama na dveh spektrometrih: HG in BL. ZVD je poročal o meritvah vzorca #086 s spektrometrijo gama s tremi spektrometri (BEGE, REGE in LOAX) ter o meritvi vsebnosti stroncija v dveh paralelkah. Po navodilih organizatorja primerjalnih meritev so laboratoriji poročali o treh paralelkah meritev na vsakem spektrometru. Individualna poročila so prejeli oktobra 2017.

V spodnjih tabelah so zbrani rezultati analiz IJS, Odseka F-2 in ZVD ter primerjave z referenčnimi vrednostmi MRI. Referenčne vrednosti so bile določene v PTB, Nemčija. Poleg so za primerjavo podana še povprečja sodelujočih laboratorijev, ki imajo sprejemljive rezultate. Kriterij za ustreznost rezultatov je test E_n , rezultati so ustrezni, če je $E_n < 1$ ali ζ -preskus, rezultati so ustrezni, če je ζ -preskus < 2 . Ovrednotenje je izračunano glede na referenčno vrednost PTB. Merilne negotovosti so v tabelah podane s $k = 1$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

Raw Milk 2017, Sample No. #089						
analize IJS opravljene <i>junija 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
(ovrednotenje je izračunano glede na referenčno vrednost PTB)						
IZOTOP	MRI (referenčna vrednost PTB)	IJS Spektrometer HG	Povprečje sodelujočih laboratorijev	Rel. bias (%)	ζ -preskus	Končna ocena
	(Bq/L)					
K-40	49,2 ± 0,85	55,3 ± 1,7	49,5 ± 3,4	-12,0	1,0	A
I-131	131 ± 3	138,6 ± 4,2	132 ± 6	-5,6	0,6	A
Ba-133	12,2 ± 0,25	13,0 ± 0,4	12,3 ± 0,7	-4,3	1,6	A
Cs-134	18,0 ± 0,35	19,0 ± 0,6	18,1 ± 0,9	-5,5	1,3	A
Cs-137	6,33 ± 0,10	6,454 ± 0,19	6,43 ± 0,28	-1,7	0,3	A

Raw Milk 2017, Sample No. #089						
analize IJS opravljene <i>junija 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
(ovrednotenje je izračunano glede na referenčno vrednost PTB)						
IZOTOP	MRI (referenčna vrednost PTB)	IJS Spektrometer BL	Povprečje sodelujočih laboratorijev	Rel. bias (%)	ζ -preskus	Končna ocena
	(Bq/L)					
K-40	49,2 ± 0,85	59,8 ± 1,8	49,5 ± 3,4	-21,6	1,7	A, outlier
I-131	131 ± 3	133,63 ± 4,0	132 ± 6	-1,8	0,3	A
Ba-133	12,2 ± 0,25	13,2 ± 0,4	12,3 ± 0,7	-7,7	2,1	W
Cs-134	18,0 ± 0,35	19,8 ± 0,59	18,1 ± 0,9	-10,0	2,6	W
Cs-137	6,33 ± 0,10	6,87 ± 0,21	6,43 ± 0,28	-8,4	1,9	A

REZULTATI ZVD:

Raw Milk 2017, Sample No. #086						
analize ZVD opravljene <i>maja 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	MRI (referenčna vrednost PTB)	ZVD Spektrometer BEGE	Povprečje sodelujočih laboratorijev	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)					
K-40	49,2 ± 0,85	46,6 ± 1,1	49,5 ± 3,4	-0,8	-0,7	A
I-131	131 ± 3	128,7 ± 3,5	132 ± 6	-0,4	-0,3	A
Ba-133	12,2 ± 0,25	12,7 ± 0,4	12,3 ± 0,7	0,8	0,5	A
Cs-134	18,0 ± 0,35	17,8 ± 0,4	18,1 ± 0,9	-0,2	-0,2	A
Cs-137	6,33 ± 0,10	6,27 ± 0,15	6,43 ± 0,28	-0,2	-0,1	A

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

Raw Milk 2017, Sample No. #086						
analize ZVD opravljene <i>maja 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	MRI (referenčna vrednost PTB)	ZVD Spektrometer REGE	Povprečje sodelujočih laboratorijev	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)					
K-40	49,2 ± 0,85	47,0 ± 2,6	49,5 ± 3,4	-0,6	-0,6	A
I-131	131 ± 3	134,0 ± 4,4	132 ± 6	0,5	0,4	A
Ba-133	12,2 ± 0,25	11,5 ± 0,3	12,3 ± 0,7	-1,1	-0,7	A
Cs-134	18,0 ± 0,35	18,7 ± 0,6	18,1 ± 0,9	0,8	0,7	A
Cs-137	6,33 ± 0,10	6,53 ± 0,29	6,43 ± 0,28	0,7	0,4	A

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

Raw Milk 2017, Sample No. #086						
analize ZVD opravljene <i>maja 2017</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2017</i>						
IZOTOP	MRI (referenčna vrednost PTB)	ZVD Spektrometer LOAX	Povprečje sodelujočih laboratorijev	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)					
K-40	49,2 ± 0,85	44,9 ± 1,6	49,5 ± 3,4	-1,3	-1,3	A
I-131	131 ± 3	128,0 ± 2,0	132 ± 6	-0,5	-0,4	A
Ba-133	12,2 ± 0,25	10,8 ± 0,3	12,3 ± 0,7	-2,3	-1,4	A
Cs-134	18,0 ± 0,35	18,4 ± 0,4	18,1 ± 0,9	0,4	0,4	A
Cs-137	6,33 ± 0,10	6,20 ± 0,10	6,43 ± 0,28	-0,5	-0,3	A

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

Raw Milk 2017, Sample No. #086analize ZVD opravljene *maja 2017*, končni rezultati objavljeni *oktobra 2017*

IZOTOP	ZVD #1	Povprečje sodelujočih laboratorijev	z-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)			
Sr-89	62,5 ± 3,5	59,4 ± 16,1	0,4	A
Sr-90	6,75 ± 0,78	6,16 ± 1,90	0,6	A

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

Raw Milk 2017, Sample No. #086analize ZVD opravljene *maja 2017*, končni rezultati objavljeni *oktobra 2017*

IZOTOP	ZVD #2	Povprečje sodelujočih laboratorijev	z-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)			
Sr-89	61,0 ± 0,4	59,4 ± 16,1	0,2	A
Sr-90	7,60 ± 1,70	6,16 ± 1,90	1,5	A, outlier

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

REZULTATI PREVERJANJA

2016 ENV57/MetroERM measurement comparison on simulated airborne particulates: Cs-137, Cs-134 and I-131 in air filters EC, JRC, Geel, Belgium

V letu 2016 smo sodelovali pri mednarodni primerjavi *ENV57/MetroERM measurement comparison on simulated airborne particulates: Cs-137, Cs-134 and I-131 in air filters*, kjer je bilo treba določiti vsebnosti Cs-137, Cs-134 in I-131 v simuliranem aerosolnem filtru. Pri tej interkomparaciji je vsak laboratorij poslal organizatorju svoj filter, ki ga uporablja pri rednih meritvah. Te filtre so v JRC Geel umetno kontaminirali z znano aktivnostjo ter jih vrnili laboratorijem, filtri so bili kontaminirani z različnimi aktivnostmi, vendar istega reda velikosti.

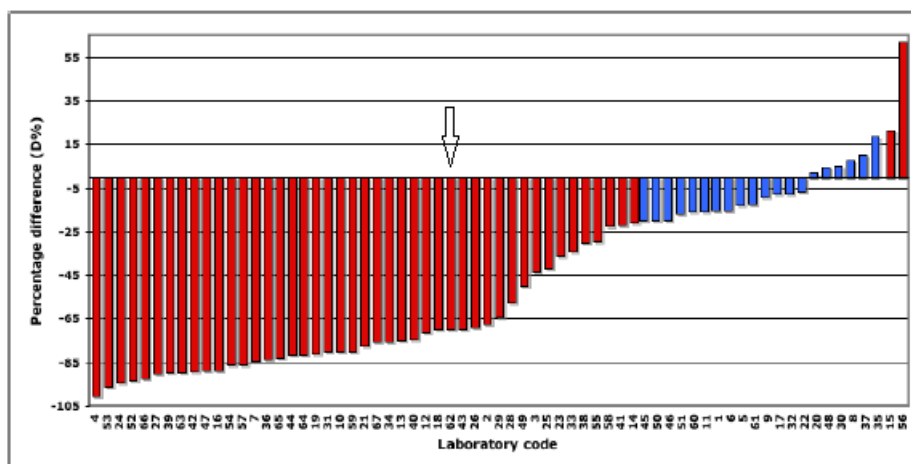
Meritve na IJS so bile opravljene med februarjem in marcem 2016, posebej je bila izmerjena še polivinilasta vrečka, v katero so bili filtri zapakirani (zaradi preveritve ali se je del aktivnosti zadržal na vrečki in koliko). Preliminarne grafične rezultate smo prejeli septembra 2016, končno poročilo z naslovom *Evaluation of the 2016 ENV57/MetroERM measurement comparison on simulated airborne particulates: Cs-137, Cs-134 and I-131 in air filters* (avtorja Timotheos Altzitzoglou, Petya Malo, EUR 28431 EN, ISBN 978-92-79-65276-9) pa februarja 2017. Koda laboratorija IJS, Odsek F-2 je **62**.

V naslednji tabeli so zbrani rezultati analize IJS (Odsek F-2) in primerjava z referenčnimi vrednostmi in E_n -preskusom. Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	JRC Geel	IJS, Odsek F-2 Lab. No. 62	E_n -preskus	Rel. bias (%)	Končna ocena	
	(Bq)					
	meritve opravljene <i>od februarja in marca 2016</i> , končni rezultati objavljeni <i>februarja 2017</i>					
Cs-134	0,794 ± 0,008	0,751 ± 0,023	-0,9	-5,5	A	
Cs-137	0,367 ± 0,003	0,342 ± 0,01	-1,2	-6,7	W	
I-131	1,274 ± 0,013	0,391 ± 0,016	-21,6	-69,3	N	

Zelo velik in nesprejemljiv odmik je pri I-131. Na spodnji sliki so prikazani rezultati vseh sodelujočih laboratorijev, ki kažejo, da je večina laboratorijev poročala prenizke vrednosti in da so bile najverjetneje težave tudi pri pripravi vzorcev tako na strani organizatorja kot tudi na strani sodelujočih laboratorijev.



**PRELIMINARNI
REZULTATI PREVERJANJA
JRC Geel EC 2017
EC interlaboratory comparison on
I-131, Cs-134 and Cs-137 in maize powder
EC, JRC, Geel, Belgium**

V letu 2017 je IJS (Odsek F-2) sodeloval pri preskusnih meritvah vsebnosti I-131, Cs-134 in Cs-137 v vzorcu koruze v prahu, ki jih je organiziral JRC Geel iz Belgije v okviru Evropske skupnosti. Vzorci so bili poslani in pripravljeni v prvi polovici 2017. Meritve so bile opravljene junija in julija 2017, preliminarne grafične rezultate pa smo prejeli oktobra 2017, rezultate v elektronski obliki pa marca 2018. Številka laboratorija IJS, Odsek F-2, je 92.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (Odsek F-2) ter primerjava z referenčnimi vrednostmi in ζ -preskusom. Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	JRC Geel	IJS, Odsek F-2 Lab. No. 92	ζ -preskus	Rel. bias (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)				
	meritve opravljene <i>junija in julija 2017</i> , preliminarni rezultati objavljeni <i>marca 2018</i>				
I-131	191 ± 4	193 ± 6	-0,20	-1,05	A
Cs-134	901 ± 12	902 ± 27	-0,03	-0,11	A
Cs-137	547 ± 7	550 ± 17	-0,14	-0,55	A
K-40	101 ± 5	110 ± 6	-0,83	-8,91	A