



NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2019

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

VSEBINA

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13068

Izvajalci meritev	P-3 / P-60
Letno poročilo	P-5 / P-60
Uvod in upravne podlage	P-7 / P-60
Izveček	P-11 / P-60
Summary	P-29 / P-60
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	P-49/ P-60

POGLAVJE

AVTORJI

Poročilo

mag. Denis Glavič - Cindro
doc. dr. Benjamin Zorko

Izveček in angleški prevod izvečka

doc. dr. Benjamin Zorko

Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev

mag. Denis Glavič – Cindro

Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK, ISBN 978-961-264-186-3

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

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

Recenzija: prof. dr. Alojz Kodre, mag. Matjaž Koželj, mag. Borut Breznik

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre

Monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000.

POGLAVJE

AVTORJI

Radioaktivnost v rečni vodi, sedimentih in ribah

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

Radioaktivnost v usedih

dr. Toni Petrovič, IJS

Zrak

dr. Marko Giacomelli, ZVD

Zunanje sevanje

dr. Matjaž Korun, IJS

Radionuklidi v hrani

prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)

Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK

Tabele merskih rezultatov

M-1 / M-124

Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice

Tabele merskih rezultatov

M-87 / M-124

Tabele interkomparacijskih rezultatov

Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev

M-99 / M-124

Poročilo *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067* je na priloženi zgoščenki.

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2019



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 2019

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 2019, IJS-DP-13067*, ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre;

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: marec 2020

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

Pogodba št.: 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748) z dne 5. 2. 2018

Št. delovnega poročila: IJS-DP-13068

Redakcija je bila končana marca 2020.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019* ter obeh prilog k poročilu: *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK in Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067* 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-13068

marec 2020

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 zunanjskega 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 (referenčna oseba) zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2019 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,097 μSv na leto na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju in dalje, ter za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,012 μSv na leto. V letu 2019 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,11 μSv na leto, kar je 0,22 % avtorizirane mejne letne doze na robu izključitvenega območja in dalje (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 na prebivalstvo ob ograji NEK, ki je znotraj izključitvenega območja, je približno 0,0048 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-13068

March 2020

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 naturally occurring radionuclides are presented by different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated effective dose received by representative (reference) person as the result of Krško NPP emissions in the year 2019 gives a value of the *effective dose* of 0.097 μSv per year for atmospheric discharges at the Krško NPP fence which is inside of the Krško NPP exclusion area and beyond. and 0.012 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference group. Thus, in 2019, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.11 μSv per year, representing 0.22 % of the authorized dose limit at the border of the Krško NPP exclusion area (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 representative (reference) person at the Krško NPP fence which is inside of the Krško NPP exclusion area of the Krško NPP exclusion area is 0.0048 % 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, M. Centrih, dipl. inž. fiz., 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, K. Poiškruh, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štok, 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, M. Podvratnik, univ. dipl. fiz in mag. med. fiz.

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. I. Coha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić (do 1. 6. 2019), dr. I. Tucaković, D. Žilić

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 – Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju – Zavod za kemiju materijala:

dr. Ž. Knežević, dr. M. Majer, dr. M. Nodilo

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





LETNO POROČILO

Po pogodbi št. 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748) z dne 5. 2. 2018 z Nuklearno elektrarno 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 zahteva *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018) [8]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2019.

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 27/2018, 5. 5. 2018) [8]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (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 leti 2018–2019 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

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:

- letno in mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2019;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2019;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS storitve za okolje, d. o. o., za okolico NEK v letu 2019;
- 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*;
- 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 159. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1, Ur. l. RS, št. 76/17 in 26/19) ter 8. in 10. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur. l. RS, št. 27/18) s pooblastiloma 35400-3/2019/8 z dne 28. 5. 2019 (IJS) in 35400-1/2019/4 z dne 15. 2. 2019 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSV) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Institut "Ruđer Bošković" (IRB) je pooblaščen za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 112., 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 in 97/09) s pooblastilom 35400-4/2015/2 z dne 31. 3. 2015, ki ga je izdala URSJV v soglasju z URSVS.

Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (SV5) (Ur. l. RS, št. 47/18 z dne 21. 7. 2018) [11] zahteva, da morajo poročilo o ocenah doz za posamezne značilne in referenčne osebe izdelati pooblaščenec 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:

- dr. Marka Giacomellija z odločbo 1864-15/2019-3 z dne 16. 10. 2019;
- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-25/2017-3 z dne 4. 12. 2017;
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-5/2018-4 z dne 16. 4. 2018;
- izr. prof. dr. Mateja Lipoglavška z odločbo 1864-9/2016-3 z dne 20. 7. 2016;
- 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 ter
- doc. dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-9/2018-5 z dne 1. 2. 2019.

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 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 17025:2017 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 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 črnobilske 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 izključitvenega območja (500 m od osi reaktorja) in dalje ne sme presegati 50 μSv [5], [10]. Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne učinkovite doze zunanjega sevanja objektov na ograji (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 (JV10)* [8]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve emisij na samem objektu, meritve emisij 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 2019. 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 [27] [28] [30]. V letu 2019 so bili vsi sevalni vplivi NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,11 μSv na leto, kar je 0,22 % avtorizirane mejne letne doze na robu izključitvenega območja in dalje. Za atmosferske emisije je bila ocenjena učinkovita doza 0,097 μSv na leto na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva učinkovita doza 0,012 μSv na leto. Sevalnim vplivom največ prispeva zaužitje hrane zaradi C-14, 0,08 μSv na leto.

V okolju v okolici NEK so bili izmerjeni tudi drugi radionuklidi, ki so pretežno del globalne kontaminacije (C-14, Sr-90, Cs-137) ali uporabe v medicini (I-131), ali kozmogenega izvora (H-3, C-14). Prispevki k letni učinkoviti dozi po medijih za vse umetne radionuklide, 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 2019 največji prispevek zaradi zunanjega sevanja – posledica prisotnosti Cs-137 v zemlji. Drugi največji prispevek je zaradi C-14 v hrani.

Tako lahko ugotovimo, da so sevalni vplivi NEK v primerjavi z globalnim onesnaženjem in uporabi radionuklidov v medicini za red velikosti nižji. Še več, ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne učinkovite doze) NEK na prebivalstvo na ograji NEK in ob robu izključitvenega območja je približno 0,0048 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja. Izvleček povzema monografijo *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, ki je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2019*, interna oznaka 5/2020, Ljubljana, marec 2020.

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 radionuklide** po nadzorovanih medijih izpostavitve za odraslo osebo v okolici NEK od leta 2015 do leta 2019. Zaznani umetni radionuklidi so pretežno ali del globalne kontaminacije (C-14, Sr-90, Cs-137) ali kozmogenega izvora (H-3, C-14) ali izredne kontaminacije (Ru-106) v letu 2017 ali uporabe v medicini (I-131). Vsi sevalni vplivi NEK na prebivalstvo v okolici so zanemarljivo majhni v primerjavi z globalnim onesnaženjem (tabela C) in so ocenjeni na manj kot 0,22 % avtorizirane mejne letne doze na robu izključitvenega območja in dalje.

Nadzorovani medij	Letna efektivna doza umetnih radionuklidov E (μSv)					Lokacija	Opombe
	2015	2016	2017	2018	2019		
Reka Sava	0,15 0,0007 0,15	0,15 0,0008 0,17	0,13 0,0014 1,1	0,091 0,0015 0,73	0,11 0,00083 0,14	Brežice Brežice Brežice	pitje (H-3) kopanje (Cs-137) zaužitje rib (Sr-90)
Črpališča in vodovodi	0,026	0,031	0,035	0,035	0,028	Brege	pitje vode (H-3)
Padavine in suhi used	0,021	0,020	0,038	0,023	0,019	Brege	zaužitje (H-3)
Zrak	0,0009	0,0005	0,24	0,00046	0,00045	Povprečje po lokacijah	inhalacija in imerzija (Cs-137, Ru-106 (2017))
Zunanje sevanje**	40	40	33	23	15,0	Vse lokacije	(Cs-137)
Hrana	14,7	14,8	15,3	15,1	15,2	Na robu izključitvenega območja in dalje; Vse lokacije in na robu izključitvenega območja in dalje	zaužitje (C-14*, Sr-90)
	1,1	1,8	1,5	1,5	1,0		
Skupaj	56,2	57	51,3	40,5	31,5		

* 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.

** Upoštevan je okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$.

ZNAČILNOSTI VZORČENJA IN MERITEV VZORCEV IZ OKOLJA

Vzorčenje in meritve so v letu 2019 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 gradnje HE Brežice je bil uveden dodatni radiološki merilni nadzor v akumulacijskem jezeru. Značilnosti vzorčenja in meritev so:

1) Reka Sava

- neprekinjeno vzorčenje 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 posamično vzorčenje 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;
- posamični četrtni vzorci reke Save v Krškem in Brežicah;



- c) vzorčenje 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);
- č) vzorci rib: Krško, akumulacijsko jezero, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR).

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) posamični letni vzorci vode iz vodovoda v Ljubljani (Osrednjeslovenska regija, referenčna lokacija);
- b) posamični četrtni 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) vzorčenje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtni posamični vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni posamični vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbinja) 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) vzorčenje aerosolov se opravlja z neprekinjenim 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) vzorčenje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčenje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčenje 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 odvzemajo 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 neprekinjeno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, v letu 2019 je 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 na proporcionalnem števcu 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 pretvorbi CO₂ v benzen.

5) Zunanja izpostavljenost sevanju

Zunanje sevanje

- a) 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;
- b) vzporedno potekajo meritve s TL-dozimetri na 50 lokacijah po državi;
- c) v sklopu mreže zgodnjega obveščanja je v okolici NEK postavljenih 14 merilnikov sevanja MFM-203, ki delujejo neprekinjeno; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 60 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 merilnikov iz mreže zgodnjega obveščanja zbira in posreduje URSJV.

Zemlja

- a) vzorce 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); vzorčenje 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

- a) Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2019, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (zelenjava), Vrbina (jajca, sadje, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso, sadje), Dolenje Skopice (mleko, zelenjava). V letu 2019 je bilo v okolici NEK skupno vzorčenih 32 vrst živil. Tudi v letu 2019 smo namesto vina vzorčili dve vrsti grozdja.
- b) pogostost vzorčenja je odvisna od vrste živila: mleko mesečno oziroma trimesečno za specifično meritev Sr-90/Sr-89, meso, jajca in žito enkrat letno, povrtnine, poljščine in sadje sezonsko;
- c) vzorčenje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje specifične aktivnosti C-14 je potekalo v letu 2019 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 37 vzorcev, od tega 33 v okolici NEK.

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 IN ZNAČILNOSTI V POTEKIH

Uvod

Pri ovrednotenju merskih rezultatov z visokoločljivostno spektrometrijo gama, opravljenih na IJS, smo uporabili neposredne merske rezultate, $y \pm u(y)$ iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*, enako kot v zadnjih treh letih. Tu je $u(y)$ združena standardna negotovost specifične aktivnosti y 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 ter negotovosti metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčenja, razen količine vzorca, niso vključene.

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

Za izračun letne doze uporabljamo aritmetično sredino periodičnih merskih rezultatov [46]. 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 2019, IJS-DP-13067*. Tako definirane cenilke so združljive s frekventističnim pristopom [47], 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; odstavek 6 in 7 [48]) v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Te vrednosti ne podajamo s pripadajočo negotovostjo in so v tabelah označene z znakom " \dagger ". 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 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.

Po posvetu z lektorjem prof. dr. Alojzijem Kodretom smo izboljšali izraze (uporabili ustrezne slovenske izraze), ki smo jih poenotili po celotnem poročilu:

- namesto *ingestija* uporabljamo *zaužitje*;
- namesto *kontinuirno vzorčenje* uporabljamo *neprekinjeno vzorčenje*;
- namesto *enkratno vzorčenje* uporabljamo izraz *posamično vzorčenje*;
- *povprečje* je *aritmetično povprečje*. Če gre za drugo povprečje (npr. uteženo), je to ustrezno navedeno.



1) Reka Sava

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Največji mesečni tekočinski izpust H-3 v letu 2019 je bil v avgustu (5,6 TBq), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letih 2016 in 2017. Skupni letni izpust 13,6 TBq je v okviru stresanja podatkov (disperzija je 6 TBq) primerljiv z dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 2002 do 2018 je 12,6 TBq).

Rezultati mesečnih meritev iz vzorčevalnih postaj HE Brežice in Brežice se dobro ujema in kažejo nekoliko višje koncentracije aktivnosti H-3 nad jezom. Korelacijski koeficient je 1. Ujemanje je dobro tudi med mesečnimi izpusti in mesečnimi izmerjenimi vrednostmi na obeh vzorčevalnih postajah (korelacijski koeficient je 0,7). Podobno dobro ujemanje je bilo tudi v letu 2018, saj je bil korelacijski koeficient med izmerjenimi vrednostmi na obeh lokacijah 0,9, med mesečnimi izpusti in izmerjenimi vrednostmi pa prav tako 0,9.

Najvišja vrednost mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 pred jezom HE Brežice je bila $(21,5 \pm 0,8)$ kBq/m³ v septembru. V Brežicah je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti H-3 $(18,6 \pm 0,7)$ kBq/m³. Za primerjavo je bila koncentracija aktivnosti H-3 v Krškem pred NEK $(0,88 \pm 0,08)$ kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je 21-krat višja kot na referenčnem odvzemu v Krškem v septembru, prav tako pa je bila najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v HE Brežice v septembru 25-krat višja kot na referenčnem odvzemu v Krškem.

Opazimo lahko zakasnitev med vrhom največjih mesečnih izpustov in največjo koncentracijo aktivnosti H-3 v reki Savi. To ni povezano s časovnico vzorčenja, saj je vrh največjih izmerjenih koncentracij H-3 v septembru tudi na drugih lokacijah (desni breg v akumulacijskem jezeru, Jesenice na Dolenjskem). Na levem bregu je zakasnitev dva meseca, saj je vrh šele v oktobru. V letu 2019 zakasnitve nismo opazili, kar potrjuje tudi korelacijski koeficient med izpusti in izmerjenimi vrednostmi, ki je bil v letu 2018 višji kot v letu 2019. Na Jesenicah na Dolenjskem lahko opazimo, da je bila koncentracija aktivnosti H-3 povišana že v avgustu. Te ugotovitve potrjujejo domnevo, da je po izgradnji in umestitvi HE Brežice tok reke Save počasnejši, a izrazitejši po desni strani. To lahko sklepamo tudi iz batimetričnih meritev globine reke Save, ki so bile opravljene v zajezitvi nad jezom HE Brežice [26]. Prav tako samo mešanje izpustov z reko Savo poteka drugače kot pred polnitvijo akumulacijskega jezera v letu 2017.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v Krškem je bilo 0,61 kBq/m³, nad jezom HE Brežice 3,5 kBq/m³. V Brežicah je bilo povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti 3,2 kBq/m³, kar je primerljivo s povprečjem mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice in nižje od dolgoletnega povprečja 4,1 kBq/m³ v zadnjih 16 letih.

Izmerjene koncentracije aktivnosti pod jezom (Brežice) so primerljive z meritvami v Jesenicah na Dolenjskem (letno povprečje 3,2 kBq/m³), kar je drugače kot pred polnitvijo akumulacijskega jezera. Pred tem so bile navadno koncentracije aktivnosti tritija v Jesenicah na Dolenjskem nižje zaradi dodatnega redčenja Save s Krko in Sotlo (pod 1 kBq/m³) za faktor 1,8, v letih 2018 in 2019 pa je kvocient 1,1. Dolgoletno povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v Jesenicah na Dolenjskem je 2,4 kBq/m³.

Zaznali smo tudi povečanje koncentracije aktivnosti tritija pri posamičnih vzorcih nefiltrirane vode v septembru in oktobru na vseh lokacijah nad jezom HE Brežice. Na levem bregu akumulacijskega jezera so bile največje mesečne koncentracije posamičnih vzorcev 1,7 kBq/m³ (september) in 4,9 kBq/m³ (oktober), medtem ko so bile na desnem bregu 12 kBq/m³ (september) in 2,2 kBq/m³ (oktober). Najvišjo vrednost smo zaznali na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, kar se ujema z ugotovitvami iz preteklih let, da matica reke po akumulacijskem jezeru potuje bolj ob desnem bregu.

Skupna letna izpuščena aktivnost C-14 v Savo v letu 2019 je bila 0,09 GBq, kar je več kot v preteklem letu. Izpusti so za en velikostni red nižji, kot je dolgoletno povprečje (1,9 GBq) od leta 2013. Ob tem je treba poudariti, da je oktobra potekal tudi remont v NEK in da so bili pričakovani večji izpusti in s tem tudi morebiten merljiv vpliv v okolju.

C-14 je bil v letu 2019 merjen v savski vodi in v ribah. Na lokacijah na levem in desnem bregu



akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti posamični četrletni vzorci. Povprečni četrletni koncentraciji aktivnosti C-14 na desni in levi obali akumulacijskega jezera sta bili 89 pMC (10,1 Bq/m³ vode) in 87 pMC (9,6 Bq/m³). Izmerjena sta bila tudi dva vzorca rib (klen in krap) v akumulacijskem jezeru HE Brežice. Izmerjene relativne specifične aktivnosti C-14 v ribah so bile do 98 pMC (221 Bq/kg ogljika). Vse izmerjene aktivnosti so nižje od trenutnih atmosferskih aktivnosti (103 pMC).

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 posamičnih vzorcih je bila od 3,1 Bq/m³ do 5,7 Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu HE Brežice. Najvišja posamična vrednost 20 Bq/m³ je bila izmerjena na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice v mesecu oktobru. V mesecu oktobru je NEK izvedel edini tekočinski izpust I-131 (195 kBq). Če primerjamo rezultate meritev v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK z rezultati meritev iz nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji, so bile povprečne koncentracije aktivnosti I-131 v reki Savi v Brežicah podobne, kot jih izmerimo v Savi v Ljubljani (2,3 Bq/m³), in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,6 Bq/m³ v Brežicah.

V tem letu je bil jod v talnem sedimentu zaznan samo v enem vzorcu na lokaciji HE Brežice - levi breg (1,3 Bq/kg).

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 2,2 MBq, kar je podobno kot v prejšnjih letih.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti v rečni vodi je bilo na referenčnem mestu v Krškem 0,17 Bq/m³, v Brežicah 0,28 Bq/m³ pri HE Brežice pa 0,26 Bq/m³. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v savski vodi pod mejo detekcije. Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku, kot tudi v vodni sušini, sedaj pa poročamo o rezultatih meritev 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 in povprečni pretok Save ter privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, 0,5 mBq/m³. Tega prispevka ni mogoče ločiti od nehomogeno porazdeljene globalne kontaminacije.

Izmerjena koncentracija aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji [15] se spreminja glede na lokacijo vzorčenja, najvišja je bila (2,2 ± 0,2) Bq/m³ v reki Dravi. V letu 2019 v Soči in Krki Cs-137 ni bil zaznan, enako v enem vzorcu Save pri Lazah (Ljubljana), Kolpe in Save Brežice, v enem vzorcu rek Save pri Lazah (Ljubljana) in Kolpe pa je bil pod mejo kvantifikacije. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v letu 2019 je bila od 0,02 Bq/m³ v Kolpi do 1,3 Bq/m³ v Dravi. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v rekah je bila v letu 2019 nižja od povprečja med leti 2008 in 2018 za posamezno reko, razen za reko Dravo.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v obrežnih sedimentih je bila v Krškem (pod mostom) 7,2 Bq/kg, pod jezom NEK 7,0 Bq/kg, v na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) 9,5 Bq/kg, v Brežicah 4,0 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem 4,5 Bq/kg in v Podsusedu 0,9 Bq/kg. Specifična aktivnost cezija v sedimentih kaže najvišje povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje). Iz rezultatov meritev je razvidno, da specifična aktivnost Cs-137 v zadnjih letih na večini lokacij, tako na referenčni lokaciji kot v akumulacijskem jezeru, narašča. Ugotavljamo, da se je specifična aktivnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah do leta 2011 sistematično zmanjševala. To smo povezali z razpadom radionuklida (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Od leta 2011 do 2018 se je specifična aktivnost Cs-137 v talnem sedimentu povežala v Krškem in Brežicah. To lahko pripišemo posegom v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi v tem obdobju.

Povprečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah na lokacijah: Krško, pred jezom HE Brežice, Brežice



in Jesenice na Dolenjskem so od 0,03 Bq/kg do 0,05 Bq/kg, pod mejo kvantifikacije v 11 primerih od 16. Najvišja vrednost na referenčnem mestu v Krškem pred NEK je bila 0,03 Bq/kg, v akumulaciji HE Brežice 0,05 Bq/kg, v Brežicah 0,05 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem pa je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 v ribah manjša kot 0,045 Bq/kg. V okviru merske negotovosti so specifične aktivnosti Cs-137 v ribah na vseh odvzemnih mestih vzvodno in nizvodno od NEK enake.

Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno izmerjen v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2019 je bila izpuščena aktivnost v reko Savo 0,08 MBq, kar je v okviru negotovosti enako kot v prejšnjih letih.

Koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi na referenčnem mestu Krško je 1,0 Bq/m³, pred jezom HE Brežice 1,7 Bq/m³, v Brežicah 2,0 Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem 2,0 Bq/m³. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v posamičnih vzorcih vode so v okviru negotovosti enake kot v neprekinjeno vzročenih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrletna povprečja od 1,3 Bq/m³ do 2,4 Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila nad jezom HE Brežice na desnem bregu 5,8 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 2,2 Bq/m³, v reki Muri 2,3 Bq/m³ in v Dravi 1,5 Bq/m³ [15].

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti so bile tipično pod spodnjo mejo detekcije 0,7 Bq/kg v Krškem, 0,3 Bq/kg na levem bregu jezera HE Brežice, 0,5 Bq/kg na desnem bregu jezera HE Brežice, 0,3 Bq/kg v Brežicah in 0,4 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem. Povprečna specifična aktivnost Sr-90 v talnih sedimentih v Podsusedu pri Zagrebu (republika Hrvaška) je bila 0,03 Bq/kg.

Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. Povprečne specifične aktivnosti Sr-90 v ribah so bile 0,07 Bq/kg v Krškem in Jesenicah na Dolenjskem ter 0,09 Bq/kg v Brežicah do 0,17 Bq/kg pred jezom HE Brežice. V okviru stresanja so specifične aktivnosti za vse lokacije enake ali podobne kot v preteklih letih.

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag 110m, Cs-134) se redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna aktivnost v letu 2019 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. 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 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 19 Bq/m³, Ra-226 do 32 Bq/m³, Pb-210 do 58 Bq/m³, Ra-228 do 11 Bq/m³ in Th-228 do 8,7 Bq/m³. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7, katerega koncentracije aktivnosti so od 4,6 Bq/m³ do 420 Bq/m³. Vrednosti so podobne tistim, izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracije aktivnosti K-40 so od 35 Bq/m³ do 200 Bq/m³. 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 350 Bq/m³ [15]. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238 do 52 Bq/kg, Ra-226 do 34 Bq/kg, Ra-228 do 39 Bq/kg in Th-228 do 33 Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 so bile od 17 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem) do 470 Bq/kg (Krško). V sedimentu je bil zaznan Be-7 s povprečjem od 51 Bq/kg do 62 Bq/kg na vseh lokacijah. Specifične aktivnosti Pb-210 so značilno višje, in so bile od 24 Bq/kg do 93 Bq/kg.

2) Vodovodi in črpališča

Koncentracija tritija 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 manj kot 2 % najvišjih priporočenih vrednosti direktive Evropske komisije za pitne vode.

Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena meseca junija v Bregah, in sicer (1,5 ± 0,1) kBq/m³. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti v vodi iz črpališča Brege je bilo v letu 2019 (1,3 ± 0,1) kBq/m³, kar je manj kot 17-letno povprečje 1,6 kBq/m³. V vodi na črpališču Rore je



bila povprečna koncentracija $(0,62 \pm 0,02)$ kBq/m³. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(1,18 \pm 0,04)$ kBq/m³, kar je enako kot 17-letno povprečje $1,2$ kBq/m³. Predpostavljamo, da se je vodovod Spodnji Stari Grad v letu 2019 napajal tudi z vodo, načrpano v Bregah. Koncentracije aktivnosti H-3 za vodovod Brežice ostajajo nizke, konstantne in primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let.

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izračunana povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(0,48 \pm 0,04)$ kBq/m³, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa $(0,050 \pm 0,005)$ kBq/m³, vendar so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije. Vrednosti so v okviru stresanja podatkov primerljive s prejšnjimi leti.

Kot referenčno vrednost lahko vzamemo v letu 2019 izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu $(0,50 \pm 0,03)$ kBq/m³. Tudi v Ljubljani koncentracija aktivnosti tritija dolgoročno upada, kar potrjuje, da gre za globalni učinek nadzemnih in potrjuje globalno zmanjševanje tritija zaradi nadzemnih jedrskih poskusov v vodnem krogu.

Četrtno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo $(1,2 \pm 0,05)$ kBq/m³. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v vodi iz vrtine VOP-4 je bilo $(6,7 \pm 0,2)$ kBq/m³. V vrtini E1 je bila izmerjena najvišja vrednost $(2,3 \pm 0,1)$ kBq/m³ v drugi četrtini leta (vzorec je bil vzorčen aprila), v vrtini VOP-4 pa v septembrskem vzorcu $(46,4 \pm 1,7)$ kBq/m³. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda.

V vrtinah VOP-1/06 (Vrbina) in V-12/77 (Amerika) nismo opazili izrazitih nihanj oziroma odmikov mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 od povprečnih vrednosti v letu 2019. Mesečne vrednosti so v okviru merskih negotovosti primerljive z mesečnimi vrednostmi v letu 2018. Tako je bilo povprečje v VOP-1/06 $0,8$ kBq/m³ in V-12/77 $1,3$ kBq/m³. V vrtini V-7/77 (Gmajnice) je bila aritmetična sredina mesečnih vrednosti $2,4$ kBq/m³, kar je več kot v letu 2018. Iz podatkov je razvidno, da koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini sledijo tekočinskemu izpustu H-3 NEK z zakasnitvijo od 2 do 3 mesecev. V zadnjem četrtnetju leta 2019 je bila koncentracija aktivnosti H-3 v povprečju trikrat višja od letnega povprečja.

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta nehomogeno razširjena na naših tleh. V majhnih količinah se pojavljata tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov, zato njuno prisotnost v vzorcih podzemne vode razlagamo kot stik atmosfere in podzemne vode. Iz tabel z merskimi podatki je razvidno, da se Cs-137 nad mejo kvantifikacije pojavlja le v 12 % vzorcev, pri drugih ni bil detektiran. Stroncij je bil nad mejo kvantifikacije pri 53 % vseh vzorcev pitne oziroma podzemne vode.

Najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 je bila $(0,8 \pm 0,1)$ Bq/m³ v avgustovskem vzorcu vodovoda Spodnji Stari Grad. Povprečna koncentracija aktivnosti Sr-90 na petih lokacijah je bila od $0,1$ Bq/m³ v Brežicah do $0,54$ Bq/m³ v črpališču Rore. Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo $0,47$ Bq/m³, kar je v okviru negotovosti enako kot v zadnjih desetih letih. V brežiškem vodovodnem sistemu so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije. Vrednost za brežiški vodovod $0,11$ Bq/m³ je izpeljana iz detekcijskih mej. Razliko med sistemoma pojasnimo z globino brežiškega črpališča, do katere Sr-90 iz splošne kontaminacije še ni pripotoval in ki verjetno tudi ni izpostavljeno izpustom NEK.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bilo leta 2019 $2,7$ Bq/m³, v Medsavah pa $1,6$ Bq/m³, pri čemer se vrednosti ne odmikata od poteka prejšnjih let. Podobno je s povprečno vrednostjo za vrtino E1, ki je bila v letu 2019 $3,5$ Bq/m³.

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

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 kaže na zunanje vplive (gnojenje, večji vodostaj Save). V Bregah je bilo povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti 73 Bq/m³, v vodovodu Spodnji Stari Grad 66 Bq/m³, na drugih črpališčih in vodovodih pa je bila med 24 Bq/m³ in 29 Bq/m³.



Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v črpališču Brežice, in sicer $3,8 \text{ Bq/m}^3$. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-226 se giblje od $0,9 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $3,1 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Spodnji Stari Grad). Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Pb-210 je bilo od $1,5 \text{ Bq/m}^3$ v vodi, načrpani na črpališču Brežice, do $4,7 \text{ Bq/m}^3$ v vodi iz črpališča Rore. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 manj kot 1 Bq/m^3 . Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-228 v vodovodu Brežice je bilo $0,4 \text{ Bq/m}^3$, v Bregah pa $1,2 \text{ Bq/m}^3$. Povprečja mesečnih koncentracij Th-232 se gibljejo med $0,4 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Brežice) in $0,6 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Brege). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečje mesečnih koncentracij Be-7 je bilo 1 Bq/m^3 v vodovodu Brežice, najvišja v črpališču Brege pa $4,8 \text{ Bq/m}^3$.

3) Padavinski in suhi usedi

V letu 2019 je bila količina padavin v Ljubljani, 1380 mm, primerljiva s količino padavin v letih 2016 in 2018, 10 % nižja kot v letih 2013 in 2017, 25 % nižja kot v letu 2014 in 25 % višja kot v letu 2015. Raztresenost letne količine padavine je $\pm 267 \text{ mm}$. Variacija padavin po mesecih je še izrazitejša, v februarju je bilo padavin zelo malo, zato nismo uspeli dobiti reprezentativnega vzorca. Izrazito sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, ne nujno vedno v istem letnem času. Letna količina padavin v Bregah, Krškem in Dobovi je bila v letu 2019 primerljiva, razlika je bila kvečjemu 3 %. Največ dežja je padlo v Bregah, najmanj v Dobovi. Povprečna letna količina padavin je bila 1 284 mm.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m^3 bi lahko pripisali izpustom iz NEK [41]. V letu 2019 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah štirikrat višja od 2 kBq/m^3 , in sicer spomladi in jeseni trikrat v Bregah in enkrat v Krškem. Koncentracije aktivnosti tritija v Ljubljani so se gibale med $(0,41 \pm 0,06) \text{ kBq/m}^3$ in $(1,6 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ s povprečjem mesečnih koncentracij $(0,99 \pm 0,01) \text{ kBq/m}^3$, v Bregah med $(0,91 \pm 0,10) \text{ kBq/m}^3$ in $(4,1 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$ s povprečjem mesečnih koncentracij $(1,78 \pm 0,03) \text{ kBq/m}^3$, v Krškem med $(1,1 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in $(2,4 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ s povprečjem mesečnih koncentracij $(1,47 \pm 0,03) \text{ kBq/m}^3$ in Dobovi med $(0,56 \pm 0,07) \text{ kBq/m}^3$ in $(1,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ s povprečjem mesečnih koncentracij $(1,01 \pm 0,02) \text{ kBq/m}^3$.

Vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v neposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so v Bregah in Krškem (Stara Vas) vsako leto višja kot v Dobovi in Ljubljani. V oktobru je bila koncentracija tritija v Bregah višja od povprečne vrednosti, kar se sklada z zračnimi izpusti, ki so bili v oktobru štirikrat večji od letnega povprečja. Korelacijski koeficient med zračnimi izpusti in izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 je letos zaznan le v Bregah in je 0,7, kar nakazuje na dobro korelacijo med zračnimi izpusti H-3 iz NEK in koncentracijami aktivnosti H-3 v padavinah v Bregah. Na drugih vzorčevalnih mestih, vključno z Ljubljano (referenčna lokacija), pa je koeficient korelacije negativen oziroma blizu nič, kar kaže na to, da ni povezave in morebitnega vpliva izpustov iz NEK na okolje na lokacijah Stara Vas in Dobova.

Na referenčni lokaciji v Ljubljani so bile vrednosti primerljive z izmerjenimi vrednostmi v Dobovi. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo navadnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi [40].

Najvišji mesečni padavinski usedi H-3 so bili izmerjeni v Bregah, do 330 Bq/m^2 v mesecu maju. Vrednosti in časovna poteka za Ljubljano in Dobovo sta v okviru stresanja vrednosti primerljiva, vrhovi se skladajo z meseci, ko je bilo padavin več. Časovna poteka za Krško in Brege sta si kvalitativno podobna, nekoliko drugačna kot pri Ljubljani in Dobovi. Najvišje vrednosti sledijo mesecem z največ padavin ali višjimi zračnimi izpusti.

Najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah za kraje v okolici NEK je bila ugotovljena za februarjski vzorec v Bregah $(3,8 \pm 0,7) \text{ Bq/m}^3$, medtem ko je bila v Ljubljani najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v avgustu $(0,7 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$. Številni merski rezultati 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.



Najvišje izmerjene vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile: v Ljubljani 0,073 Bq/m² avgusta, v Bregah 0,07 Bq/m² februarja, v Krškem 0,016 Bq/m² marca in v Dobovi 0,0018 Bq/m² aprila, v vseh primerih pri majhni oziroma manjši količini padavin, razen v Ljubljani, ko je bilo avgusta padla zmerna količina padavin. V takšnih primerih povišanje pripisujemo resuspenziji delcev s tal, v zimskih mesecih pa še zaradi kurjenja s trdimi gorivi.

Used je na vseh lokacijah primerljiv z vrednostmi iz predčernobilskega obdobja med letoma 1982 in 1985.

Tudi v letu 2019 Sr-90 nismo posebej obravnavali, saj so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije in tako ne moremo oceniti vpliva NEK na okolje zaradi izpustov Sr-90.

4) Zrak

Čep rav je v zračnih izpustih iz NEK (3,7 TBq) največ tritija H-3 (2,6 TBq) in C-14 (0,07 TBq), le-teh v okolju ne ugotavljamo oziroma nista v programu meritev. Njuno 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 2019 zaznani izpusti Co-58, Co-60, Te-127m, Cs-137 in Sr-90, vendar ti radionuklidi z izjemo zadnjih dveh 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.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2019 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 koncentracija aktivnosti Cs-137 nad mejo kvantifikacije v okolju v okolici NEK je bila zabeležena ($3,7 \pm 2,0$) $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ v januarju v Stari Vasi. Najvišje povprečje 1,3 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ v letu 2019 pa je bilo ugotovljeno na lokaciji v Leskovcu. V okviru nadzora radioaktivnosti v RS je bilo najvišje povprečje na Predmeji 3,8 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in še to v trimesečnih sestavljenih vzorcih. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2019 je bila 0,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je manjše od 0,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Radionuklid Sr-89 v letu 2019 v zračnih izpustih NEK ni bil zaznan.

Radionuklid I-131 v letu 2019 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke (aerosolni filtri, ogljeni filtri). Tudi zmogljivejše aerosolne črpalke na mestih v Dobovi (nadzor radioaktivnosti v okolju v okolici NEK) in Ljubljani (nadzor radioaktivnosti v okolju v RS) niso pokazale prisotnosti I-131 v zraku.

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 povprečni koncentraciji aktivnosti Be-7 in Pb-210 v letu 2019 v okviru negotovosti povprečja dobro ujemata na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2019 v okolici NEK je bila 6 710 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, Pb-210 pa 1 130 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji 4 900 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in 860 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. 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 2019 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,83 \pm 0,10$) mSv v razponu od 0,66 mSv do 1,07 mSv. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,52 mSv in 0,63 mSv na leto in povprečna vrednost ($0,59 \pm 0,04$) mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta ($0,91 \pm 0,16$) mSv na leto, kar



je v okviru negotovosti povprečja primerljivo z okolico NEK. Tudi v Ljubljani, na referenčnem mestu, se povprečni letni okoljski dozni ekvivalent ($0,84 \pm 0,09$) mSv ne odmika od povprečja v okolici NEK oziroma po Sloveniji. Dozimetri na Hrvaškem v okviru negotovosti posameznih meritev in povprečja dajejo podobno povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK ($0,73 \pm 0,12$) mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti se v okviru stresanja vrednosti ne odmikajo od večletnega povprečja.

Neprekinjene meritve $H^*(10)$ s 14 merilniki MFM-203 v okolici NEK so v letu 2019 dale povprečno vrednost ($0,84 \pm 0,11$) mSv na leto (v razponu od 0,69 mSv do 1,02 mSv), kar je v okviru stresanja merskih vrednosti enako kot letni dozni ekvivalent, dobljen s TL-dozimetri.

Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri 60 merilnikih, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2019 ($0,903 \pm 0,02$) mSv v razponu od 0,55 mSv do 1,43 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 opazimo 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). Tak potek se nadaljuje tudi v letu 2019. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v zemljo. 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 0,030 mSv, kar je v povprečju manj kot na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji.

Zemlja

Vzorčenje zemlje poteka na poplavnih področjih, kjer sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčenja.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji v letu 2019 so bile od 1,1 Bq/kg v globini 15–30 cm v Gmajnicah do 57,1 Bq/kg v globini 5–10 cm prav tako v Gmajnicah. Iz rezultatov meritev je razvidno, da gre za precejšnje stresanje specifičnih aktivnosti Cs-137 na mikrolokaciji v posameznih letih. Nihanja vrednosti lahko pripišemo nehomogenosti svežega nanosa po černobilski nesreči. in prerazporeditvi useda na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljinu. To ugotovitev lahko podkrepimo z ugotovljenim premikanjem težišča nanosa v globino na lokaciji Kusova Vrbina. 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 zemljinu navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, upoštevajoč podatke od leta 1992, je ustrezno večja. Dodatno lahko ugotovimo, da se šele v 10-letnem drsečem povprečju izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh. Na vseh lokacijah opazimo zniževanje usedov z leti, vendar se je v zadnjih 5 letih proces praktično ustavil.

Nadzor radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji zajema used do globine 30 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murški Soboti. V letu 2019 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($11,7 \pm 0,3$) kBq/m², ($8,5 \pm 0,1$) kBq/m² in ($2,0 \pm 0,4$) kBq/m². Te vrednosti v povprečju presegajo ali so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 30 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, po vrsti ($4,8 \pm 0,6$) kBq/m², ($1,1 \pm 0,2$) kBq/m² in ($4,7 \pm 0,6$) 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.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2019 so bile v razponu od 0,28 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 5–10 cm do 0,97 Bq/kg v globini 10–35 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 izmerkrov v povprečju nižji kot na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji.

Sicer so se v izpuhu NEK, poleg kratkoživih radionuklidov, v letu 2019 pojavili tudi Co-58 in Te-127m



ter Cs-137, katerih prisotnost v usedu zemlje nismo zaznali.

Noben od 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

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila do 0,15 Bq/kg in je primerljiva v okviru stresanja podatkov s specifično aktivnostjo Cs-137 do 0,26 Bq/kg v vzorcih živil drugod po Sloveniji. Te vrednosti so v okviru stresanja podatkov enake kot v zadnjih petih letih. Specifične aktivnosti Cs-137 v hrani z leti nihajo, vendar je razvidna težnja zniževanja vrednosti, v večini živil (npr. v mleku) je že na ravni predčernobilskega obdobja. V vzorcih živil iz gozdnih ekosistemov po Sloveniji še vedno lahko ugotavljamo, v primerjavi z živili iz agrikulturnih ekosistemov, značilno višje specifične aktivnosti Cs-137, npr. (584 ± 18) Bq/kg Cs-137 v divjem prašiču iz okolice Kamnika v letu 2018. V letu 2019 smo zaznali povišane specifične aktivnosti Cs-137 v gobah, do 2500 Bq/kg (pšenična koprenka; Dragomer), medtem, ko so bile vrednosti v divjačini $(0,06 \pm 0,02)$ Bq/kg (zajec; okolica NEK) in $(0,04 \pm 0,01)$ Bq/kg (srnjak; RS). Specifične aktivnosti v divjačini so bile primerljive z drugimi živili (meso), ki so obravnavane v tem poročilu. V posameznih živilih iz okolice NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v ječmenu $(0,15 \pm 0,04)$ Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčenih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, $< 0,001$ Bq/kg. Največja izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, je bila izmerjena v koruzi iz Veržeja, in sicer $< 0,26$ Bq/kg.

Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2019 zaznan v vseh skupinah živil. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila do 0,90 Bq/kg, v vzorcih hrane od drugod po Sloveniji pa do 0,33 Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Sr-90 v okolici NEK je bila izmerjena v ječmenu $(0,9 \pm 0,2)$ Bq/kg, po Sloveniji pa v zeleni solati $(0,33 \pm 0,07)$ Bq/kg. V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito, podzemna in listna zelenjava, sledi sadje, ter meso in mleko, 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.

C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja predvsem z zaužitjem rastlinske hrane. V letu 2019 smo ugotavljali vsebnost C-14 v okolici NEK v jabolkih, pšenici, koruzi, travi, zelju in jagodah in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih iz okolice NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja), so bile julija največje na robu izključitvenega območja (248 ± 6) Bq na kilogram ogljika, v zunanjem krogu (239 ± 9) Bq na kilogram ogljika in (235 ± 5) Bq na kilogram ogljika v Dobovi. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih (lokacija I) v juliju (280 ± 6) Bq na kilogram ogljika. Povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju so bile v septembru v okviru negotovosti povprečja enake kot v juliju. Tako so bile povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju septembra največje na robu izključitvenega območja (253 ± 5) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog (246 ± 5) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi pa so živila vsebovala (241 ± 4) Bq na kilogram ogljika. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jagodah (lokacija Q) v septembru (260 ± 5) Bq na kilogram ogljika. Lokacija I je ob zahodni ograji na robu izključitvenega območja in je bližnja lokaciji J, ki je jugozahodno od osi reaktorja in leži na področju, kjer ugotavljamo najvišje razredčitvene faktorje. Tako smo na lokaciji J v letu 2016 opazili najvišjo vsebnost C-14 v jabolkih (330 ± 8) Bq na kilogram



ogljika, v letu 2017 je bila (288 ± 7) Bq na kilogram ogljika, v letu 2018 pa (273 ± 6) Bq na kilogram ogljika.

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 ozključitvenega območja predvsem takrat, ko je remont in s tem večji izpusti potekajo neposredno pred vegetacijo oziroma med njo, kot na primer v letih 2012, 2015 in 2018. 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 izključitvenega območja NEK manjše kot v letu 2012. Enako ugotavljamo tudi za leto 2019, ko je bil remont jeseni, po zaključeni vegetaciji. V letu 2017 ni bilo remonta, vendar so bile izpuščene aktivnosti C-14 povišane v rastni dobi rastlinja, kar smo so razlagali z izpusti iz zbiralnikov za razpad plinov, ki so prispevali k večjim izpustom C-14 v obliki CH₄. Ker je pretvorbeni dozni faktor za CH₄ višji kot za CO₂, je bil prispevek C-14 k efektivni dozi zaradi inhalacije v letu 2017 bistveno večji kot v prejšnjih letih.

Tudi v letu 2019 izotopov rutenija nismo zaznali v hrani.

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

Med naravnimi radionuklidi je v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. V letu 2019 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 37 Bq/kg (jagode) do 246 Bq/kg (fižol v zrnju) v hrani, drugod po Sloveniji pa so se specifične aktivnosti gibale od 22 Bq/kg (hruške) do 162 Bq/kg (česen). Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi zaužitja hrane največ prispeva Pb-210 (77 %). Največ ga je bilo v letu 2019 v okolici NEK v listni zelenjavi, žitu, mesu in jajcih. Najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v plodovkah. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v ječmenu ($4,4 \pm 0,8$) Bq/kg, v živilih, po Sloveniji pa v pšenici ($0,7 \pm 0,2$) Bq/kg.

Z analizo gruč ugotavljamo, da največ radionuklidov vsebujejo listna zelenjava in žita, najmanj pa mleko, plodovke in sadje. Razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj je gručenje izrazitejše glede na vrsto živila kot na mesto vzorčenja.

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2019 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 2019 drugod po Sloveniji.

OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

Ob delovanju jedrske elektrarne v Krškem 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 gradnje 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 upošteva vseh hidravličnih parametrov in konfiguracije struge reke Save, kot so mešanje na jezu, negotovosti pretokov, zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred izgradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice).

Modelni izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih in podatkih o letnem pretoku reke Save, upoštevajoč značilnosti referenčne skupine (to so ribiči, ki lovijo po akumulacijskem jezeru do 350 m nizvodno od jeza NEK, preživijo znaten čas na obrežju in uživajo savske ribe), je pokazal, da je efektivna doza za odraslega



zaradi izpustov v reko Savo v letu 2019 v Brežicah 0,005 μSv na leto (zadrževanje na obrežju in uživanje rib). Na lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna efektivna doza za odraslega 0,012 μSv . Če bi upoštevali povprečne navade referenčne osebe, bi bile prejete efektivne doze še nekajkrat nižje. K celotni efektivni dozi tako največ prispeva H-3 (44 %), pri čemer je prevladujoča prenosna pot uživanje rib. Zaradi zadrževanja na bregu je večina celotne obremenitve zaradi izpustov Co-60 in Co-58 (97 %). Ob upoštevanju pitja savske vode, kar je malo verjetna prenosna pot, pa bi prevladal prispevek H-3 (100 %).

Atmosferski izpusti (Tabeli A1 in A2)

V ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov vključimo 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 zaužitja (C-14);
- **sevalci beta/gama** v aerosolih (radionuklidi Co, Cs, Sr itd.) s prenosnimi potmi: inhalacija, zunanje sevanje iz useda, zaužitje rastlin z usedlimi radionuklidi;
- **izotopi joda** v raznih fizikalnih in kemijskih oblikah, pomembnih pri inhalaciji ob prehodu oblaka in zaradi vnosa v telo z mlekom.

Tabela A1: Izpostavitve sevanju odraslega prebivalca v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2019

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)	4,8E-7 4,2E-13
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	6,3E-6
zaužitje	rastlinska hrana	C-14	0*

* Rezultat je manjši od negotovosti meritve.

Tabela A2: Izpostavitve sevanju odraslega prebivalca na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2019

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)	1,2E-6 2,7E-12
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	1,6E-5
zaužitje	rastlinska hrana	C-14	8,0E-5

V tabelah A1 in A2 je prikazano ovrednotenje zračnih emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2019 in za posamezne skupine radionuklidov po najpomembnejših prenosnih poteh za odrasle prebivalce v naselju Spodnji Stari Grad, ki je najbližje naselje zunaj izključitvenega območja (tabela A1), in ob ograji NEK, ki je v izključitvenem območju (tabela A2). Velja omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva na robu izključitvenega območja (500 m od osi reaktorja) in dalje, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva ne sme presežati 50 μSv . Iz tabel A1 in A2 lahko ugotovimo, da so prispevki k letni efektivni dozi za odraslega prebivalca na ograji



NEK, ki je v izključitvenem območju, 0,19 % od predpisane omejitve 50 μSv , medtem ko je prispevek v Spodnjem Starem Gradu 0,01 % od predpisane omejitve 50 μSv .

Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom, ki vključuje značilnosti terena v okolici NEK in večji nabor meteoroloških spremenljivk. Model uporablja vse merjene podatke, ki so v sistemu ekološkega informacijskega sistema EIS, ki ga upravlja NEK. Za emisije je to pretok plinov skozi glavni izpuh. Model potrebuje še hitrost izpustnih plinov ter presek dimnika pri izpustu. Po posvetovanju z NEK je bila za temperaturo dimnih plinov določena temperatura 25 °C. Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen še z Gaussovimi modelom z upoštevanjem talnega izpusta [3]. Ocena za zračno imerzijo v letu 2019 je v okviru stresanja podatkov primerljiva za prejšnja leta.

Meritve C-14 so bile v letu 2019 izvedene na vzorcih jabolk, pšenice, krompirja, trave, zelja in jagodah 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 učinkovita doza zaradi zaužitja C-14 je tako v okolici NEK (do 1 km) za 0,08 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 (blizu roba izključitvenega območja) 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 vzorčenja, za druge radionuklide pa to ni mogoče zaradi različnih načinov vzorčenja. Doza 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 (Tabela B)

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2019 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 0,76 mSv. To je manj, kot je ocena letne učinkovite 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 0,09 mSv na leto. Tako je bila skupna doza naravnega zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2019 v okolici NEK 0,85 mSv na leto. Ustrezna letna učinkovita doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106 [76]) je 0,71 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za učinkovito dozo zaradi vnosa hrane privzemamo sklepe iz UNSCEAR [55].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna učinkovita doza je ocenjena na 2,29 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.



Tabela B: Efektivne doze E zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2019

Vir	Letna efektivna doza E (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#]	0,64
– kozmični nevtroni [55]	0,08
zaužitje (K, U, Th) ([55], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,29

Opomba: [#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za fotone 600 keV [76]. Pretvorbeni 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).

Primerjava s preteklimi leti (Tabela C)

V tabeli C so predstavljeni posamezni prispevki k letni efektivni dozi zaradi emisij NEK v letu 2019 za odraslo osebo na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju. Izjema je doza zaradi zunanjega sevanja, ki jo merijo TLD. Ob ograji NEK so med gradnjo objekta odstranili vrhno plast zemlje in nasuli prod, zaradi česar je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK za 40 % višji od tistega na na ograji NEK. Zaradi tega tu podajamo povprečni okoljski dozni ekvivalent za okolico NEK.

Ko 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 letih od 2012 pa je bila letna efektivna doza na prebivalca na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, nekoliko višja zaradi vpliva C-14 na prehransko verigo med vegetacijo, 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 2019 seštevek kaže na znižanje vrednosti – je najnižji v zadnjih devetih letih. Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati še, da se pri izračunu zunanjega 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 zaužitja C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn.

Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije, nesreča v Fukušimi in dogodek Ru-106

V letu 2019 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. Vpliva radionuklidov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi leta 2011, v letu 2019 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,015 mSv na leto, kar je 2 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je nižja kot ocene 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 0,45 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 zaužitja te hrane je bila za leto 2019 ocenjena na 0,2 μ Sv na leto za Cs-137 in 0,8 μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj 0,7 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

V letu 2019 izotopov rutenija nismo zaznali v nobenem vzorcu iz okolja.

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.


Tabela C: Povzetek letnih izpostavitv prebivalstva v okolici NEK za leto 2019

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	– gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,64**
	– kozmični nevtroni	0,08
	– zaužitje (K, U, Th)	0,27
	– inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	2,29
NEK – neposredno sevanje ob ograji NEK	– neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti* (na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju)	– zunanje sevanje iz oblaka	1,2E–6
	– zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137)	2,7E–12
	– inhalacija iz oblaka (H-3, C-14)	1,6E–5
	– zaužitje (C-14)	8,0E–5
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	– referenčna skupina (350 m pod jezom NEK)	1,2 E–5
	– odrasla oseba, Brežice	5,4 E–6
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	– zunanje sevanje**	< 0,013***
	– zaužitje rastlinske in živalske hrane (brez C-14)	1,0E–3
	– zaužitje rastlinske hrane (C-14)	1,5E–2
	– zaužitje rib	1,4E–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 $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbene faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za fotone 600 keV [76].

*** 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.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2019 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij:

- **v letu 2019 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, in 350 m nizvodno od jezua NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,11 μ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je majhna v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μ Sv na leto na razdalji 500 m, in dalje to je na robu izključitvenega območja in dalje, za prispevke po vseh prenosnih poteh
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, je približno 0,0048 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.**



SUMMARY

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 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 exclusion area (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 from the site buildings at the border of the Krško NPP exclusion area 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*. 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, minimal 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 2019 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 [27] [28] [30].

Thus, in 2019, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.11 μSv per year, what presents 0.22 % of the authorized dose at the Krško NPP exclusion area. The estimated effective dose at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area received by reference person as the result of Krško NPP atmospheric discharges is estimated to 0.097 μSv per year, and to 0.012 μSv per year due to the Krško NPP liquid discharges. The major contribution of 0.08 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 other artificial radionuclides were also detected, among them: C-14, Cs-137, Sr-90 (global contamination), and I-131 (medicine usage). The contributions to the total effective dose through various media are collected in Table 1. It should be noted that the major contribution is due to external radiation – the presence of Cs-137 in the soil (the Chernobyl accident's remnant). The second largest contribution is due to C-14 in foodstuff, 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 at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area is 0.0048 % of the characteristic unavoidable natural



background radiation. The Summary lists the most important facts from the Monography *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, which is standalone a self-contained supplement of the report *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2019*, interna oznaka 5/2020, Ljubljana, March 2020.

The Report does not deal with the exposure of the population to the ionizing radiation caused by diagnostic medical examinations, which represents the second strongest 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 adult person in the vicinity of Krško NPP through various contamination media from 2014 to 2019. The detected artificial radionuclides are mainly due to 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*): they are estimated at 0.22 % of the authorized dose limit at the border of the Krško NPP exclusion area.

Contamination medium	Annual effective dose of artificial radionuclides E (μSv)					Location	Remarks
	2015	2016	2017	2018	2019		
Sava River	0.15 0.0007 0.15	0.15 0.0008 0.17	0.13 0.0014 1.1	0.091 0.0015 0.73	0.11 0.00083 0.14	Brežice Brežice Brežice	drinking (H-3) swimming (Cs-137) fish ingestion (Sr-90)
Waterworks and pumping stations	0.026	0.031	0.035	0.035	0.028	Brege	drinking (H-3)
Precipitation and dry fallout	0.021	0.020	0.042	0.023	0.019	Brege	ingestion (H-3)
Air	0.0009	0.0005	0.24	0.00046	0.00045	Average for all locations	Inhalation and imersion (Cs-137) Ru-106 (2017)
External radiation**	40	40	33	23	15.0	All locations	(Cs-137)
Food consumption	14.7 1.1	14.8 1.8	15.3 1.5	15.1 1.5	15.2 1.0	At the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area; All locations and at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area	Ingestion (C-14*, Sr-90)
Total	56.2	57	51.3	40.5	31.5		

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

** The ambient dose equivalent $H^*(10)$ is used.



CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2019, the scope and methods of sampling and measurements were the same as in previous years, which enables comparison of the monitoring results with the results from previous years as well as 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 four locations: (Krško – 3.2 km upstream, in front of Brežice HPP dam – 7.2 km downstream, Brežice– 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.5 km downstream) for long-lived radionuclides; single samples of unfiltered water at Krško, left and right riverbanks in the reservoir, replacement habitat, before Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (Croatia, 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, below the Krško NPP dam, Pesje, left and right riverbanks in the reservoir, in front of Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – all downstream of the Krško NPP dam);
- d) fish samples: Krško, reservoir, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (Croatia) and Otok.

Sample measurements involved determination of the activity concentration and specific activity of gamma emitters using high resolution gamma-ray spectrometry (HRGS), for 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 continuous 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 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 were analysed using high resolution gamma-ray spectrometry, liquid scintillation beta spectrometry for tritium (H-3) activity concentration determination, and radiochemical analysis for the determination of Sr-90/Sr-89. High resolution gamma-ray spectrometry was also applied 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 at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area (on the Krško NPP perimeter fence). In 2018, a total of sixteen 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 proportional counter.

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 surrounding the plant at the distance up to 10 km) and 9 TL dosimeters on the Krško NPP perimeter fence. Data were 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 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 are in operation in the vicinity of Krško NPP as part of the Early Warning Network. In addition to these, further 60 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 by the IJS MR 200 (C) system. Dosimeters in Croatia were evaluated on the system 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 several depths (down to 30 cm on non-cultivated land).

Sample measurements were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while strontium specific activity determination was determined 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, fruits), Brege (meat, milk, vegetables), Vihre (vegetables), Vrbina (eggs, vegetables, cereals), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables), Žadovinek (vegetables), Trnje (vegetables), Leskovec (meat, fruits), Dolenje Skopice (milk, vegetables); 32 different food samples were collected in 2019;
- b) sampling frequency depended 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) sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 specific activity determination took place twice in 2019 (July and September) at 16 locations in the surroundings of the Krško NPP and in the reference location in Dobova; a total of 37 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 carried out by JSI (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*) are used in the same way as in recent years. The $u(y)$ represents the combined standard deviation of the specific activity related to 68 % confidence interval (coverage factor $k = 1$). The combined standard deviation incorporates statistical fluctuation of the net signal and the uncertainties of the background signal, spectrometer calibration, nuclear data and the sample quantity. The uncertainties stemming from sampling, except for the sample quantity, are not taken into account.

If the uncertainty of the measurement result exceeds 80 % of the observed values (quantification limit), the primary measurement result is reported. Such an outcome is designated by a symbol " \ddagger ", with a footnote under the Table explaining that the result is below the quantification limit.

The annual dose is calculated as the arithmetic average of periodic measurement outcomes [46]. 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 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 [48]). This value has no associated uncertainty and 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.

For non-detected radionuclides - to keep the presentation clear - the limits of detection are not provided. The empty fields in tables are taken as zero values.

Above definitions of estimators are in line with the frequentist approach to probability [47], except that instead of the term »a-posteriori uncertainty«, the term »average scattering of the mean« is used.

Definitions of these terms are given in the report *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*.

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 the 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 detected 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 2019 (13.6 TBq) were 30 % of the activity limit for H-3 (45 TBq per year), which is statistically close to the long-term average of 12.6 TBq (from 2002 to 2018). The highest monthly release of H-3 was 5.6 TBq, which occurred in August.

Monthly activity concentrations of H-3 from the sampling stations above the Brežice HPP dam (in the reservoir) and at Brežice (old sampling location) are in good agreement and show slightly higher value above the dam. The correlation coefficient is 1. The correlation is also good between monthly liquid discharges of H-3 from the NPP and monthly activity concentrations of H-3 at both sampling stations (correlation coefficient 0.7). There was a similarly good correlation in 2018, when the correlation coefficient between the monthly activity concentrations of H-3 at both locations was 0.9 and between the monthly liquid discharges of H-3 and the measured values also 0.9.

In 2019 the average monthly activity concentration of H-3 before the Brežice HPP dam was 3.5 kBq/m³ with the highest value of (21.5 ± 0.8) kBq/m³ in September, while the monthly value was (0.88 ± 0.08) kBq/m³ at Krško in the same period. The average monthly activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (in front of the paper mill) was 0.61 kBq/m³ with the highest value of 0.88 kBq/m³ in September. At Brežice the average monthly activity concentration of H-3 was 3.2 kBq/m³ with the highest monthly value of (18.6 ± 0.7) kBq/m³ in September. This average value is smaller than the long-term average activity concentration of H-3 of 4,1 kBq/m³.

A one-month delay between the largest monthly liquid discharge of H-3 (in August) and the highest activity concentration of H-3 (in September) in the Sava River can be observed. This is not related to the sampling timeline, since the highest H-3 activity concentrations were measured also at other locations (right bank in the reservoir, Jesenice na Dolenjskem) in September. The highest activity concentration of H-3 at the left bank was observed two month after the largest discharge. In 2018 the time delay was not observed. The correlation coefficient between liquid discharges of H-3 and monthly activity concentrations of H-3 at sampling stations before the HPP dam and at Brežice was higher in 2018 than in 2019. On the other hand the activity concentration of H-3 at Jesenice na Dolenjskem was already increased in August. These findings confirm the assumption that after the construction and installation of the Brežice HPP, the flow of the Sava River is slower but more pronounced at the right bank. Mixing of liquid effluents with the Sava River is also changed since the reservoir was filled in 2017.

The measurements at Jesenice na Dolenjskem gave a monthly average of H-3 activity of 3.2 kBq/m³, which is statistically close to the monthly average at Brežice. This finding is different from the long-lasting situation before the reservoir was filled. Usually the activity concentrations of effluents in the river at Jesenice na Dolenjskem were lower by factor 1.8 than at Brežice due to the additional dilution of water in the Sava River by the tributaries Krka and Sotla, for which approximately the same activity concentration of tritium can be presumed as for the Sava at Krško or other rivers in Slovenia (around 1 kBq/m³). The long-term average monthly concentration of H-3 activity in Jesenice, Dolenjska is 2.4 kBq/m³.

We also noticed an increase in the activity concentration of tritium in the single samples of unfiltered water at all sampling locations above the Brežice HPP dam in September and October. At the left bank of the reservoir, the highest monthly activity concentration of H-3 were 1.7 kBq/m³ (September) and 4.9 kBq/m³ (October), and at the right bank 12 kBq/m³ (September) and 2.2 kBq/m³ (October). The highest values that were observed at the right bank confirm the findings from previous years that the main river channel moved towards the right bank along the reservoir. According to the model of dilution of liquid effluents, larger measured values would be expected at the left bank, since the ESW channel from the Krško NPP runs into the left bank above the Krško NPP dam.

The estimated total activity of C-14 in liquid discharges into Sava river was 0.09 GBq in 2019. This value is still an order of magnitude lower than the long-term average (1.9 GBq) for recent years.

The activity concentration of C-14 was measured in one-time samples in Sava river quarterly in 2019. The average monthly activity concentration of C-14 at the right and left side riverbank of the reservoir



were 89 pMC (10.1 Bq/m³ in water) in 87 pMC (9.6 Bq/m³ in water), respectively. The relative specific activity of C-14 measured in samples of fish, caught in the reservoir, was up to 98 pMC (221 Bq/kg C). These values are lower than the ordinary atmospheric relative specific activity of C-14, which amounts to ≈ 103 pMC.

In 2019 the short-lived isotope I-131 was detected in the liquid effluents from the Krško NPP (0.2 MBq). I-131 was also detected in the Sava River at Krško, Brežice and Jesenice na Dolenjskem. The measured activity concentrations of I-131 at those locations are similar to those measured in other rivers in Slovenia due to I-131 in medical use. The I-131 average activity concentrations in river Sava in quarterly grab samples in 2019 were between 3.1 Bq/m³ and 5.7 Bq/m³. The highest value of 20 Bq/m³ was recorded at the sampling locations at the right side riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam.

I-131 with a specific activity of 1.3 Bq/kg was detected in the river sediments at the left side riverbank in the reservoir in April.

The I-131 isotope was not detected fish samples in 2019.

The annual liquid discharge of Cs-137 was 2.2 MBq in 2019, comparable with previous years.

The monthly average of Cs-137 for water measurements yielded 0.17 Bq/m³ in Krško, 0.26 Bq/m³ above the Brežice HPP dam, and 0.28 Bq/m³ in Brežice. At the left side riverbank of the reservoir the monthly average of Cs-137 water measurements was 0.3 Bq/m³, and 0.5 Bq/m³ at the opposite bank. Most of the reported values for Cs-137 at these two sampling locations are below the limit of detection. The average monthly activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.08 Bq/m³.

We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to 0.5 mBq/m³. The contribution of Cs-137 due to the liquid discharges from the Krško NPP is 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 was measured in the Drava River, 2.2 Bq/m³. The values obtained by measurements in the vicinity of Krško NPP and around Slovenia do not differ beyond the scope of data variation and considering that most of the reported data were below the limit of detection.

Measurements of the radioactivity of Cs-137 in river sediments gave quarterly average values of 7.2 Bq/kg, 7.0 Bq/kg, 5.8 Bq/kg, 9.5 Bq/kg, 4.0 Bq/kg, 4.5 Bq/kg and 0.9 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. The highest specific activity of cesium in sediments was measured at the left bank of the reservoir. The results of the measurements show that the specific activity of Cs-137 has been increasing in all locations, both at the reference site and in the reservoir, in recent years.

It had been in systematical decrease at all locations over the years before 2011 due to the decay of the isotope (from the global contamination), and to washing off the bottom sediment at the same time. The increase of specific activities of Cs-137 in sediments at Krško and Brežice since 2011 can be attributed to groundworks due to the construction of the HPP Brežice dam.

The average specific activities of Cs-137 in Sava fish range from 0.03 Bq/kg to 0.05 Bq/kg in 2019. Notably, at all locations upstream and downstream from the Krško NPP dam the reported values were below the limit of detection in 11 out of 16 records. The highest measured value at the reference point under the bridge at Krško was 0.03 Bq/kg, in the reservoir of the Brežice HPP was 0.05 Bq/kg, and the same in Brežice. At Jesenice na Dolenjskem the highest specific activity of Cs-137 in fish was 0.045 Bq/kg. Within measurement uncertainties and dispersion of values, the specific activities of Cs-137 in fish at all sampling points upstream and downstream of the NPP are the same.



The radioactive isotope of strontium Sr-90 is also regularly detected in liquid effluents from the Krško NPP. In 2019 its total activity in liquid discharges was 0.08 MBq, comparable to recent years.

The average of Sr-90 activity in water samples taken at Krško was 1.0 Bq/m^3 , before the Brežice HPP dam 1.7 Bq/m^3 , at Brežice (old sampling location), and at Jesenice na Dolenjskem 2.0 Bq/m^3 . 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 was from 1.3 Bq/m^3 to 2.4 Bq/m^3 for all locations in 2019. The highest measured value was reported for the location above the Brežice HPP dam on the right side of the riverbank, 5.8 Bq/m^3 . The average concentrations of Sr-90 in the water of other rivers around Slovenia are similar to Sava values in the vicinity of the Krško NPP. The average activity concentration of Sr-90 in Slovenian rivers in the year 2019 was the highest in Mura 2.3 Bq/m^3 , and at 2.2 Bq/m^3 at Laze (Ljubljana).

The average strontium specific activities in river sediments were 0.7 Bq/kg in Krško, 0.3 Bq/kg at the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 0.5 Bq/kg at the right side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 0.3 Bq/kg in Brežice and 0.4 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem. Strontium specific activities in river sediment are comparable to the measurement results obtained in previous years.

Average specific activities of Sr-90 in fish ranged from 0.07 Bq/kg at the reference point under the bridge at Krško, 0.17 Bq/kg above the Brežice HPP dam, 0.09 Bq/kg in Brežice and 0.07 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem. These values are, regarding data variation, equivalent to the ranges from previous years.

Other artificial radionuclides, 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 2019. The discharges of those artificial radionuclides into Sava river in 2019 were 6 orders of magnitude lower than the total discharge of H-3 into the river.

Of the naturally occurring radionuclides, we measured K-40 and the members of the uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and thorium decay series (Ra-228 and Th-228) in 2019. The activity concentrations of U-238 in unfiltered water in 2019 were up to 19 Bq/m^3 , of Ra-226 up to 32 Bq/m^3 , of Pb-210 up to 58 Bq/m^3 , of Ra-228 up to 11 Bq/m^3 , and of Th-228 up to 8.7 Bq/m^3 . The cosmogenic Be-7 was also measured in the Sava River. Its measured values were from 4.6 to 420 Bq/m^3 . The values 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 35 Bq/m^3 to 200 Bq/m^3 with the highest monthly value of $(196 \pm 15) \text{ Bq/m}^3$ on the right side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam. In particular, the activity concentration of K-40 in water shows pronounced fluctuations, mainly related to river pollution and, to a lesser extent, to the geological composition of the soil. The highest activity concentration of K-40 was measured in river Savinja, 350 Bq/m^3 in 2019. The river sediments contained specific activities of up to 52 Bq/kg , 34 Bq/kg , 39 Bq/kg and 33 Bq/kg of U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228 at the cited sampling sites, respectively. Specific activities of the K-40 ranged from 17 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem) to 470 Bq/kg (Krško). Be-7 was detected in the sediment with average values from 51 Bq/kg to 62 Bq/kg at all sites. Specific activities of Pb-210 were significantly higher and ranged from 24 Bq/kg to 93 Bq/kg .

2) Waterworks and pumping stations

Activity concentrations of tritium in drinking water around the Krško NPP are of the same magnitude as elsewhere in Slovenia. Despite that, the values at Brege and Spodnji Stari Grad are the highest in Slovenia and are undoubtedly due to the discharges from Krško NPP. The highest values still reach to less than 2% of the highest recommended values of the European Commission directive on drinking water.

Similarly as in previous years, the highest H-3 concentrations in 2019 were measured at the pumping station Brege. The monthly average value was $(1.3 \pm 0.1) \text{ kBq/m}^3$, while the highest monthly value of $(1.5 \pm 0.1) \text{ kBq/m}^3$ was measured in June. The average value is smaller than the long-term (17 years)



average of 1.6 kBq/m³. The average of H-3 in water samples from Rore was (0.6 ± 0.02) kBq/m³. In Spodnji Stari Grad the monthly average was (1.18 ± 0.04) kBq/m³, similar to the long-term average (17 years) of 1.2 kBq/m³. It can be assumed that the water in waterworks of Spodnji Stari Grad and Brege pumping station were mixing in 2019. The monthly average for tritium activity in the Brežice waterworks in 2019 was 0.08 kBq/m³, which is within the data uncertainty of the period 2011–2018 and the same average is obtained in the Brežice – Glogov Brod pumping station.

The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was 0.48 kBq/m³, while the average at the Petrol gas station in Brežice was 0.05 kBq/m³. The values are within the variation ranges of previous years.

The assumed reference value for H-3 activity concentration in Ljubljana waterworks is (0.50 ± 0.03) kBq/m³ in 2019. In Ljubljana, a long term decrease of H-3 activity concentration can be observed confirming that the global nuclear tests-produced tritium is gradually removed from the atmosphere and subsequently from the hydrological cycle.

The quarterly average H-3 activity concentration in the E1 borehole was 1.2 kBq/m³, and the monthly average in the VOP-4 borehole 6.7 kBq/m³. The highest value in the E1 borehole was found in the second quarter of the year, (2.3 ± 0.1) kBq/m³, while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in January (46.4 ± 1.7) 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 in those boreholes did not show statistically meaningful variation from the monthly average activity concentrations in 2019. The average values in 2019 were 0.8 kBq/m³ and 1.3 kBq/m³ in VOP-1/06 and V-12/77, respectively. In V-7/77 (Gmajnice) borehole, the arithmetic mean of activity concentrations was 2.4 kBq/m³, which is more than in 2018. The measurement results show that activity concentrations of H-3 in V-7/77 borehole follow the liquid discharges of H-3 from NPP with a two- to three-month delay. Moreover, in the last quarter of 2019, the average of H-3 values were three times larger than the annual average.

So far we have not noticed any significant or long-lasting changes of monthly activity concentrations or monthly averages of tritium in waterwork systems or boreholes due to the altered hydrological conditions at the Krško-Brežice region.

The effects of liquid Cs-137 and Sr-90 emissions in 2019 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 their origin cannot be directly proven. Both isotopes can be used as tracers to study transport processes, and their presence in the groundwater can thus be explained as the contact between the atmosphere and the groundwater. The tabulated measurement results show that Cs-137 and Sr-90 radionuclides were detected in 12 % and 53 % of all water samples from all sampling locations in the Krško NPP surroundings, respectively.

The monthly average of Sr-90 activity concentration at the Krško pumping stations and the waterworks was 0.47 Bq/m³, and 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 0.1 Bq/m³ at Brežice to 0.5 Bq/m³ at the pumping station Rore. The highest activity concentration of Sr-90 (0.8 ± 0.1) Bq/m³ was measured in water sample from Spodnji Stari Grad waterworks in August. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2019 was 1 Bq/m³, since 2002 varying 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 3.5 Bq/m³ was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average monthly activity concentrations of Sr-90 were 2.7 and 1.6 Bq/m³, respectively. None of the 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.

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 concentrations of K-40 were 73 Bq/m³, 29 Bq/m³, and 66 Bq/m³ respectively. The average activity concentration in the Brežice water supply system was 25 Bq/m³. The values are consistent with long-term trends at all locations.

The monthly averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks, the highest annual average of 3.8 Bq/m³ was measured in Brežice pumping station. The average monthly activity concentrations of Ra-226 ranged from 0.9 Bq/m³ (Brežice waterworks) to 3.1 Bq/m³ (Spodnji Stari Grad waterworks). The activity concentration of Pb-210 ranged from 1.5 Bq/m³ at Brežice pumping station to 4.7 Bq/m³ in the water from Rore pumping station. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was less than 1 Bq/m³. The annual average for Ra-228 ranged from 0.4 Bq/m³ (Brežice waterworks) to 1.2 Bq/m³ in Brege pumping station. The concentrations of Th-232 ranged from 0.4 Bq/m³ (Brežice pumping station) to 0.6 Bq/m³ 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 1 Bq/m³ in Brežice waterworks to 4.8 Bq/m³ in Brege pumping station.

3) Precipitation and dry fallout

In 2019, the annual precipitation in Ljubljana was 1380 mm, comparable to annual precipitation in 2016 and 2018, 10% lower than in 2013 and 2017, 25% lower than in 2014 and 25% higher than in 2015. The dispersion of annual precipitation values is ± 267 mm. Monthly variation of precipitations is even more pronounced. In February, there was very little amount of rainfall, so that a representative sample could not be obtained. Extremely dry months occur practically every year, not always at the same time of the year. The 2019 annual amount of precipitation in Brege, Krško and Dobova was comparable, with a variation of less than 3 %. The most rain fell in Brege, the least in Dobova. The average annual precipitation at sampling locations around Krško NPP was 1284 mm.

The activity concentration of tritium in precipitation varies widely, so only activity concentrations larger than 2 kBq/m³ could likely be attributed to atmospheric discharges from the Krško NPP [41]. The activity concentration of H-3 in precipitation was larger than 2 kBq/m³ four-times: three-times in Brege in spring and autumn, and once in Krško. In Ljubljana the activity concentration of tritium in precipitation samples in 2019 ranged from (0.41 ± 0.06) kBq/m³ to (1.6 ± 0.1) kBq/m³, in Brege from (0.91 ± 0.10) kBq/m³ to (4.1 ± 0.2) kBq/m³, in Krško from (1.1 ± 0.1) kBq/m³ to (2.4 ± 0.1) kBq/m³, and in Dobova from (0.56 ± 0.07) kBq/m³ to (1.5 ± 0.1) kBq/m³. The monthly average of H-3 activity concentrations in precipitation at Brege was (1.78 ± 0.03) kBq/m³, at Krško was (1.47 ± 0.03) kBq/m³, at Dobova (reference location) (1.01 ± 0.02) kBq/m³ and at Ljubljana (control location) (0.99 ± 0.01) kBq/m³, all following the trends for the last decade. At Ljubljana reference location, the values were comparable to the measured values in Dobova. Activity concentrations roughly follow the usual natural annual movements of tritium in the atmosphere of the northern Earth's hemisphere, where values are generally higher in summer than in winter.

The influence of atmospheric discharges from Krško NPP on the activity concentrations of tritium in precipitation in the immediate vicinity of the power plant is noticeable. The correlation coefficient of 0.7 between the atmospheric discharges and the measured activity concentrations of H-3 in Brege indicates a good correlation between those two data sets for 2019. At other sampling sites, including Ljubljana (reference location), the correlation coefficients are negative or close to zero, indicating that there is no correlation and no potential impact of discharges from the Krško NPP on the environment. The trends of annual averages in Brege and Krško (Stara Vas) are higher than in Dobova and Ljubljana, which can be attributed to the discharges from the NPP. In October, the activity concentration of tritium in Brege was higher than the monthly average in 2019, coincident with the highest atmospheric discharges of tritium in that period of time.

The highest monthly fallout of H-3 was measured in Brege, 330 Bq/m² in May. The long-term trend of the fallout of H-3 is similar for locations Ljubljana and Dobova (coincident with the highest precipitation), while it is different for Brege and Krško (coincident with the highest atmospheric discharges of tritium).



The highest Cs-137 activity concentration was found in the February sample from Brege, (3.8 ± 0.7) Bq/m³, while the highest value for the sampling location in Ljubljana was (0.7 ± 0.3) Bq/m³ in August. Most of the primary measurement results were also below either the quantification or the detection limit. A correlation between the specific activities of Cs-137 in precipitation and the precipitation amount for all locations in the Krško NPP surroundings was not found.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 in 2019 were in Ljubljana 0.06 Bq/m² in August and in Dobova 0.0013 Bq/m² in April. The highest values in Brege 0.16 Bq/m² and in Krško 0.22 Bq/m² were found in February samples. In all these cases the highest values coincide with low precipitation. The increase in values of Cs-137 fallout is attributed to resuspension particulates from the ground, and in the winter months to the burning of solid fuels. The Cs-137 fallout at all sampling locations in Krško NPP surroundings is comparable with the values from the pre-Chernobyl era (1982–1985).

All measured activity concentrations of Sr-90 in precipitations are below the limit of the detection, allowing little meaningful interpretation. For the last decade we have been noticing a decrease in the Sr-90 fallout.

4) Air

Although in atmospheric emissions from Krško NPP (3.7 TBq) tritium (2.6 TBq) and C-14 (0.07 TBq) prevail, they are either not measured in the ambient air or the measurements are required in the environmental radioactivity monitoring program. The presence of H-3 and C-14 in the air at the aerosol sampling sites are evaluated using dedicated models which describe the transport and dispersion of radionuclides in the environment based on the data of the released atmospheric effluents (source term).

During the operation in 2019 the releases of Co-58, Co-60, 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.

The measured average annual activity concentrations of Cs-137 at individual measurement locations in the surroundings of the Krško NPP were at the level of the long-term mean of 1 μBq/m³. The measured values of Cs-137 are smaller than the values obtained from locations within the project of the monitoring of radioactivity in the environment in the Republic of Slovenia. The highest activity concentration of Cs-137 in the air was (3.7 ± 2.0) μBq/m³ at Stara Vas (Krško) in January. In 2019 the highest monthly average activity concentration of Cs-137 was 1.3 μBq/m³ at Leskovec and Dobova.

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 below the guideline value ~1 μBq/m³, achieved in the aerosol measurements. We can conclude 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 a result of releases from the Krško NPP but rather the use of solid fuels (firewood, briquettes, pellets) and the resuspension of soil Cs-137, 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, below the limit of detection (0.2 μBq/m³) in 2019. The long-term average is 0.7 μBq/m³. The radionuclide Sr-89 in 2018 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 2019 in all samples from charcoal filters (gas) and aerosol filters (particles).

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 are performed in 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 control location, and partly also at other locations in Slovenia. In 2019 the monthly average



activity concentrations of Be-7 and Pb-210 on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP were $6\,710\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ and $1\,130\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, respectively, with Ljubljana values of $4\,900\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ and $860\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. For other naturally occurring radionuclides (isotopes from the uranium and thorium decay chains and radioactive potassium), the differences between the individual measurement points in the surroundings of the Krško NPP are slightly larger, but still within the range of measurement uncertainty and expected variations, due to 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, measured by TL-dosimeters, ranges between 0.66 mSv and 1.07 mSv, with the average value (0.83 ± 0.10) mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.52 mSv and 0.63 mSv per year, with the average value (0.59 ± 0.04) mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient dose equivalent of (0.91 ± 0.16) mSv per year. In 2019, the dosimeters in Croatia yielded an average value of (0.73 ± 0.12) mSv agreeing, within uncertainty brackets, with the values measured in the surroundings of the Krško NPP. The annual ambient dose equivalents do not deviate from the multi-annual average beyond the range of the dispersion of data.

The measurements of $H^*(10)$ using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the Krško NPP in 2019 yielded an average value of (0.84 ± 0.11) mSv per year, the same value as obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM ranged from 0.69 mSv to 1.02 mSv.

The average annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ using continuous 60 radiation monitors MFM-203 in Slovenia in control of the SNSA was (0.903 ± 0.02) mSv per year, which is statistically equivalent to the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The values obtained by MFM-203 for 60 locations ranged from 0.55 mSv to 1.43 mSv.

The external radiation measurements in Slovenia are in all cases characterised by a pronounced decrease in the annual ambient dose equivalent, especially 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, and also the penetration of Cs-137 more deeply into the soil. Over the last ten years when only Cs-137 remained in the environment, the decrease can be attributed its decay rate. The contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent ranges between 0.003 mSv and 0.030 mSv, which is on average less than the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent calculated from fallout at locations in the Republic of Slovenia where soil is sampled.

Soil

Soil sampling is carried out on flood plains, where depositions from air and flooding are possible exposure pathways for the releases from the Krško NPP to reach sampling locations.

The specific activities of Cs-137 in soil range from 1.1 Bq/kg at the depth of 15–30 cm to 57.1 Bq/kg at the depth of 5–10 cm in uncultivated soil, both at Gmajnice in 2019. The values at all sampling locations are widely scattered. The specific activity fluctuations can be attributed to the inhomogeneity of the fresh fallout after the Chernobyl accident, and the redistribution of it at the microlocation. The redistribution is driven by hydrogeological processes that affect the transport of Cs-137 into the soil. 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 due to 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. The data show that the 10-year moving average levels out the local inhomogeneity of the fallout and the influence of hydrogeological processes at the upper layers of the soil. At all locations there was a noticeable decrease of fallout over the last years, but in the last 5 years deposition has practically stopped.



The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 30 cm) measured in 2019 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was (4.8 ± 0.6) kBq/m², (1.1 ± 0.2) kBq/m² and (4.7 ± 0.6) kBq/m², respectively. The values are comparable (within the extent of data variation) to the fallout down to the depth of 30 cm, which is determined within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2019 (Ljubljana: (11.7 ± 0.3) kBq/m², Kobarid: (8.5 ± 0.1) kBq/m² and Murska Sobota: (2.0 ± 0.4) kBq/m²). This indicates that the measured Cs-137 fallout around Krško NPP is not due to the discharges from the NPP. It is worth noting that the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent from the 15-30 cm layer is at most 5% of the contribution from the 0-15 cm layer.

The specific activities of Sr-90 in 2019 are all within the range from 0.28 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 5–10 cm to 0.97 Bq/kg at the depth of 15–30 cm in uncultivated soil at Gmajnice. The reason for lower specific activity at Kusova Vrbina can be seen in stronger washout of the soil, since the area lies in the floodplain.

The measured Sr-90 fallout (down to the depth of 15 cm) values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP are, on average and within the extent of data variation, lower than the fallout at locations in the Republic of Slovenia.

Also the fallouts of other artificial radionuclides (Co-58, Te-127m) which were detected in atmospheric effluents at the NPP stack were not found in the soil samples. Likewise, none of the radionuclides present in the liquid discharges were measured in soil samples. The exception is Cs-137, for which the comparison of measured specific activities at the locations around the Krško NPP and the values at the Ljubljana reference site shows not to be a result of discharges from the Krško NPP, but only due to the global contamination.

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 (a higher specific activity at the surface is the result of atmospheric washout). A similar case is Be-7.

6) Food

The average specific activity of Cs-137 in foodstuffs from the Krško NPP surroundings in 2019 was below 0.15 Bq/kg, which is comparable dispersion-wise to the data with the specific activities of Cs-137 up to 0.26 Bq/kg in foodstuffs sampled in Slovenia.

The specific activities of Cs-137 in the foodstuff fluctuate over the years yet a trend of decreasing specific activities can be observed. In most foodstuffs (e. g. milk) it is already at the level of the pre-Chernobyl period. In foodstuffs sampled in forest ecosystems in Slovenia an increase in specific activities of Cs-137 compared to the foodstuffs sampled in agricultural ecosystems can still be found (e.g. (584 ± 18) Bq/kg of Cs-137 in wild boar in 2018). In 2019, we detected increased specific activities of Cs-137 in mushrooms, 2500 Bq/kg, while the values in venison were (0.06 ± 0.02) Bq/kg (rabbit; Krško area) and (0.04 ± 0.01) Bq/kg (deer; Slovenia). Specific activities in venison were comparable to other food (meat) discussed in this report.

The highest specific activity of Cs-137 in foodstuffs sampled around Krško NPP was measured in barley (0.15 ± 0.04) Bq/kg, while the specific activities of Cs-137 in apples and pears sampled in an orchard near the NPP were less than 0.001 Bq/kg. On the other hand the highest specific activity of Cs-137 in foodstuff sampled in Slovenia was less than 0.26 Bq/kg in corn (maize).

In 2019 the radionuclide Sr-90 was detected in all food groups around Krško NPP. The specific activity of Sr-90 in foodstuff in the vicinity of the Krško NPP was up to 0.90 Bq/kg, and in foodstuff sampled elsewhere in Slovenia was up to 0.33 Bq/kg. The highest specific activity of Sr-90 in the foodstuff around Krško NPP was detected in barley (0.9 ± 0.2) Bq/kg, and elsewhere in Slovenia in lettuce (0.33 ± 0.07) Bq/kg. A higher content of Sr-90 can be found in cereals, root and leafy vegetables, and fruits. The lowest specific activities of Sr-90 are found in meat and milk. The classification of food groups sampled in Slovenia with respect to the Sr-90 content is consistent with sampling around



Krško NPP.

C-14 is incorporated into plants in the process of photosynthesis, whence it gets into animal and human bodies by ingesting mainly food of plant origin. In 2019, we measured the content of C-14 around Krško NPP in apples, wheat, corn (maize), grass, cabbage and strawberries in July and September. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter (at the border of the Krško NPP exclusion area and beyond) in July was (248 ± 6) Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP (239 ± 9) Bq/kg C, but (235 ± 5) Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (280 ± 6) Bq/kg C was found in apples. In September the average specific activity of C-14 in food regarding the average uncertainty dispersion, was the same as in July samples collected. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter (at the border of the Krško NPP exclusion area and beyond) in September was (253 ± 5) Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP (246 ± 5) Bq/kg C, but (241 ± 4) Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (260 ± 5) Bq/kg C was found in strawberries. There is a 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.

Comparisons of measurements of C-14 in samples around Krško NPP and Dobova in recent years have shown that the additional C-14 from Krško NPP increases the specific activity of C-14 in plants at the border of the Krško NPP exclusion area and beyond when the refuelling outage takes place immediately before or during vegetation season, like in the years 2012, 2015 and 2018. In 2013 and 2016, the refuelling outage took place after the vegetation period, and so the increase of specific activities of C-14 in vegetation around Krško NPP was smaller than in 2012. The same is observed for 2019, when the refuelling outage took place in the fall, when the vegetation was already past. There was no refuelling outage in 2017, but we observed elevated specific activities of C-14 during the plant growing season. It was found out that the discharges from the gas decay reservoirs contributed to higher C-14 releases in the form of CH₄. As the conversion factor for CH₄ is higher than for CO₂, the contribution of C-14 to the effective dose due to inhalation in 2017 was significantly higher than in previous years.

In 2019, isotopes of ruthenium were not detected in food.

In the foodstuff we also did not detect the radionuclides that are either in the air or liquid discharges from the NPP. The exceptions are Cs-137 and Sr-90, but they are present in the environment mainly due to the global contamination.

The specific activities of naturally occurring radionuclides were determined for food, with the following results: from 37 Bq/kg to 246 Bq/kg for K-40 around Krško NPP, and from 22 Bq/kg (pears) to 162 Bq/kg (garlic) elsewhere in Slovenia.

Among natural radionuclides (excluding K-40), Pb-210 contributes most to the annual effective dose due to food ingestion. In 2019, the largest specific activity of Pb-210 was found in leafy vegetables, cereals, meat and eggs around Krško NPP. The smallest specific activities of Pb-210 were measured in fruits. The highest specific activity of Pb-210 was measured in barley (4.4 ± 0.8) Bq/kg, compared to the highest value (0.7 ± 0.2) Bq / kg in wheat among foodstuffs sampled in Slovenia.

Cluster analysis shows that leafy vegetables and cereals contain most of the radionuclides, and the least are in milk, fruiting vegetables and fruits. In general, there is no difference in the content of radionuclides in foodstuff from the area of the Krško NPP (beyond Krško NPP exclusion area) and elsewhere in Slovenia. The grouping follows mostly the type of the foodstuff and not the sampling points.

The contents of natural and artificial radionuclides in food fluctuate over the years. In 2019, the measured specific activities of natural radionuclides in foodstuff from the area around Krško NPP (at the border of the Krško NPP exclusion area and beyond) are comparable to those measured in previous years and to those measured in the years from 2010 to 2019 in Slovenia.



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 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 have influenced the exposure pathways and modes of exposure. The dose estimate described and discussed below is based on the old assumptions and does not consider the new conditions in the environment.

The model calculation, which takes into account liquid effluents, the annual river discharges into the Sava River and other specifics of the reference group (fishermen and their children who do fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam, spend a certain amount of time at the riverbank and eat fish from the Sava River), has shown that the highest effective dose for an adult due to the liquid effluents discharged into the Sava River in 2019 in Brežice was 5.0 E-6 mSv per year (while spending time at the riverbank and including ingestion of fish). At the reference point 350 m downstream from the Krško NPP dam the calculated effective dose for an adult was 1.2 E-5 mSv per year. If the reference person's average habits were taken into account, the effective doses received would be several times lower.

The highest contribution to the total effective dose due to the liquid releases from the Krško NPP calculated at 350 m downstream from the Krško NPP dam is caused by H-3 (44 %), whereby the dominant exposure pathway is fish ingestion. Other relevant contributors are Co-60 and Co-58 (for external exposure, 97 % of the total dose). In case of drinking the water from Sava River, which is a highly unlikely exposure pathway, the contribution of H-3 would be dominant.

Atmospheric releases (Tables A1 and A2)

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.

Tables A1 and A2 show the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2019 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 which is inside the Krško NPP exclusion area, respectively. It is required by law that the authorized limit $50 \text{ }\mu\text{Sv}$ at the border of the Krško NPP exclusion area (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 is negligible (less than 0.20 % of the $50 \text{ }\mu\text{Sv}$).


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 2019

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes)	4.8E–7
	– groundshine	– aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	4.2E–13
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	6.3E–6
ingestion	vegetal food	C-14	0*

* The measurement result is smaller than the measurement uncertainty

Table A2: Exposure of the population to radiation (adult person) at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2019

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes)	1.2E–6
	– groundshine	– aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	2.7E–12
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	1.6E–5
ingestion	vegetal food	C-14	8.0E–5

Since 2007, the evaluation of dilution factors for external radiation from the radioactive cloud and inhalation is performed with the Lagrange model (taking into account the terrain specifics in the surroundings of the Krško NPP and a large number of meteorological variables). Up to 2010, the contribution of radiation from fallout was estimated by the Gaussian model (taking into account the ground release, while after 2007 the Lagrange model is being used for the same purpose [3]). The estimate for air immersion in 2019 is comparable to previous 4 years.

The measurements of C-14 in 2019 were carried out on samples of wheat, corn (maize), grass, cabbage, and strawberries at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb in July and September. The estimated increase 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 0.08 μ Sv with regards to the reference point in Dobova, where natural specific activity of C-14 was detected.

In the calculation of the effective dose by the C-14 received in the Krško NPP surroundings, we conservatively assumed that residents consume food from the border of the Krško NPP exclusion area and beyond 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 Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area to Dobova). The difference between the calculation of the dose due to the C-14 and the dose due to the other radionuclides present 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 locations, 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 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, with dose limits and authorised limits at the border of the Krško NPP exclusion area.

Natural radiation (Table B)

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2019 confirmed the past findings 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 0.76 mSv per year in the open air. We need to add to this value the contribution of $H^*(10)$ of the neutron component of cosmic radiation, which amounts to 0.09 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 0.85 mSv per year in 2019. The corresponding annual effective dose E (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.71 mSv per year, which is lower than the data for the average worldwide value (0.87 mSv per year).

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 2.29 mSv per year, which is lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2019

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.64
– 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	2.29

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 2019

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
Natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.64**
	- neutron component of cosmic radiation	0.08
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	Total	2.29
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 Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area)	- external dose (air immersion) - groundshine (I and Co isotopes, Cs-137) - inhalation (H-3, C-14) - ingestion (C-14)	1.2E-6 2.7E-12 1.6E-5 8.0E-5
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the Krško NPP dam - adult in Brežice	1.2 E-5 5.4 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	< 0.013*** 1.0E-3 1.5E-2 1.4E-4

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

Comparison with previous years (Table C)

In Table C the individual contributions to annual effective dose for adult person at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area due the releases from the Krško NPP in 2019 are given. When 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 is definitely well below the authorized limit. However, we must emphasise that the contributions refer to different population groups and the sum is therefore only a rough estimate of the annual effective dose.

The sum of the estimated annual effective doses for adult person at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area had decreased from 2005 to 2011. In 2012 it increased slightly 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 stayed two orders of magnitude below the authorised limit. Also in the years 2013–2014 an increase of the sum can be observed, which is solely attributed to the contribution of C-14 in liquid discharges (not considered in previous years). In 2019 the sum of the estimated annual effective doses for adult person at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP



exclusion area shows a downward trend - the lowest value in the last nine years. 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 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 2019, 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 in the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan could no longer be detected in 2019.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be below 0.015 mSv per year, which is less than 2 % of the average annual external natural radiation dose in the vicinity of the Krško NPP.

The committed effective dose to an adult due to the inhalation of radionuclides resulting from global contamination is estimated to be 0.45 nSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 resulting from nuclear tests and the Chernobyl accident were detected in individual food categories. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at 0.2 μ Sv per year for Cs-137 and at 0.8 μ Sv per year for Sr-90 in 2019, which amounts in total to some 0.7 % 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.

In 2019, ruthenium isotopes were not detected in any environmental samples.

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 2019 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP (at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges), the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2019, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings, determined at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges, were estimated at less than 0.11 μ Sv 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 μ Sv per year at a distance of 500 m (at the border of the Krško NPP exclusion area for all contributions via all exposure pathways
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.0048 % of the characteristic unavoidable background radiation.**





NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljen je bil primerjava rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2019 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 – posamično vzorčenje savske vode in sedimentov na lokacijah Krško in Brežice. Poleg tega je bila opravljena statistična primerjava vseh rezultatov imisijskih meritev v obdobju 2010–2019. Glede na kompleksnost postopkov vzorčenja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre v primerjavi za obravnavo različnih okoljskih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar po različnih postopkih vzorčenja, priprave vzorcev in meritev. Na podlagi rezultatov meritev plinastih izpustov iz dimnika izza RM-24 predlagamo, da bi v prihodnje prenehali s primerjavo teh meritev in da bi namesto tega sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD – pri neodvisnem nadzoru meritev vsebnosti umetnih radionuklidov v vzorcih WMT, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov. Letošnji sklepi so v splošnem enaki kot v predhodnih letih, kar kaže, da dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in popravnih ukrepov pri izvajalcih meritev. Po drugi strani pa je v letu 2020 spremenjen nabor vzorcev iz imisijskih meritev, kar kaže, da je URSJV pregledala in posodobila program imisijskih meritev za neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev. Predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV posodobi tudi program emisijskih meritev.

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 76/17, ZVISJV-1) [7] in Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10) (Ur. l. RS 27/18) [8] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSJV). Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Skladno z zakonodajo lahko meritve iz programa obratovalnega nadzora in meritve neodvisnega nadzora izvajajo le pooblaščenih laboratoriji. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2019* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata meritve emisij, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčenja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). V tabelah 1–3 je prikazan program meritev v vseh treh sklopih.

V letu 2019 sta pri neodvisnem nadzoru emisij NEK – tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT), sodelovala laboratorija NEK kot izvajalca obratovalnega nadzora in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. IJS in ZVD se kot izvajalec neodvisnega nadzora izmenjujeta iz leta v leto. Meritve vsebnosti tritija v vzorcih iz programa neodvisnega nadzora je izvedel IJS, Odsek O-2. V skladu s pogodbo in pripadajočo projektno nalogo mora odzjem 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 (ZVD, 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 2019 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 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 2-krat letno istočasno vzorčita sediment in savska voda iz rednega nadzora radioaktivnosti na dveh lokacijah v okolici NEK (Krško in Brežice). Vzorčevalca ZVD (izvajalec obratovalnega nadzora) in IJS (izvajalec neodvisnega nadzora) vzorčita vsak po svojih postopkih na teh lokacijah sočasno, vzorčenje pa nadzira predstavnik URSJV. Oba izvajalca 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 IJS (Odseka F-2 in O-2). 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.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2019

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

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2019

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČENJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Glavni izpuh RM-24	Zbirni mesečni zračni filter	4-krat letno	četrtletno 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 2019

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČENJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Sediment, posamični vzorec	2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Rečna voda, posamični 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 vzorčenja imisijskih vzorcev in meritev

IJS opravlja posamično vzorčenje 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.

Vzorčenje posamičnih 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 vejice, alge, liste in podobno, kar bi lahko pozneje 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 vzorčenje po internem delovnem postopku *DP-LMSAR-02*, pripravo vzorcev pa po postopku *DP-LMSAR-03*. Vzorca tekočih voda so zajeti 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.

Vzorca sedimentov v tekočih in stoječih vodah so na izbrani lokaciji odvzeti posamično v eni ali več (do šestih) točkah v globini 20 cm ali več. Za odvzem sedimenta se uporabljajo cevi s premerom 5 cm, ki jih zarijemo v sediment do zelene globine in izvlečemo. Vzorec nato iztresemo v plastične posodice ali vrečke, ki so ustrezno označene z vodoodpornim pisalom, da ne pride do zamenjave vzorcev.

Vzorce vod odparevamo, da dobimo koncentrat aktivnosti. Odparevamo pri približno 65 °C v napravi za vakuumsko izparevanje, dokler ne izpari vsa tekočina ali doseže želeni volumen. Nato sušino izperemo z destilirano vodo in prenesemo v planšeto ali plastično posodico. Dokončno sušenje v planšeti ali plastični posodici poteka pri sobni temperaturi ali pod infrardečo svetilko.

Sveži sediment najprej stehamo, posušimo in prežarimo na največ 450 °C, nato ročno zdrobimo grude, vzorec razprostremo na primerne pladnje in dokončno posušimo v sušilniku do 250 °C. Nato vzorec stehamo in po potrebi zdrobimo v krogljčnem 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 POTEKI

Primerjava rezultatov meritev za leto 2019

Rezultate ($y + u(y)$) rednih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in meritev neodvisnega nadzora smo 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 in LAB_2 okrajšavi za prvi in drugi laboratorij, ki sodelujeta v primerjavi. Prednost ζ -preskusa je, da v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev vključuje tudi pripadajoči merilni negotovosti s faktorjem pokritja $k = 1$ in da, v primeri z u -preskusom (preskus absolutnih vrednosti ζ) prikaže tudi sistematska odmikanja. Rezultate smo primerjali za vsak radionuklid posebej, vendar le tiste rezultate meritev, o katerih sta poročala oba laboratorija. V primeru, ko je bil en rezultat označen 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, ko je $|\zeta| \leq 2$.

V tabelah od 4 do 9 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in rednih meritev ter njihove medsebojne primerjave. **S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vse vrednosti ζ , 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). Podani in primerjani so le rezultati za umetne radionuklide. Ker NEK pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 2$), so bile vse negotovosti v tabeli 4 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 četrtine meje detekcije (MDA). Te **aktivnosti so v primerjalnih tabelah obarvane modro** ter jih nismo primerjali z rezultati IJS. Oba laboratorija (NEK in IJS) sta nad mejo kvantifikacije poročala o Co-58 v junijskem vzorcu, o Ag-110m v septembrskem ter o Co-58, Co-60 in Ag-110m v decembrskem vzorcu. Vsi rezultati so med seboj primerljivi z največjo vrednostjo $\zeta = 1,30$ pri Ag-110m.

Na drugi strani je IJS pri svojih meritvah na vseh štirih vzorcih nad mejo kvantifikacije poročal o Co-60, Ag-110m, Te-125m in Cs-137. Poleg tega je nad mejo kvantifikacije v marčevskem vzorcu poročal o Mn-54, Co-58, Sb-125, Te-125m in Te-127m, v junijskem o Co-58, Sb-125, Te-125m in Te-127m, v septembrskem o Te-125m in v decembrskem o Mn-54, Co-58, Te-125m in Te-127m. Različno velika nabora vključenih radionuklidov nad mejo kvantifikacije pri IJS in NEK lahko pojasnimo z različnim obsegom akreditacije IJS in NEK. Zaradi zahtev, definiranih v dokumentu NEK-RETS, Rev. 10, 2018, je NEK akreditiran za meritve koncentracij aktivnosti s spektrometrijo gama nad $1,9\text{E}+4 \text{ Bq/m}^3$ za vse ključne radionuklide (le za I-131 in Ce-144 so postavljene drugačne meje) in za meritve vsebnosti tritija pri koncentracijah nad $3,70\text{E}+05 \text{ Bq/m}^3$, kar je tudi razvidno iz priloge k akreditacijski listini NEK št. LP-091 z dne 14. 12. 2018 (<http://www.slo-akreditacija.si/accreditation/nuklearna-elektrarna-krsko-d-o-o/>). Vsi radionuklidi, izmerjeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama na IJS, ki jih NEK ni določil, imajo mnogo nižje koncentracije aktivnosti od $1,9\text{E}+4 \text{ Bq/m}^3$, telurjevih radionuklidov pa NEK nima v naboru radionuklidov, o katerih poroča.

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 z absolutno vrednostjo ζ med 0,02 in 1,03. Tu je treba poudariti, da so izmerjene koncentracije aktivnosti tritija zelo visoke v primerjavi z aktivnostmi v okoljskih vzorcih.


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.	14. 3. 2019	27. 6. 2019	24. 9. 2019	17. 12. 2019	14. 3. 2019	27. 6. 2019	24. 9. 2019	17. 12. 2019	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Kol. vzorca (L)	2,54	0,29	0,28	0,27	1,0	1,0	1,0	1,0				
Koda vzorca	KI19WWM31	KI19WWM61	KI19WWM A1	KI19WWM C1	14.03.2019 WMT#2	27.06.2019 WMT#2	24.09.2019 WMT#2	17.12.2019 WMT#2				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54	1,2E+01 ± 4E+00			7,8E+02 ± 2E+02				5,2E+02				
Fe-59												
Co-57												
Co-58	2,0E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 7E+01	5,2E+01 ± 5E+01	2,0E+04 ± 7E+02	3,6E+2	7,3E+2	4,0E+02	2,1E+04 ± 1E+03				-0,66
Co-60	2,5E+02 ± 1E+01	1,1E+04 ± 5E+02	1,5E+03 ± 8E+01	2,6E+03 ± 2E+02	8,1E+2	1,1E+4 ± 2E+03	9,9E+02	2,7E+03 ± 5E+02		-0,38		-0,28
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	1,2E+02 ± 8E+00	1,7E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 2E+02	5,1E+2	9,7E+2	6,2E+03 ± 1E+03	4,1E+03 ± 8E+02				1,30
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125	1,2E+02 ± 1E+01	1,6E+03 ± 2E+02										
Te-123m												
Te-125m	4,5E+02 ± 5E+01	5,5E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 7E+02	6,9E+03 ± 5E+02								
Te-127m	1,4E+03 ± 2E+02	1,5E+04 ± 1E+03		2,0E+04 ± 2E+03								
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137	5,1E+01 ± 8E+00	9,4E+02 ± 9E+01	3,2E+02 ± 6E+01	2,3E+01 ± 6E+01	5,8E+2	1,1E+3	9,3E+02	1,0E+03				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												
H-3	7,5E+09 ± 7E+07	1,3E+10 ± 2E+08	3,6E+10 ± 3E+08	3,9E+09 ± 4E+07	7,4E+9 ± 1E+09	1,5E+10 ± 2E+09	4,1E+10 ± 6E+09	3,9E+09 ± 5E+08	0,02	-0,72	-0,93	0,06

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

(‡) Rezultat meritve IJS je pod mejo kvantifikacije (MK), zato je podan kot $MO/2 \pm MO/2$, kjer je MO meja za odločitev (decision threshold). Z modro barvo so označeni tisti rezultati, ki jih je NEK izračunal na podlagi $1/4$ MDA.


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

Vzorč. mesto	RM-24								ζ-preskus			
	IJS				ZVD				Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Datum vzor.	29. 1. 2019 - 26. 2. 2019	30. 4. 2019 - 28. 5. 2019	30. 7. 2019 - 3. 9. 2019	1. 10. 2019 - 29. 10. 2019	29. 1. 2019 - 26. 2. 2019	30. 4. 2019 - 28. 5. 2019	30. 7. 2019 - 3. 9. 2019	1. 10. 2019 - 29. 10. 2019				
Kol. vzorca (m ³)	1453	1238	1545	1165	1453	1238	1545	1165				
Koda vzorca	K19AERM2421	K19AERM2451	K19AERM2481	K19AERM24B1	RV650319	RV1820619	RV3270919	RV4161119				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58												
Co-60												
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												
Te-125m												
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137												
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												

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

(‡) Rezultat meritve IJS je pod mejo kvantifikacije (MK), zato je podan kot $MO/2 \pm MO/2$, kjer je MO meja za odločitev (decision threshold). Pri ZVD so z modro barvo označene meje detekcije za izbrane radionuklide pri danih pogojih meritve (ozadje detektorja, količina vzorca, čas meritve).



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

Vzorč. mesto	Krško					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019
Kol. vzorca (L)	51,23	53,33	44,30	44,65		
Koda vzorca	KI19SN141	KI19SN1A1	RSKCK219	RSKCK419	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	‡ 5,1E+00 ± 4E+00	3,8E+00 ± 3E+00	3,6E+0 ± 2E+00		0,32	1,30
Ra-226	1,1E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 6E-01	5,8E-01 ± 2E-01		1,29	1,68
Pb-210	‡ 1,4E+00 ± 2E+00	4,9E+00	7,7E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	-2,41	
Ra-228	5,7E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 8E-01	-4,01	-1,43
Th-228	‡ 1,5E-01 ± 2E-01	‡ 3,9E-01 ± 4E-01				1,06
Th-230						
K-40	3,7E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 5E+00	-0,49	1,70
Be-7	4,1E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	-13,16	-9,79
I-131	3,4E+00 ± 2E-01	1,0E+01 ± 8E-01	3,5E+00 ± 4E-01	7,9E+00 ± 7E-01	-0,17	2,40
Cs-134						
Cs-137		2,0E-01 ± 1E-01	2,3E-01	4,3E-01		-1,57
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	5,5E+02 ± 7E+01	4,0E+02 ± 7E+01	7,5E+02 ± 8E+01	7,1E+02 ± 8E+01	-1,94	-3,04
Sr-90	-----	-----	2,0E-01	1,3E+00 ± 3E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na odsekih 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.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vrednosti ζ, večje po absolutni vrednosti od 2.

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

Vzorč. mesto	Brežice					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019
Kol. vzorca (L)	52,12	53,74	42,2	42,2		
Koda vzorca	KI19SN341	KI19SN3A1	RSBRK219	RSBRK419	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	3,4E+00 ± 1E+00	‡ 4,7E+00 ± 5E+00	‡ 1,3E+00 ± 1E+00		1,23	
Ra-226	2,4E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 3E-01		3,54	
Pb-210	1,6E+00	‡ 3,5E+00 ± 6E+00	1,5E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00		-0,92
Ra-228	1,3E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	‡ 7,7E-01 ± 7E-01	-0,45	0,46
Th-228	8,0E-01 ± 2E-01	‡ 1,8E-01 ± 2E-01	6,5E-01 ± 3E-01		0,41	0,87
Th-230						
K-40	2,9E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 5E+00	-2,58	-0,68
Be-7	3,1E+00 ± 4E-01	6,1E+00 ± 9E-01	8,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	-31,39	-13,55
I-131	4,6E+00 ± 3E-01	4,4E+00 ± 4E-01	5,9E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 5E-01	-3,16	3,69
Cs-134						
Cs-137	9,0E-02 ± 5E-02		< 1,1E-01 ± 2E-02	3,0E-01	-0,37	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	5,7E+02 ± 7E+01	3,7E+04 ± 1E+03	7,9E+02 ± 9E+01	3,6E+03 ± 4E+02	-1,98	22,67
Sr-90	-----	-----	1,4E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 5E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na odsekih 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.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vrednosti ζ, večje po absolutni vrednosti od 2.


Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019
Kol. vzorca (kg)	0,42	0,30	0,063	0,051	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI19SD141	KI19SD1A1	SDKKRR219	SDKKK419		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,9E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	5,2E+1 ± 1E+01	3,8E+1 ± 9E+00	-2,23	-1,07
Ra-226	4,2E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,4E+1 ± 8E-01	3,2E+1 ± 1E+00	1,93	3,21
Pb-210	7,2E+01 ± 4E+00	7,8E+01 ± 1E+01	9,0E+1 ± 8E+00	8,3E+1 ± 9E+00	-1,95	-0,30
Ra-228	3,2E+01 ± 8E-01	3,8E+01 ± 1E+00	3,4E+1 ± 1E+00	3,5E+1 ± 2E+00	-0,68	1,31
Th-228	3,3E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 1E+00	3,3E+1 ± 2E+00	2,9E+1 ± 3E+00	-0,12	2,57
Th-230	4,2E+01 ± 1E+01					
K-40	4,0E+02 ± 1E+01	4,5E+02 ± 2E+01	4,0E+2 ± 2E+01	4,5E+2 ± 3E+01	-0,02	0,02
Be-7	1,3E+01 ± 9E-01	1,9E+02 ± 8E+00	4,0E+01 ± 3E+00	9,6E+1 ± 8E+00	-8,83	8,36
I-131						
Cs-134						
Cs-137	6,1E+00 ± 2E-01	9,7E+00 ± 4E-01	7,6E+0 ± 4E-01	8,8E+0 ± 9E-01	-3,20	0,92
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 1,2E-1	< 7,3E-2		

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vrednosti ζ, večje po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019	24. 4. 2019	22. 10. 2019
Kol. vzorca (kg)	0,21	0,17	0,081	0,048	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI19SD341	KI19SD1A1	SDBRK219	SDBRK419		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,0E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,8E+1 ± 4E+00	2,6E+1 ± 7E+00	0,37	-0,52
Ra-226	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,7E+1 ± 6E-01	2,8E+1 ± 1E+00	1,34	0,91
Pb-210	8,2E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 1E+01	3,8E+1 ± 5E+00	5,3E+1 ± 7E+00	7,00	7,58
Ra-228	2,4E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 8E-01	1,9E+1 ± 8E-01	2,0E+1 ± 2E+00	5,62	3,02
Th-228	2,4E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 7E-01	1,7E+1 ± 9E-01	2,2E+1 ± 2E+00	6,51	1,61
Th-230		‡ 1,6E+01 ± 1E+01				
K-40	3,4E+02 ± 1E+01	3,1E+02 ± 1E+01	2,3E+2 ± 1E+01	2,8E+2 ± 2E+01	6,31	1,38
Be-7	1,2E+02 ± 6E+00	9,4E+01 ± 5E+00	1,1E+1 ± 2E+00	9,2E+1 ± 6E+00	17,17	0,35
I-131	2,3E+00 ± 3E-01					
Cs-134						
Cs-137	8,4E+00 ± 3E-01	7,1E+00 ± 5E-01	4,9E+0 ± 3E-01	1,6E+0 ± 4E-01	8,33	8,44
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 1,2E-1	9,5E-1 ± 6E-01		

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vrednosti ζ, večje po absolutni vrednosti od 2.



V tabeli 5 so podane primerjave rezultatov meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filterih iz glavnega izpuha RM-24 (sklop 2). Ravno tako so obravnavani le umetni radionuklidi, negotovosti v tabeli pa so podane z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). V izbranih vzorcih je IJS nad mejo kvantifikacije poročal le o Te-127m v avgustovskem vzorcu ter o Co-58 na meji kvantifikacije v oktobrskem vzorcu. Za razliko od IJS je ZVD poročal nad mejo kvantifikacije o Co-58 in Co-60 v oktobrskem vzorcu. Višje vrednosti za kobaltove radionuklide v oktobrskem vzorcu lahko razložimo s tem, da je v oktobru potekal remont v NEK. Glede na to, da je ZVD izmeril aktivnosti Co-58 in Co-60 nad mejo detekcije, IJS pa ne, je morda prišlo do izgube teh radionuklidov v času prepošiljanja vzorca na IJS. Tako kot v preteklem letu ne moremo pri meritvah vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filterih primerjati nobenega rezultata.

V mesečnih poročilih o radioaktivnih emisijah in dozi, ki jih pripravlja NEK na podlagi rednih nadzornih meritev emisij v NEK [5], v vseh 4 mesecih (januar, maj, avgust in december) so omenjeni le izotopi žlahtnega plina ksenona in jodova radionuklida I-131 in I-133, aktivnosti vseh drugih radionuklidov v aerosolih pa so bile pod njihovo detekcijsko mejo.

V tabelah 6 in 7 so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce vod iz reke Save v Krškem in Brežicah (sklop 3). Tu lahko med seboj primerjamo 33 rezultatov, od teh so pri 11 razlike nad mejo sprejemljivosti. V letu 2019 je primerjava rezultatov med IJS in ZVD boljša kot v letu 2018, ko so bile nad mejo sprejemljivosti razlike pri 14 rezultatih od 33, in podobna kot leta 2017 z 11 rezultati od 32 nad mejo sprejemljivosti. Še vedno so največje razlike pri Be-7, kjer ZVD tako kot v predhodnih letih od 2012 do 2018 sistematsko poroča o bistveno višjih koncentracijah aktivnosti kot IJS. V letu 2019 so se te razlike ponovno povečale. Tokrat je največja razlika v aprilskem vzorcu, vzorčenem v Brežicah (faktor 27). V letu 2018 je bila največja razlika v septembrskem vzorcu iz Brežic, in sicer za faktor 3,8, v letu 2017 pa v septembrskem vzorcu iz Krškega (faktor 18). To je lahko posledica načina vzorčenja, priprave vzorcev (morebiten zajem Be-7 iz zraka pri pripravi sušin) ali merske procedure. Ker so razlike prevelike in sistematske, je treba posvetiti dodatno pozornost določanju koncentracije aktivnosti Be-7 in poiskati vzroke za razlike. Pri drugih radionuklidih so razlike bistveno manjše, poleg tega so izmerjene koncentracije aktivnosti nižje in na mejah kvantifikacije ali blizu njih. Ker se nekatere karakteristične črte žarkov gama naravnih radionuklidov prekrivajo med seboj ali s črtami umetnih radionuklidov, je luščenje spektralnih črt pomemben korak pri določitvi aktivnosti radionuklidov, ki dodatno vpliva na končni rezultat, zato je primerjava sporočenih rezultatov za naravne radionuklide tako zelo pomembna.

V preteklem letu so bile prevelike in sistematske razlike pri rezultatih za tritij v savski vodi, pri čemer je odsek O-2 sistematsko podajal nižje vrednosti, odsek F-2 pa višje. V letu 2018 so bile pri treh vzorcih od štirih koncentracije aktivnosti do 50 % višje z vrednostmi ζ -preskusom med $-2,08$ in $-2,78$. V letu 2019 je slika podobna, za tri vzorce podaja odsek O-2 nižje vrednosti z vrednostmi ζ med $-1,94$ in $-3,0$. V oktobrskem vzorcu iz Brežic pa je slika obrnjena in sicer podaja odsek O-2 za velikostni red višjo vrednost z vrednostjo $\zeta = 22,7$. Ker so teh dveh vzorcih vsebnosti tritija vsaj za en velikostni red višje, je možno, da so vzorčevalci ujeli različne deleže izpustov iz NEK. **Vseeno svetujemo obema laboratorijema, da preverita svoje rezultate in poiščeta vzroke razlik.**

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 33 rezultatov, od katerih je 15 rezultatov imelo vrednost ζ -preskus po absolutni vrednosti večjo od 2. V letu 2019 so ζ -preskusi za specifične aktivnosti radionuklidov v savskih sedimentih slabši kot leta 2018 in primerljivi s predhodnimi leti: leta 2018 je preseгла absolutna vrednost ζ -preskusa 2 pri 9 rezultatih od 31, leta 2017 pri 12 rezultatih od 32, leta 2016 pri 15 rezultatih od 31 in leta 2015 pri 15 rezultatih od 32). Pri vzorcih sedimentov so specifične aktivnosti Be-7 podobno neprimerljive med seboj, vendar za razliko od savskih vod ne kažejo nobenih sistematskih teženj. Pri ostalih radionuklidih so največje in sistematske razlike pri vzorcu sedimenta, odvzetem v Brežicah aprila 2019. K višjim vrednostim ζ -preskusa prispevajo tudi majhne negotovosti rezultatov.

Nabori radionuklidov v poročilih obeh izvajalcev so v vseh vzorcih rečnih vod in sedimentov podobni.



Primerjava rezultatov meritev – težnje v časovnih potekih

Pooblaščeni laboratoriji redno in v primernem obsegu sodelujejo pri mednarodnih primerjalnih meritvah, kjer z naborem različnih vzorcev pokrivajo vse ključne matrike vzorcev iz programa nadzora radioaktivnosti. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067, marec 2020* v poglavju *Tabele rezultatov primerjalnih meritev*. Ob rezultatih so navedena tudi ovrednotenja in ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2017, po katerem so vsi izvajalci akreditirani za svoje dejavnosti, morajo akreditirani laboratoriji svoje rezultate primerjalnih meritev ovrednotiti ter v primeru razlik poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe kot pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

Med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom je ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah **laboratoriji dobijo v analizo pripravljene vzorce z dobro definiranimi referenčnimi vrednostmi, določenimi na neodvisen način. Vzorčenja ni**, v laboratoriju opravijo le zadnjo fazo priprave vzorcev – skladno s svojimi postopki pripravijo merjence v ustreznih geometrijah ter izmerijo 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**; vsaka faza prinese svoj prispevek k merilni negotovosti in zmanjša primerljivost rezultatov.

Zgornje trditve potrjuje tudi statistična analiza rezultatov emisijskih meritev savske vode in sedimenta z visokoločljivostno spektrometrijo gama v okviru neodvisnega nadzora v letih od 2010 do 2019. Rezultati te analize so prikazani na slikah 1 in 2. Za vsako leto je bil določen povprečen u -preskus (lčl-preskus v absolutnem merilu) in glede na to, da se večina razlik pojavlja pri Be-7, še povprečen u -preskus posebej 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 u -preskusa, na desni pa število primerjanih rezultatov in število rezultatov z vrednostjo u -preskusa nad 2. Rezultati meritev H-3 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo v tej analizi niso upoštevani. 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, poleg tega je tudi priprava vzorcev bolj zahtevna. V savski vodi so največji odmiki pri Be-7, kjer je v večini primerov v letih 2012–2019 ZVD sistematsko izmeril za velikostni red višje vrednosti, pri sedimentih pa teh sistematskih razlik ni.

Pri drugih radionuklidih so razlike bistveno manjše. Povprečni u -test brez Be-7 za savsko vodo je 1,5, za sedimente pa 2,8. Na podlagi tega lahko sklenemo, da so v povprečju rezultati za savsko vodo primerljivi, pri sedimentih pa le za vzorca iz Krškega, kjer je povprečni u -test 1,4.

Primerjava celotnega postopka od vzorčenja do meritev vzorcev iz okolja je zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni, poleg tega je tudi matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčenju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčenja in priprave vzorcev za analizo v pooblaščenih laboratorijih različni, 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 pri meritvi sedimentov uporablja bistveno manj vzorca kot IJS (okoli 60 g v primerjavi z okoli 300 g).

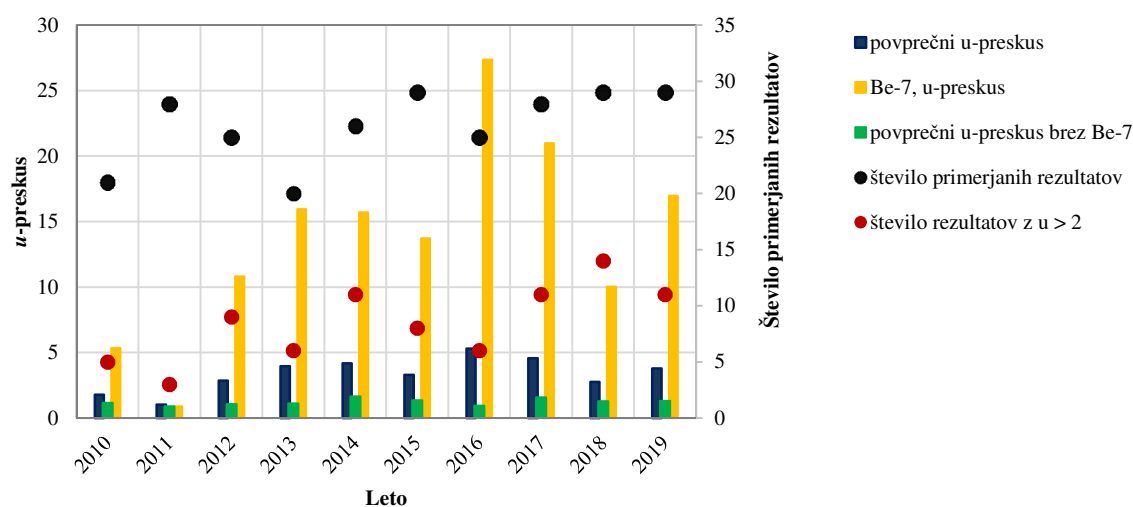
Rednih mednarodnih primerjav postopkov vzorčenja, ki bi potrjevali primerljivost, ni. **Zato predlagamo, da bi obseg neodvisnega merilnega nadzora razširili še na izmenjavo vzorcev emisijskih meritev.** Tako bi izmerili aktivnosti na istih vzorcih in bi lahko ocenili vpliv vzorčenja ter priprave na končni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

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev plinastih izpustov, vzorčenih v dimniku pred RM-24, je vsebnost izmerjenih radionuklidov v poročilih premajhna, da bi lahko opravili kakršno koli primerjavo. Pri

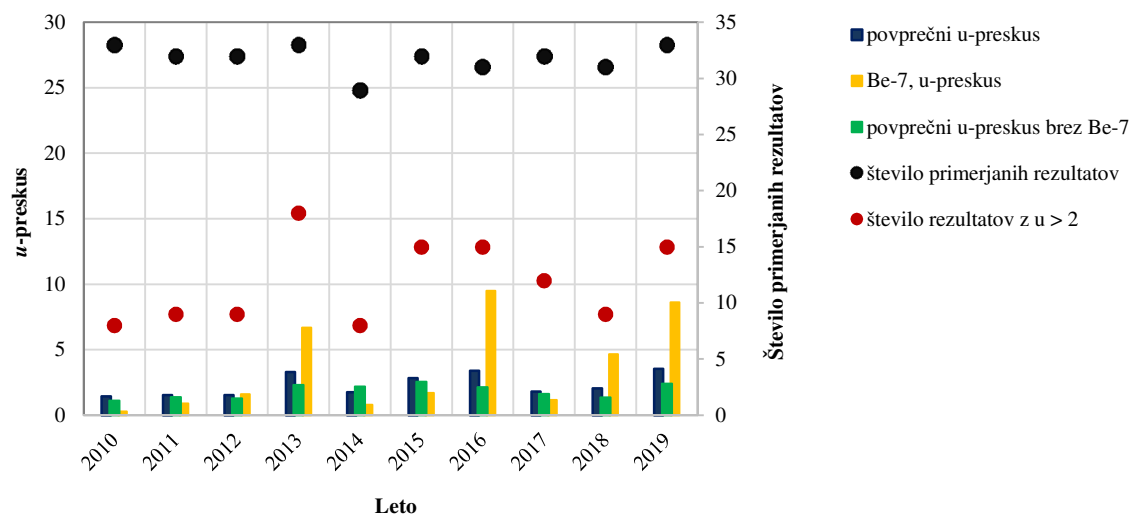


neodvisnem nadzoru tekočinskih izpustov iz WMT ravno tako ne moremo narediti kakovostne primerjave, ker ima laboratorij NEK bistveno višje detekcijske meje in poroča o manj izmerjenih radionuklidih. Pri tekočinskih izpustih smo lahko letos primerjali pet radionuklidov, določenih z visokoločljivostno 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 od obeh institucij ne opravlja rednih meritev teh vzorcev, bi 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.** Za razliko od prejšnjih let je bil letos en vzorec filtrov za meritve plinastih izpustov odvzet v času remonta (oktober 2019).



Slika 1: Statistična obdelava rezultatov meritev savske vode v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2019



Slika 2: Statistična obdelava rezultatov meritev rečnega sedimenta v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2019



DISKUSIJA IN SKLEPI

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 daje le zelo grobo oceno sprejemljivosti rezultatov meritev v poročilih.

Primerjave meritev vzorcev aerosolnih filtrov pri plinastih emisijah iz glavnega izpuha in meritev vzorcev tekočinskih izpustov iz WMT niso smiselne, saj v večini filtrov, merjenih v letu 2019, ni bilo zaznanih nobenih umetnih radionuklidov nad mejo detekcije, pri rezultatih NEK za tekočinske izpuste iz WMT pa je meja detekcije previsoka, da bi lahko opravili dobro primerjavo.

Glede na kompleksnost postopkov lahko kljub vsemu trdimo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora pri imisijskih meritvah zadovoljiva, saj gre za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar se postopki vzorčenja, priprave za analizo in samih analiz razlikujejo v obeh laboratorijih. Prepoznana neskladja med objavljenimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju lahko v veliki meri pripišemo vzorčenju in nehomogenosti vzorčenega materiala. Iz teh primerjav lahko sklepamo, da vzorčenje ključno prispeva k razpršenosti in različnosti merskih rezultatov, pri merilni negotovosti pa ta prispevek ni vključen. Ena od pomembnih sprememb v novi izdaji standarda *SIST EN ISO/IEC 17025:2017* je, da bomo morali v preskusnih laboratorijih oceniti in upoštevati tudi prispevek vzorčenja k skupni merilni negotovosti podanega rezultata.

Priprava vzorca in predvsem vzorčenje sta elementa postopka, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema elementoma 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 2019 ponovno poudarjamo naslednje sklepe:

- ker se rezultati pri določitvi vsebnosti Be-7 še vedno razlikujejo tako v vzorcih sedimentov kot v vzorcih rečnih vod, predlagamo, da obe sodelujoči inštituciji (IJS in ZVD) primerjata svoje postopke vzorčenja, priprave vzorcev in meritev ter poiščeta in ovrednotita morebitne vzroke za ta razlike;
- predlagamo, da bi v prihodnje ukinili primerjavo plinastih efluentov in bi namesto tega oba laboratorija (IJS in ZVD) sodelovala pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT); tako bi 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 izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke;

V letu 2018 smo predlagali, 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. Letos je bil en vzorec aerosolnega filtra iz dimnika izza RM-24 iz obdobja, ko je potekal remont, poleg tega je bil za primerjavo izbran tak decembrski vzorec vode iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT, v katerem je bila vsebnost ključnih radionuklidov med največjimi v letu 2019. Po tem lahko sklenemo, da je bil v letu 2019 navedeni predlog upoštevan.

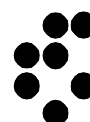
Poleg tega je URSJV za leto 2020 spremenila nabor vzorcev iz imisijskih meritev za neodvisni nadzor in sicer bodo izvajalci obratovalnega monitoringa opravili spektrometrijo gama na dveh vzorcih sezonskega sadja in dveh vzorcih žitaric.

Za razliko od prejšnjih let lahko sklenemo, da je URSJV pregledala in posodobila program meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev. Preostala sklepa sta enaka kot v predhodnih letih, kar kaže na to, da vsa dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in korektivnih ukrepov pri izvajalcih meritev, najverjetneje zaradi pomanjkanja človeških in finančnih virov. Predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV dodatno posodobi tudi program emisijskih meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev in razpiše dodatno študijo z namenom, da se meritve in primerjave, predlagane v sklepih, izvedejo.

UGOTAVLJANJE STOPNJE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU ZARADI NADZOROVANIH IZPUSTOV IZ NEK



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





UGOTAVLJANJE STOPNJE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU ZARADI NADZOROVANIH IZPUSTOV IZ NEK

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

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

Recenzija: prof. dr. Alojz Kodre, mag. Matjaž Koželj, mag. Borut Breznik

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre

Monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000.

POGLAVJE

AVTORJI

Radioaktivnost v rečni vodi, sedimentih in ribah

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

Radioaktivnost v usedih

dr. Toni Petrovič, IJS

Zrak

dr. Marko Giacomelli, ZVD

Zunanje sevanje

dr. Matjaž Korun, IJS

Radionuklidi v hrani

prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF

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

Prva izdaja: marec 2020

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

539.16:502.175(497.4)
621.311.25(497.4Krško)

UGOTAVLJANJE stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK / [avtorji Matjaž Stepišnik ... [et al.] ; urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič-Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2020

ISBN 978-961-264-186-3
1. Stepišnik, Matjaž 2. Zorko, Benjamin
COBISS.SI-ID 304815104

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 rečni vodi, sedimentih in ribah	1 / 108
2	Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	21 / 108
3	Radioaktivnost v usedih	37 / 108
4	Zrak	49 / 108
5	Zunanje sevanje	67 / 108
6	Radionuklidi v hrani	87 / 108
7	Reference	105 / 108





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK* obravnava stanje v okolju v okolici Nuklearne elektrarne Krško (NEK) v obdobju 31. gorivnega ciklusa delovanja jedrske elektrarne.

V monografiji obravnavamo merske izide in modelske izračune za ugotavljanje radioaktivnosti v okolju, ki je posledica prvobitne radioaktivnosti, splošne onesnaženosti zaradi jedrskih poskusov in nesreč v jedrskih objektih oziroma z jedrskimi snovmi, lahko pa pa radioaktivni izotopi pridejo v okolje zaradi kontroliranih izpustov iz jedrskih elektrarn, skladišč jedrskih odpadkov, rudarjenja, industrijske, tehnološke, medicinske in raziskovalne uporabe. Neprekinjeno zbiranje in vrednotenje merskih podatkov (obdobna povprečja) omogoča prikazovanje časovnih teženj in s tem tudi vzdržnost pri trajni umestitvi jedrskega objekta v življenjski prostor. Za to uporabljamo prikladne modele s kompleksnimi matematičnimi in numeričnimi algoritmi, ki ustrezajo fizikalnim procesom. Tako izračunamo predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti izbranih radionuklidov v tistih medijih, prek katerih se radioaktivnost vnese v človekovo telo (zaužitje, inhalacija) ali pa človekovo telo obdaja (zunanje sevanje). Z upoštevanjem porabe ali časa zadrževanja v izbranem mediju lahko ocenimo predvidene letne učinkovite 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 (na robu izključitvenega območja). 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 se še kritično primerjajo z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji (Ljubljana, Dobova) ter drugod po Sloveniji.

Koncentracije aktivnosti (v tekočinah, zraku) ali specifične aktivnosti (v hrani, zemlji) sevalcev gama so v okolju nizke, zato pri vzorčenju in pripravi vzorcev uporabljamo metode, s katerimi sevalce gama v vzorcu koncentriramo (filtriranje, izparevanje). Kadar je negotovost merskega rezultata večja od izmerjene vrednosti, bi to pomenilo, da znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje spremenljivko, leži v območju negativnih vrednosti, ki ne opisujejo realnega fizikalnega stanja. Z leti smo v raziskavah našli ustrezne načine računanja in poročanja o majhnih vrednostih. To je bilo prepoznano tudi v mednarodnem okolju [46]. Nič manj ni pomembna vpetost skupine za meritve ionizirajočega sevanja Instituta "Jožef Stefan" (IJS) v metrološko stroko, saj imamo edini v regionalnem področju v radiju nekaj 100 km potrjene in usklajene predloge najboljših merskih zmožnosti (CMC) na ravni regionalnih metroloških organizacij in Mednarodnega biroja za mere in uteži (BIPM) za aktivnosti (Bq/kg) 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 kot tudi za njihovo objavo in ovrednotenje.

Monografija *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK* obsega sedem poglavij, v katerih kritično obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, pri uživanju hrane in ob direktnem zunanjem obsevanju. Poglavja se vsebinsko dopolnjujejo in prepletajo. V prvem poglavju *Radioaktivnost v rečni vodi, sedimentih in ribah* tako razlagamo vpliv tekočinskih izpustov NEK na okolico in referenčno skupino ljudi (ribiči), vse 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 *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*. Ker so nekatera črpališča na krško-brežiškem področju plitva, zemljina pa prepustna, je mogoč vpliv na podtalnico tudi po zračni prenosni poti s padavinami. Pri tem je mogočih več poti zunanjega in notranjega obsevanja. 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 (*Radioaktivnost v usedih*). Če se takšen used zadrži v tleh, so prebivalci lahko izpostavljeni še zunanjemu sevanju. Transport in razširjanje plinov in aerosolov obravnava poglavje *Zrak* o radioaktivnosti v zraku, kjer je glavno orodje za ocenjevanje vplivov napredni numerični model. Le-ta realno opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevnih terenih ter območjih, kjer je hitrost vetra majhna. V petem poglavju *Zunanje sevanje* obravnavamo



izpostavitve referenčne osebe zunanjemu ionizirajočemu sevanju. Razlago in oceno vplivov na podlagi meritev okoljskega doznega ekvivalenta smo okrepili z ugotavljanjem vpliva kozmičnih žarkov in vremenskih razmer, ki pogojujejo izpiranje in usedanje naravne radioaktivnosti iz zraka, na rezultate teh meritev. Pokazali smo, da bi mogli opaziti in pravilno tolmačiti tudi hipotetični vpliv NEK na okoljski dozni ekvivalent. Seveda pa zaznavanje tega vpliva zahteva meritve v krajšem časovnem intervalu. Poglavje *Radionuklidi v hrani* opisuje in razlaga vplive na prebivalstvo zaradi zaužitja hrane, ki je pridelana na krško-brežiškem polju in se kritično primerja s podatki po Sloveniji. Obravnavo smo dopolnili s statistično analizo, kar je dopolnitev kritične presoje podatkov in s tem dodana vrednost k celotni monografiji. V zadnjem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*.

Avtorji poglavij v monografiji so znanstveniki in/ali strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije ter tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji. Svoje prispevke so pripravili na izviren in znanstveno-strokovno način, s katerim so kritično komentirali merske izide in druge spremljajoče pomembne podatke. Oceno vplivov izpustov iz jedrske elektrarne na okoliško prebivalstvo so ugotavljali z računanjem letne učinkovite doze, pri čemer so upoštevali 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 na robu izključitvenega območja, 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 učinkovitih doz izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju ima podlago v slovenski zakonodaji jedrske in sevalne varnosti, ki zahteva takšno ovrednotenje (pravilnik *JV 10* [8]), ter v znanstvenem in strokovnem izražanju, saj le tako lahko v realnih razmerah preverimo 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 stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK* je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2019*, interna oznaka 5/2020.

Monografijo sta neodvisno recenzirala ("peer review") prof. dr. Alojz Kodre in mag. Matjaž Koželj.

Recenzent prof. dr. Alojz Kodre, zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, je diplomiral iz fizike leta 1966, magistriral leta 1971 in doktoriral leta 1974. Po diplomi se je zaposlil kot asistent na Oddelku za fiziko FNT in dopolnilno na IJS. Leta 1975 je bil habilitiran za docenta za fiziko, leta 1981 za rednega profesorja. Predaval je matematično fizikalne predmete (Matematična fizika I in II, Modelska analiza), kot raziskovalec se je ukvarjal z fiziko notranjih atomskih lupin. V domačem laboratoriju je razvijal absorpcijsko rentgensko spektroskopijo, leta 1989 pa so v skupini sodelavcev prvi v Sloveniji začeli z meritvami s sinhrotronsko svetlobo na sinhrotronu DESY v Hamburgu, pozneje tudi na sinhrotronih LURE v Orsayu in ESRF v Grenoblu ter Elettra v Bazovici pri Trstu. V letih 1977 in 1978 je kot »Fulbright research fellow« obiskal University of N. Carolina v Chapel Hillu, v letih 1989 in 1990 pa kot »Fulbright visiting professor« University of Oregon v Eugeneu. V času tega obiska je sodeloval v eksperimentih na sinhrotronih v Brookhavnu in Stanfordsu. Njegova bibliografija obsega prek petsto enot, od tega prek dvesto osemdeset znanstvenih člankov. V soavtorstvu z I. Kuščerjem je objavil učbenik *Mathematik in Physik und Technik* (Springer-Verlag 1993) in v slovenščini *Matematika v fiziki in tehniki* (DMFA 1994).

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.

IN MEMORIAM – DR. JOŽE GASPERIČ

Nepričakovani tihi odhod dr. Jožeta Gasperiča konec oktobra 2019 nas je vse presunil in razžalostil. Nalezli smo se njegove pokončnosti in hudomušnosti. V njem je bila prisotna nekakšna iskrica, iskrica veselja, ki je bila vedno pripravljena priskočiti na pomoč, osebno ali s strokovnim nasvetom. Njegova trdoživost nam je vedno vlivala dodatno moč pri delu.

Poznala sva se dolgo, vse odkar sem prvič prestopil prag Instituta "Jožef Stefan", dolgih 25 let. Najprej si mi znal odlično svetovati na vakuumskem področju, ko pa si odšel v pokoj, sva poglobila sodelovanje pri pripravi Poročil o nadzoru radioaktivnosti v okolici NEK. Bil si prvi lektor od leta 2001 naprej. Pri pravilnem oblikovanju povedi si bil nepopustljiv in vsi, ki leto za letom sodelujemo pri pripravi tako obsežnega in zahtevnega dela, smo pogumno sprejemali tvoje nasvete. Naučil si nas, da se pri pripravi znanstveno-strokovne monografije izražamo slovensko. Včasih smo bili zaradi tega v zadregi, a ker smo te spoštovali, je bil na koncu trud poplačan z odličnim izdelkom.

Tvoj prispevek k lepi rabi slovenščine je zares velik, zato bomo vztrajali na tej poti tudi v prihodnje. Za vedno pa nam bo ostal v spomin tudi tvoj nasmeh.

doc. dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik





1 RADIOAKTIVNOST V REČNI VODI, SEDIMENTIH IN RIBAH

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi (rečna voda, sedimenti, ribe) in ocena vplivov na prebivalstvo tako na podlagi meritev tekočinskih izpustov iz NEK v reko Savo, kot tudi z uporabo modela.

V letu 2019 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje nekoliko višja kot v letu 2018. Največ je prispeval tritij, 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 v okoljskih vzorcih nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK na okolje, ampak posledica neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega radionuklida v terapijski in diagnostični rabi v bolnišnicah. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju zaradi zunanjega sevanja in zaužitja rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti je nižja ali enaka 0,012 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. Program obsega vzorčenje in meritve vode, suspendiranih snovi v vodi, sedimentov in vodne biote. Lokacije vzorčenja 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 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 lokacijah vzorčenja, razen za tritij, 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 tu še tritij (H-3) in radioaktivni ogljik (C-14), ki sta tako kozmogene kot antropogene narave. Poleg naravnih radionuklidov 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)* [24], [25]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva (referenčne osebe). 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 in Kolpi se jemljejo posamični vzorci vode polletno. Rezultati teh meritev se uporabljajo za splošno oceno stanja v Sloveniji, obenem pa jih uporabljamo kot referenčne vrednosti za oceno vpliva NEK.



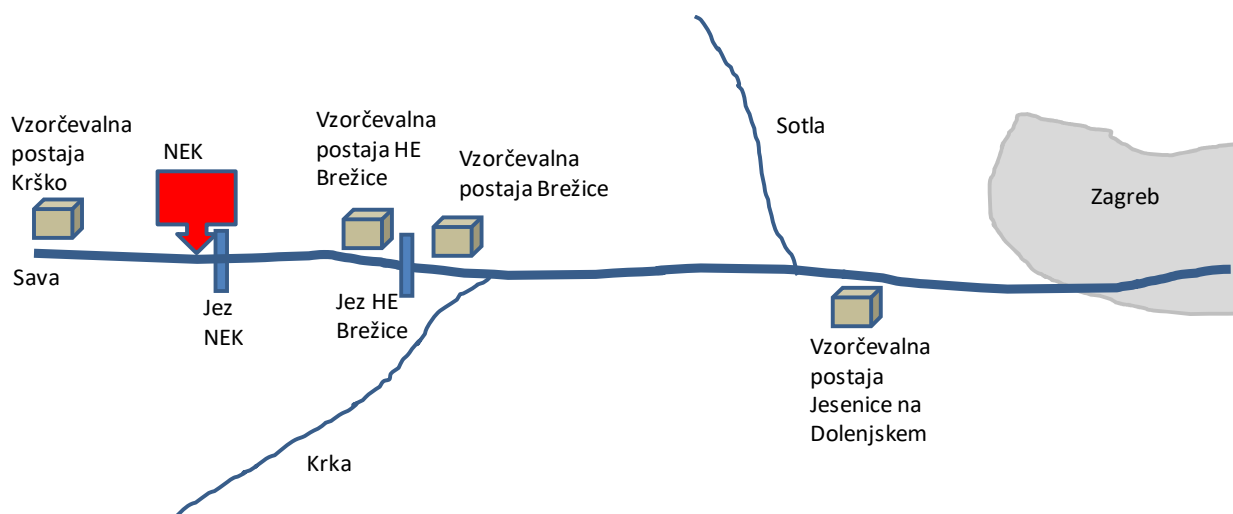
OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčenja

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile leta 2017 dodane nekatere vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezom NEK in HE Brežice. Vzorčenja na teh lokacijah potekajo od druge polovice 2017. Nove lokacije so namenjene spremljanju radioaktivnosti v akumulaciji jezera HE Brežice.

Neprekinjeno vzorčenje reke Save je potekalo v rečni matici na štirih lokacijah (slika 1.1), in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK), pri 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) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK). Prvi vzorčevalnik za neprekinjeno vzorčenje 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. V letu 2017 je bila zgrajena nova avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice, ki je na levem bregu Save 100 m nad jezom HE Brežice (sliki 1.1 in 1.2). Košara za zajem vode je na sredini jeza HE Brežice v najnižjem delu v rečni matici. Tudi vzorčevalna postaja v Brežicah je na levem bregu, rečna vodna se neprekinjeno zajema iz rečne matice. Na vzorčevalnih postajah HE Brežice in Brežice delujeta enaka vzorčevalnika z avtomatskim dnevnim zajemom vode. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo. Iz prelivne posode manjša črpalka neprekinjeno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod (slika 1.2). 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. Vzorčevalec 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 zbirajo mesečni vzorci. Postaja je tam na desnem bregu. Košara za zajem rečne vode blizu rečne matice je bližje desnemu bregu. Vzorčenja na postajah je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS. Neprekinjena vzorčenja sestavljenih dnevnih vzorcev savske vode so namenjene predvsem za določanje povprečne koncentracije aktivnosti dolgoživih radionuklidov. Pri tem se ločeno merita voda in filtrski ostanek, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem.

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



Slika 1.1: Shematski prikaz vseh vzorčevalnih postaj za neprekinjeno vzorčenje ob reki Savi po izgradnji akumulacijskega jezera HE Brežice



Slika 1.2: Avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice (7,2 km nizvodno od NEK), kjer poteka neprekinjen zajem vzorcev vode.



Slika 1.3: Lokaciji vzorčenja savske vode (ročni zajem) in sedimentov na levem in desnem bregu pred jezom HE Brežice

Ločen odvzem posamičnih vzorcev vode je tako potekal na osmih lokacijah in sicer v Krškem, v "Nadomestnem habitatu" (1,7 km nizvodno od NEK), na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice (4,5 km in 5,5 km od NEK), neposredno nad jezom 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). Lokacija "Nadomestni habitat" je namenjena spremljanju vode za zapornim jezom HE Brežice, ki je na levem bregu in omogoča razlivanje reke pri zelo visokih vodostajih. Vzorčenje posamičnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.

Za ovrednotenje vplivov po savski prenosni poti se spremlja kvartalno in mesečno tudi radioaktivnost v sedimentih. Za te je pomemben dolgoletni potek, povezan z globalno kontaminacijo, to je tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčenje sedimentov je potekalo na 9 lokacijah, in sicer vzvodno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezom v NEK (desni breg),



pri Pesju (na levem bregu), na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, neposredno nad jezero 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. Vzorčenje sedimentov sta opravila ZVD in IRB. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice (glej sliko 1.3) je težko pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije.

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. Četrtletno vzorčenje 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 sušenjem (izparevanje v sistemu s prisilno ventilacijo) 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 radionuklidov Sr-90 in Sr-89, zato izmerek pomeni 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 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 2019, IJS-DP-13067*.

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

- vzorčenje 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;
- vzorčenje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 150 g); vzorčenje gibljevih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorče
- nje in meritve rib vrst klen, podust, krap, som, mrena, plotica in deverika z maso okrog 400 g; pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib.

REZULTATI MERITEV IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067, marec 2020*. 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 pod 1 kBq/m^3 [23]. Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Zato je uporaben kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih v okolju navadno ne zaznavamo [25].

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.4 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2019.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice $3,5 \text{ kBq/m}^3$ je višje od tega pri referenčnem odvzemnem mestu Krško $0,61 \text{ kBq/m}^3$. V Brežicah je povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti $3,2 \text{ kBq/m}^3$, kar je zelo podobno kot nad jezom HE Brežice. Povprečje koncentracij aktivnosti H-3 v Brežicah je nižje od dolgoletnega povprečja $4,0 \text{ kBq/m}^3$ za zadnjih 15 let. Izmerjena povprečja koncentracij aktivnosti v Jesenicah na Dolenjskem (letno povprečje $3,2 \text{ kBq/m}^3$) so podobne kot v Brežicah. Pričakovati je nekoliko nižje koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem zaradi dodatnega redčenja Save s Krko in Sotlo.

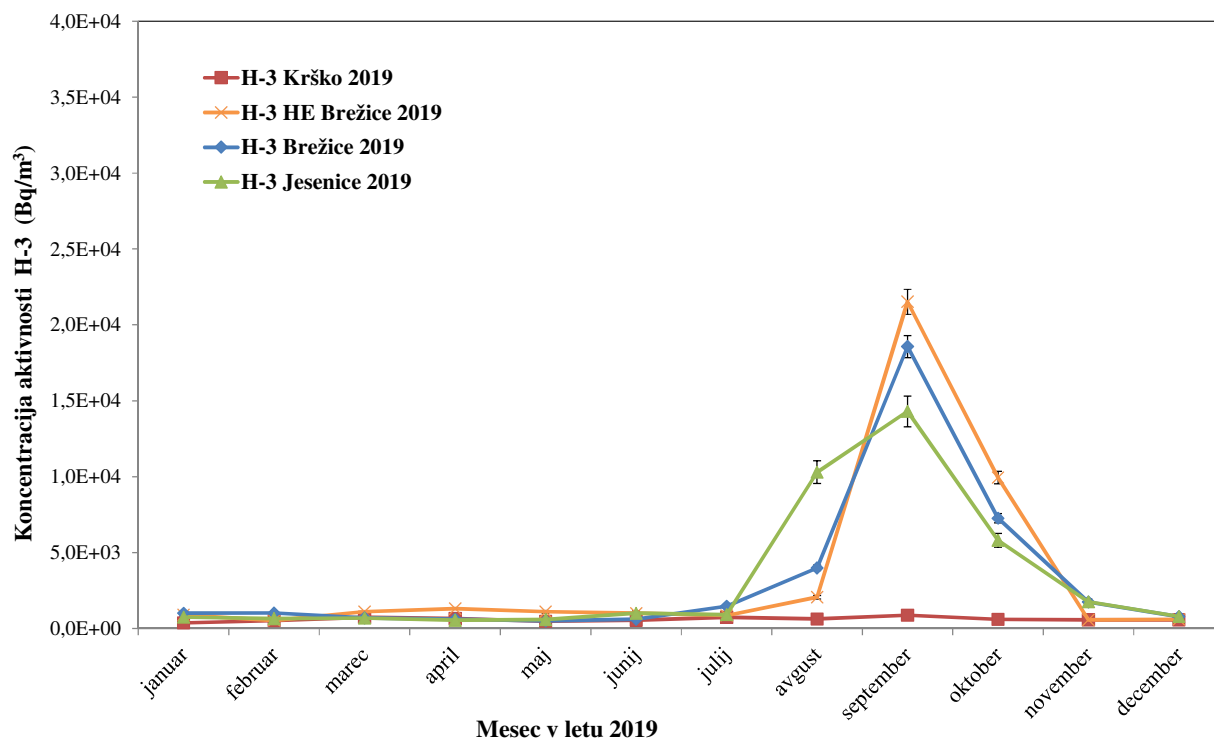
Rezultati mesečnih meritev iz vzorčevalnih postaj HE Brežice in Brežice se dobro ujemajo in kažejo nekoliko višje koncentracije aktivnosti H-3 nad jezom kot pod jezom (slika 1.4). Dobra korelacija je vidna tudi med največjimi izmerjenimi mesečnimi vzorci v septembru (HE Brežice: 22 kBq/m^3 , Brežice: 19 kBq/m^3 in Jesenice na Dolenjskem: 14 kBq/m^3).

Dobra časovna korelacija je med mesečnimi izpusti NEK in mesečnimi izmerjenimi vrednostmi na vseh vzorčevalnih postajah. Največji izpusti NEK so bili v mesecu avgustu in septembru (slika 1.5). Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v HE Brežice je bila v septembru 25-krat višja kot na referenčnem odvzemu v Krškem. Opazimo lahko zakasnitev med vrhovoma največjih mesečnih izpustov in največjo koncentracijo aktivnosti H-3 v reki Savi. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS, medtem ko je meritve na Hrvaškem izvajal IRB.

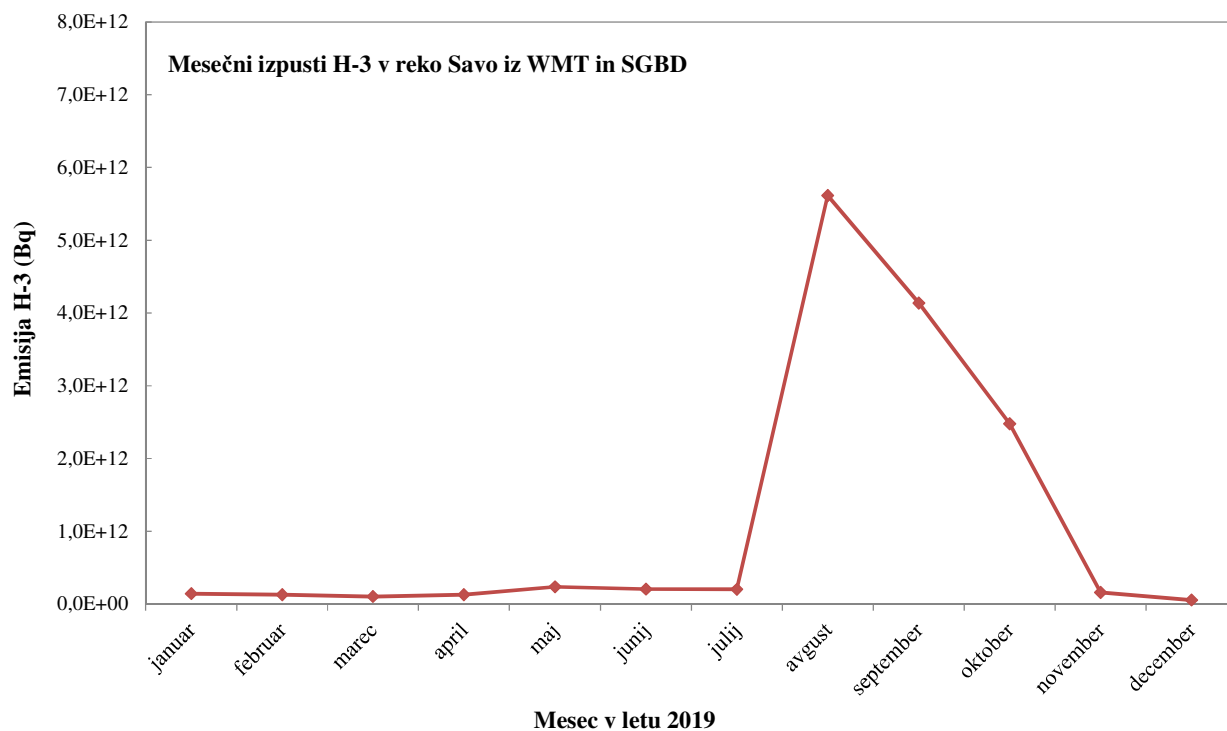
Zaznali smo tudi povečanje koncentracije aktivnosti tritija pri posamičnih vzorcih nefiltrirane vode v septembru in oktobru na vseh lokacijah nad jezom HE Brežice. Na levem bregu akumulacijskega jezera so bile največje mesečne koncentracije posamičnih vzorcev $1,7 \text{ kBq/m}^3$ (september) in $4,9 \text{ kBq/m}^3$ (oktober), medtem ko so bile na desnem bregu 12 kBq/m^3 (september) in $2,2 \text{ kBq/m}^3$ (oktober). Najvišjo vrednost smo zaznali na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, kar se ujema z ugotovitvami iz preteklih let, da matica reke po akumulacijskem jezeru poteka bolj ob desnem bregu. To se sklada tudi z batimetričnimi meritvami globine reke Save v akumulacijskem jezeru HE Brežice [26]. Glede na stari model redčenja tekočinskih izpustov bi pričakovali večje izmerjene vrednosti na levem bregu kot na desnem, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu nad jezom NEK. Dejstvo je, da mešanje izpustov z reko Savo poteka drugače kot pred polnitvijo akumulacijskega jezera v letu 2017.

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). Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo letos $6,7 \text{ kBq/m}^3$. Najvišja izmerjena koncentracija 46 kBq/m^3 je bila v septembru (glej tudi poglavje *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*). Povišane koncentracije H-3 v površinski vodi so bile zaznane tudi na lokaciji "Nadomestni habitat" (blizu levega brega Save, 1,7 km nizvodno od NEK) v posamičnih vzorcih odvzetih v tretjem in četrtem kvartalu (največ v septembru: 14 kBq/m^3). V istem obdobju je bilo zaznано povišanje vsebnosti tritija pri odvzemu posamičnega vzorca vode v kraju Podsused pri Zagrebu ($1,5 \text{ kBq/m}^3$). V drugih rekah v Sloveniji je bilo povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 kot sicer, večinoma pod 1 kBq/m^3 [15].

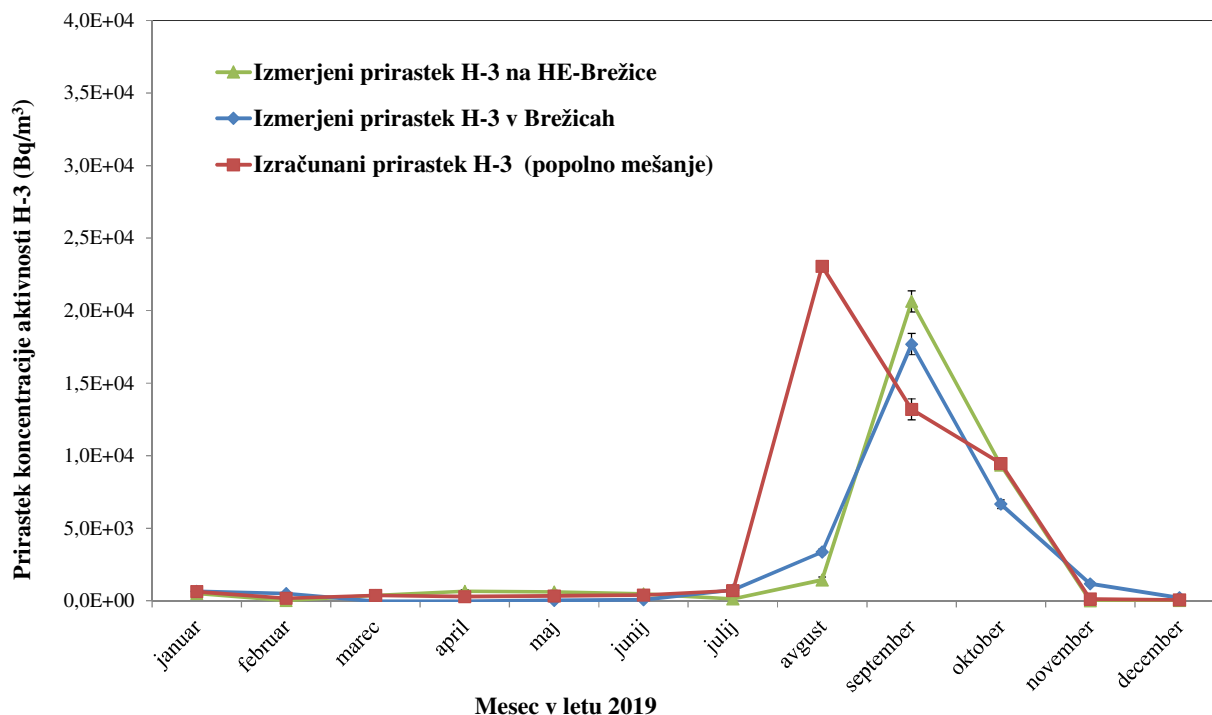
Po podatkih NEK so bili največji mesečni tekočinski izpusti H-3 opravljeni v avgustu ($5,6 \text{ TBq}$, slika 1.5), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letu 2018. Skupni letni izpust $13,6 \text{ TBq}$ je bil nekoliko višji kot v letu 2018 ($10,5 \text{ TBq}$) in primerljiv z dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 1999 do 2019 je $12,2 \text{ TBq}$). Korelacija med mesečnimi izpusti in narastkom koncentracije tritija nizvodno od NEK je močna na vseh treh lokacijah (HE-Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem). Meseca avgusta je bil vodostaj reke Save najnižji ($94 \text{ m}^3/\text{s}$).



Slika 1.4: 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 1.5: Mesečni tekočinski izpusti H-3 iz NEK



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).

Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 na HE Brežice in v Brežicah. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah in HE Brežice pomeni, da je bila odšteta izmerjena koncentracija aktivnosti tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunano koncentracijo aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode in predpostavili popolno mešanje vode. Opazna je časovna zakasnitev med izračunanim povprečnim mesečnim prirastkom in dejansko izmerjenimi prirastki koncentracije.

Na sliki 1.7 je podana primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije aktivnosti in izračunanimi letnimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah od leta 2002. Dodali smo tudi izmerjene prirastke na jezcu HE Brežice od leta 2017. Dolgoletne težnje kažejo, da na mestu vzorčenja v Brežicah in tudi pri HE Brežice 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 jezcu HE Brežice so se hidrodinamske razmere nekoliko spremenile. Po dosedanji metodologiji lahko ocenimo razredčitveno razmerje DR (*Dilution Ratio*) na različnih lokacijah pod jezom NEK. Razredčitveno razmerje 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 $C_{w,L}$ in $C_{w,tot}$ prirastka koncentracij aktivnosti tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3) [25].



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

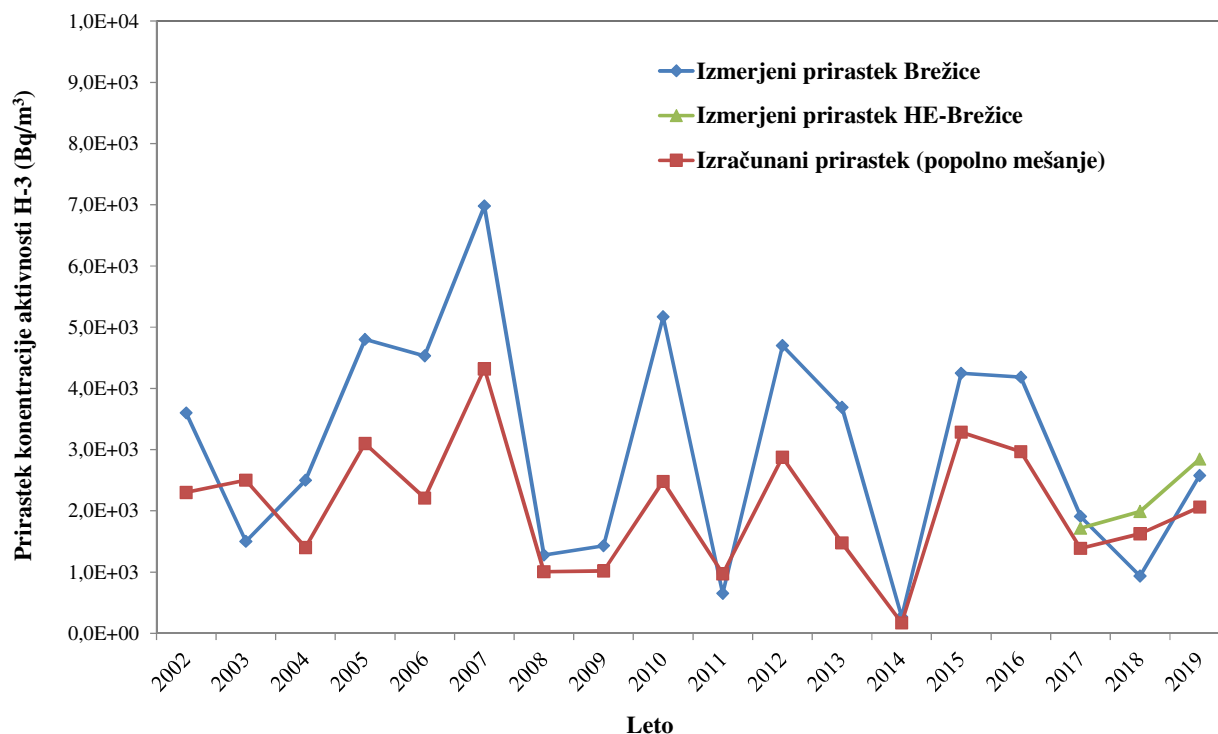
$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (1.2)$$

kjer je 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).

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 več kot 1 na lokacijah, kjer se kontaminirana voda nepopolno meša s čisto, 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 izmerjena prirastka koncentracije aktivnosti v Brežicah $C_{w,L}$ 2,58 kBq/m³ in nad jezom HE Brežice 2,85 kBq/m³. Izračunani prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil 2,06 kBq/m³. Oba rezultata meritve se dobro ujemata z izračunanim prirastkom na mestu popolnega mešanja. Na sliki 1.7 so prikazani časovni trendi prirastka koncentracije aktivnosti v Brežicah, HE Brežice in primerjava z izračunanim prirastkom. Oba rezultata meritve se dobro ujemata z izračunanim prirastkom na mestu popolnega mešanja. Tako je bilo v letu 2019 razredčitveno razmerje DR v Brežicah ocenjeno na 1,3 in se dobro ujema z razredčitvenim razmerjem na HE Brežice 1,4. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje (od 2007 do 2019) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je ocenjeno na $(1,4 \pm 0,5)$.

Ni še popolnoma jasno kakšen vpliv ima gradnja HE Brežice na razredčitveno razmerje v Brežicah. V letu 2017 vpliv ni bil opazen, medtem ko je bil v letu 2018 izrazit odmik, ki je kazal na spremenjene razmere. V letu 2019 ponovno ni opaziti bistvenih odstopanj med obema lokacijama. Pričakovali bi, da se pred jezom reka dodatno zmeša in je tako razredčitveno razmerje v Brežicah nižje od HE Brežice in zelo blizu $DR = 1$.



Slika 1.7: Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi na jezom HE Brežice ter za jezom v Brežicah in izračunano koncentracijo aktivnosti H-3, dobljeno na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save ob predpostavki popolnega mešanja



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 [19], [22].

C-14 je bil v letu 2019 merjen tudi v savski vodi in v ribah [21]. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti posamični četrletni vzorci. Povprečni četrletni koncentraciji aktivnosti C-14 na levi in desni obali akumulacijskega jezera sta bili 89 pMC (10,1 Bq/m³ vode) in 87 pMC (9,6 Bq/m³). Izmerjena sta bila tudi dva vzorca rib (klen in krap) v akumulacijskem jezeru HE Brežice. Izmerjene relativne specifične aktivnosti C-14 v ribah so bile do 98 pMC (221 Bq/kg C). Vse izmerjene aktivnosti so nižje od trenutnih atmosferskih aktivnosti (103 pMC).

Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 0,088 GBq [22], kar je več kot v preteklem letu. Izpusti so za en velikostni red nižji, kot je dolgoletno povprečje (1,9 GBq) od leta 2013. Ob tem je treba poudariti, da je jeseni v NEK potekal tudi remont. Opažamo, da so bili izpusti precej nižji od grobe ocene, ki jo naredimo glede na obratovalno moč elektrarne (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW(e)-leto [31]). Aktivnost izpuščenega C-14 je navadno 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. V tem letu je bila 5 velikostnih redov nižja.

V površinskih vodah je C-14 glede na navadni pH večinoma v obliki bazičnih karbonatov (HCO₃⁻). V Savi je tipično 250 mg/L HCO₃, kar je 50 mg/L ogljika v vodi [32]. 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 v savski vodi). Glede na letne izpuste v Savo je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla na okrog 0,01 Bq/m³ (~ 0,09 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 ribe hranijo. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi [33]. 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 (0,01 Bq/m³) zaradi vpliva NEK lahko ocenimo, da se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah podobno kot v vodni bioti minimalno poveča.

Jod (I-131)

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) občasno opazimo 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 radionuklida v medicini. V tem letu je bil izmerjen izpust I-131 iz NEK v mesecu oktobru (195 kBq).

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 posamičnih vzorcih je bila od 3,1 Bq/m³ do 5,7 Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu HE Brežice. Najvišja posamična vrednost 20 Bq/m³ je bila izmerjena na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice v mesecu oktobru. V mesecu oktobru je NEK izvedel edini tekočinski izpust I-131 in obstaja možnost, da je nekoliko višja posamična vrednost posledica tega izpusta. Če primerjamo rezultate meritev z ločenim nadzorom v življenjskem okolju v RS [15] so bile povprečne koncentracije na reki Savi v Brežicah podobne, kot jih izmerimo v Savi v Ljubljani (2,3 Bq/m³), in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,6 Bq/m³ v Brežicah. V tem letu je bil jod izmerjen v vseh rekah razen v Kolpi.

V talnem sedimentu je bil jod v tem letu zaznan samo v enem vzorcu na lokaciji HE Brežice - levi breg (1,3 Bq/kg).

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 posamičnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 5 Bq/m³) bi



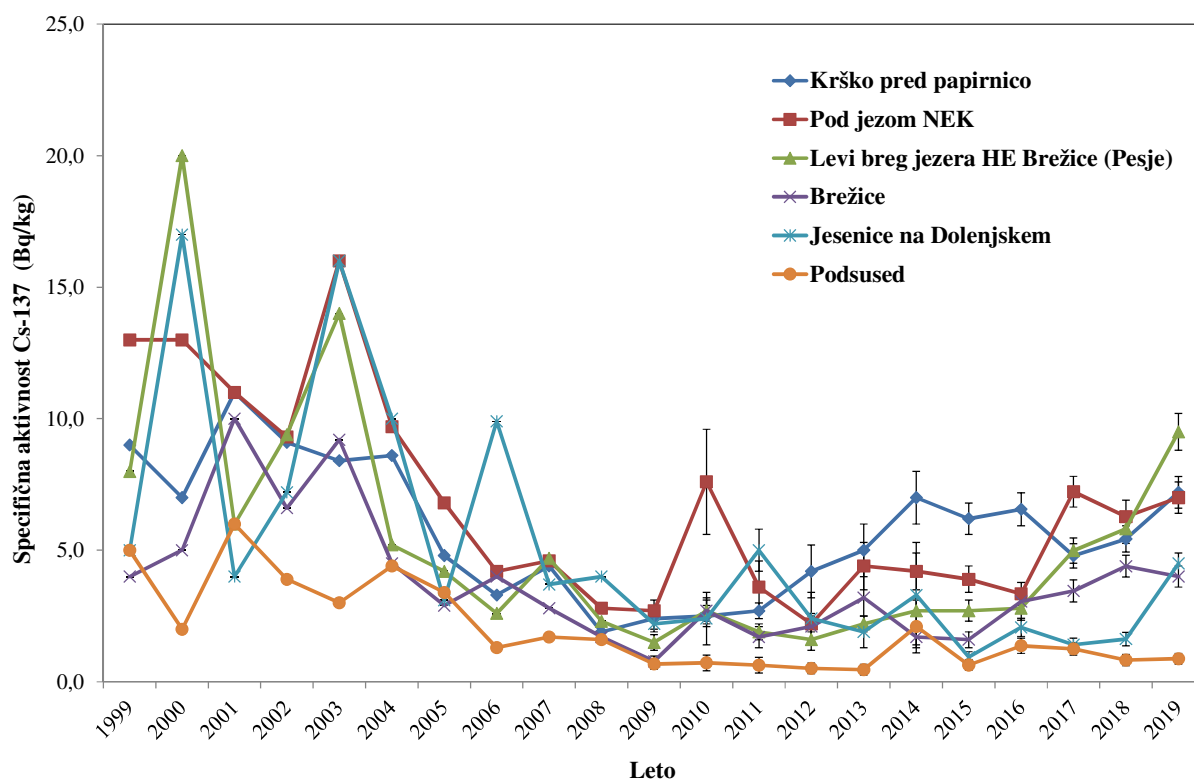
pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$) [25], kar pa je pod mejo detekcije.

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 izlivih NEK. Letni izpust Cs-137 je bil 2,2 MBq, kar je podobno kot v preteklih letih. Cezij se slabo (le nekaj odstotkov) veže na grobo suspendirano snov [25]. 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). Upoštevaje letni izpust in povprečni pretok Save ter privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 $C_{w,L}$ v Brežicah na okrog 0,5 mBq/m³. Prirastek je tri velikostne rede nižji od izmerjenih vrednosti, zaradi česar ga ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je bilo na referenčnem mestu v Krškem 0,17 Bq/m³, kar bistveno ne odstopa od meritev v Brežicah 0,28 Bq/m³ ali na HE Brežice 0,26 Bq/m³. Najvišja koncentracija aktivnosti ($2,8 \pm 0,4$) Bq/m³ je bila izmerjena v mesecu oktobru na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice. V vzorcu je bilo dvakrat več usedline kot navadno, čemur lahko tudi pripišemo povišanje koncentracije aktivnosti Cs-137 v reki Savi v tem obdobju. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v savski vodi pod spodnjo mejo aktivnosti (poda se 1/4 MDA). Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku in tudi v vodni sušini, sedaj pa so rezultati omejeni samo še na mejo detekcije.

Podobno kot pri vodni sušini so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma pod spodnjo mejo aktivnosti. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 (0,13 Bq/m³) v Brežicah je bilo podobno kot pri HE Brežice (0,07 Bq/m³) ali v Jesenicah na Dolenjskem (0,22 Bq/m³). Primerljive vsebnosti (v okviru merske negotovosti) so izmerjene tudi na referenčnem mestu Krško (0,07 Bq/m³).



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



Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija posamičnih vzorcev nefiltrirane vode (vodna sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih razen na desnem bregu nad HE Brežice. V mesecu oktobru smo zaznali najvišjo posamično koncentracijo $2,8 \text{ Bq/m}^3$ na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice. V tem mesecu je NEK izvedel največji tekočinski izpust Cs-137 (1,1 MBq), tako da obstaja možnost, da je nekoliko višja posamična vrednost posledica izpustov NEK.

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 $1,3 \text{ Bq/m}^3$ [15].

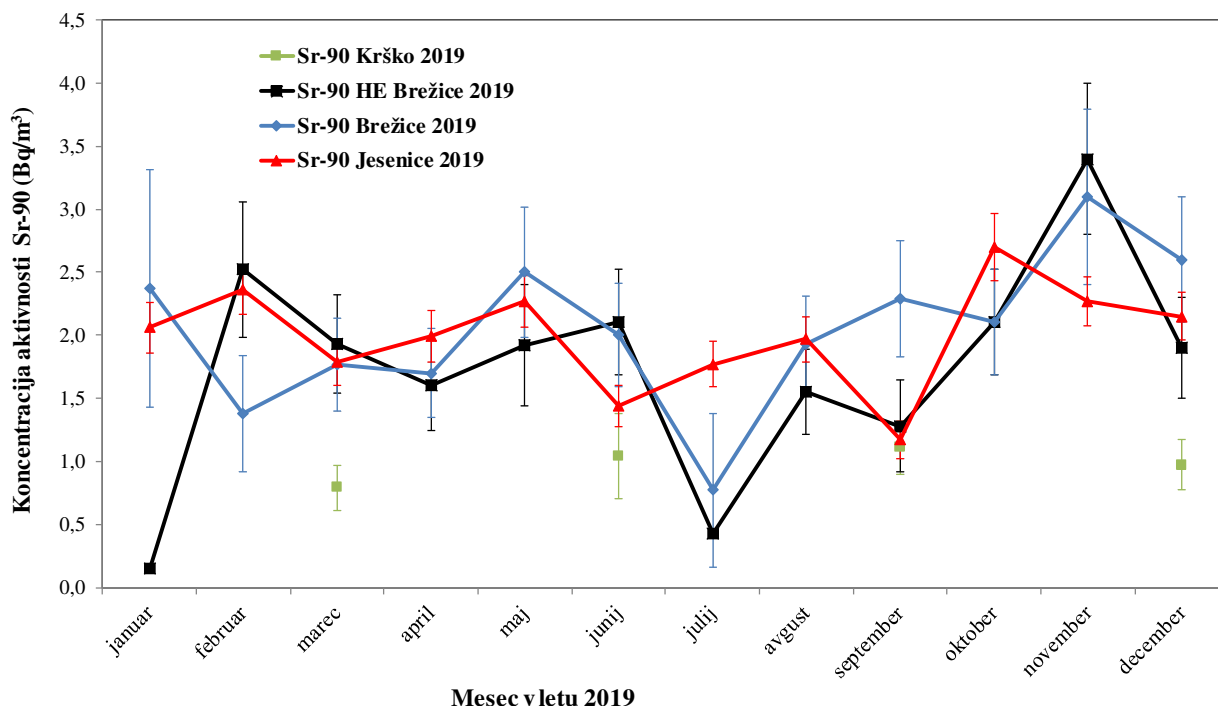
Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v obrežnih sedimentih, ki jih je meril IRB, je bila v Krškem (pod mostom) $7,2 \text{ Bq/kg}$, pod jezom NEK $7,0 \text{ Bq/kg}$, na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) $9,5 \text{ Bq/kg}$, v Brežicah $4,0 \text{ Bq/kg}$, v Jesenicah na Dolenjskem $4,5 \text{ Bq/kg}$ in v Podsusedu $0,9 \text{ Bq/kg}$. Med meritvami sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, in meritvami IRB ni bistvenih odstopanj. Opazne so sicer razlike med meritvami na posameznih lokacijah. Specifična aktivnost cezija v sedimentih kaže najvišje povprečne mesečne aktivnosti na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) (slika 1.8). Tej sledi referenčna lokacija v Krškem. Standardna deviacija (raztresenost) posamičnih meritev vzorcev po lokacijah kaže na precejšo negotovost vzorčenja. Pred letom 2010 se je specifična aktivnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah sistematično zmanjševala. To smo povezali z razpadom radionuklida (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhni plasti zemlje (navadna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset Bq/kg). Iz rezultatov meritev je razvidno, da specifična aktivnost Cs-137 v zadnjih letih na večini lokacij, tako na referenčni lokaciji kot v akumulacijskem jezeru, narašča. To je lahko posledica premikanja obrežnega sedimenta in tudi morda posledica posegov v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi. Zaradi majhnih izpustov in razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti ugotavljamo, da vpliva NEK v sedimentu ni mogoče zaznati.

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 pod spodnjo mejo detekcije (pod $0,1 \text{ Bq/kg}$) in je v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih podobna. Glede na koncentracije aktivnosti cezija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog $0,1 \text{ Bq/m}^3$) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč koncentracijski faktor $B_r = 2,0 \text{ m}^3/\text{kg}$) [25]. 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 radionuklid 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 ($0,08 \text{ MBq}$ v letu 2019), vendar so aktivnosti izpustov precej nižje od aktivnosti izpustov cezija.

Večina stroncija je raztopljena v vodi, saj je koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi vsaj 10-krat večja kot v filtrskem ostanku. Na splošno so koncentracije stroncija v vodi 10-krat višje kot za cezij. Na sliki 1.9 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odvzemnih mestih v letu 2019. Razlike med lokacijami so majhne. Na referenčnem mestu Krško je povprečna koncentracija aktivnosti $1,0 \text{ Bq/m}^3$, v nadzornem mestu HE Brežice $1,7 \text{ Bq/m}^3$, v Brežicah $2,0 \text{ Bq/m}^3$ in v Jesenicah na Dolenjskem $2,0 \text{ Bq/m}^3$. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v posamičnih (nefiltriranih) vzorcih vode v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti ne odstopajo od meritev neprekinjeno vzorčenih vzorcev filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrtletna povprečja od $1,3 \text{ Bq/m}^3$ do $2,4 \text{ Bq/m}^3$.

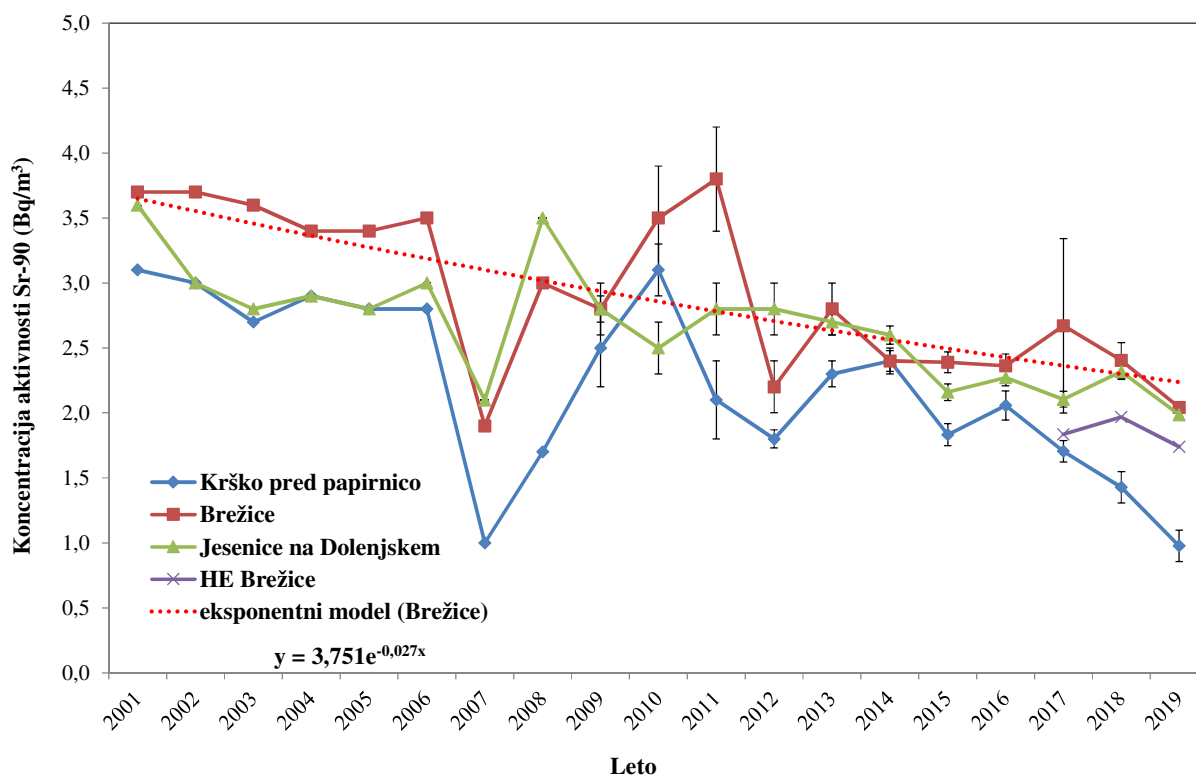


Slika 1.9: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (v suhem ostanku po izparevanju vzorca) reke Save na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. V Krškem so bili izmerjeni kvartalni vzorci, zato na grafu te točke niso povezane.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji ne odstopajo od rezultatov meritev, ki jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila $2,2 \text{ Bq/m}^3$ [15]. 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 upadanja, ustrezná razpolovni dobi 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 tipično pod spodnjo mejo aktivnosti ($1/4 \text{ MDA}$) $0,7 \text{ Bq/kg}$ v Krškem, $0,3 \text{ Bq/kg}$ na levem bregu jezera HE Brežice, $0,5 \text{ Bq/kg}$ na desnem bregu jezera HE Brežice, $0,3 \text{ Bq/kg}$ v Brežicah in $0,4 \text{ Bq/kg}$ 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 prav tako na spodnji meji aktivnosti $0,03 \text{ Bq/kg}$. 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 vsebnosti tipično dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na koncentracije aktivnosti stroncija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 3 Bq/m^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč koncentracijski faktor $B_r = 0,06 \text{ m}^3/\text{kg}$) [25]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti v ribah do $0,17 \text{ Bq/kg}$ (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 eksponeno upadanje 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 redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Skupna aktivnost teh radionuklidov v letu 2019 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja od tritijeve. Cs-134 je bil v tekočinskih izpustih nazadnje izmerjen leta 2016. V zadnjih nekaj letih ni bil zaznan v okolju noben od naštetih radionuklidov. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu, Cs-134 pa v sedimentih leta 2002.

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 do 19 Bq/m³, Ra-226 do 32 Bq/m³, Pb-210 do 58 Bq/m³ in Ra-228 do 11 Bq/m³. Vrednosti so podobne izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracije aktivnosti K-40 so okrog 40 Bq/m³. Redno je bil izmerjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 do 40 Bq/kg, specifične aktivnosti Pb-210 pa so značilno višje, tudi do 140 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 350 Bq/m³ [15].

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 [24], revidirana pa v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [25]). V metodologiji so prepoznane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne skupine (referenčne osebe) za Slovenijo in Hrvaško. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj po Savi potekajoče prenosne poti, je bila izbrana kot referenca skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin. To so referenčne osebe, ki prejmejo dozo, značilno za bolj izpostavljene posameznike iz prebivalstva.

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK in nastanka akumulacijskega jezera je verjetno prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva sevanju. Sedanja ocena vplivov izpuščenih radionuklidov, ki je opisana v nadaljevanju, temelji na starih predpostavkah in ne vključuje spremenjenih hidravličnih parametrov.

Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo mešanje izpuščene radioaktivnosti v reko Savo popolno. 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 uporabljamo 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 jezusa. Stara lokacija je bila 7,7 km nizvodno od jezusa NEK.

V tabeli 1.1 je inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar je vhodni podatek pri oceni letne učinkovite 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 učinkovite doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri vnosu v telo niso pomembni.


Tabela 1.1: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2015, 2016, 2017, 2018 in 2019 [5]

Radionuklid	2015 (Bq na leto)	2016 (Bq na leto)	2017 (Bq na leto)	2018 (Bq na leto)	2019 (Bq na leto)
H-3	1,63E+13	1,99E+13	8,64E+12	1,05E+13	1,36E+13
C-14	1,21E+09	9,20E+09	1,25E+08	4,1E+07	8,76E+07
Na-24	–	–	–	–	–
Cr-51	–	–	–	–	–
Mn-54	–	–	–	4,57E+05	4,01E+04
Fe-55	5,63E+06	2,95E+06	2,02E+06	3,96E+06	4,25E+06
Fe-59	–	–	–	–	–
Co-57	–	–	–	–	–
Co-58	7,96E+06	2,22E+06	5,97E+05	3,40E+06	7,33E+06
Co-60	4,83E+06	2,36E+06	1,38E+06	2,00E+06	3,70E+06
Zn-65	–	–	–	–	–
Se-75	–	–	–	–	–
Sr-85	–	–	–	–	–
Sr-89	–	–	–	–	–
Sr-90	7,57E+04	6,51E+04	1,34E+05	4,43E+04	7,80E+04
Y-92	–	–	–	–	–
Zr-95	–	–	–	–	–
Nb-95	–	–	–	6,43E+05	–
Nb-97	–	–	–	–	–
Mo-99	–	–	–	–	–
Tc-99m	–	–	–	–	–
Kr-85	–	–	–	–	–
Kr-85m	–	–	–	–	–
Kr-87	–	–	–	–	–
Kr-88	–	–	–	–	–
Rb-88	–	–	–	–	–
Ru-103	–	–	–	–	–
Ru-106	–	–	–	–	–
Ag-110m	1,07E+07	3,17E+06	1,39E+06	1,96E+06	6,90E+06
Sn-113	–	–	–	–	–
Sb-124	–	–	–	–	–
Sb-125	–	–	7,04E+05	2,45E+06	–
Te-123m	–	–	–	–	–
Te-125m	–	–	–	–	–
Te-127m	–	–	–	–	–
Te-129m	–	–	–	–	–
Te-132	–	–	–	–	–
I-129	–	–	–	–	–
I-131	2,22E+06	2,01E+04	–	–	1,92E+05
I-132	–	–	–	–	–
I-133	3,32E+05	–	–	–	–
I-134	–	–	–	–	–
Cs-134	–	–	–	–	–
Cs-137	1,12E+06	1,71E+06	1,00E+06	1,99E+06	2,17E+06
Cs-136	–	–	–	–	–
Cs-138	–	–	–	–	–
Xe-131m	–	–	–	–	–
Xe-133	1,17E+08	9,33E+05	–	–	–
Xe-133m	–	–	–	–	–
Xe-135	1,30E+05	–	–	–	–
Xe-135m	–	–	–	–	–
Ba-140	–	–	–	–	–
La-140	–	–	–	–	–
Ce-141	–	–	–	–	–
Ce-144	7,20E+05	5,91E+05	–	–	–
Hg-203	–	–	–	–	–



Za izračun letne efektivne doze v letu 2019 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($208 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na lokaciji 350 m nizvodno od jeza NEK je (3 ± 2) in v Brežicah ($1,4 \pm 0,5$); dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2019, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah;
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta (9 g/m^3 , povprečje med meritvami v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem);
- predpostavka o maksimalno izpostavljenem posamezniku in ekstremni porabi (največja mogoča ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti za vnos izpuščenih radionuklidov sta za prebivalce v okolici NEK najpomembnejši zadrževanje 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 realna podmena zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*. Analizirano je tudi izpostavljanje pri kopanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, zato ni vključena v model.

V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčne osebe. 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, ki so bile uporabljene v metodologiji: 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).

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

	Referenčna oseba (povprečne navade)	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	–

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 $0,005 \mu\text{Sv}$. Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo (maksimalna poraba) $0,012 \mu\text{Sv}$ (tabela 1.4). Če bi upoštevali povprečne navade referenčne osebe, bi bile prejete efektivne doze še nekajkrat nižje. Največja negotovost izračuna letnih efektivnih doz izvira iz negotovosti koncentracijskih faktorjev B_r za ribe, saj se privzeti faktorji lahko spreminjajo tudi za red velikosti. Podobno slabo so poznane tudi negotovosti doznih faktorjev, ki so bistveno večji od merskih negotovosti.



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

Starostna skupina	Brežice
	Rečni breg in uživanje rib (zelo verjetna prenosna pot)
	Efektivna doza (μSv na leto)
odrasli (> 17 let)	0,0054 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0013 μSv Prispevek zaužitja rib: 0,0041 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,0018 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0007 μSv Prispevek zaužitja rib: 0,0012 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv

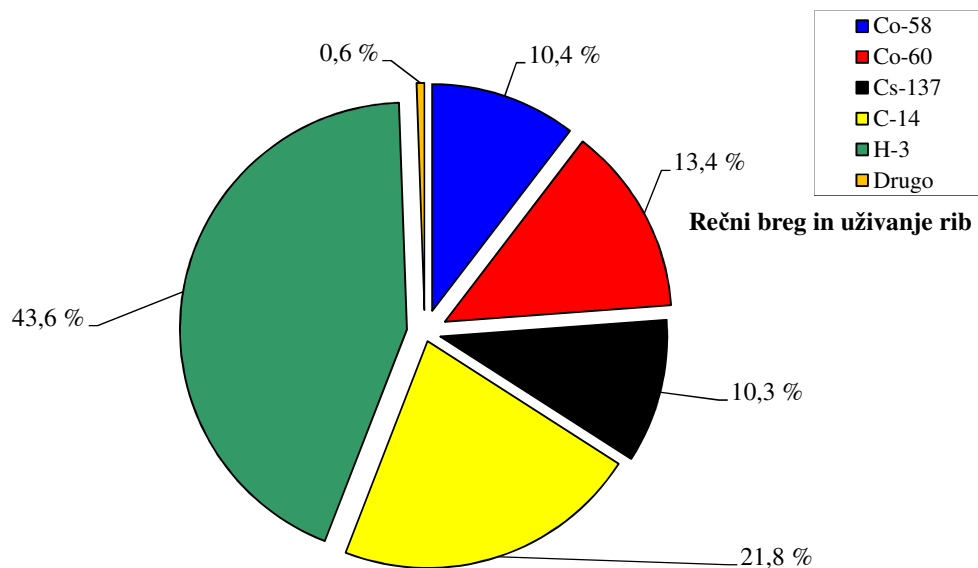
Tabela 1.4: Ocenjena efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK
	Rečni breg in uživanje rib (zelo verjetna prenosna pot)
	Efektivna doza (μSv na leto)
odrasli (> 17 let)	0,012 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,003 μSv Prispevek zaužitja rib: 0,009 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,0038 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0014 μSv Prispevek uživanja rib: 0,0025 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv

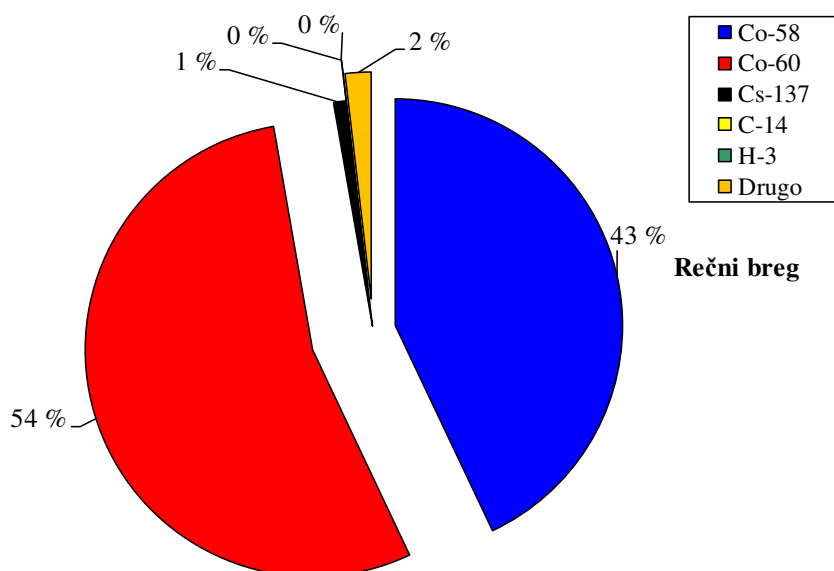
Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) v skladu s to oceno prejmejo še nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode (odrasla oseba v Brežicah 0,04 μSv). V poročilu *IJS-DP-10114* [25] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna in jo zato nismo upoštevali pri končnem vrednotenju izpostavljenosti.

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 uživanje rib).

H-3 največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (44 %, dominantno je zaužitje rib). V prispevku zadrževanja na bregu je praktično celotna obremenitev zaradi Co-60 in Co-58, in sicer 97 %. V prispevku pitja savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominantni prispevek H-3 skoraj 100 % in bi bila prejeta efektivna doza odraslega 350 m pod jezom NEK 0,08 μSv .



Slika 1.12: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni dozi (zadrževanje na rečnem bregu in zaužitje rib na lokaciji 350 m nizvodno od NEK). Največ prispeva H-3.



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



SKLEPI

Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK. Tekočinski izpusti tritija v reko Savo so bili v letu 2019 30 % višji kot v letu 2018, vendar primerljivi z dolgoletnim povprečjem. Tako so bile povprečne letne koncentracije H-3 na vseh odvzemnih mestih okrog 3 kBq/m³, kar je petkrat več od običajnega ozadja (okrog 0,6 kBq/m³). Navkljub merljivim vrednostim pa H-3 zaradi nizke radiotoksičnosti, le malo prispeva k efektivni dozi.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih umetnih radionuklidov v reko Savo je v okolju zanemarljiv in tudi večinoma nemerljiv, saj so prispevki neločljivi od njihovih siceršnjih 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, Cs-137, Co-58, Co-60, Ag-110m in I-131.

C-14 je bil merjen v okoljskih vzorcih (rečna voda, ribe). Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je vsaj 5 velikostnih redov nižja kot pri H-3. Zaradi razredčitve v Savi in glede na prisotnost C-14 v okolju, ga v mesečnih vzorcih nismo razločili od naravnega ozadja. Na odvzemnem mestu na desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice smo v posamičnih vzorcih savske vode zaznali oktobrske izpuste iz NEK, saj smo poleg povišane koncentracije aktivnosti H-3, zaznali tudi minimalno povišano koncentracijo aktivnosti I-131. Povišano koncentracijo aktivnosti Cs-137 v tem vzorcu lahko pripišemo dodatnemu onesnaženju reke, saj je bilo v tem vzorcu dvakrat več usedline, kot navadno. Navadna prisotnost Cs-137 v okolju je posledica globalne kontaminacije, jod I-131 v okolju pa je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Kobaltovih izotopov v okolju v letu 2019 nismo zaznali.

Spreminjanje koncentracije aktivnosti Sr-90 in Cs-137 v vzorcih obrežnih sedimentov nizvodno od NEK zelo verjetno ni posledica vpliva NEK, temveč naravnega premikanje sedimentov in morda tudi posegov v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2019 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da je izračunana letna efektivna doza referenčne skupine, na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti, nižja ali enaka 0,012 μSv na leto.





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 vode so vodonosniki, ki so v večji ali manjši meri povezani s Savo in padavinami. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2019 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo vpliv izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2019 se je nadaljevalo vzorčenje na vseh lokacijah, ki so bile v rabi tudi v letu 2018. Vzorcena je bila voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter iz podtalnice na Hrvaškem. V letu 2019 se je nadaljevalo vzorčenje v treh vrtinah v neposredni bližini akumulacijskega jezera HE Brežice. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila največkrat zaznana H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil večinoma pod mejo kvantifikacije, I-131 ni bil zaznan v nobenem vzorcu, drugi umetni radionuklidi prav tako ne. Iz izmerjenih povprečij mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov je bila ocenjena letna efektivna doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vzorčenih vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne efektivne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v pitni vodi so podobne kot v prejšnjih letih in so glede na celotno letno dozo zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi kvečjemu 0,22 % v brežiškem in 0,73 % v krškem vodovodu. Na podlagi izračunanih letnih efektivnih doz umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2019 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.

UVOD

Lokacije in obseg vzorčenja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [8]. Vodovod Ljubljana je referenčna lokacija in se redno analizira v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [16]. Izračun izpeljanih vrednosti koncentracij (IK) umetnih radionuklidov v pitni vodi je v *Uredbi o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji (UV2)* [9]. Z analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov ter iz tega sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni efektivni dozi prebivalcev zaradi obratovanja NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [8] 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, pri čemer sledimo navedbam v priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije. Iz izsledkov ankete med prebivalci v okolici NEK je razvidno, da povprečen odrasel prebivalec letno zaužije 0,40 m³. Realne doze so torej lahko tudi do polovice manjše, vendar ohranjamo prvotne izračune zaradi kontinuitete in primerljivosti z drugimi študijami.

Nadzorni jedrski poskusi ter nesreči v Černobilu in Fukushimi so od sredine preteklega stoletja vplivali na izpostavljenost prebivalstva antropogenim virom radioaktivnosti. V letu 2019 iz sveta ni bilo poročil o jedrskih neizodah, ki bi lahko vplivale na koncentracijo radioaktivnih snovi v pitni vodi v okolici NEK. Redni nadzor ni zaznal nenavadnih odmikov. Kontrolirani izpusti iz jedrskih in sevalnih objektov ter uporaba virov v medicini so naša realnost in glavni viri antropogenih snovi v okolju in s tem tudi v pitni vodi.

Med radionuklidi umetnega izvora je bil v letu 2019 v okviru merilnega nadzora, tako kot prejšnja leta, v vodi iz črpališč in vrtin poleg tritija izmerjen le še Sr-90. I-131 ni bil zaznan v nobenem vzorcu iz črpališč oziroma vrtin. 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 nekaj radioaktivnih snovi v reko Savo, ki vsaj delno napaja nekatere podzemne vodonosnike krško-brežiškega polja. Podzemna voda je na tem območju edini vir pitne vode. Savska prenosna pot torej seže tudi do pitne vode, zato je uveden nadzor pitne vode v okolici NEK.

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. V izpustih NEK zasledimo tudi merljive količine C-14, ki pa se v vzorcih vod ne meri.

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 lahko uporabimo tudi kot sledilce za študije transportnih procesov v naravi. Tritij je poleg C-14 eden najbolj uporabljanih radioaktivnih sledilcev. Tudi drugi radionuklidi so koristni pri opazovanju antropogenih vplivov na okolje. Tako lahko glede na prisotnost K-40 ocenimo obremenjenost okolja zaradi kmetijstva [35]. 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 vzorčenja

Obseg, način in pogostost vzorčenja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8]. 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.

Vzorčenje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2019 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, 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, levi breg Save, 3,2 km od Save; VT-1 in VT-2 (globina 200 m).

2. Posamični četrtletni vzorci:

- vodovod Krško (bencinski servis Petrol, Krško), levi breg Save;
- vodovod Brežice (bencinski servis Petrol, Brežice), desni breg Save;
- vrtina E1 znotraj vzhodne ograje NEK, ki je v izključitvenem območju, levi breg Save.

3. Posamični 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 (samo analiza tritija);
- vrtina V-7/77, levi breg Save, približno 3 km nizvodno od jezua NEK in približno 600 m od struge Save (samo analiza tritija);
- vrtina V-12/77, desni breg Save, približno 3,4 km nizvodno od jezua NEK in približno 300 m od struge Save (samo analiza tritija);
- 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 10–15 m).



4. Posamično letno vzorčenje na referenčni lokaciji

- vodovod Ljubljana (Osrednjeslovenska regija, republiški nadzor radioaktivnosti pitne vode [16]).

V črpališčih Brege, Rore, Brežice – Glogov Brod in na odzemnem mestu vodovoda 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. Na enem vzorčevalnem mestu pri uporabnikih (vodovod Brežice) se vzorčenje izvaja ročno, enkrat dnevno po 1,5 l vode. Na bencinskih servisih in iz vrtine E1 se odvzame posamični vzorec četrtletno. Iz vrtine VOP-4 se jemlje posamični mesečni vzorec na začetku tekočega meseca. Vzorčenje na Hrvaškem se opravlja na dveh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba. Posamična mesečna vzorčenja na začetku meseca in spektroskopske analize opravijo 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)* [8], so metode vzorčenja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je detekcijska meja za posamezne radionuklide pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo. Metode vzorčenja, 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 IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

V tabelah od T-28 do T-36 ter T-V1, T-V2, T-HE 12, T-HE 13, T-HE 14 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067, marec 2020* na priloženi zgoščenci so zbrani merski rezultati koncentracij aktivnosti radionuklidov v vseh zgoraj omenjenih vrtnah, vodovodih in črpališčih.

Tritij (H-3)

Tritij zavzema največji delež plinastih in tekočinskih radioaktivnih izpustov iz NEK, ki lahko vplivajo na stanje v podtalnici. Kemijsko je HTO molekula vode, kar pomeni, da je idealni sledilec za gibanje podzemnih vod.

Na sliki 2.1 so prikazane koncentracije aktivnosti H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK. Tudi v letu 2019 opazimo tri različne razrede vodovodnih vod na krško-brežiškem polju, ki so zajete v redni radiološki monitoring: najvišje in primerljive vrednosti dosegajo rezultati za črpališče Brege in Spodnji Stari Grad, najnižje in praktično konstantne vrednosti so bile izmerjene v vzorcih s črpališča Glogov Brod in vodovoda Brežice, medtem ko so koncentracije tritija v črpališču Rore med obema omenjenima skupinama.

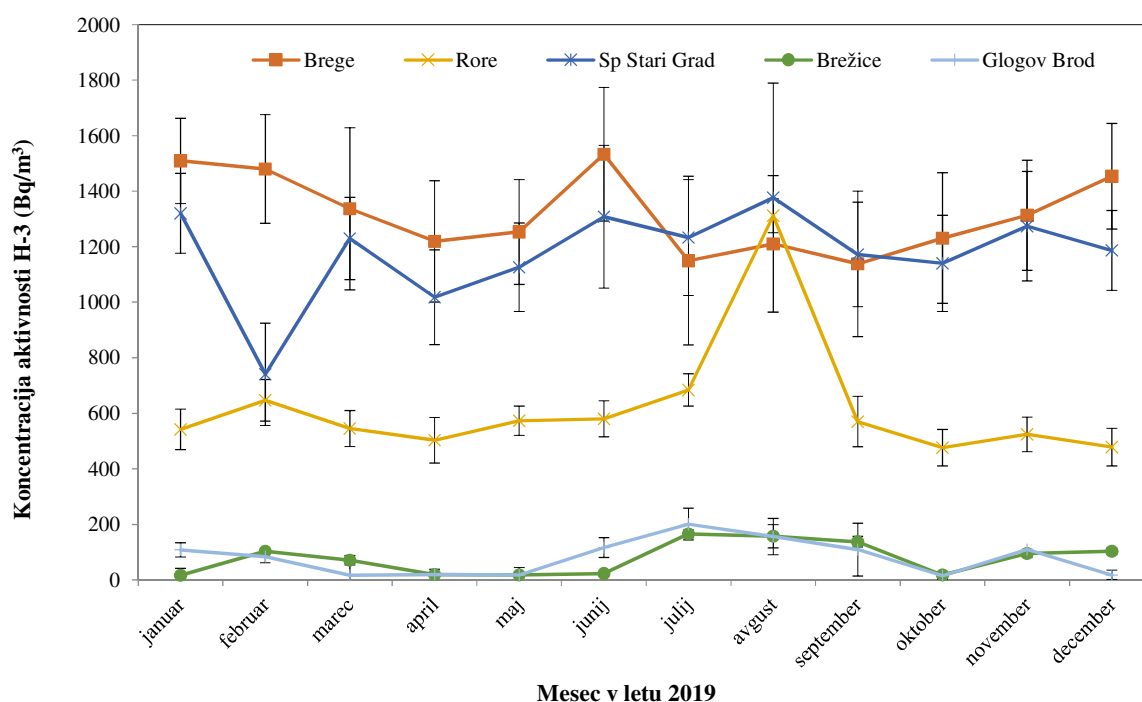
Koncentracije aktivnosti H-3 v vzorcih iz črpališča Brege in vodovoda Spodnji Stari Grad so bile v letu 2019 vseskozi primerljive, podobno kot že tudi leta 2017 in 2018. Izjema sta le rezultata za mesec februar, ko je vrednost za vzorec vodovoda Spodnji Stari Grad precej nižja in primerljiva z vrednostjo za vzorec s črpališča v Rorah. Rezultati za črpališče Brege in vodovod Spodnji Stari Grad se vse leto gibljejo v območju med 1 000 Bq/m³ in 1 500 Bq/m³, kar je manj kot v prejšnjih letih, ko so bile poletne vrednosti okrog 2500 Bq/m³. Poletni maksimum je samo zelo rahlo izražen. Vrednosti za ti dve vzorčevalni mesti so še vedno med najvišjimi v Sloveniji, kar lahko pripišemo vplivu NEK. Dosegajo manj kot dva odstotka mejne



vrednosti 100 Bq/L, ki je predpisana v *EU direktivi za pitne vode* [34]. Dovoljene koncentracije aktivnosti za pitno vodo so v nekaterih deželah še precej višje.

V letu 2019 sta se črpališče Glogov Brod in vodovod Brežice napajala iz istega vodonosnika, kjer prevladuje starejša voda z niskimi koncentracijami aktivnosti tritija. Vrednosti so praktično identične za obe vzorčevalni mesti, tako kot je bilo to leta 2017 in prej. Odklona, ki smo ga opazili v letu 2018 na črpališču Glogov Brod od februarja do septembra, ko je bila v oskrbo s pitno vodo vključena tudi vrtina VT-2, v letu 2019 nismo opazili.

Koncentracije aktivnosti tritija v vzorcih s črpališča Rore so bile v letu 2019 sorazmerno stabilne, okrog 555 Bq/m³, vpliva letnih časov ni videti, kar pomeni, da nimamo opraviti z večjim deležem meteornih vod. Izjema je mesec avgust, ko je koncentracija aktivnosti zelo podobna vrednostim za vzorca iz črpališča Brege in vodovoda Spodnji Stari Grad in doseže okoli 1300 Bq/m³.



Slika 2.1: Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2019

Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti tritija za mesečne vzorce z neprekinjenim vzorčenjem za leta od 2017 do 2019 so zbrana v tabeli 2.1. Potrjujejo tri razrede: črpališče Brege in vodovod Spodnji Stari Grad, vodovod Brežice in črpališče Glogov Brod ter črpališče Rore. Vidimo, da so vrednosti primerljive z letom 2017, leto 2018 je prineslo višje povprečje na treh vzorčnih mestih.

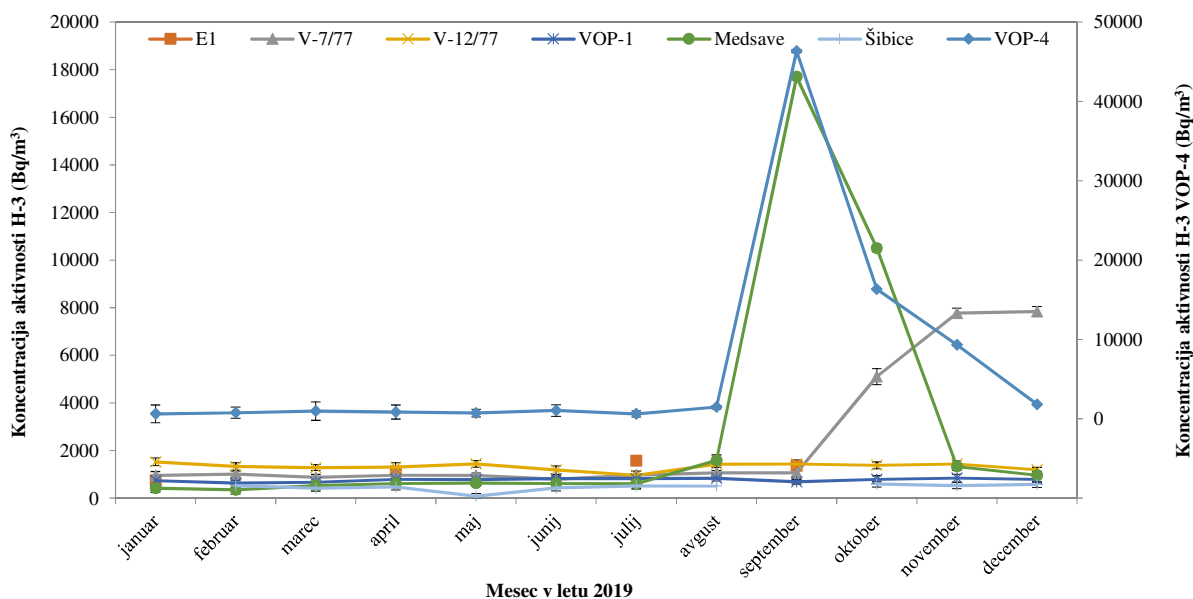
Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tudi v letu 2019 analizirana voda s po štirimi posamičnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah. Vrednosti za vodo iz brežiškega vodovoda so nizke; izračunana vrednost koncentracije aktivnosti je 50 Bq/m³. V vzorcih krškega vodovoda so vrednosti drugega velikostnega reda, v povprečju okrog 480 Bq/m³, kar je manj kot povprečje iz leta 2018 (620 Bq/m³). Obe vrednosti sta pod povprečno vrednostjo ali primerljivi s koncentracijami aktivnosti tritija v četrtletnih vzorcih v ljubljanskem vodovodu za leto 2019 ((500 ± 30) Bq/m³), posamičnima vrednostima v vzorcih iz Litije ((470 ± 60) Bq/m³) in Brezovice ((530 ± 70) Bq/m³), izmerjenih v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [16]. Rezultati posamičnih vzorcev so primerljivi z mesečnimi vrednostmi matičnih vodovodov. Krški Petrol je v dneh vzorčenja očitno prejemal vodo iz črpališča Rore. Vsi štirje rezultati za četrtletne posamične vzorce (tabeli T-28 in T-29) na obeh vzorčevalnih lokacijah so med seboj statistično primerljivi.



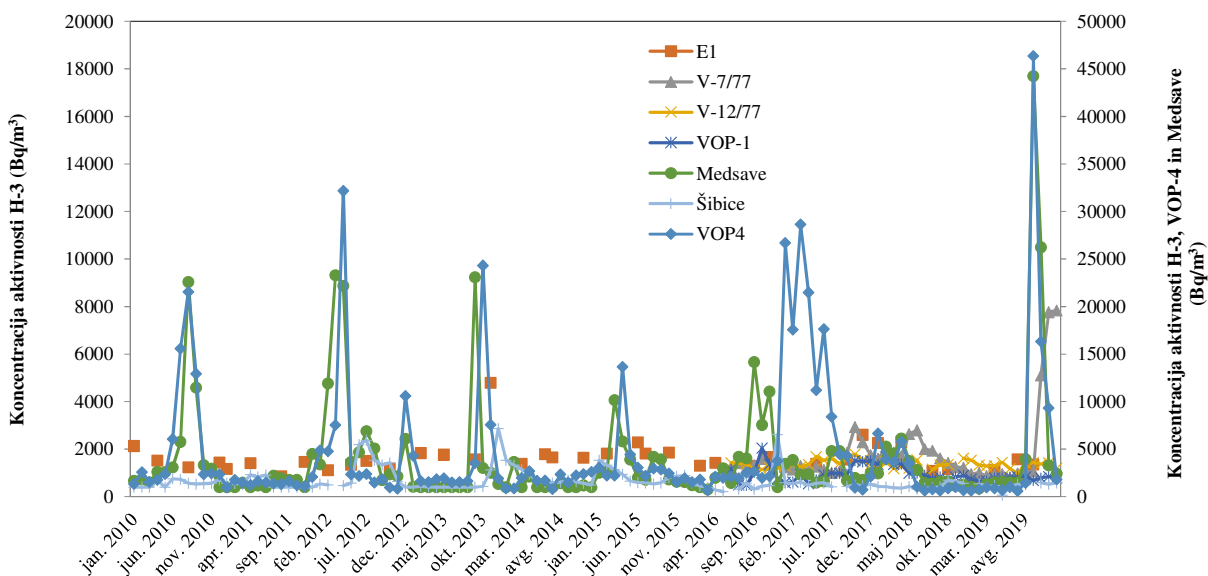
Tabela 2.1 Srednja vrednost koncentracije aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK za leta 2017, 2018 in 2019.

VZORČEVALNO MESTO	2019 (Bq/m ³)	2018 (Bq/m ³)	2017 (Bq/m ³)
ČRPALIŠČE BREGE	1319 ± 46	2043 ± 67	1846 ± 64
ČRPALIŠČE RORE	620 ± 24	600 ± 20	580 ± 22
VODOVOD SPODNJI STARI GRAD	1177 ± 41	2010 ± 61	1746 ± 59
VODOVOD BREŽICE	77 ± 8	83 ± 8	125 ± 11
ČRPALIŠČE BREŽICE	81 ± 18	250 ± 52	125 ± 21

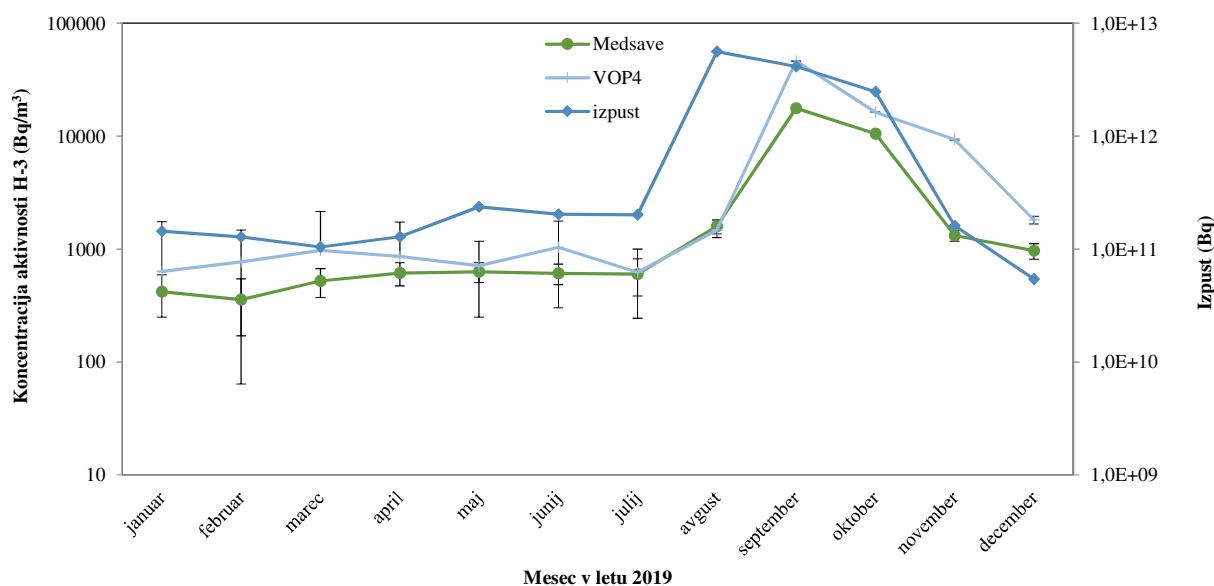
Zaradi nadzora izmenjave vode med Savo in podzemno vodo na krško-brežiškem polju se že od začetka obratovalnega merilnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK preverja stanje tritija v vrtinah. Te vrtine niso namenjene oskrbi prebivalcev s pitno vodo, ampak služijo le sledenju izpustov iz NEK. Vrtinama E1 za izključivnim območjem 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-1, V-7/77 in V-12/77. Mesečne koncentracije aktivnosti so prikazane na sliki 2.2. Vrednosti za VOP-4 so bile od julija 2018 do julija 2019 sorazmerno konstantne in nizke ($(790 \pm 150) \text{ Bq/m}^3$), v avgustu je koncentracija narasla in dosegla najvišjo izmerjeno vrednost v zadnjem desetletnem obdobju, in sicer s 46 kBq/m^3 . Podoben potek opazimo tudi v vrtini Medsave, vendar z nekoliko nižjimi vrednostmi; s povprečno koncentracijo aktivnosti od julija 2018 do julija 2019 ($(550 \pm 90) \text{ Bq/m}^3$) in maksimalno septembrsko vrednostjo $17,7 \text{ kBq/m}^3$. Oba vrhova sta zelo lepo korelirana z izpustom NEK, kar prikazuje slika 2.4. V ostalih opazovanih vrtinah so bile koncentracije aktivnosti celo leto konstantne, brez velikih odstopanj, v območju med 420 Bq/m^3 (Šibice) in $1\,570 \text{ Bq/m}^3$ (E1, V-12/77). Izjema je le vrtina V-7/77, ki sledi izpustu NEK z dvo- do trimesečno zakasnitvijo. Maksimalna vrednost je bila dosežena decembra ($(7\,840 \pm 650) \text{ Bq/m}^3$). Na sliki 2.3 so prikazani večletni rezultati za vse vrtine. Izrazita povečanja koncentracije aktivnosti v vrtinah VOP-4 in Medsave so se do leta 2016 časovno skladala. Zaradi priprave terena za akumulacijsko jezero HE Brežice so se v letu 2017 začela intenzivna zemeljska dela v bližini NEK in VOP-4. Vodonosnik je bil do junija 2017 dovzetnejši 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 bilo to obdobje povečanih tekočinskih izpustov iz NEK. Od februarja 2018 dalje je korelacija med vrtinama velika. Če smo še leta 2017 ugotavljali, da je povezava med VOP-4 in izpusti zapletenejša kot v primeru Medsave, ker je zatekanje ali dreniranje Save v vodonosnik ali iz njega v bližini vrtine VOP-4 zelo odvisno od vodostaja reke in njenega pretoka, je to po letu 2018 očitno drugače. Vodostaj Save je v bližini VOP-4 stalnejši in hidrološki režim zatekanja Save v podtalnico je stabilnejši. Izsledki meritev so torej skladni z novo hidrološko situacijo na krško-brežiškem polju. Novo akumulacijsko jezero za pregrado ima gladino 3 m višje od povprečnega rečnega vodostaja v preteklosti. Višina gladine je stalna. Jedrska elektrarna je očitno obdržala spremenjeni režim spuščanja tekočinskih izpustov v reko Savo, ki ga je uvedla v letu 2017. Tritijevih izpustov je manj kot leta 2015 in 2016 in več kot leta 2017, aktivnosti v posameznih izpustih so približno istega reda velikosti. Skupna aktivnost izpustov H-3 se je v letu 2018 povečala za 20 % glede na leto 2017 oziroma skoraj 30 % v letu 2019 glede na leto 2018, je pa v letu 2019 vseeno 1,6-krat manjša kot naprimer v letih 2007 in 2010.



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: Koncentracije aktivnosti tritija za obdobje 2002–2019 za vse vrtine, ki so vključene v nadzor



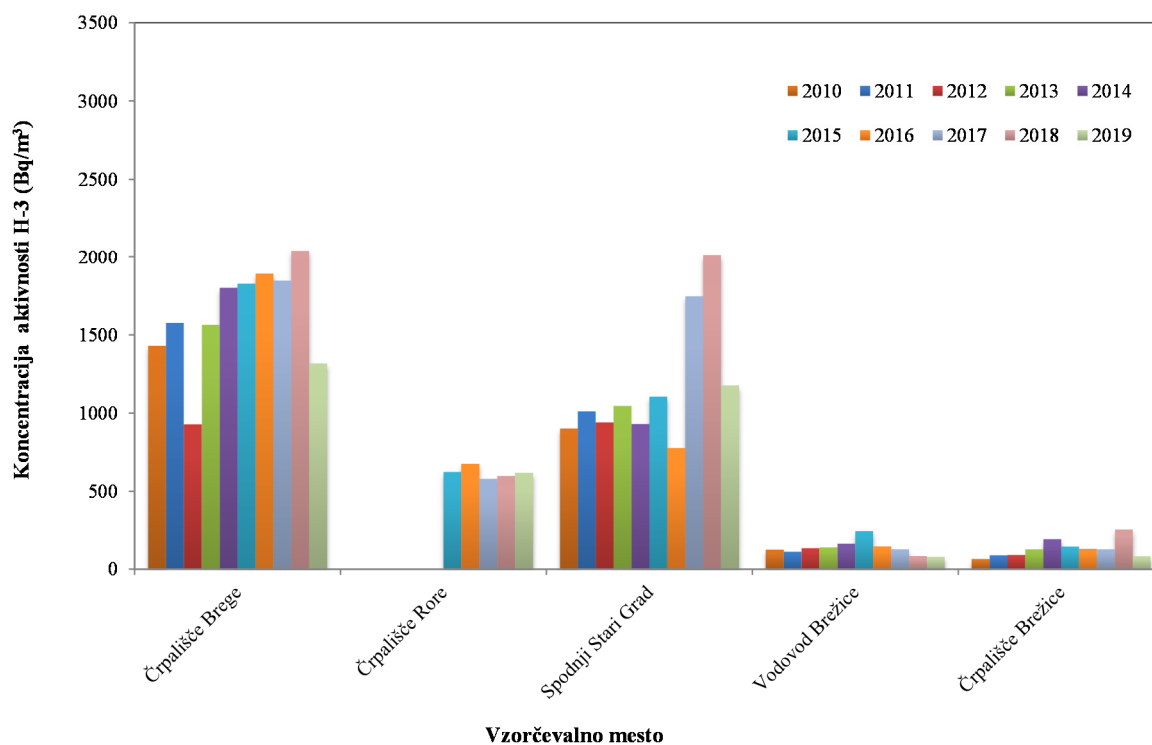
Slika 2.4: Koncentracije aktivnosti tritija v vrtinah VOP-4 in Medsave ter izpust NEK v letu 2019

Sliki 2.5. in 2.6 prikazujeta povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2010 do 2019 v Sloveniji in na Hrvaškem. Vrednosti za leto 2019 so za vodovode v štirih primerih nižje kot leta 2018 (slika 2.5), le za črpališče Rore je povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti za malenkost višja. Za podtalnice (slika 2.6) je bistvena razlika opazna le pri vrtini Medsave, kjer povprečje mesečnih koncentracij dosega območje vrednosti iz leta 2012.

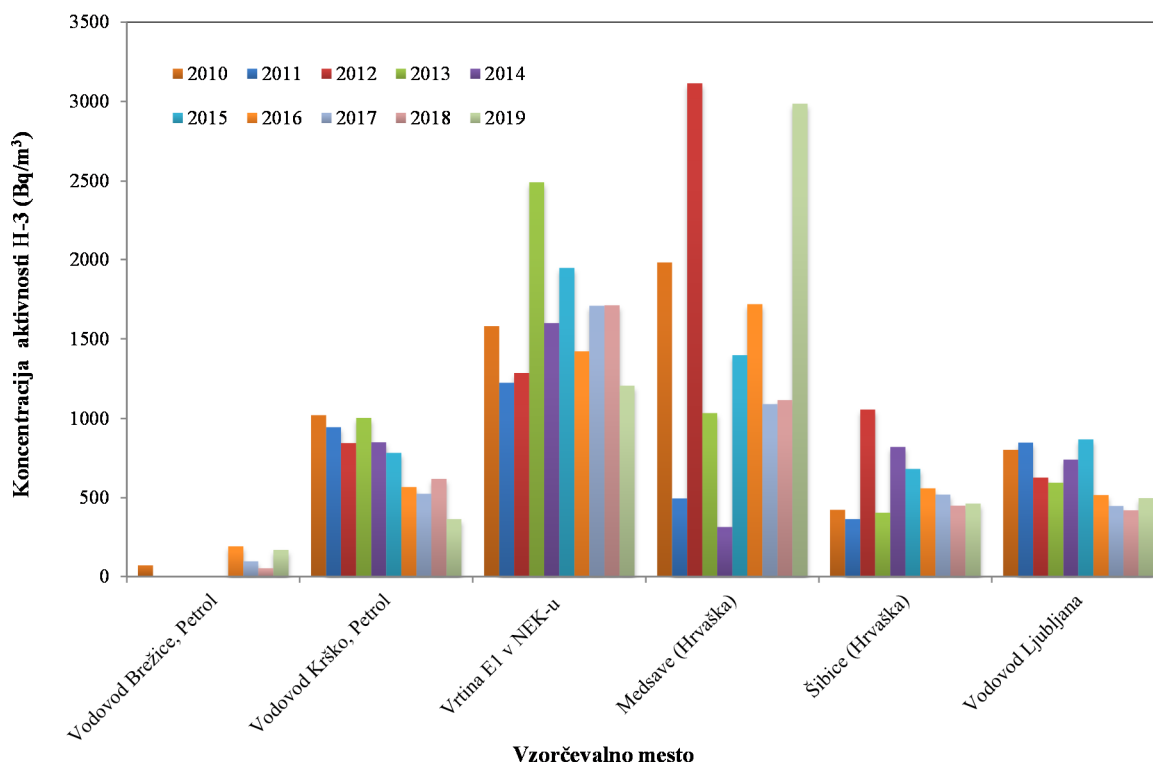
Cezij (Cs-137) in stroncij (Sr-90)

Med umetnimi radionuklidi smo pozorni predvsem na 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 pojavljata 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. Cs-137 se pojavlja samo še v 13 % vzorcev. Stroncij je bil izmerjen v približno 53 % vzorcev. Vrednosti oziroma deleži so nekoliko nižji kot v letu 2018. Rezultati za Sr-90 so prikazani na slikah od 2.7 do 2.10.

Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo $0,47 \text{ Bq/m}^3$, kar je manj kot leta 2018 in primerljivo z letom 2017. V brežiškem vodovodnem sistemu so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije. Vrednost za brežiški vodovod $0,11 \text{ Bq/m}^3$ je izpeljana iz detekcijskih mej. V ljubljanskem vodovodu je bila v letu 2019 izmerjena koncentracija aktivnosti stroncija $0,98 \text{ Bq/m}^3$, kar je več kot v vzorcih s krško-brežiškega polja. Večja povprečna koncentracija aktivnosti v Ljubljani je v obdobju 2010–2019 podana le za leto 2011. V posamično odvzetih četrtletnih vzorcih vode iz vodovoda Brežice so bile vse vrednosti okoli $0,25 \text{ Bq/m}^3$, v Krškem pa $0,42 \text{ Bq/m}^3$, kar je v primeru Brežic več, v primeru krškega vodovoda pa manj kot v zadnjih dveh letih. Korelacij z izpusti, pretoki ali padavinami ni opaziti.



Slika 2.5: Povprečna mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v vodovodih in črpališčih od leta 2010 do 2019 v okolici NEK



Slika 2.6: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2010 do 2019 v Sloveniji in na Hrvaškem

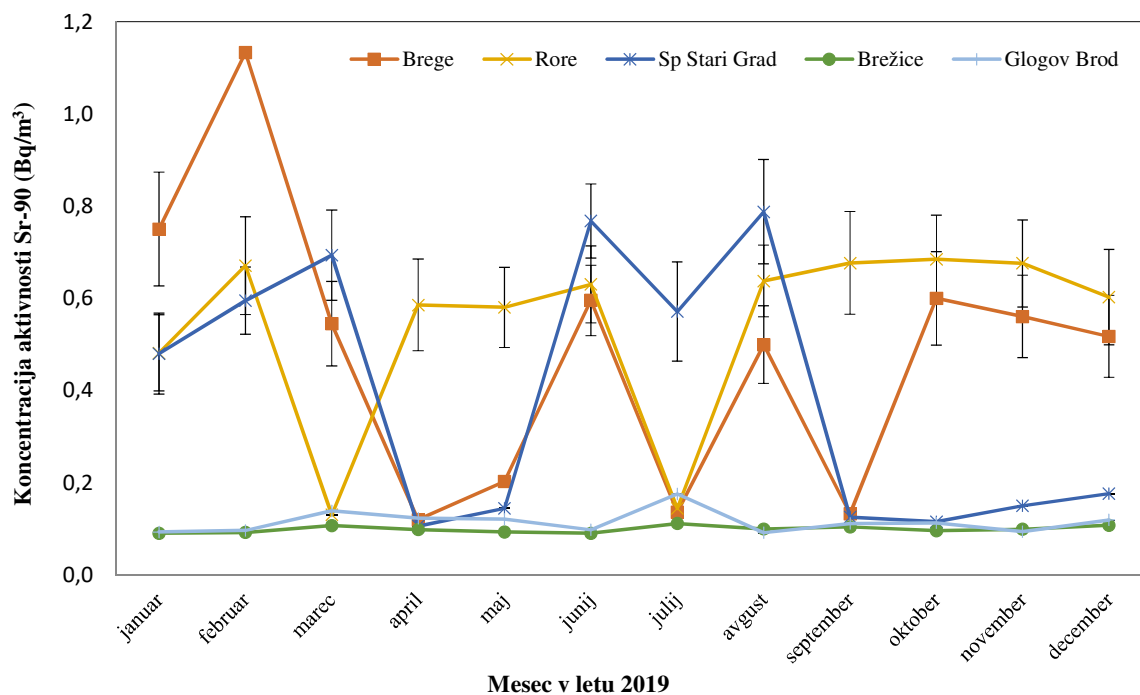


Tabela 2.2: Število vseh vzorcev, v katerih smo v okviru merilnega nadzora določali Cs-137 in Sr-90, in delež tistih, kjer so bile izmerjene vrednosti nad detekcijsko mejo

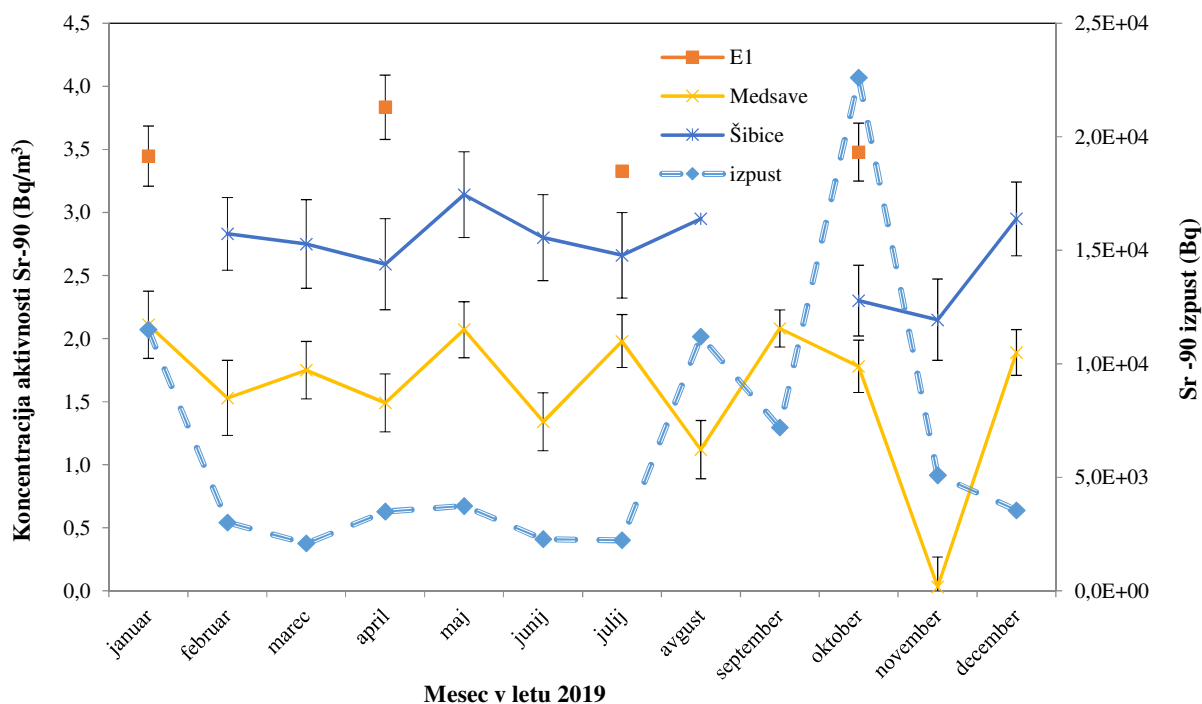
	št. mest	št vzorcev na leto	skupno število vzorcev	Cs-137	delež	Sr-90	delež
črpališča	5	12	60	7	0,12	23	0,38
vodovodi	2	4	8	2	0,25	3	0,38
vtine SLO	1	4	4	3	0,75	4	1,00
vtine HR	2	12	24	0	0,00	21	0,88
skupaj	10		96	12	0,13	51	0,53

*Dva vzorca od 24 nista bila analizirana.

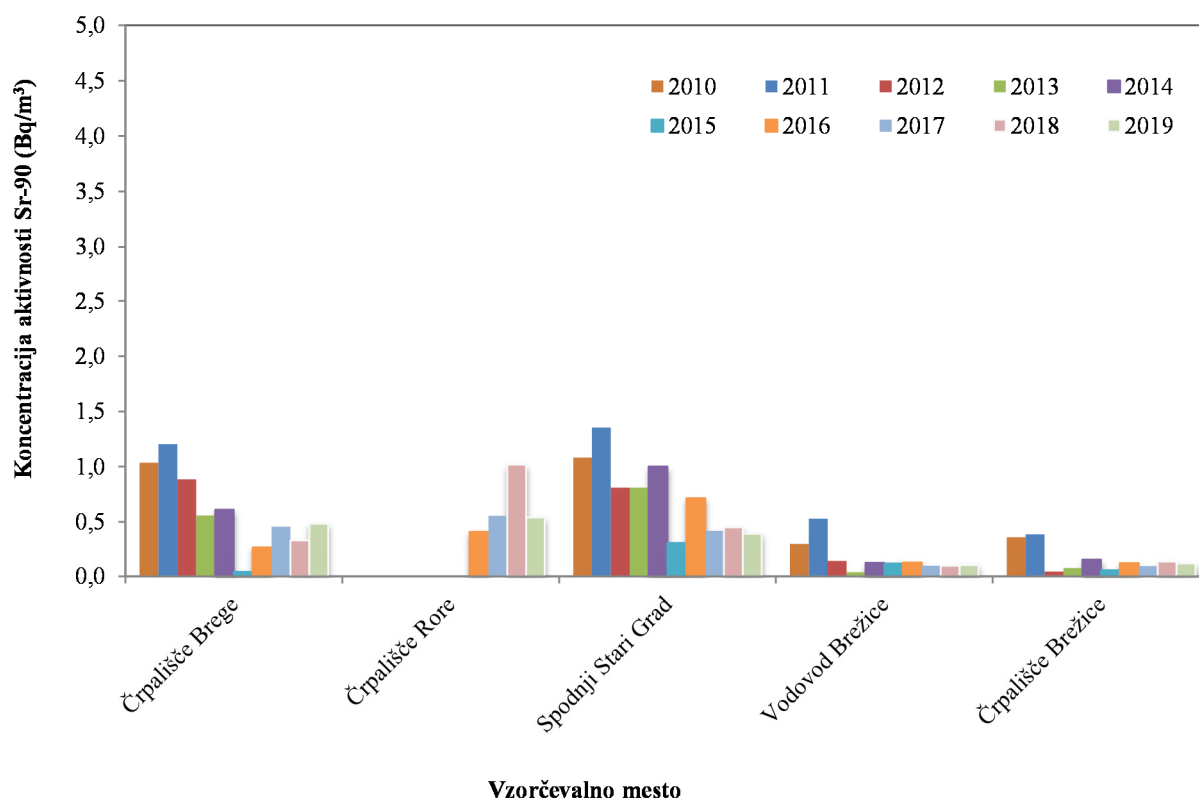
Na sliki 2.7 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov za leto 2019, pri čemer je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi najvišja februarja v črpališču Brege. V brežiškem vodovodu in črpališču Glogov Brod so vrednosti v vseh vzorcih pod mejo kvantifikacije in je vrednost definirana kot četrtina detekcijske meje. Enako stanje je še v 12 vzorcih oziroma tretjini vzorcev na preostalih treh lokacijah (črpališča Brege, Rore, Spodnji Stari Grad). Te vrednosti so na grafu podane brez pripadajočih negotovosti. V letu 2019 je Sr-90 največkrat izmerjen v vzorcih s črpališča Rore (9-krat), vrednosti so v istem merilnem območju kot za Brege in Spodnji Stari Grad. Korelacije s tekočinskimi izpusti NEK ni opaziti. V splošnem vrednosti od leta 2011 dalje padajo oziroma se počasi stabilizirajo, saj jih dandanes že v veliki meri določa občutljivost metode, kar lahko razberemo tudi iz slike 2.9 s povprečnimi letnimi koncentracijami za vodovode in črpališča. Za vsa tri vzorčna mesta, kjer je bil Sr-90 izmerjen, so vrednosti približno enake in primerljive oziroma nekoliko nižje kot v letu 2018.



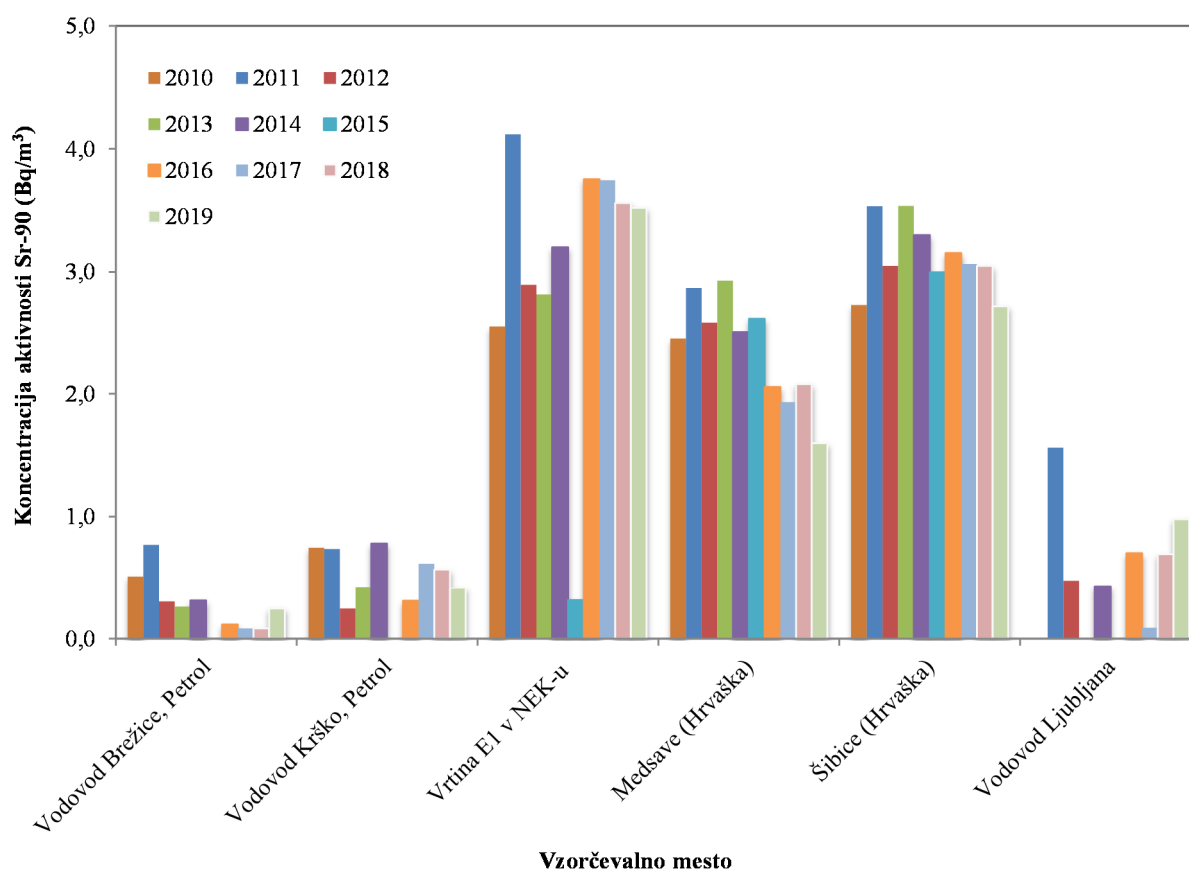
Slika 2.7: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2019



Slika 2.8: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih posamičnih vzorcih vrtin ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2019



Slika 2.9: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2010 do 2019



Slika 2.10: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2010 do 2019 v Sloveniji in na Hrvaškem

Na sliki 2.8 so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK in koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah in vrtini E1 znotraj ograje NEK. Najnižje vrednosti so bile izmerjene v vzorcih iz vrtine Medsave, najvišje pa v vrtini E1, vendar so vrednosti v vseh treh enakega velikostnega reda. Potek vrednosti v vrtinah se ne sklada z izpusti NEK. V vseh treh vrtinah se vrednosti med letom ne spreminjajo znatno. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 na sliki 2.10 je v vseh treh vrtinah nižje kot leta 2018, enako velja za povprečje posamičnih mesečnih vzorcev vodovoda Krško. Vrednosti Sr-90 so v letu 2019 nekoliko višje za vodovod Ljubljana in posamične vzorce vodovoda Brežice.

Jod (I-131) in aktivacijski ter fizijski produkti

Jod I-131 in drugi aktivacijski in fizijski produkti v letu 2019 v vzorcih vodovodov, črpališč in vrtin niso bili zaznani.

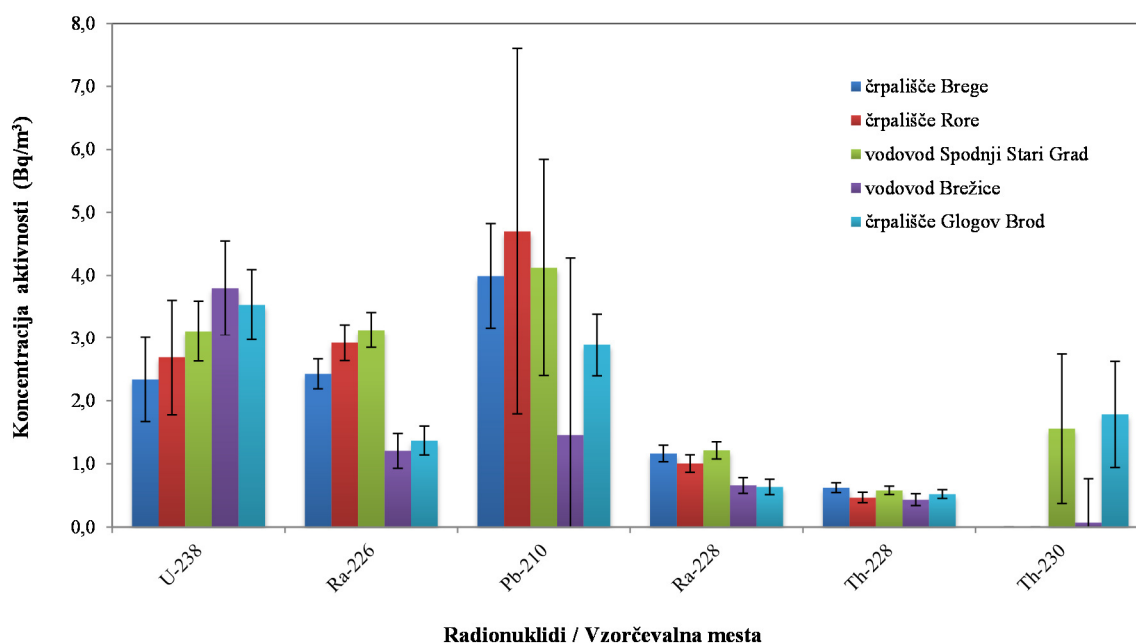
Naravni radionuklidi

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile leta 2019 izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so zelo podobne vrednostim iz leta 2018. Glede na K-40 lahko vodovode in črpališča razdelimo v dve skupini: v prvi sta črpališče Brege in Spodnji Stari Grad z vrednostmi okrog 70 Bq/m³, v drugi skupini pa preostala tri vzorčevalna mesta s povprečno vrednostjo okrog 25 Bq/m³. Višjo koncentracijo aktivnosti K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [36] in z neposrednim vplivom padavinskega useda in višjih vodostajev Save.



Na sliki 2.11 so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti nekaterih naravnih radionuklidov v krško-brežiških vodovodih in črpališčih. Če izvzamemo K-40, je v vzorcih ugotovljenega največ Pb-210 s povprečno vrednostjo okrog $3,4 \text{ Bq/m}^3$, sledita mu U-238 s približno 3 Bq/m^3 in Ra-226 z $2,2 \text{ Bq/m}^3$. Ra-228 in obeh torijeveh radionuklidov je znatno manj. Najvišje povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti za Pb-210 je bilo izračunano na črpališču Rore ($4,7 \pm 2,9 \text{ Bq/m}^3$), za U-238 pa v vodovodu Brežice, tako kot leta 2018, in sicer ($3,8 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$). Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-226 se gibljejo od $1,21 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $3,13 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Spodnji Stari Grad). Vrednosti za Pb-210 so bile v letu 2019 med vzorčevalnimi mesti bolj razpršene kot leta 2018. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-228 na črpališču Glogov Brod je bilo $0,64 \text{ Bq/m}^3$, na vodovodu Spodnji Stari Grad pa $1,22 \text{ Bq/m}^3$. Minimalne in maksimalne vrednosti se ne pojavljajo na istih vzorčevalnih mestih kot prejšnje leto.

Be-7 je bil izmerjen v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah: največkrat v vodovodu Spodnji Stari Grad (8) in najmanjkrat v črpališču Brege (5). Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Be-7 je bilo od $1,0 \text{ Bq/m}^3$ v Glogovem Brodu do $4,9 \text{ Bq/m}^3$ v črpališču Brege, v povprečju približno 3 Bq/m^3 .



Slika 2.11: Povprečne letne koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v letu 2019

OCENA VPLIVOV

Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. Iščemo torej korelacije med koncentracijami aktivnosti v okoljskih vzorcih in aktivnostmi izpustov iz NEK. V tekočih in plinastih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. Pregledali smo vse morebitne korelacije tako s tekočinskimi kot plinastimi izpusti. Povezava s tekočinskimi izpusti je v nekaterih primerih očitna in jo zato podrobneje obravnavamo tudi v poročilu. V letu 2019 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK $13,6 \text{ TBq}$, kar je približno 30 % več kot leta 2018, nekoliko več od desetletnega povprečja in 60 % manj od izpusta v letu 2007. Letni izpust H-3 v Savo je bil 30,2 % letne omejitve izpusta, postavljenega na 45 TBq . Največji tekočinski izpust H-3 je bil avgusta ($5,62 \text{ TBq}$).



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 2010 do 2019 je prikazana na sliki 2.6. Povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK je tudi v letu 2019 enakega velikostnega reda kot v preteklih letih.

V tabelah 2.3 in 2.4 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 (referenčna oseba) popije na leto 0,75 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ vode na leto. Te predpostavke so v rabi že vrsto let, povzete so po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije in privzete tudi pri pripravi Pravilnikov po EU. Glede na anketo, izvedeno med prebivalci iz bližine NEK, bi lahko za količino zaužite vode za odraslega človeka uporabili skoraj polovico manjšo količino (0,40 m³), kar pomeni, da bi bile tudi vse izračunane doze skoraj za polovico manjše. Ohranjamo dosedanje predpostavke in metodologijo, ki so skladne s priporočili Svetovne zdravstvene organizacije in dokumenti EU, s tem pa kontinuiteto in primerljivost z dosedanjimi podatki.

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 zaznani v izmerjenih vzorcih. 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. Slednji ne prispeva k dozi zaradi homeostatskega uravnavanja količine kalija v telesu.

Tabela 2.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslo referenčno osebo, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2019 za krške vodovode in črpališča.

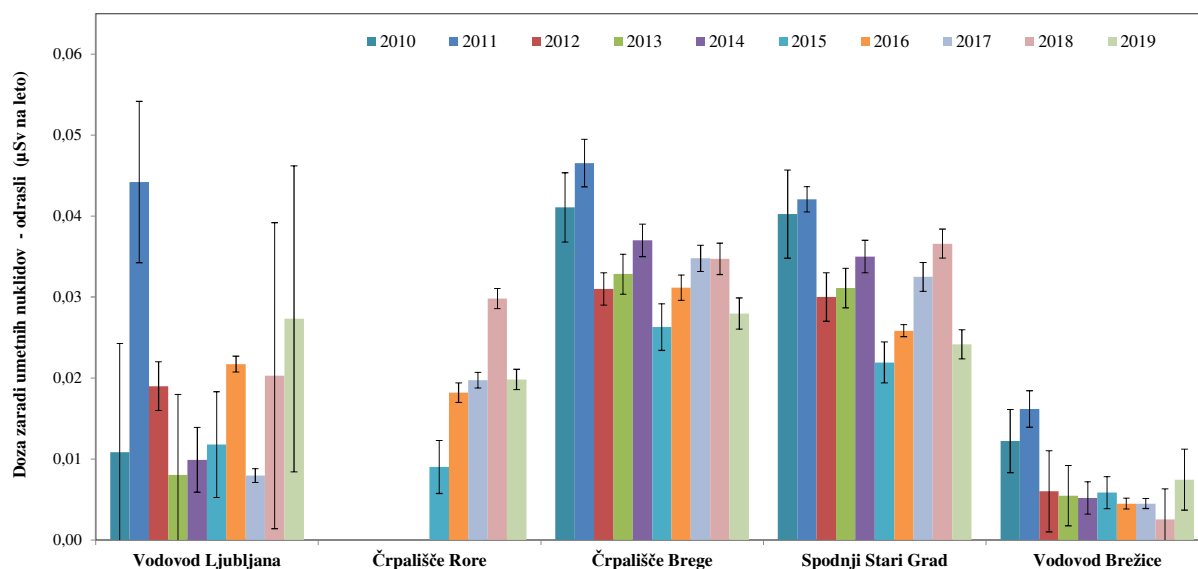
STAROSTNA SKUPINA	vrsta radionuklidov	vodovod Krško	Črpališče Brege	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)
ODRASLI	umetni	0,019 ± 0,003	0,028 ± 0,002	0,020 ± 0,001	0,024 ± 0,002
	naravni	3,4 ± 1,6	3,8 ± 1,2	3,9 ± 1,0	4,0 ± 0,6
	Vsota	3,4 ± 1,6	3,8 ± 1,2	3,9 ± 1,0	4,0 ± 0,6
OTROCI	umetni	0,016 ± 0,003	0,021 ± 0,002	0,016 ± 0,001	0,018 ± 0,002
	naravni	4,8 ± 2,1	5,5 ± 1,6	5,7 ± 1,2	5,9 ± 0,7
	vsota	4,8 ± 2,1	5,6 ± 1,6	5,7 ± 1,2	5,9 ± 0,7
DOJENČKI	umetni	0,042 ± 0,010	0,051 ± 0,005	0,043 ± 0,003	0,043 ± 0,005
	naravni	19,9 ± 7,0	24,2 ± 5,3	23,9 ± 4,2	25,5 ± 2,6
	vsota	19,9 ± 7,0	24,2 ± 5,3	23,9 ± 4,2	25,6 ± 2,6



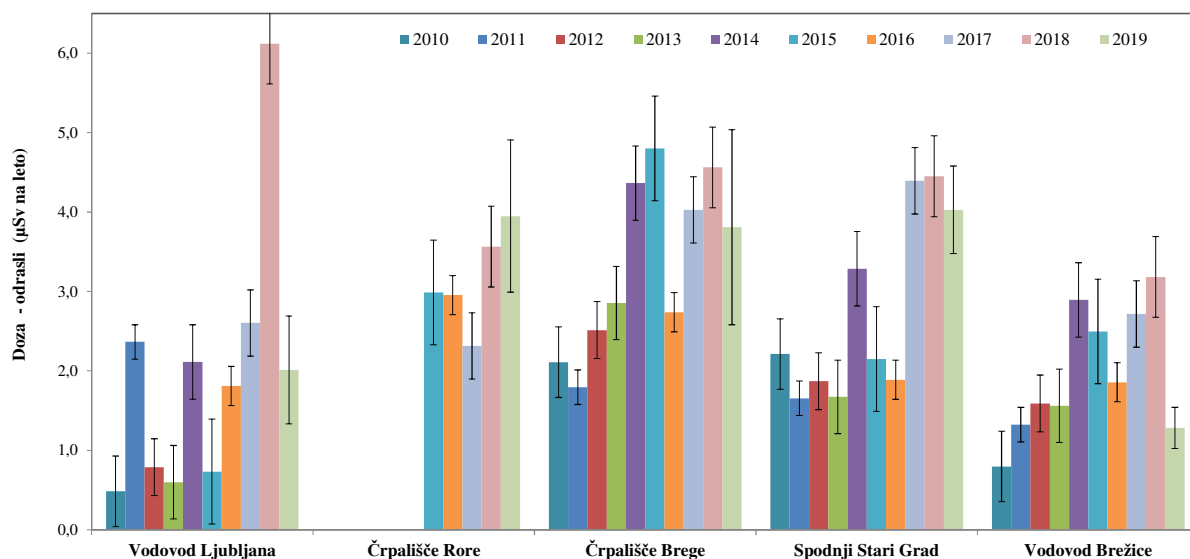
Tabela 2.4: Izračunane letne učinkovite doze za odraslo referenčno osebo, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2019 za brežiške vodovode in črpališča.

STAROSTNA SKUPINA	vrsta radionuklidov	vodovod Brežice	Vodovod Brežice (Volčanšek)	Črpališča Brežice (Glogov Brod)
		Letna učinkovita doza (μSv)		
ODRASLI	za umetne radionuklide	0,0025 \pm 0,0003	0,003 \pm 0,0002	0,004 \pm 0,000
	za naravne radionuklide	1,1 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	2,5 \pm 0,4
	vsota	1,1 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	2,5 \pm 0,4
OTROCI	za umetne radionuklide	0,0022 \pm 0,0001	0,0027 \pm 0,0001	0,003 \pm 0,000
	za naravne radionuklide	1,7 \pm 0,3	2,6 \pm 0,3	3,6 \pm 0,5
	vsota	1,7 \pm 0,3	2,6 \pm 0,3	3,6 \pm 0,5
DOJENČKI	za umetne radionuklide	0,0059 \pm 0,0003	0,007 \pm 0,000	0,008 \pm 0,001
	za naravne radionuklide	7,8 \pm 1,5	11,9 \pm 1,4	15,4 \pm 1,8
	vsota	7,8 \pm 1,5	12,0 \pm 1,4	15,4 \pm 1,8

V tabelah 2.3 in 2.4 so ocene letnih učinkoviten doz za odrasle, otroke in dojenčke zaradi pitja vode iz krških in brežiških vodovodov oziroma črpališč. Poglejmo si nekaj povprečij za odraslo referenčno osebo. Zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodooskrbnem sistemu prejme referenčna oseba 0,024 μSv . Od naravnih radionuklidov k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V brežiškem vodovodnem sistemu je ocenjena povprečna letna učinkovita doza v letu 2019 za referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov 0,003 μSv . Celotna povprečna ocenjena letna doza za referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je 1,7 μSv v vodovodu Brežice in 2,5 μSv na črpališču Glogov Brod. Od naravnih radionuklidov tudi tu k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V krškem vodovodnem sistemu je prispevek umetnih radionuklidov približno sedemkrat višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. Razlog je črpanje krške pitne vode iz vodonosnika, ki se delno napaja iz Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na 0,03 μSv na leto za odraslo referenčno osebo, kar je 1,4 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov (2,0 μSv) v pitni vodi. V letu 2019 je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi v Ljubljani višji kot v vodovodih krško-brežiškega polja. Celotna ocenjena letna doza je za Ljubljančane približno dvakrat manjša kot za prebivalce Brežic ali Krškega. Poudariti velja, da je letna učinkovita doza za odraslo referenčno osebo zaradi vnosa naravnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode, enako kot pri vnosu hrane, vključena v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).



Slika 2.12: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih desetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 2.13: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih desetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah

Na sliki 2.12 je prikazana primerjava ocenjenih letnih efektivnih doz za odraslo referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v črpališčih Brege in Rore ter vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice. Slika 2.13 je podobna, le da gre za ocenjene letne efektivne doze za odraslo referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi. Čeprav so koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, prispevajo naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevajo k celotni ocenjeni dozi Ra-226, Pb-210 in Ra-228. Že iz velikostnega reda doz na slikah 2.12 in 2.13 razberemo, da je prispevek



umetnih radionuklidov 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. Med vrednostmi za umetne in naravne radionuklide sta v splošnem dva velikostna razreda razlike.

SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2019 izmerjena H-3 in Sr-90. Cs-137 je bil večinoma zaznan, ne pa tudi izmerjen, ker so bile vrednosti pod mejo kvantifikacije. I-131 v letu 2019 ni bil zaznan v nobenem vzorcu vodovodnih oziroma podzemnih vod.

Koncentracije aktivnosti tritija v pitni vodi v okolici NEK so istega velikostnega reda 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 slaba 2 % mejnih vrednosti EU-direktive za pitne vode.

Spremenjen hidrološki režim na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice vpliva na vrednosti v nekaterih vrtinah. V letu 2019 je bila v vrtini VOP-4 izmerjena najvišja koncentracija aktivnosti tritija v obdobju zadnjih desetih let (46 kBq/m^3). To je še vedno le slaba polovica izpeljane koncentracije aktivnosti po EU direktivi za pitne vode. Poudariti velja, da voda iz vrtin ni namenjena pitju, primerjava z mejnimi vrednostmi je le informativne narave. Koncentracije aktivnosti tritija v VOP-4 in vrtini Medsave so dobro korelirane med seboj in z izpusti iz NEK. Tudi vrtina V-7/77 sledi izpustom NEK, samo z večjo zakasnitvijo.

Največja ocenjena letna efektivna doza v okolici NEK v letu 2019 zaradi pitja vodovodne vode je bila na krško-brežiškem polju izračunana za vodovod Spodnji Stari Grad ($4,0 \mu\text{Sv}$ za odraslo referenčno osebo, $5,9 \mu\text{Sv}$ za otroke in $26,0 \mu\text{Sv}$ za dojenčke). Vrednosti so nekoliko nižje kot v letu 2018. Praktično vsa obremenitev gre na račun naravnih radionuklidov. Umetni radionuklidi prispevajo k obremenitvi kvečjemu delež 0,73 %, kar je podoben delež kot leta 2018. Za otroke je ta delež in dojenčke še manjši.

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2019 je $2,0 \mu\text{Sv}$ za odraslo referenčno osebo, $3,3 \mu\text{Sv}$ za otroka in $16 \mu\text{Sv}$ za dojenčka, kar je približno trikrat manj kot v letu 2018 in primerljivo z letnimi dozami prebivalcev Brežic in za faktor 2 manj kot za prebivalce Krškega. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je ocenjena na 1,4 % celotne izračunane letne doze zaradi radionuklidov v pitni vodi za odraslo referenčno osebo.

Ocenjene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov v pitni vodi v brežiškem in krškem vodnooskrbnem sistemu so daleč pod izpeljanimi vrednostmi za mejne koncentracije, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne efektivne doze $100 \mu\text{Sv}$ na leto [9] in daleč pod avtoriziranimi mejnimi dozami ($50 \mu\text{Sv}$).



3 RADIOAKTIVNOST V USEDIH

POVZETEK

Pregledali smo 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 2019 je bilo izmerjenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analize tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda z meritvami na porcionalnem števcu.

V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili, kot leta poprej, izmerjeni radionuklidi H-3, Be-7, Na-22, Cs-137, Sr-90, U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228 in K-40. Izmerjene koncentracije aktivnosti usedov se ne odmikajo bistveno od dolgoletnih povprečij. Študirali smo korelacije med parametri, kot so količina padavin, koncentracija aktivnosti radionuklidov, padavinski in suhi used in neposredni zračni izpusti iz jedrske elektrarne. Podatke smo primerjali z večletnimi nizi in iskali morebitne odmike od dolgoletnih povprečij. V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti jedrske elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju, razen pri H-3. Pri tritiju se opazi, da je koncentracija aktivnosti H-3 v Bregah in v Krškem na vsakoletni ravni višja kot na referenčnih mestih v Ljubljani in Dobovi, kar bi lahko pripisali izpustom iz NEK. To sklepamo na podlagi korelacijskih koeficientov med izmerjeno koncentracijo H-3 in zračnimi izpusti, ki v letu 2019 za vzorčevalno mesto Brege kažeje na korelacijo, za referenčno vzorčevalno mesto v Ljubljani pa ne.

Izračunali efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja useda in zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi za referenčno osebo v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK k skupni dozi je 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 *Zrak*) ter padavinske vzorce. Lovilniki padavin so postavljeni v bližini jedrskega objekta (Krško, Brege, Dobova) in na referenčni lokaciji v Ljubljani. 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 bistveni 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, vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užitnimi deli v prehransko verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, to pa 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 tolikšnih količinah, da jih lahko merimo tudi v okoljskih vzorcih. Del tritijevega inventarja v ozračju prispevajo tudi različne industrijske panoge, ki ga uporabljajo H-3 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. Vrednosti se dandanes počasi približujejo ravni iz predjedrske dobe. Tritij je sicer tudi kozmogen radionuklid in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. 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 2019 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni H-3, umetni radionuklidi Cs-137, Sr-90, 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 vzorčenja

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

Lovilniki padavin so postavljeni v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (IJS). Instrument sestavljata lijak in neprozoren 50-litrski plastični sod, 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 odčitava dnevno, 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 IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

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 2019, IJS-DP-13067*, marec 2020.

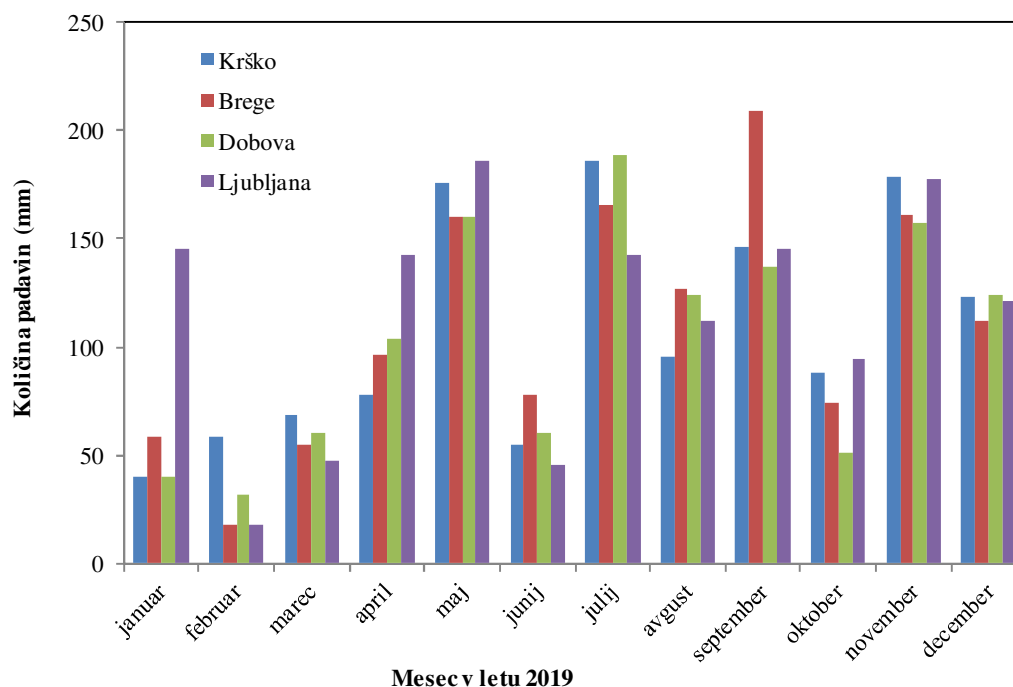
V vzorcih padavin so bili ugotovljeni H-3, Be-7, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza Y-90 ni bila opravljena, zato so v merskih tabelah podane koncentracije aktivnosti Sr-89/Sr-90, čeprav praktično ni možnosti, da bi bil v vzorcju tudi Sr-89, saj ta kratkoživi radionuklid v izpustih NEK v letu 2019, podobno kot v prejšnjih letih, ni bil zaznan.



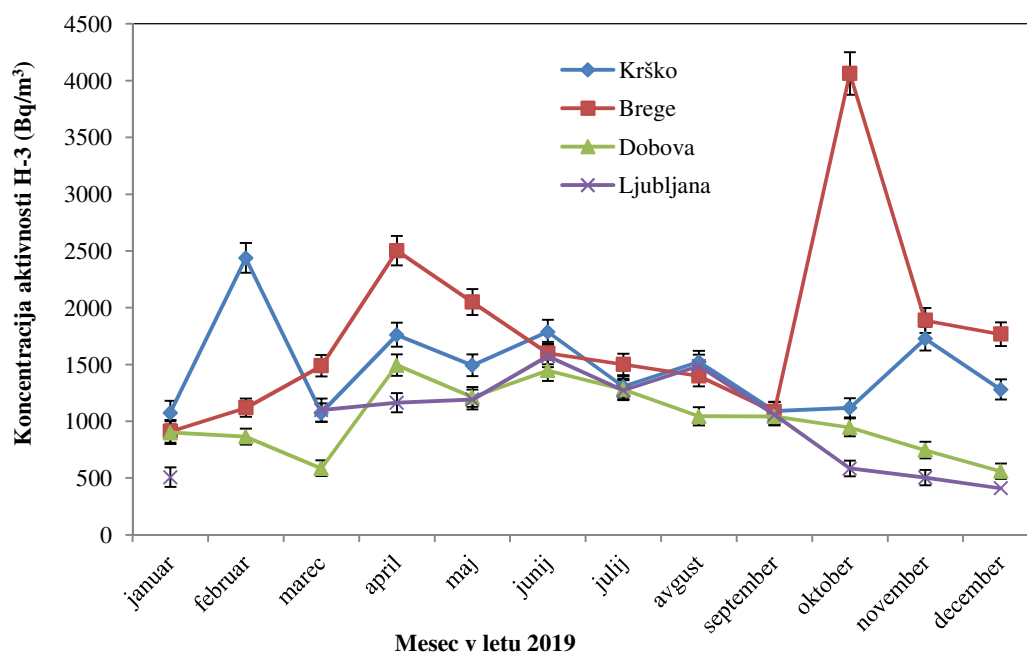
V tabeli 3.1 so izpisani meseci, v katerih smo izmerili maksimalno koncentracijo aktivnosti za posamezen radionuklid. Na vzorčevalnih mestih v okolici NEK je bil za tritij najvišji izmerek meseca oktobra v Bregah, sledita mu izmerka v Krškem v februarju in v Dobovi v aprilu. V Ljubljani je bila najvišja vrednost za tritij v mesecu juniju. Največ, kar 8 od 16, vzorcev z maksimalnimi koncentracijami drugih štirih obravnavanih radionuklidov, je iz zimskih mesecev. Najvišje koncentracije se pojavljajo v februarju, ko je bila tudi najmanjša količina padavin. Na lokacijah v okolici NEK, z izjemo Breg in v Ljubljani so bile najvišje koncentracije aktivnosti Be-7 izmerjene v poletnem času, za Brege pa v februarju. Sr-90 je v letu 2019 izzzvet 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 2019

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



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 mesecu februarju zaradi premajhnega vzorca padavin v Ljubljani ni bilo mogoče izvesti analize H-3.

V letu 2019 je bila količina padavin na letni ravni v Ljubljani primerljiva s količino padavin v letu 2018, usklajena je s termini vzorčenj. Količina padavin v Bregah (meteorološka merilna postaja na letališču Cerklje na Dolenjskem), Krškem in Dobovi pa je bila za približno 20 % večja od leta poprej. Največ dežja je padlo v Bregah, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 358 mm), ampak primerljivo s povprečjem v okolici NEK. Mesec februar je bil izrazito suh na večini vzorčevalnih mest. 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. Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti so primerljiva s povprečjem mesečnih koncentracij v letu 2018. Zračni izpusti v letu 2019 so bili za polovico nižji kot v prejšnjem letu. Največji zračni izpust tritija, 31 % celoletnega zračnega izpusta, je bil v mesecu oktobru.

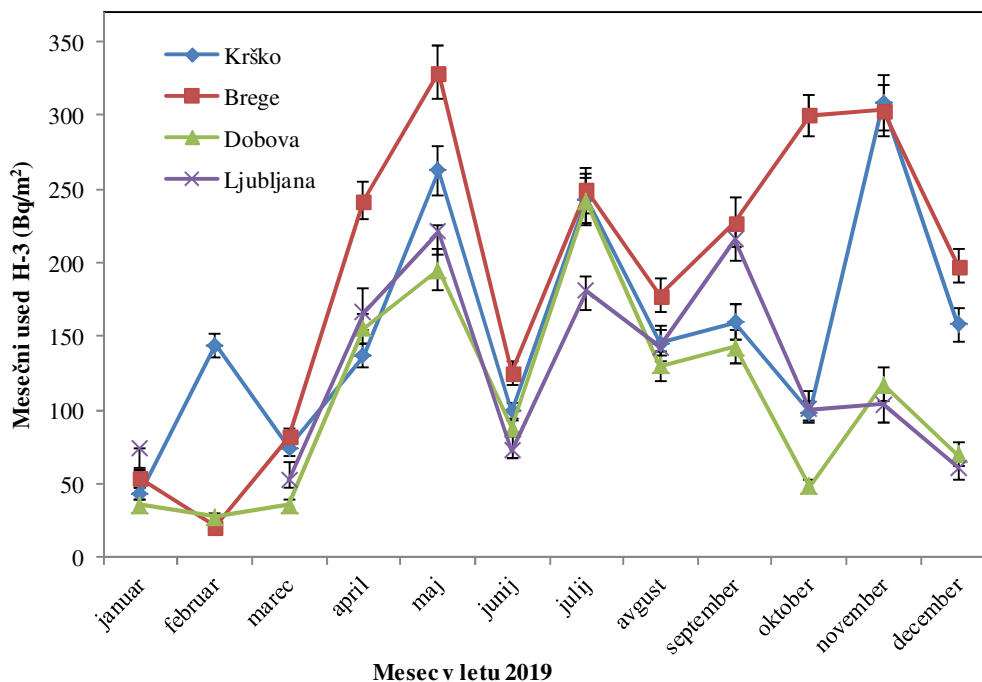
V oktobru je bila koncentracija tritija v Bregah višja od povprečne vrednosti, kar se sklada z zračnimi izpusti, ki so bili v oktobru štirikrat večji od letnega povprečja. Zveza med zračnimi izpusti in izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 je letos zaznana le v Bregah, merilo za korelacijo je vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [37], ki ima vrednost 0,7. Na ostalih vzorčevalnih mestih, vključno z Ljubljano, je koeficient korelacije negativen oziroma blizu ničle, kar kaže na to, da ni povezave. Najvišja mesečna koncentracija tritija v padavinskih vzorcih v okolici NEK je bila v mesecu oktobru izmerjena v Bregah, najmanjša pa decembra v Dobovi. Na referenčni lokaciji v Ljubljani so bile vrednosti primerljive z izmerjenimi vrednostmi v Dobovi. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo običajnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi. Izjema so koncentracije aktivnosti na lokacijah v Bregah in Krškem, 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 usesti H-3 za

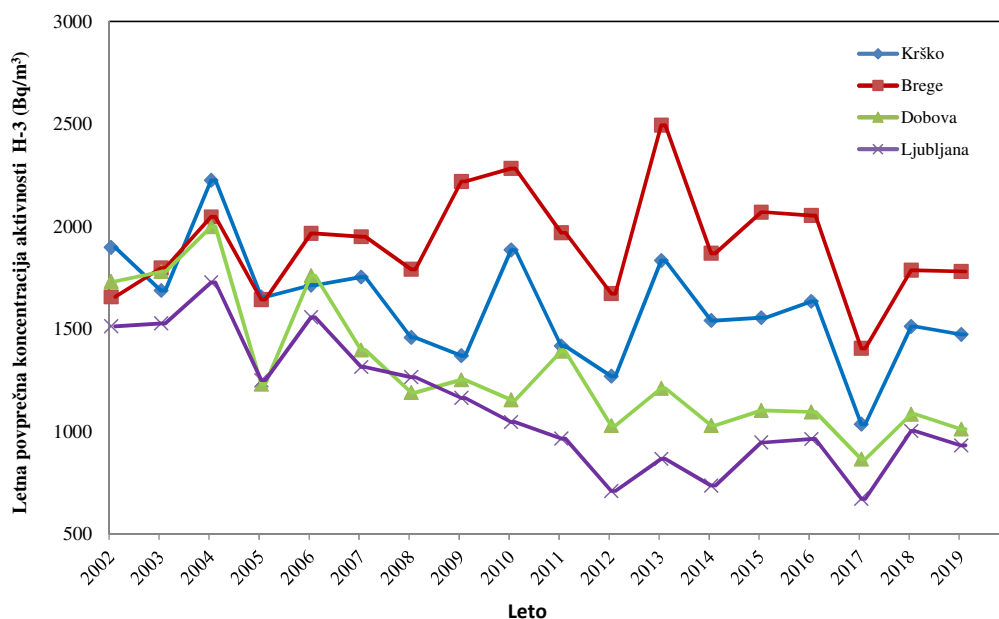


vsa štiri vzorčevalna mesta: Ljubljano, Brege, Krško in Dobovo. Časovni poteki za lokacije v okolici NEK so primerljivi s potekom na ljubljanski referenčni lokaciji.

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. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti za leto 2019 je bilo na vseh lokacijah nižja kot v letu 2018; 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 2006–2019



Vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v neposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so v Bregah in Krškem vsako leto nad vrednostmi v Dobovi in Ljubljani. V mesecih z majhnimi količinami padavin je korelacija med izpusti in koncentracijami aktivnosti izrazitejša. Izrazito sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, ne nujno vedno v istem letnem času.

Sezonska nihanja tritija ponazarja tabela 3.2, kjer so nanizani rezultati linearne regresije in sicer smerni koeficienti korelacij in korelacijski koeficient R^2 med količino padavin in padavinskimi 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 nezaznaven, so poleti ti koeficienti višji kot pozimi, kar pomeni, da je prenos tritija iz ozračja v padavinske usede učinkovitejši poleti kot pozimi.

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 3.7).

Berilij (Be-7)

Be-7 je kozmogeni radionuklid, kar pomeni, da naravno nastaja v zgornjem delu atmosfere v jedrskih reakcijah med visokoenergijskimi kozmičnimi žarki in dušikom [38], [39]. Od tam prehaja na spodnje plasti zemeljskega ozračja in površje.

V tabeli 3.3 so prikazana letna povprečja padavinskega useda Be-7 v okolici NEK in na referenčnem merilnem mestu v Ljubljani.

Ogljik (C-14)

C-14 ni vključen v program meritev padavinskih vzorcev.

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 2019

	pomlad–poletje		jesen–zima	
	smerni koeficient	R^2	smerni koeficient	R^2
Ljubljana	1,2	1,0	0,9	0,3
Brege	1,8	0,8	1,2	0,6
Krško	1,3	0,9	1,4	0,8
Dobova	1,3	0,9	0,8	0,8

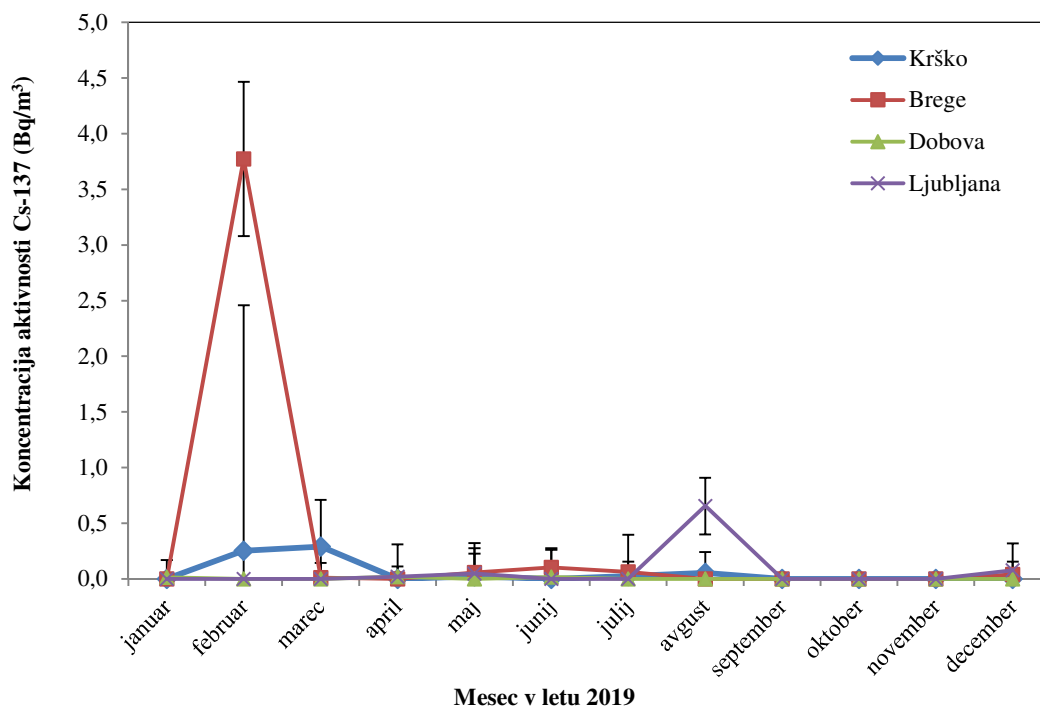


Tabela 3.3: Povprečni letni padavinski used Be-7

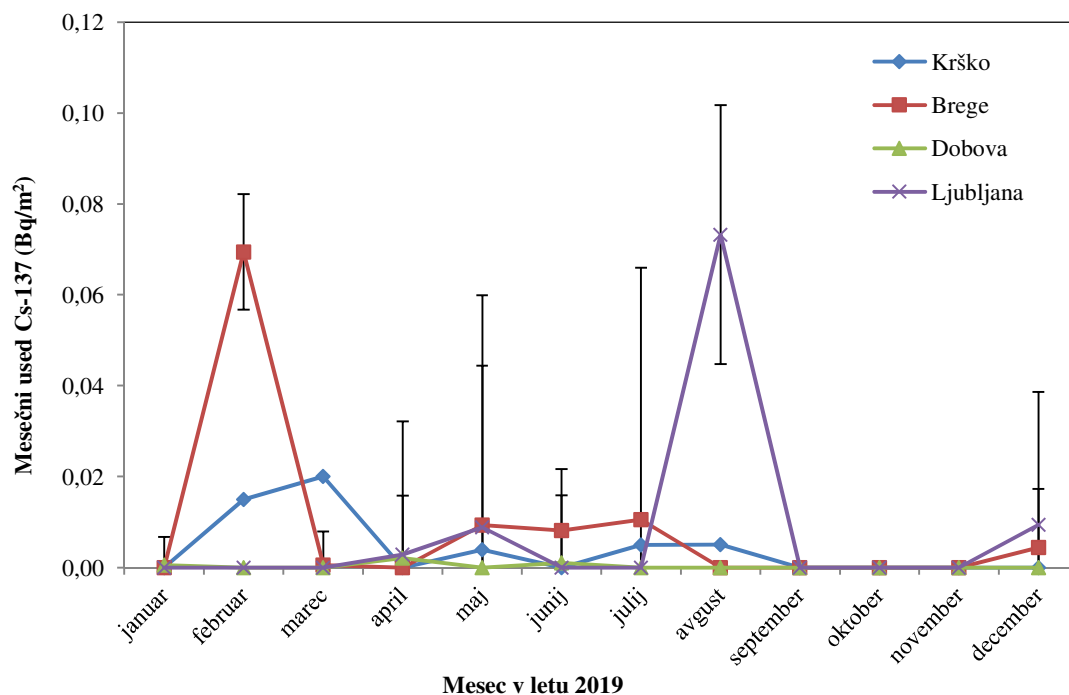
Vzorčevalno mesto	Letno povprečje padavinskega useda Be-7 (Bq/m ²)
Ljubljana	29 ± 3
Brege	32 ± 3
Krško	60 ± 3
Dobova	17 ± 2

Cezij (Cs-137)

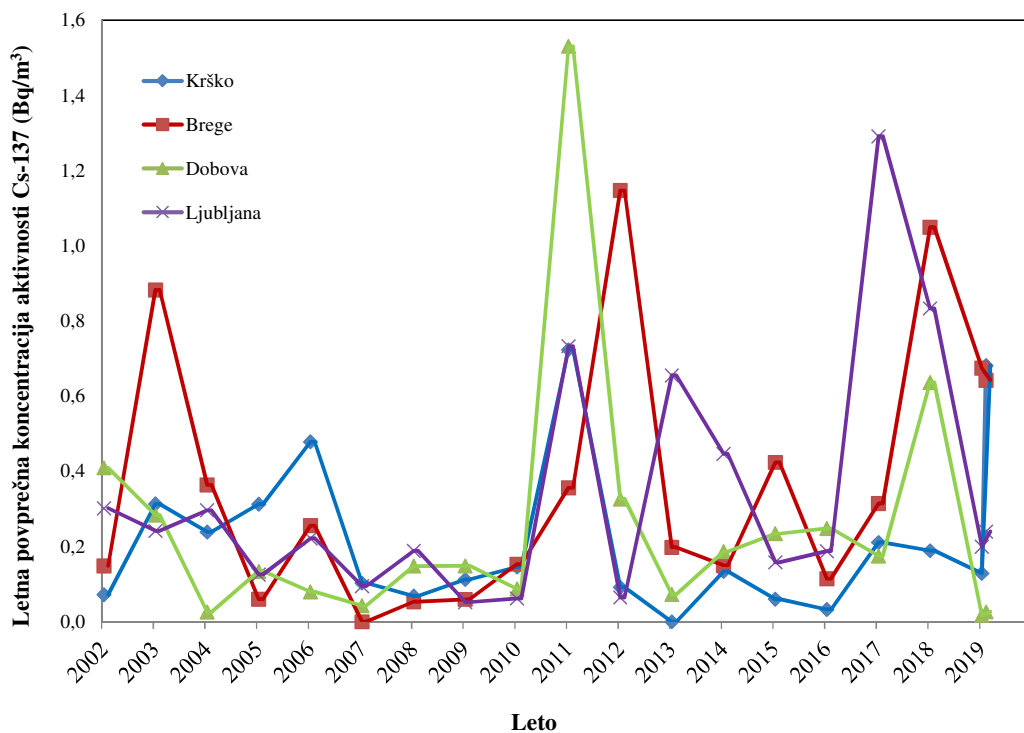
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.5, padavinski used pa na sliki 3.6. V letu 2019 je bila največja vrednost izmerjena na vzorčevalni lokaciji v Bregah. V okviru negotovosti si je večina vrednosti zelo podobnih. Večje odmike, na primer v mesecu februarju v Bregah, bi lahko pripisali vetrovni resuspenziji s tal in majhni količini vzorca. Na sliki 3.7 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. Če ni nobene radiološke nesreče, kjer bi bil v zračnem izpustu Cs-137, ga ne pričakujemo v padavinah. Vse vrednosti, ki jih izmerimo, so verjetno posledica vetrovne resuspenzije, lahko pa tudi posledica kurjenja s trdimi gorivi v zimskih mesecih [15]. Ker je koncentracija aktivnosti v primeru majhne količine vzorca zelo odvisna od števila prašnih delcev, vnešenih v vodo zaradi resuspenzije, lahko te vrednosti močno nihajo in je težko tolmačiti letne spremembe. Izjema je leto 2011, kjer je izrazito povišanje posledica nesreče v Fukušimi, in se to pokaže na vseh vzorčevalnih mestih (slika 3.7).



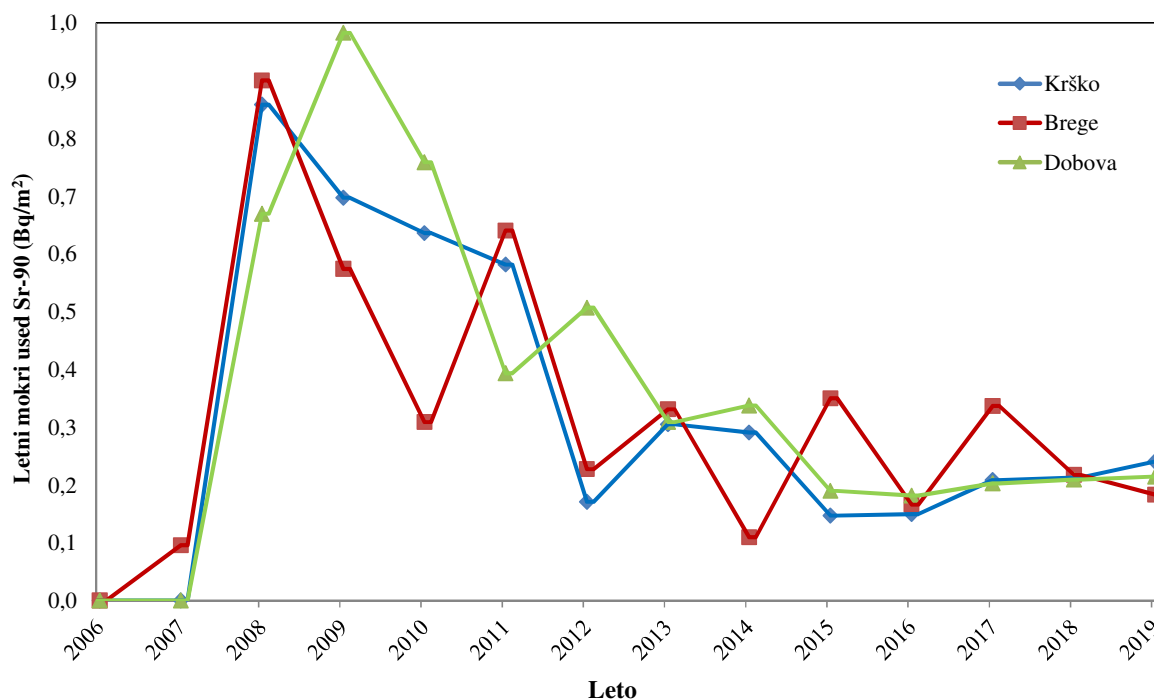
Slika 3.5: Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.6: Mesečni padavinski used Cs-137 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.7: Letna koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah za obdobje 2006–2019. Izrazito povišanje v letu 2011 na vseh vzorčevalnih mestih je posledica nesreče v Fukušimi.



Slika 3.8: Letni padavinski used Sr-90 za obdobje 2006–2019

Stroncij (Sr-90)

V letu 2019 so bile vse vrednosti za Sr-90 pod mejo detekcije. Vrednosti v tabelah so izpeljane iz detekcijskih mej: natančneje povedano, predpostavljamo vrednost ene četrtine detekcijske meje. Navadna slika bi torej vsebovala predvsem informacijo o količini vzorca. Predpostavljene vrednosti so pomembne za izračun doznih obremenitev. Slika 3.8 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med letoma 2006 in 2019. Usedi oziroma njihove predvidene vrednosti so v letu 2019 primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let.

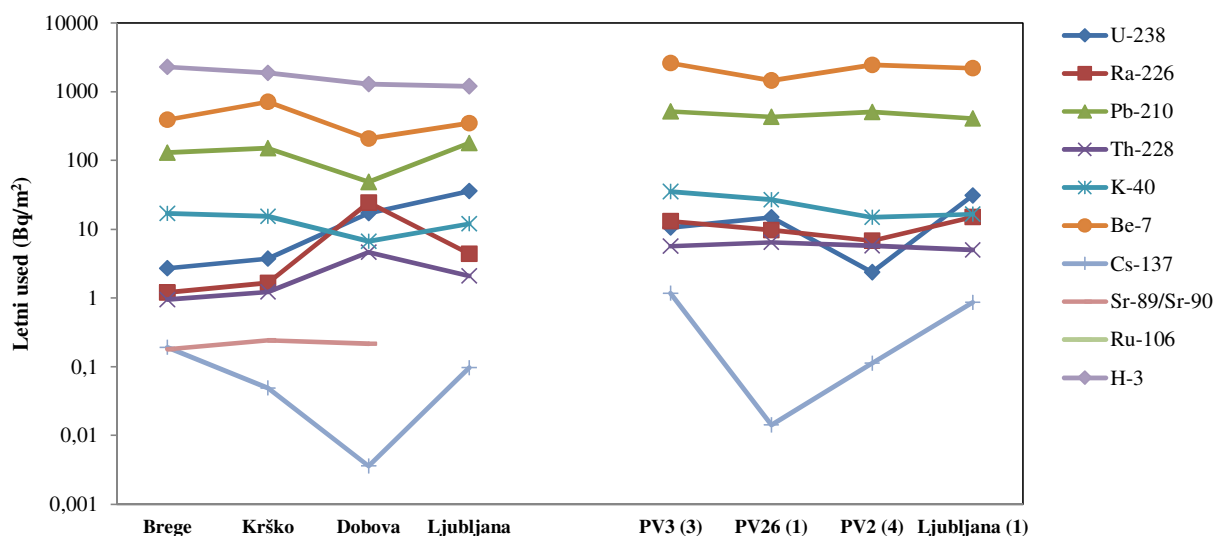
Jod (I-131)

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

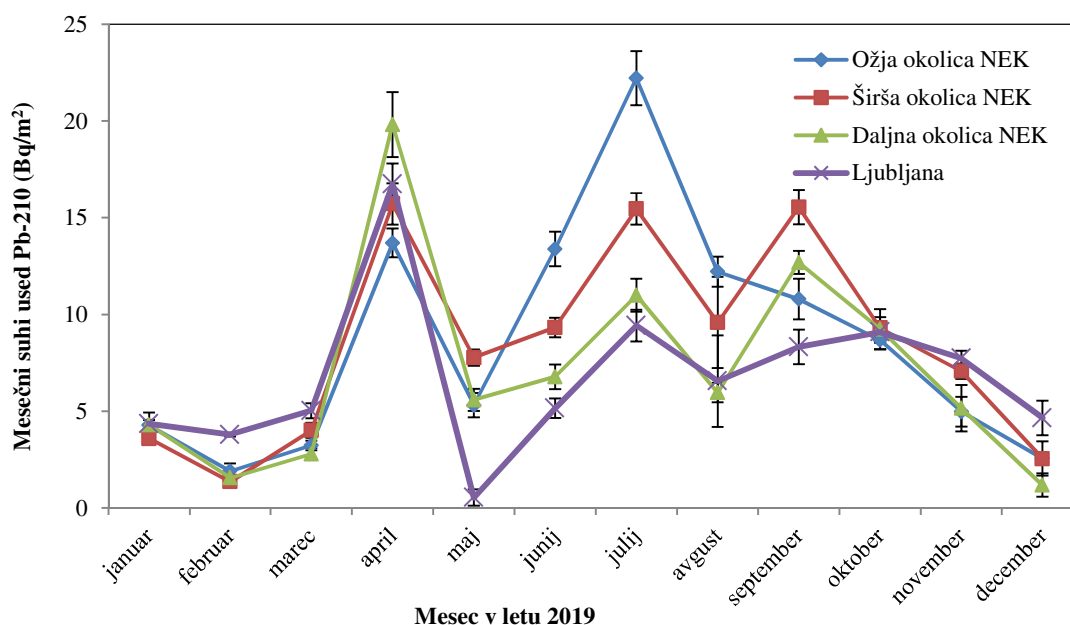
Suhi used

Rezultati meritev na vzorcih suhih usedov so prikazani v tabelah T-42/1 (širša okolica NEK), T-42/2 (daljna okolica NEK), T-42/3 (ožja okolica NEK) in T-42/4 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067, marec 2020*.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2019 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza 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, ki zaradi velikega utežnega faktorja največ prispeva k izračunani letni dozi. Ugotovimo zelo podoben časovni potek za vse štiri lokacije. Vrednosti za Ljubljano so v splošnem primerljive z vrednostmi za lokacije v okolici NEK. Najvišja vrednost v okolici Krškega je bila izmerjena julija v Bregah in aprila v Ljubljani.



OCENA VPLIVOV

Letno efektivno dozo izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v človeški organizem vse leto konstanten. Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja in z ingestijsko dozo. Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [4] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.4 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer med 15 % in 81 %. Celotna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2019 nižja kot v letu 2018, saj je v letu 2018 k skupnem prispevku umetnih radionuklidov prispeval Ru-106, ki je bil zaznan samo še v mesecu februarju in je prispeval k skupni dozi umetnih radionuklidov še vedno večino, in sicer 89 % v okolici NEK in 93 % v Ljubljani.

Tabela 3.4: Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja iz useda v letu 2019 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.

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
		doza (μSv)	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,00008 \pm 0,00008	0,0014 \pm 0,0001
	VSI	0,10 \pm 0,04	0,064 \pm 0,003

Tabela 3.5: Efektivne doze zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi v letu 2019 za odrasle, otroke in dojenčke.

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
			doza (μSv)	
ODRASLI	25	UMETNI	0,015 \pm 0,002	0,009 \pm 0,001
		VSI	29 \pm 8	31 \pm 3
OTROCI	15	UMETNI	0,013 \pm 0,002	0,0071 \pm 0,0002
		VSI	50 \pm 13	51 \pm 5
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,039 \pm 0,005	0,020 \pm 0,001
		VSI	248 \pm 68	250 \pm 22



Skupna efektivna doza umetnih radionuklidov je sedaj, ko ni več prispevka Ru-106, primerljiva s tisto iz let pred izpustom Ru-106. Na primer, za leto 2019 je letna efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov pri zaužitju rastlin z usedlimi radionuklidi pri odrasli osebi za 5 % manjša kot v letu 2016 pred izpustom Ru-106.

Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK približno 0,1 % in v Ljubljani približno 0,2 % k celotni zunanji dozi, enako za vse starostne skupine. Celo vključno z izpusti iz NEK so umetni radionuklidi pri računanju efektivnih doz zaradi zunanjega sevanja v letu 2019 zanemarljivi in višji v Ljubljani kot v okolici NEK.

Efektivno dozo zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi 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 [4], [9], [49]. Pri tem šteje le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni vštet. Zajet je v poglavju *Radionuklidi v hrani*. V izračunu ni upoštevano, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo ali olupimo in tako odstranimo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Vrednosti so zbrane v tabeli 3.5.

Skupna efektivna doza zaradi zaužitja rastlin v letu 2019 je primerljiva z letom 2016 pred izpustom Ru-106 v ozračje. Za odraslo osebo je 17% manjša kot v letu 2018 ter za 13% manjša kot v letu 2017. Efektivna doza je bila v letu 2019, kot leto poprej, za umetne radionuklide višja v okolici NEK, efektivna doza za naravne radionuklide pa je bila višja v Ljubljani. Ugotovitev velja za vse starostne skupine. K skupni efektivni dozi zaradi zaužitja rastlin tako v Ljubljani kot v okolici NEK največ prispeva naravni izotop Pb-210, in sicer kar 95 % pri otrocih in odraslih in 87 % pri dojenčkih. Efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov k celotni efektivni dozi zaužitju rastlin z usedlimi radionuklidi za odraslo osebo prispeva v okolici NEK okrog 0,05 %, v Ljubljani pa 0,03 %, kar je primerljivo z letom 2018, če pri slednjem ne računamo prispevka Ru-106, ki je bil leta 2018 še zaznaven. Prispevek za otroka in dojenčka je še manjši. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2019 zaradi vnosa s hrano zanemarljivi.

SKLEPI

V letu 2019 ni bilo posebnosti glede radionuklidov v padavinah in suhih usedih. Tritij je še vedno edini radionuklid iz zračnih izpustov NEK, ki je lahko neposredno zaznan v padavinah predvsem v Bregah in Krškem (Stara Vas), a še tu je očitna korelacija le v Bregah. Tritij sicer po splošno uporabljani metodologiji praktično ne vpliva na dozno obremenitev zaradi zunanjega sevanja.

Med umetnimi radionuklidi je bil v padavinah občasno ugotovljen Cs-137. Zaznan je bil v 39 % vzorcev padavin in v 49 % vazelinskih plošč. Letna povprečna koncentracija aktivnosti za Cs-137 je bila v letu 2019 v primerjavi z izmerjenimi vrednostmi iz leta 2018 nižja na vseh merilnih mestih. Vzrok za detekcijo Cs-137 v padavinah je najverjetneje talna resuspenzija in kurjenje trdih goriv v zimskih mesecih. Sr-90 v letu 2019 ni bil detektiran v nobenem padavinskem vzorcu. Če primerjamo prispevek umetnih in naravnih radionuklidov k celotni efektivni dozi, prispevajo predvsem naravni radionuklidi. Obremenitvi prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani sta primerljivi, vpliv izpustov iz NEK je zanemarljiv.



4 ZRAK

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev plinastih in aerosolnih vzorcev iz okolja (imisije) ter aerosolnih filtrov za vzorčenje 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 vzorčenja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2019 enake kot prejšnja leta. Ocenjene letne efektivne doze prebivalcev na podlagi meritev aerosolnih filtrov (imisije) zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanje sevanje) umetnih radionuklidov (0,45 nSv) so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije (vdihavanja) povzročajo naravni radionuklidi (66 μ Sv). Vi dozah zaradi naravnih radionuklidov ni upoštevan prispevek kratkoživih potomcev radona. Modelna ocena (emisije) daje oceno efektivne letne doze za odraslo osebo v naselju Spodnji Stari Grad 6,8 nSv, na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, pa 17 nSv. Modelna ocena zajema vse izpuščene radionuklide, medtem ko efektivna doza, izračunana iz meritev v okolju, upošteva le globalna kontaminanta Cs-137 in Sr-90. Prispevka Cs-137 in Sr-90 sta podobna prejšnjim letom znotraj desetink nSv.

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 vzorčenje zraka na glavnem oddušniku NEK tik pred izpustom v okolje (emisijske meritve) ter aerosolnih in ogljenih 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 na podlagi sodobnih modelov, ki najbolj upoštevajo sprotne izmerjene meteorološke parametre v preteklem letu, konfiguracijo terena in druge značilnosti v okolici obravnavanega objekta. Pri oceni doz zaradi imisij se uporabljajo izmerjene koncentracije na okoliških zračnih črpalkah, medtem ko se pri oceni doz zaradi emisij uporabljajo modelsko določene koncentracije. Neodvisni laboratoriji vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje in ljudi.

Vzorčenje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odvezemajo 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 [42]–[45], saj meritve na lokacijah zaradi razredčenja niso praktično mogoče, ker so koncentracije radioaktivnosti zaradi emisij NEK zanemarljivo nizke v primerjavi s koncentracijami radioaktivnosti zaradi imisij v okolju (posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in nesreč). 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 izpustov v vseh smereh (jod I-131 se v Dobovi ne vzorči). Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, hitrost vetra je nizka, prevladujoči smeri razširjanja sta proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčenjem na lokaciji v Ljubljani.

Efektivne dDoze 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

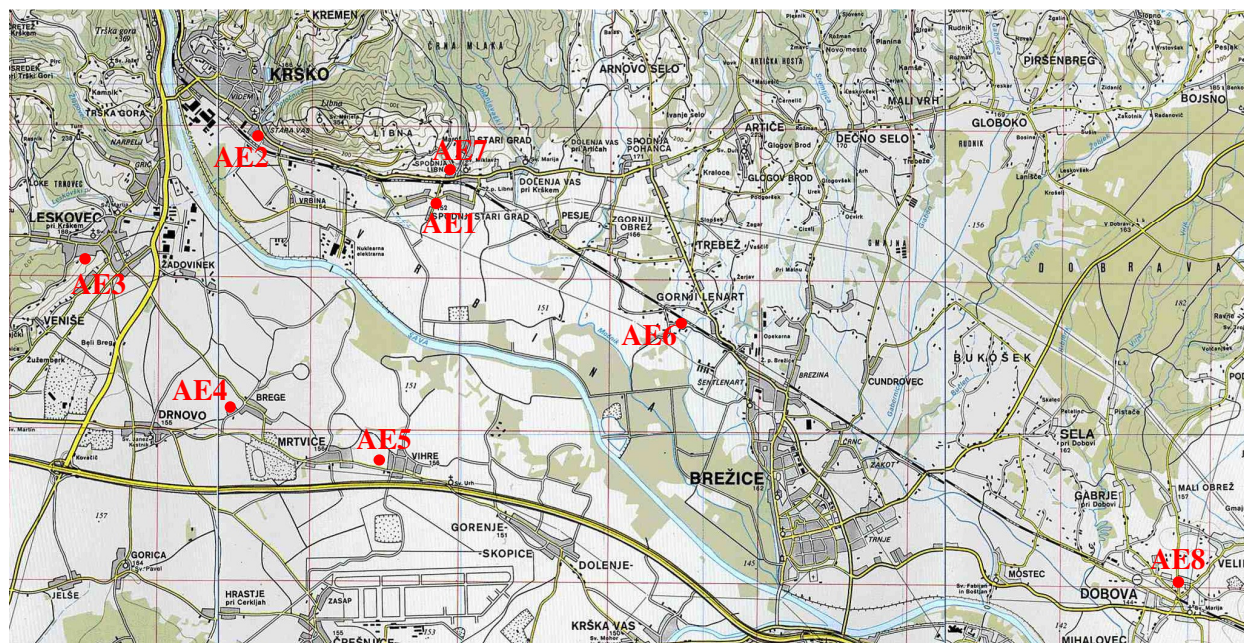
Značilnosti vzorčenja

Vzorčenje 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. 76/17, 26/19 [7] 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 EURATOM [50].

Vzorčenje zračnih emisij in imisij je v letu 2019 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij.

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

Aerosole smo vzorčili 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 vzorčenje aerosolov je potekalo vzorčenje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčenje za specifično meritev Sr-90 se je izvajalo le v Dobovi. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčenjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan" v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [15].



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



Slika 4.2: Poleg zračnih črpalk v okolici NEK sta visoko zmogljivi črpalke v Ljubljani in v Dobovi

Vzorčenje aerosolov je potekalo z neprekinjenim 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 (slika 4.2) je potekalo vzorčenje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre mesečno prečrpajo od 100 000 m³ do 150 000 m³ zraka. Izotopska analiza aerosolov se izvaja na sestavljenih mesečnih vzorcih z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčenje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorčenje in meritve v Ljubljani je opravil IJS.

Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorčenje 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, I₂), metiljodid (CH₃I), HI, HOI in jod, vezan na aerosole. Črpanje je neprekinjeno, 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 radionuklidi, 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 (JV10)* [8]. 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 %.

Ugotavljanje stroncija v okoljskih vzorcih temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah. V radiokemični separaciji ločimo stroncij od kalcija s kadečo se dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta so izmerjene 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 še izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh radionuklidov, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 izračunamo aktivnost Sr-90 in od tod 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 IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

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 (Breghe), T-48 (Vihre), T-49 (Gornji Lenart), T-50 (Libna) do T-51 (Dobova). V tabeli T-52 so prikazani rezultati meritev v Ljubljani, na dvorišču IJS, vzeti iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS v letu 2019 [15]. 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 2019, IJS-DP-13067*, marec 2020. Pokaže se, da letno dozo lahko ocenimo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega 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 2019 je bil remont v NEK od 1. 10. 2019 do 29. 10. 2019, ko se je začel 31. gorivni cikel. V času, ko v NEK poteka remont, so 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. Podatki so vzeti iz programa meritev plinastih efluentov (izvajalec IJS) [6] in podatkov o meritvah filtrov RM-24 na izvihu, ki jih je posredoval NEK [5].

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 izvihu.

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 ob ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, 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 izvihu.

Cezij (Cs-137)

Od umetnih radionuklidov sta bila v letu 2019 v aerosolih, zbranih na filtrih zračnih črpalk, zaznana Cs-137 in Sr-90. Njuna prisotnost v okolju je posledica globalne kontaminacije in torej imisij, medtem ko je prispevek emisij NEK po modelni oceni nemerljiv. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v letu 2019 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK, 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. Meritve aerosolov v okviru republiškega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan") in v Predmeji; dolgoletna merilna lokacija na Jareninskem vrhu je bila z letom 2018 zamenjana za Mursko Soboto (ZVD, Zavod za varstvo pri delu) [12]). Iz tabele 4.1 lahko razberemo, da so bile povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2019 nižje od dolgoletnih povprečij. Povprečje po vseh lokacijah v okolici NEK za leto 2019 je dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji. Večletno povprečje v Bregah (tabela 4.1) je za približno polovico višje od drugih lokacij v okolici NEK ali od vrednosti 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 2019

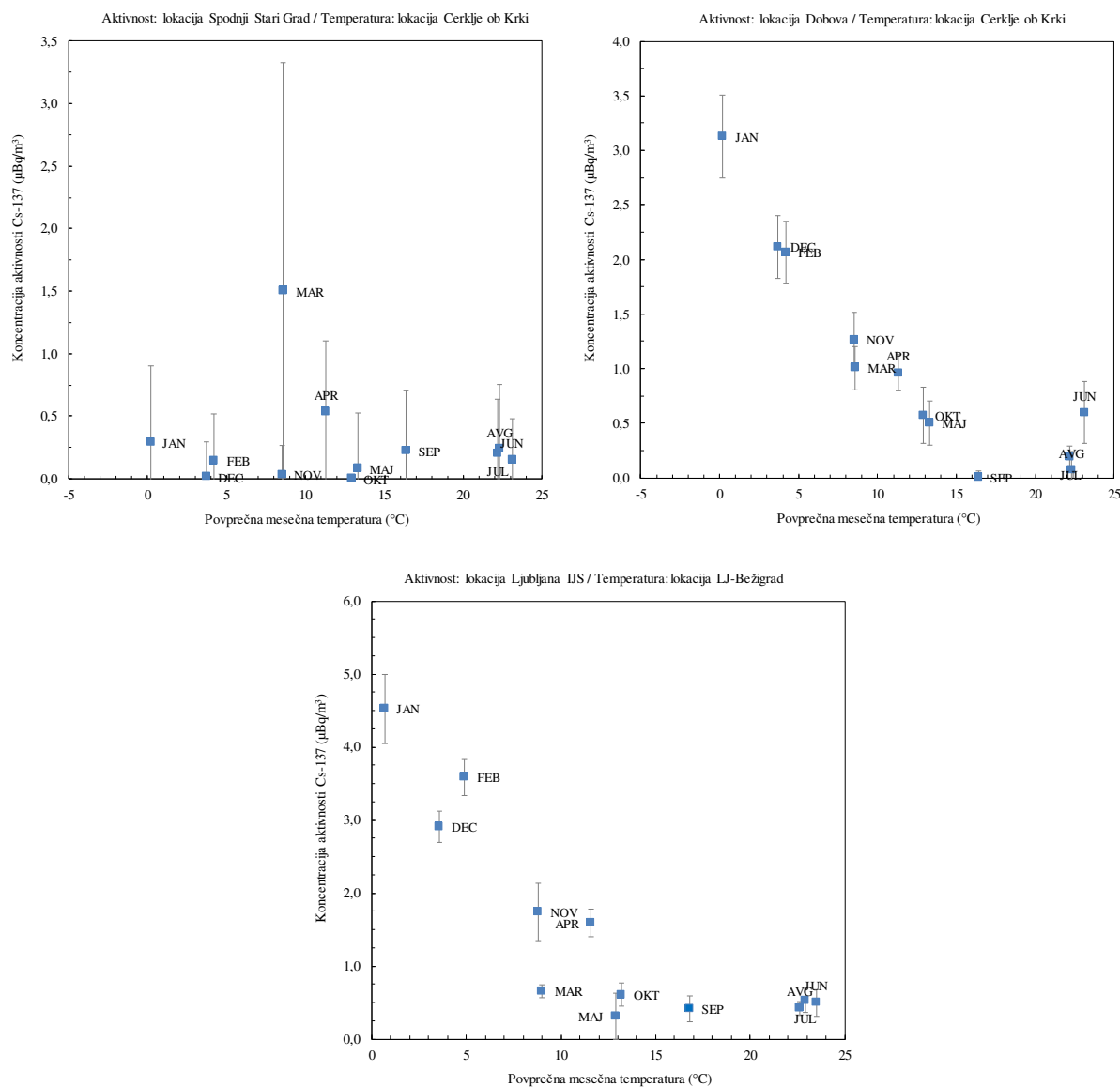
Lokacija	Od 2005 do 2018	2019
	Koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	
Spodnji Stari Grad	1,6E-06 ± 1E-07	2,8E-07 ± 2E-07
Stara vas	1,6E-06 ± 2E-07	1,2E-06 ± 1E-06
Leskovec	1,7E-06 ± 1E-07	1,3E-06 ± 4E-07
Brege	2,3E-06 ± 2E-07	6,7E-07 ± 3E-07
Vihre	1,5E-06 ± 2E-07	4,3E-07 ± 2E-07
Gornji Lenart	1,4E-06 ± 2E-07	5,6E-07 ± 3E-07
Spodnja Libna	1,3E-06 ± 2E-07	1,5E-07 ± 1E-07
Dobova	1,4E-06 ± 2E-07	1,0E-06 ± 7E-08
Povprečje NEK	1,3E-06 ± 2E-07	6,9E-07 ± 2E-07
Ljubljana	1,9E-06 ± 7E-08	1,5E-06 ± 7E-08
Murska Sobota	1,1E-6 ± 8E-7*	9,5E-07 ± 4E-07
Predmeja	2,3E-6 ± 7E-7	3,8E-06 ± 2E-06

* samo od leta 2018 dalje

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 2019

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

* Rezultati iz programa nadzora radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije



Slika 4.3: Sezonska odvisnost koncentracij Cs-137 v zraku – Spodnji Stari Grad, 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.

V izmerjenih povprečnih koncentracijah aktivnosti Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk je samo majhen del posledice resuspenzije Cs-137 iz zemlje, iz literature ([51], [52], [2]) 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 aktivnost najverjetneje posledica več dejavnikov, v največji meri resuspenzije s tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri prometa in industrije. Takšna temperaturna korelacija s koncentracijami Cs-137 v zraku je lepo razvidna s slike 4.3 za lokaciji Ljubljana in Dobova (visoko zmogljive črpalke) in manj izrazita za lokacijo Spodnji Stari Grad, kjer lahko potrdimo, da so izmerjene koncentracije Cs-137 v Sloveniji in tudi v okolici NEK posledica imisij. V okviru rednega nadzora življenjskega okolja v RS v letu 2019 smo vzorčili domače pelete oziroma brikete ali tiste iz uvoza (Ukrajina, Nemčija, Avstrija, Bosna in Hercegovina) ([13], [14]). Specifične aktivnosti Cs-137 so bile od 0,7 Bq/kg do 9,8 Bq/kg. Iz podatkov o



vsebnosti Cs-137 v lesnih kurivih lahko informativno ocenimo koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku v bližini kurišč (do 500 m). V Sloveniji se približno četrtnina (23 %) od okrog 800 000 gospodinjstev ogreva z lesno biomaso. Pri letni porabi lesne biomase okrog 1200 kt za celotno Slovenijo je povprečna poraba slovenskega gospodinjstva, ki se ogreva le z lesno biomaso, okrog 6500 kg na leto. Na podlagi teh podatkov in ob upoštevanju povprečne specifične aktivnosti 4,6 Bq/kg za vseh 8 vzorcev iz programa ([13], [14]) lahko ugotovimo, da je skupna letna aktivnost Cs-137 v lesnih kurivih 30 kBq. Ob zelo grobih predpostavkah, da se v okolje izpusti celotna količina Cs-137 pri zgorevanju lesa v peči, ob uporabi informativne vrednosti razredčitvenega faktorja na razdalji 500 m $\chi/Q=10^{-4}$ s/m³ (talni izpust) [15] in konstantnega izpusta s hitrostjo aktivnosti $4 \cdot 10^{-3}$ Bq/s (predpostavili smo, da se peleti skurijo v 3 mesecih), dobimo oceno za koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku $4 \cdot 10^{-7}$ Bq/m³ v bližini hiše, kjer se za ogrevanje uporablja peč na trda goriva. Ta vrednost je nižja od povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v zraku v Dobovi za tri zimske mesece v letu 2019 ($2,1 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³). Če upoštevamo prispevke nekaj gospodinjstev hkrati, pa dobimo že zelo primerljive vrednosti enakega velikostnega reda.

Stroncij (Sr-90)

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in sicer na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Objavljena povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2019 je 0,2 μBq/m³, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je 0,7 μBq/m³. Radionuklida Sr-89 v letu 2019 v zračnih izpustih NEK nismo zaznali.

Jod (I-131)

Mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v zraku (ogleni filtri, tabela T-43) ali v aerosolih (tabele T-44 do T-51) so bile pod mejo detekcije.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2019 zaznani izpusti Co-58, Co-60, Te-127m, Cs-137 in Sr-90, vendar teh radionuklidov, z izjemo Sr-90 in Cs-137, nismo zaznali na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, niti v Ljubljani. Cs-137 in Sr-90 v zraku, izmerjena v zračnih filtrih, sta posledica imisij.

Naravni radionuklidi

Rezultate meritev naravnih radionuklidov v aerosolih v okolju na posameznih mestih je težko povezati v smiselne sklepe (tabela 4.2), saj so koncentracije aktivnosti 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 2019 v okolici NEK je bila 6 710 μBq/m³, Pb-210 pa 1 130 μBq/m³. V Ljubljani sta bili ustrezni vrednosti 4 900 μBq/m³ in 860 μBq/m³, v Murski Soboti 4 400 μBq/m³ in 500 μBq/m³ in na Predmeji 4 600 μBq/m³ in 460 μBq/m³. Za kozmogeni Be-7 ugotovljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, Murski Soboti, Predmeji in v Ljubljani izmerjena primerljiva vrednost. Podobno velja tudi za Pb-210. Taka ugotovitev je pričakovana predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in ustrezno podobnim izpiranjem aerosolov iz ozračja ter prehajanjem zračnih mas iz višjih plasti atmosfere. Letna količina padavin v okolici NEK je tipično za okrog 20 % nižja kot v Ljubljani, kot kaže 10-letno povprečje [81]: v letu 2019 pa jih je bilo le 5 % manj.

Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK, v Ljubljani in drugih lokacijah po Sloveniji večje (tabela 4.2). Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal, bližini obdelovalnih polj ter neupoštevanju izhajanja radona iz vzorca pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Murske Sobote ter uporabi zračnih črpalk z različnimi pretoki. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani se zaradi najbolj zmogljive črpalke v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalka v okolici NEK, razen v Dobovi, kjer je enaka črpalka 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 [12].

Izvajalec meritev med izmerjenimi radionuklidi v okolju poroča tudi o Na-22 od leta 2008 dalje, tega leta je namreč povečala občutljivost njihovih 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 2019 je bila v Ljubljani povprečna koncentracija aktivnosti Na-22 $0,22 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Tabela 4.3: Zračni izpusti iz dimnika NEK v letu 2019 na višini 60 m

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



OCENA VPLIVOV

Zaradi prevelikega vpliva zračnih imisij ni mogoče izolirati prispevka radionuklidov v razredčenih zračnih izpustih NEK na lokacijah vzorčenja aerosolov. Pri oceni koncentracij aktivnosti umetnih radionuklidov, ki so v zračnih izpustih iz NEK, si pomagamo z računskimi modeli, ki na posameznih lokacijah ocenijo razredčitev aktivnosti 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, upoštevajoč konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere. Model uporablja vse merjene podatke, ki so v sistemu ekološkega informacijskega sistema EIS, ki ga upravlja NEK. Za emisije je to pretok plinov skozi glavni izpuh. Model potrebuje še temperaturo in druge meteorološke parametre ter hitrost izpuščenih plinov in presek dimnika pri izpustu. Po posvetovanju z NEK je bila za temperaturo dimnih plinov določena temperatura 25 °C.

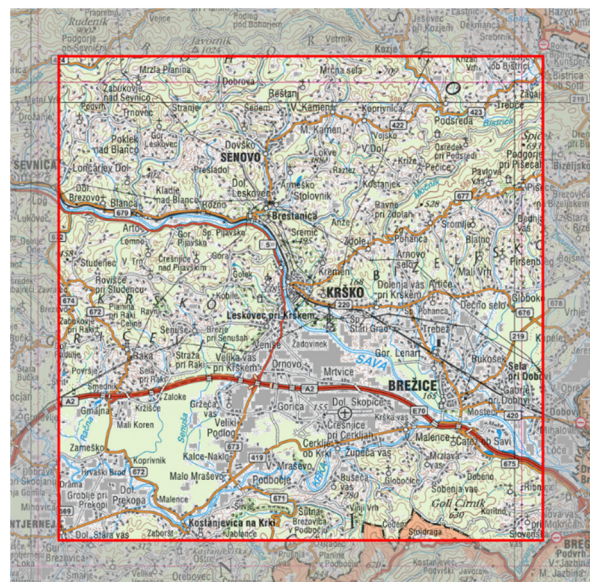
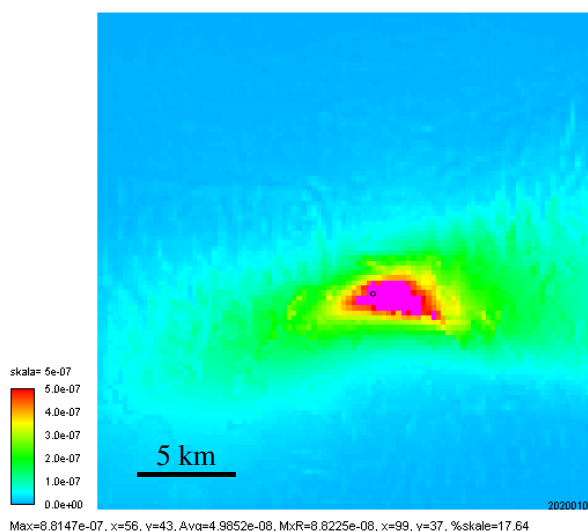
Glavni izpust je v model postavljen z realnimi koordinatami: UTM33: X=540670 Y=5086380 in višina 60 m. Model ne vidi reaktorske zgradbe, ker ima ločljivost 250 m, temveč kot področje z uporabo terena "industrija", ki ima zelo veliko hrapavost terena [3].

Model z temi podatki in tridimenzionalno meteorologijo izpušča delčke na vsakih 10 sekund in jih usmerja glede na njihovo kinetično in toplotno energijo, ki jo imajo na izstopu iz dimnika, ter glede na vremenske razmere, kjer se delci nahajajo.

Dimnega dviga model ne računa eksplicitno, temveč kot povprečje dvigov posameznih delčkov.

Koncentracije aktivnosti emitirane snovi v zunanjem zraku na določeni lokaciji stran od izpusta ocenimo na podlagi razredčitvenih koeficientov (λ/Q) iz modela širjenja. Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja pri enotski emisiji 1 Bq/s. Razredčitveni koeficient se izračuna iz meteoroloških podatkov za vsak polurni interval v obravnavanem letu posebej, in sicer za mrežo celic na obravnavanem območju modeliranja (25 km × 25 km z NEK v središču). Nato se za vsako celico izvede časovno povprečenje razredčitvenega koeficienta ob predpostavki konstantne emisije v tem časovnem intervalu.

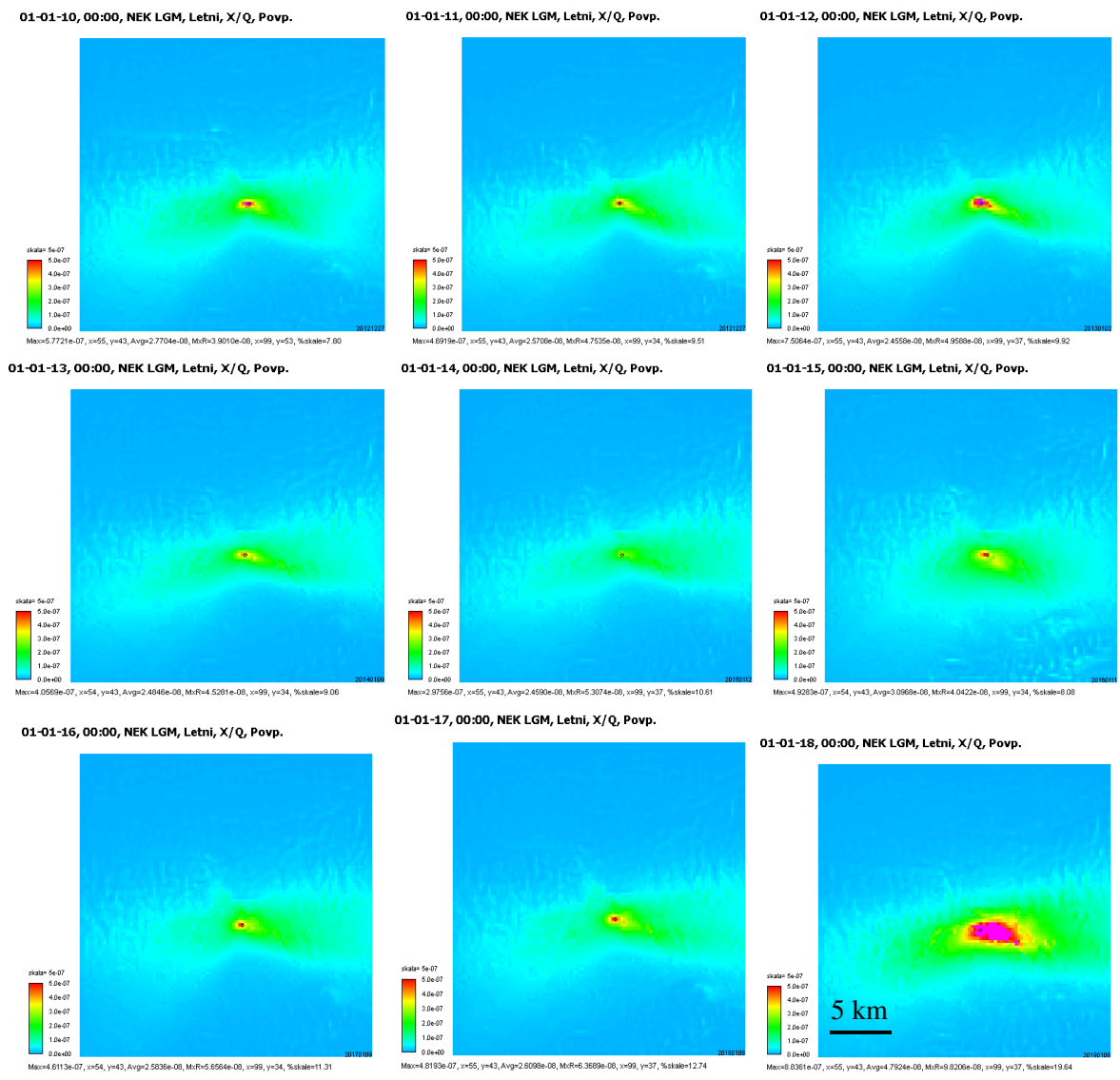
01-01-19, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



a) Leto 2019

Slika 4.4a: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (λ/Q) z enoto s/m^3 , izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leto 2019 (območje modeliranja je v rdečem okviru, 25 km × 25 km) [82].

Podatke je izračunal in posredoval MEIS, storitve za okolje.



b) Leta od 2010 do 2018

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 leta 2010–2018
Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje



Tabela 4.4: Razredčitveni koeficienti (χ/Q)/(s/m³) v letu 2019 za naselja v okolici NEK, ki jih je izračunalo in posredovalo podjetje MEIS storitve za okolje z uporabo Lagrangeevega modela

2019	Sp. Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Kriško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
Januar	4,34E-07	2,53E-07	5,48E-08	6,84E-08	1,08E-07	2,00E-07	4,47E-07	2,27E-07	1,54E-07	4,22E-07	4,97E-08	4,07E-07
Februar	3,16E-07	2,83E-07	1,15E-07	6,51E-08	1,03E-07	1,97E-07	2,41E-07	1,37E-07	1,34E-07	3,14E-07	2,51E-08	3,20E-07
Marec	3,57E-07	2,34E-07	1,15E-07	5,82E-08	8,33E-08	1,54E-07	2,38E-07	1,35E-07	1,05E-07	2,69E-07	1,70E-08	3,45E-07
April	3,52E-07	2,50E-07	7,02E-08	7,31E-08	1,33E-07	2,12E-07	2,53E-07	1,97E-07	1,24E-07	3,24E-07	1,74E-08	4,40E-07
Maj	3,90E-07	2,32E-07	5,22E-08	3,84E-08	6,66E-08	1,11E-07	2,49E-07	1,30E-07	1,05E-07	3,80E-07	3,09E-08	3,75E-07
Junij	2,97E-07	5,05E-07	1,18E-07	7,73E-08	1,32E-07	2,02E-07	3,43E-07	1,18E-07	9,32E-08	3,08E-07	9,40E-09	2,20E-06
Julij	4,03E-07	3,40E-07	1,23E-07	1,13E-07	1,65E-07	2,62E-07	3,00E-07	8,19E-08	1,01E-07	4,57E-07	1,08E-08	2,54E-06
Avgust	3,66E-07	3,63E-07	1,12E-07	8,35E-08	1,24E-07	2,27E-07	3,97E-07	1,39E-07	1,24E-07	4,72E-07	1,26E-08	1,87E-06
September	4,27E-07	3,76E-07	1,04E-07	6,33E-08	9,20E-08	2,40E-07	4,10E-07	1,76E-07	1,62E-07	4,37E-07	2,69E-08	9,45E-07
Oktober	4,75E-07	2,45E-07	9,68E-08	7,79E-08	1,20E-07	1,73E-07	3,50E-07	1,19E-07	5,72E-08	4,18E-07	2,99E-08	5,68E-07
November	3,78E-07	4,17E-07	3,70E-08	6,25E-08	8,01E-08	2,51E-07	6,88E-07	4,16E-07	2,19E-07	2,51E-07	7,87E-08	6,56E-07
December	6,02E-07	3,54E-07	3,81E-08	9,16E-08	1,30E-07	2,01E-07	3,59E-07	2,17E-07	1,92E-07	5,41E-07	3,06E-08	6,38E-07

* drsniki v posameznih celicah pomenijo relativno velikost razredčitvenega faktorja, posebej za ograjo NEK, ki je izključitvenem območju (rdeče), in za vse druge lokacije skupaj (sivo). Tako so hitro razvidne morebitne sezonske/meteorološke variacije.

Na slikah 4.4a in 4.4b so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q), na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q , tako za leto 2019 (slika 4.4a) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2010 do 2018 (slika 4.4b). S slik je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, jugozahod in jugovzhod.

Iz meritve emisij na izpuhu NEK (tabela 4.3) in podatkov o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih (χ/Q) za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.4) lahko izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK.

V tabeli 4.3 so pri aerosolih predstavljene višje vrednosti enega od obeh izvajalcev, o aktivnosti žlahtnih plinov pa poroča le NEK. Pri tem je treba povedati, da se pri poročanju o merskih rezultatih v bližini meje detekcije uporablja priporočilo Evropske komisije [48], ki določa, da se poroča o četrtini meje detekcije določenega radionuklida za vsak mesec, če je le-ta bil detektiran vsaj enkrat v letu. Takšen način poročanja lahko pomeni, da je letna izpuščena aktivnost precenjena. Na primer, v letu 2015 se je pokazalo, da je bil izpust Cs-137 precenjen za 72 %, Ru-103 za 42 %, Xe-131m za 59 % itd. Teoretično bi lahko le ob eni mesečni meritvi tik ob meji detekcije bila poročana letna aktivnost, ki je 3,75-krat višja od dejansko izmerjene ($11 \times 0,25 \text{ MDA} + 1 \text{ MDA}$). Tako sta tudi ocenjeni efektivni dozi zaradi vdihavanja in zunanega sevanja žlahtnih plinov lahko precenjeni za nekaj odstotkov (v letu 2015, na primer 5 %), v ekstremnih primerih pa celo bistveno več. Tovrstno poročanje je pomanjkljivo tudi s stališča metrologije, saj se izgubi informacija o negotovosti rezultatov meritev in letne vsote [46].

Metodologija izračuna efektivne doze za referenčne osebe zaradi radioaktivnosti v zraku

Iz tabele 4.3 je razvidno, da skozi dimnik uhaja največ tritija v obliki vodne pare (HTO). To je glavni prispevek k modelski oceni efektivne doze zaradi vdihavanja na izbranih lokacijah v okolici NEK (tabela 4.5). Znatne so tudi izpuščene aktivnosti žlahtnih plinov, vendar je modelska ocena efektivne doze zaradi zunanega sevanja za red velikosti nižja od efektivne doze zaradi vdihavanja, izračunane na lokacijah v okolici NEK (tabela 4.7).

Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov (tabela 4.3) ter iz izračunanih mesečnih



razredčitvenih koeficientov (χ/Q) (tabela 4.4), 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 .

Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci v okolici NEK zaradi notranjega obsevanja (vdihavanje) in zunanjega obsevanja (zunanje sevanje). Predvidena efektivna doza $E_{l, \text{inh}, \text{mes}}(g)$, ki jo prejme referenčna oseba v starostni skupini prebivalstva g v enem mesecu na lokaciji l , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

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

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

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

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

kjer je $a_{jl, \text{mes}}$ 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 privzeli, da je hitrost dihanja enakomerna celo leto. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j, \text{inh}}$ ([9], [28]) za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečni prispevek posameznega radionuklida 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 (zunanjega sevanja) izračunamo ob predpostavki zanemarljive inhalacije (vdihavanja) žlahtnih plinov v primerjavi z zunanjim sevanjem, ki ga povzroča polneskončni oblak žlahtnih plinov. Mesečno efektivno dozo zaradi imerzije (zunanjega sevanja) na lokaciji l izračunamo kot:

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

pri čemer je $h_{j, \text{im}}$ efektivna doza $((\text{Sv}/\text{d})/(\text{Bq}/\text{m}^3))$ j -tega radionuklida, prejeta v enem dnevu na enoto koncentracije aktivnosti v zraku ([9], [28]). Pretvorbeni dozni koeficienti so enaki za vse starostne skupine. Aktivnost $A_{j, \text{im}, \text{mes}}$ na lokaciji l izračunamo iz zveze, ki jo podaja enačba:

$$A_{j, \text{im}, \text{mes}} = A_{js, \text{mes}} (\chi/Q)_l \quad (4.5)$$

kjer je $A_{js, \text{mes}}$ izpuščena mesečna aktivnost, pomnožena s pretokom in obdobjem izpuščanja, $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l . 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.

Pri opisu metodologije izračuna doz je treba poudariti, da je za oceno prispevka NEK k dozi smiselno upoštevati le vrednosti, dobljene z modelnimi izračuni (enačba 4.1). Tako lahko ugotovimo na primeru tipično merljivega umetnega radionuklida Cs-137 v okolju, da izmerjene mesečne koncentracije aktivnosti, ki so na aerosolnih filtrih v okolici NEK nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, niso posledica izpustov iz NEK, temveč 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. V letu 2019 je bil tako med izpusti NEK radionuklid Cs-137 prisoten le v majhnih aktivnostih (pod 1 kBq), meritve na filtrih v okolici NEK pa so pokazale koncentracije primerljive s preteklimi leti. Iz meritev izpustov v preteklih letih pa smo že večkrat pokazali, da so koncentracije aktivnosti Cs-137, modelsko izračunane iz enačbe (4.1), tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov nižje od izmerjenih vrednosti v okolju.



Tabela 4.5: Predvidene letne učinkovite doze zaradi inhalacije (vdihanja) in imerzije (zunanje sevanje) posameznih radionuklidov zaradi izpustov NEK za odraslega prebivalca na lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 1,5 km od osi reaktorja) in na najbližji lokaciji na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju (0,2 km) – prispevki v letu 2019

	Radionuklid	Letna učinkovita doza (μSv)	
		Spodnji Stari Grad	Ograja NEK – (izključitveno območje)
Pare, plini (inhalacija - vdihanje)	I-131	9,0E-07	1,4E-06
	I-132	4,7E-07	5,7E-07
	I-133	2,1E-07	6,1E-07
	I-135		
	HTO	5,1E-03	1,3E-02
	HT + CHT	8,3E-06	9,8E-06
	C-14 v CO_2	4,5E-05	6,2E-05
	C-14 v CH_4	1,2E-03	3,0E-03
Aerosoli (inhalacija - vdihanje)	Mn-54	–	–
	Co-57	–	–
	Co-58	1,6E-09	2,1E-09
	Co-60	3,5E-08	4,2E-08
	Zr-95	–	–
	Nb-95	–	–
	Ru-103	–	–
	Ag-110m	–	–
	Sb-125	–	–
	Te-123m	–	–
	Te-125m	–	–
	Te-127m	2,9E-08	5,6E-08
	Cs-137	4,6E-09	5,9E-09
	Fe-55	–	–
	Sr-89/90	3,1E-08	7,5E-08
Se-75	–	–	
Žlahtni plini (imerzija - zunanje sevanje)	Xe-131m	1,1E-04	2,6E-04
	Xe-133	4,8E-05	1,0E-04
	Xe-133m	–	–
	Xe-135	6,2E-05	1,7E-04
	Xe-135m	–	–
	Ar-41	2,7E-04	4,0E-04
	Kr-85	–	–
	Kr-85m	–	–
Inhalacijska doza		6,3E-03	1,6E-02
Imerzijska doza		4,8E-04	1,2E-03
DOZA – SKUPAJ		6,8E-03	1,7E-02


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

Na podlagi prej opisane metodologije je tako narejen izračun doz. V tabelah 4.5 in 4.6 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2019 v Spodnjem Starem Gradu in nato v Pesju, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

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 referenc [9] in [28] 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.

Tabela 4.6: Letne efektivne doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega 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, ki je v izključitvenem območju, za zadnjih 10 let

Leto	Spodnji Stari grad				Ograja NEK (izključitveno območje) (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
2018	10	3,6	14	14	24	5,9	30	31
2019	5,1	1,2	6,3	6,8	13	3,0	16	17

Tabela 4.7: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz zaradi atmosferskih izpustov v okolici NEK v letu 2019 z uporabo Lagrangeevega modela – emisijske doze NEK. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz referenc [9] in [28] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ (Lagrangeev model)								
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	6,3E-03	5,1E-03	1,9E-03	4,8E-04	6,8E-03	5,1E-03	1,9E-03
Vrbina	0,8	4,9E-03	3,9E-03	1,5E-03	3,9E-04	5,3E-03	3,9E-03	1,5E-03
Brežice	7,1	1,4E-03	1,2E-03	4,3E-04	1,0E-04	1,5E-03	1,2E-03	4,3E-04
Vihre	3,1	1,2E-03	9,4E-04	3,5E-04	8,8E-05	1,3E-03	9,4E-04	3,5E-04
Mrtvice	2,8	1,8E-03	1,4E-03	5,4E-04	1,3E-04	1,9E-03	1,4E-03	5,4E-04
Brege	2,3	3,1E-03	2,5E-03	9,3E-04	2,5E-04	3,3E-03	2,5E-03	9,3E-04
Zadovinek	1,7	5,6E-03	4,5E-03	1,7E-03	4,6E-04	6,0E-03	4,5E-03	1,7E-03
Leskovec	2,9	2,4E-03	1,9E-03	7,2E-04	2,2E-04	2,6E-03	1,9E-03	7,2E-04
Krško - Stara vas	1,7	1,7E-03	1,4E-03	5,1E-04	1,6E-04	1,9E-03	1,4E-03	5,1E-04
Pesje	3,0	6,1E-03	4,9E-03	1,8E-03	4,6E-04	6,6E-03	4,9E-03	1,8E-03
Dobova	12,1	4,1E-04	3,3E-04	1,2E-04	3,8E-05	4,5E-04	3,3E-04	1,2E-04
Ograja NEK (zahod)	0,2	1,6E-02	1,3E-02	4,7E-03	1,2E-03	1,7E-02	1,3E-02	4,7E-03

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



Iz tabele 4.5 je razvidno, da je večinoma vsa inhalacijska doza za odrasle posledica zračnih emisij tritija, preostanek pa prispeva C-14. Ocenjeni prispevki k skupni inhalacijski dozi vseh drugih umetnih radionuklidov so bistveno manjši. Inhalacijska doza po mesecih v letu 2019 za posameznika iz prebivalstva skozi leto precej variira na lokacijah Spodnji Stari Grad in ograja NEK, ki je v izključitvenem območju. Vrednosti efektivne doze so visoke v poletnih mesecih zaradi neugodnih vremenskih razmer (visok razredčitveni faktor) in pa v mesecu oktobru, ko so prav tako neugodne vremenske razmere sovpadle z remontom in bistveno višjimi izpusti. V največji meri na prispevek doze C-14 vpliva njegova oblika izpusta, saj je pretvorbeni dozni faktor za CH₄ višji kot za CO₂. Zaradi izvedenih del med obratovanjem ali remontom in posledično večjimi izpusti v obliki CH₄ je prispevek C-14 k dozi zaradi inhalacije v letu 2019 (in podobno v letih 2013, 2017 in 2018) [54] relativno velik oziroma bistveno večji kot v letih z manjšimi izpusti C-14 v obliki CH₄ (npr. 2011, 2012 in 2015).

Prispevki obeh radionuklidov k letni inhalacijski dozi in celotni letni dozi od let 2010 do 2019 so prikazani v tabeli 4.6. Kot je razvidno iz tabele 4.6, so doze v bližini NEK približno dva- do trikrat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad.

V letu 2019 so bili v izpustih izmerjeni relativno majhni prispevki joda, kar kaže, da je bila integriteta goriva v 30. gorivnem ciklu (2018–2019) bistveno boljše kot v gorivnih ciklih 2012–2013, 2013–2015 (ko so celo nastale večje poškodbe gorivnih palic) in 2015–2016. Izmerjene aktivnosti v letu 2019 (1 MBq) so bile primerljive z aktivnostmi v letu 2018 (27 MBq) in letu 2017 (3,4 MBq) in so za dva do tri velikostne rede nižje kot v prejšnjih dveh gorivnih ciklih (2016 8,0 GBq, 2015 200 GBq, 2014 4,6 GBq, 2013 90 GBq).

Zunanje sevanje zaradi radionuklidov v zraku (imerzijska doza) je v letu 2019 predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov ksenona in Ar-41. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2019 je bila 0,5 nSv, za ograjo NEK, ki je v izključitvenem območju, pa 1,2 nSv, vrednosti so zelo nizke v primerjavi z inhalacijsko dozo na istih mestih (približno velikostni red razlike). Mesečne variacije imerzijskih doz so enake inhalacijskim dozam, visoke v poletnih mesecih, povišane v času med in po remontu (oktober in november).

Predvidene skupne letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,5 nSv (Dobova) do 17 nSv (ograja NEK, ki je v izključitvenem območju) (tabela 4.7). Razlike med lokacijami so posledica razredčitev, kar podajamo s povprečnimi mesečnimi razredčitvenimi koeficienti λ/Q [3].

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

S seštevanjem predvidenih efektivnih doz posameznih radionuklidov, izmerjenih na aerosolnih filtrih zračnih črpalk na različnih mestih v okolici NEK, dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije (vdihavanja) umetnih radionuklidov in inhalacije vseh radionuklidov v aerosolih vključno z naravnimi, pri čemer pa niso všteti prispevki kratkoživih potomcev radona in torona. Rezultati izračunov so zbrani v tabeli 4.8.

Na sliki 4.5 so predstavljene letne predvidene efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (μSv 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 4.5, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je bil v preteklih letih okoli 1 nSv ali manj.

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta prisotna v globalni kontaminaciji zaradi jedrske nesreče v Černobilu in v manjši meri zaradi jedrske nesreče v Fukušimi ter jedrskih poskusov. Izračunana predvidena efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je bila v preteklih letih več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov (z izjemo leta 2017 zaradi prispevka Ru-106, katerega izvor je najverjetneje izpust med predelavo jedrskega goriva na jugu Urala [53]). Povprečna izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je bila v obdobju 2007–2019 z izjemo 2017 ($1,4 \pm 0,5$) nSv. V letu 2019 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi ($0,08 \pm 0,02$) nSv in Sr-90 ($0,07 \pm 0,02$) 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 zaradi jedrske nesreče v Fukušimi. V letu 2017 je izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov ($0,24 \pm 0,02$) μSv skoraj izključno zaradi vdihavanja Ru-106, kar je povprečje letnih doz po lokacijah aerosolnih črpalk v okolici NEK. 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.

Za efektivne doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Največji prispevek k efektivni dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbenega faktorja, ki ga ima ta izotop [9]. Prispevek Pb-210 k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka je bil (21 ± 9) μSv na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let: (32–49 μSv na leto v obdobju 2005–2018). Drugi naravni radionuklid po prispevku k efektivni dozi v letu 2019 je Th-228 ($2,0 \pm 0,6$) μSv . Iz meritev koncentracij aktivnosti na aerosolnih filtrih v Ljubljani so prispevki k dozi podobni prispevkom v okolici NEK, in sicer ($16,1 \pm 0,4$) μSv na leto zaradi Pb-210 in ($0,46 \pm 0,03$) μSv na leto zaradi Th-228. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK efektivne doze zaradi (vdihavanja) naravnih radionuklidov podobne kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10 μSv na leto [12].

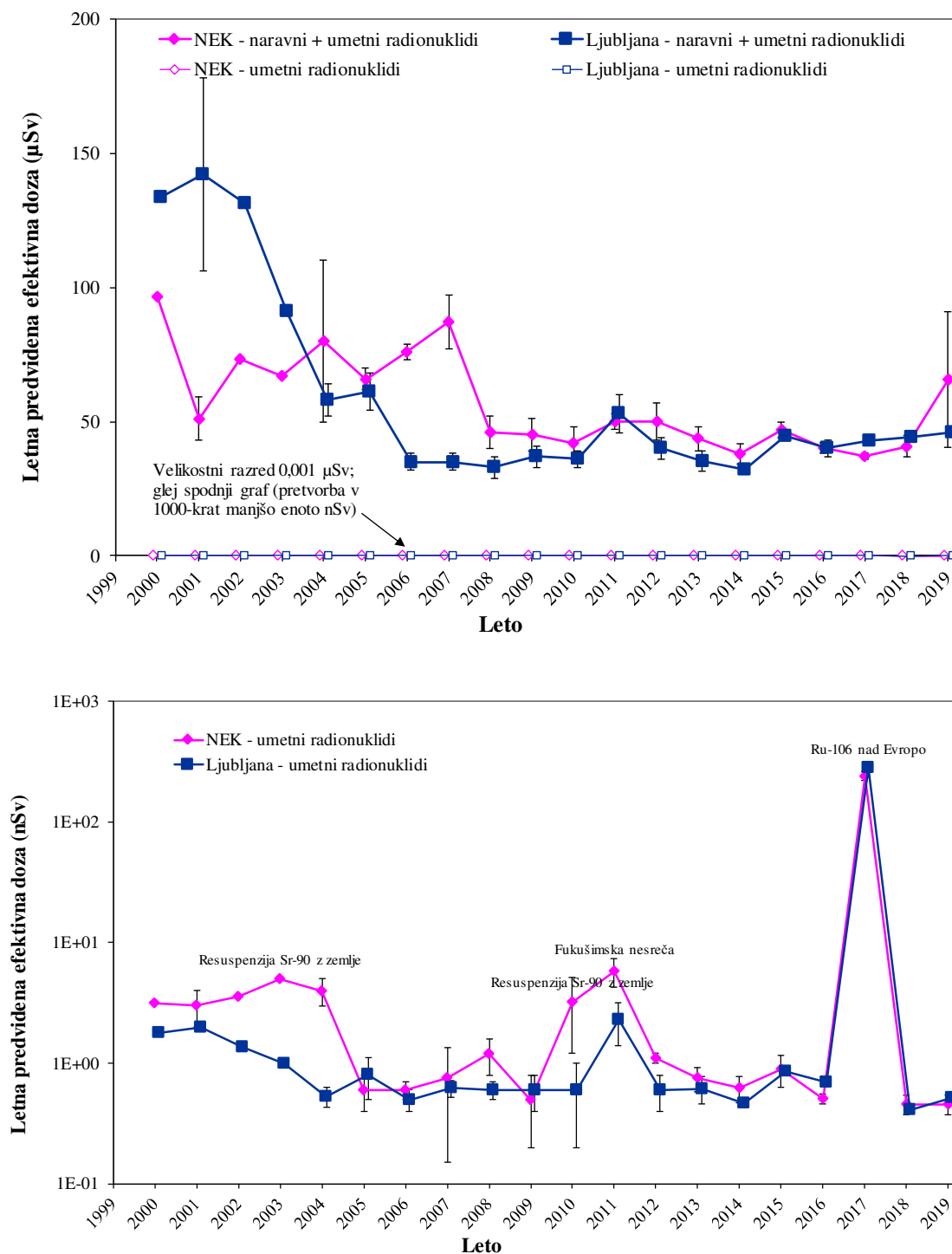
Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije (vdihavanja) za referenčno osebo v okolici NEK za leto 2019 je v okviru negotovosti vsote vseh prispevkov primerljiva z dozo za prebivalca v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv in za tri velikostne rede nižji. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je pokazan v tabeli 4.8.

Primerjava emisijskih in imisijskih doz zaradi vdihavanja aerosolov (razen par in plinov)

Ko primerjamo vrednosti iz tabel 4.7 in 4.8 ob upoštevanju tabele 4.5, lahko ugotovimo, da so ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze (vpliv NEK), zaradi vdihavanja izpuščenih umetnih radionuklidov v aerosolih (izvzete so pare in plini, torej H-3 in C-14, ki povzročajo glavno dozo) za nekaj velikostnih redov nižje od imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju), preračunih iz izmerjenih koncentracij v aerosolih v okolici NEK.

Tabela 4.8: Aerosolni filtri v letu 2019 – 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 referenc [9] in [28]

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI	umetni radionuklidi	$0,00045 \pm 0,00008$	$0,00052 \pm 0,00003$
	umetni in naravni radionuklidi	66 ± 25	46 ± 1
OTROCI	umetni radionuklidi	$0,00033 \pm 0,00006$	$0,00040 \pm 0,00002$
	umetni in naravni radionuklidi	52 ± 20	37 ± 1
DOJENČKI	umetni radionuklidi	$0,00015 \pm 0,00003$	$0,00017 \pm 0,00001$
	umetni in naravni radionuklidi	25 ± 9	17 ± 1



Slika 4.5: Primerjava letnih predvidenih efektivnih doz za leto 2019 v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide skupaj v enotah μSv (zgornja slika) in posebej za umetne radionuklide v 1000-krat manjši enoti nSv in v logaritemski skali (spodnja slika). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja $k = 1$ (68-odstotna zanesljivost).



SKLEPI

Sedanji program vzorčenja 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.

Ovrednotenje imisijskih doz temelji na evalvaciji meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK, emisijske doze pa dobimo iz izmerjenih atmosferskih izpustov z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na dejanskih vremenskih podatkih. Tako za leto 2019 velja, da **izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij oziroma C-14**, povzročajo največjo učinkovito dozo zaradi **vdihavanja (inhalacijska doza)**. Ta je v Spodnjem Starem Gradu za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 5,1 nSv oziroma 1,2 nSv na leto, ob ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, pa 13 nSv oziroma 3,0 nSv na leto. Prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso vključene posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti. **Izpusti žlahtnih plinov** iz NEK (izotopi Xe in Ar) povzročajo dozo predvsem zaradi **zunanjšega sevanja (imerzijska doza)**, ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,48 nSv na leto; na ograji NEK pa 1,2 nSv na leto.

Ocenjena **skupna emisijska letna učinkovita doza** v 2019 za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjšega sevanja) **zaradi izpustov NEK**, je v Spodnjem Starem Gradu 6,8 nSv, ob ograji NEK pa 17 nSv.

Predvidena **imisijska učinkovita doza zaradi inhalacije** (vdihavanja) aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije **dolgoživih naravnih radionuklidov** in je za odraslega posameznika (66 ± 25) μ Sv 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, in je za odraslega posameznika ($0,45 \pm 0,08$) nSv na leto. Ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze zaradi umetnih radionuklidov (izpusti NEK, razen H-3 in C-14) so za nekaj velikostnih redov nižje od imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju), v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov pa še za nekaj dodatnih velikostnih redov nižje.

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [56], v katerem so izračunane predvidene letne učinkovite 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 plinastih izpustov je učinkovita doza za 75 % objektov manjša od 1,4 μ Sv na leto na razdalji 500 m (rob izključitvenega območja) in manjša od 0,24 μ Sv na leto na razdalji 5 000 m. Kot je razvidno iz tabele 4.7, so za NEK ocenjene doze bistveno nižje: na razdaljah 200 m (ograja NEK, ki je v izključitvenem območju) oziroma 800 m (Vrbina) od NEK (ekvivalent 500 m) sta dozi 0,017 μ Sv in 0,0053 μ Sv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m (Pesje) oziroma 7 100 m (Brežice) od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa 0,0066 μ Sv in 0,0007 μ Sv na leto.



5 ZUNANJE SEVANJE

POVZETEK

Zunanje sevanje, ki mu je izpostavljeno prebivalstvo, vključuje kozmično sevanje, sevanje naravnih radionuklidov (predvsem razpadnih produktov radona) v ozračju, sevanje iz radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje in zunanje sevanje zaradi useda, ki se odloži po prehodu oblaka ter sevanje zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji. Dozna obremenitev (okoljski dozni ekvivalent $H^(10)$) zaradi zunanjega sevanja se izračuna iz ugotovljene radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze.*

Za izračun prispevka k dozni obremenitvi prebivalstva zaradi sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je v letu 2019 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčenje zemlje na treh lokacijah v okolici NEK. Rezultati meritev kažejo, da se specifične aktivnosti naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa manjše na Kusovi Vrbini, ki je največkrat poplavljen. Vrednosti $H^(10)$ v zemlji pri predpostavki enakomerne za naravne in realne porazdelitve za Cs-137 so v letu 2019 v okolici NEK med $(0,50 \pm 0,02)$ mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in $(0,70 \pm 0,03)$ mSv za zemljo na Gmajnicah. Iz meritev globinske odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137 na posameznih lokacijah lahko sklepamo na kompleksnost delovanja površinske in podtalne vode.*

V letu 2019 so bile v teku 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 dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil v okolici NEK $(0,83 \pm 0,10)$ mSv, na ograji NEK $(0,59 \pm 0,04)$ mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem $(0,73 \pm 0,12)$ mSv. Prispevki k zunanjemu sevanju zunaj ograje NEK zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2019 nemerljivi. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi izpustov iz NEK manjša od $0,00001 \mu\text{Sv}$.*

UVOD

Viri ionizirajočega sevanja v človekovem naravnem in bivalnem okolju so primarni kozmični žarki, zrak in zemlja. Primarni kozmični žarki izvirajo iz vesolja, zato je izpostavljenost kozmičnemu sevanju večja na večjih višinah. Kozmični žarki tudi povzročajo jedrske reakcije visoko v ozračju, radioaktivni produkti teh reakcij pa z zračnimi tokovi dosežejo nižje zračne plasti, od koder se izpirajo in odlagajo na površino zemlje. Hitrost doze zaradi galaktičnih in izvengalaktičnih kozmičnih žarkov je odvisna od sončne aktivnosti, ker sončni veter odklanja primarne kozmične žarke, ki v stratosferi in zgornji troposferi povzročajo plazove sekundarnih kozmičnih žarkov, to je nabitih delcev, nevtronov in rentgenskih žarkov. Hitrost doze zaradi kozmičnih žarkov je zato odvisna od sončne aktivnosti, ki kaže 11-letni cikel.

Naravno sevanje iz zemlje izvira iz členov razpadnih verig urana U-238 z razpolovno dobo $4,45 \cdot 10^9$ let, torija Th-232 z razpolovno dobo $1,41 \cdot 10^{10}$ let ter radioaktivnega izotopa kalija, K-40 z razpolovno dobo $1,28 \cdot 10^9$ let. Ti radionuklidi so nastali, ko je nastala snov, iz katere je zemeljska skorja. Časovna odvisnost hitrosti doze na določeni lokaciji zaradi radioaktivnosti v zemlji je konstantna, vendar po površini zemlje ni enakomerno porazdeljena, ker uran, torij in kalij niso porazdeljeni enakomerno.

Med členi uranove in torijeva razpadne verige je tudi žlahtni plin radon, ki z difuzijo prehaja iz zemlje, kjer je nastal, v zrak in tam razpada. Razpadni produkti radona ostanejo delno v zraku, delno pa se odlagajo na površino zemlje z izpiranjem in usedanjem. Ker so razpadni produkti radona, ki sevajo žarke gama, kratkoživi, časovna odvisnost te radioaktivnosti sledi vremenskim pogojem, v katerih sta izpiranje in usedanje posebej izrazita. V teh pogojih lahko hitrost doze na površini zemlje naraste tudi za red velikosti.



Hitrost doze zaradi izpiranja in usedanja iz zraka je torej določena z vremenskimi pogoji, ki pa so v času neenakomerno porazdeljeni. Zato časovna odvisnost doze zaradi usedanja radonovih potomcev neurejeno niha.

Razen naravne radioaktivnosti so v zemlji prisotne tudi radioaktivne snovi zaradi kontaminacije ozračja, ki izvira iz človekove dejavnosti. Ta globalna kontaminacija zemlje je nastala zaradi izpiranja radioaktivnosti iz zraka, hitrost doze zaradi te kontaminacije pa se s časom manjša zaradi radioaktivnega razpada in izpiranja kontaminacije v globlje zemeljske sloje. Če hočemo torej ločiti prispevke k zunanji dozi zaradi kozmičnega sevanja, izpiranja in usedanja naravne in umetne radioaktivnosti iz zraka ter radioaktivnosti zemlje, to lahko naredimo na podlagi časovnih odvisnosti doze ali njene hitrosti.

Izpostavljenost naravnemu sevanju zaradi radioaktivnosti v zraku torej izvira iz kozmičnih žarkov in razpadnih produktov urana in torija. K radioaktivnosti v zraku prispeva tudi umetna radioaktivnost, ki je posledica človekove dejavnosti. Ta radioaktivnost je posledica jedrskih eksplozij v ozračju, nesreč pri skladiščenju in predelavi radioaktivnih snovi, nesreč v jedrskih elektrarnah, načrtovanih izpustov radioaktivnih snovi v okolje ter neposrednega sevanja iz jedrskih objektov (jedrske elektrarne, raziskovalni reaktorji, predelovalni obrati...) in uporabnikov radioaktivnih snovi. Umetna radioaktivnost iz zraka se, podobno kot naravna, odlaga na površino zemlje in od tam izpira v globlje sloje. Geografska porazdelitev usedov umetnih radioaktivnih snovi je določena z zračnimi tokovi v času izpusta radioaktivnosti.

Prebivalstvo v okolici NEK je izpostavljeno naravnim virom ionizirajočega sevanja, kontaminaciji okolja z umetnimi radioaktivnimi snovmi, potencialno pa še neposrednemu sevanju elektrarne.

Izpostavitev prebivalstva zunanjemu sevanju določamo na dva načina: z neposrednimi meritvami zunanjega sevanja in iz meritev kontaminacije, to je iz koncentracij radioaktivnih snovi v okolju. Program meritev je določen v *Zakonu o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1)* [7] in *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8]. Da bi ugotovili vpliv NEK na okolje, izvajamo v okolici NEK neprekinjene meritve zunanjega sevanja, neprekinjena vzorčenja aerosolov v zraku in periodične meritve aerosolov in periodična vzorčenja ter meritve radioaktivnosti zemlje in suhega useda. Vpliv jedrske elektrarne na zunanje sevanje ugotavljamo s primerjavo meritev v okolici NEK z meritvami, ki so bile izvedene na večjih oddaljenostih, vpliv izpustov NEK v zrak in vodo pa z meritvami radioaktivnosti zraka, radioaktivnosti zemlje na lokacijah, kjer Sava poplavlja, in na lokacijah, kjer Sava ne poplavlja, ter suhega useda.

Za sprotne meritve zunanjega sevanja uporabljamo sistem kontinuirnih merilnikov hitrosti doze MFM, ki so porazdeljeni v okolici jedrske elektrarne, in sistem merilnikov zunanjega sevanja, ki so razporejeni po Sloveniji. Ta dva sistema se uporabljata tudi za zgodnje opozarjanje v primeru radioaktivnosti v zraku.

Meritve zunanjega sevanja izvajamo tudi s pasivnimi merilniki TLD (termoluminiscenčnimi dozimetri), ki merijo dozo v časovnem intervalu, ko so izpostavljeni. Tudi pri teh meritvah ugotavljamo vpliv NEK s primerjavo med dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, porazdeljenih v okolici NEK, in dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, ki so razporejeni po Sloveniji.

Medtem ko z merilniki mesečne doze in dozne hitrosti merimo skupno dozo naravnega in umetnega sevanja, lahko pri meritvah kontaminacije ločimo prispevke naravne radioaktivnosti, globalne kontaminacije zaradi eksplozij atomskih bomb in nesreč v jedrskih elektrarnah ter mogoče kontaminacije zaradi izpustov NEK. Meritve kontaminacije vzorcev, zbranih v okolici NEK, opravljamo z visokoločljivo spektromerijo gama, s katero merimo kontaminacije vzorcev s posameznimi sevalci gama. Ker so v izpustih NEK sevalci gama, ki ne pripadajo niti naravni radioaktivnosti niti globalni kontaminaciji, lahko učinek jedrske elektrarne določimo na podlagi koncentracij sevalcev gama, ki so specifični za te izpuste. Doze sevanja zaradi posameznih sevalcev gama določimo računsko iz koncentracij in doznih koeficientov za zunanje sevanje za posamezne predpostavljene prostorske porazdelitve kontaminacije (poglavje *Zrak*).



OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčenja in meritev

Zemljo vzorčimo na treh lokacijah na poplavnih področjih nizvodno od NEK. Najpogosteje je poplavljen lokacija Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save, ki je večji od 1 000 m³/s. Na tej lokaciji je torej prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka ali pa izpustov NEK v reko Savo. Poplavljanje lahko spremeni globinsko porazdelitev odloženih radionuklidov, ki jih pričakujemo v zemlji.

Lokacije, kjer vzorčujemo, so na neobdelanih površinah. Vzorčenje poteka v štirih plasteh na globinah 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Tako določimo, kako je kontaminacija porazdeljena po globini. Hkrati z vzorci zemlje zberemo še vzorce trave. Pomembno je, da so mesta, kjer periodično zbiramo vzorce, blizu skupaj, da lahko primerjamo rezultate odvzemov na isti lokaciji.

Zemlja se vzorči 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 je mivkasta borovina;
- Kusova Vrbina – Trnje, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Metoda vzorčenja je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8], postopek pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*.

Skladno z *Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* [7] in s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8] se zunanje sevanje v okolici NEK meri neprekinjeno z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Ti dozimetri merijo sevanje gama in ionizirajočo komponento kozmičnih žarkov. Neposredne meritve zunanjega sevanja se izvajajo s 57 dozimetri v okolici NEK in z 9 dozimetri na ograji NEK. Vsi dozimetri so tipa TLD-IJS-05 (CaF₂:Mn) in so nameščeni na razdaljah do 10 km od NEK. Postavljeni so na lokacijah, ki vsebujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so nameščeni na višini 1 m od tal. Odčitavanje poteka po sistemu IJS MR 200 (C) v *Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo (TLD)* na IJS. S tem sistemom lahko merimo okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) v intervalu od 7,5 μ Sv do 5 Sv [59]. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 merilnikov TLD tipa TLD-100H (LiF:Mg, Cu, P) in TLD-100 (LiF:Mg, Ti).

Neodvisno od programa monitoringa sevanja v okolici NEK poteka v Sloveniji meritev doze zunanjega sevanja z dozimetri TLD na 50 lokacijah po vsej državi. Kot referenčni dozimeter pri obdelavi rezultatov meritev doze zunanjega sevanja se uporablja TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS. Vsi dozimetri TLD, ki so postavljeni v Sloveniji, se odčitavajo polletno, v obdobju junij–julij in december–januar. Dozimetri so bili kalibrirani v *Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS)* na IJS v fotonskem sevalnem polju od 40 keV do 1 332 keV. Dozimetri, ki merijo dozo zunanjega sevanja na Hrvaškem, so bili kalibrirani v *Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL)* na IRB v Zagrebu [59], [60].

V okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov hitrosti doze MFM-203, od tega jih 13 nadzira NEK, eden pa deluje v sklopu mreže URSJV, v kateri je 7 merilnikov. Ta mreža je del mreže URSJV – MOP za zgodnje zaznavanje sprememb zunanjega sevanja, v kateri deluje 74 merilnikov MFM-203. Podatki o teh meritvah so sprotno dostopni na spletnem naslovu <http://www.radioaktivnost.si>.

REZULTATI MERITEV IN ZNAČILNI ČASOVNI POTEKI

Cs-137 v zemlji

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 2019, IJS-DP-13067, marec 2020*. Izmerjeni so bili naravni radionuklidi ter umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90, ki sta prisotna zaradi globalne kontaminacije. Drugi



radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinasti izpusti), so prikazani v tabeli 5.7, tekoči izpusti se obravnavajo v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi* in niso bili izmerjeni. Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji iz uranovega in torijevega razpadnega niza ter K-40, se pri spomladanskem in jesenskem vzorčenju v okviru negotovosti tipično ujemajo. Te aktivnosti ne kažejo nobene izrazite odvisnosti od globine vzorčenja. Izjema je Pb-210, ki se kot razpadni produkt Rn-222 izpira iz atmosfere in so zato njegove koncentracije višje v zgornjih plasteh zemlje. Zaradi tega ne moremo pričakovati ujemanja specifičnih aktivnosti pri pomladnem in jesenskem vzorčenju. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki pa se zaradi kratkega razpadnega časa pojavlja v merljivih koncentracijah le v zgornjih plasteh zemlje. Tudi pri Cs-137 se lahko vrednosti, določene pri posameznih vzorčenjih, razlikujejo zunaj okvira negotovosti zaradi prerazporeditve Cs-137 na mikrolokacijah. Specifični aktivnosti obeh članov torijevega razpadnega niza 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. Rezultati meritev kažejo, da so specifične aktivnosti radionuklidov iz uranovega in torijevega razpadnega niza ter K-40 nižje na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam. Specifične aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 so primerljive s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [55] za države južne Evrope.

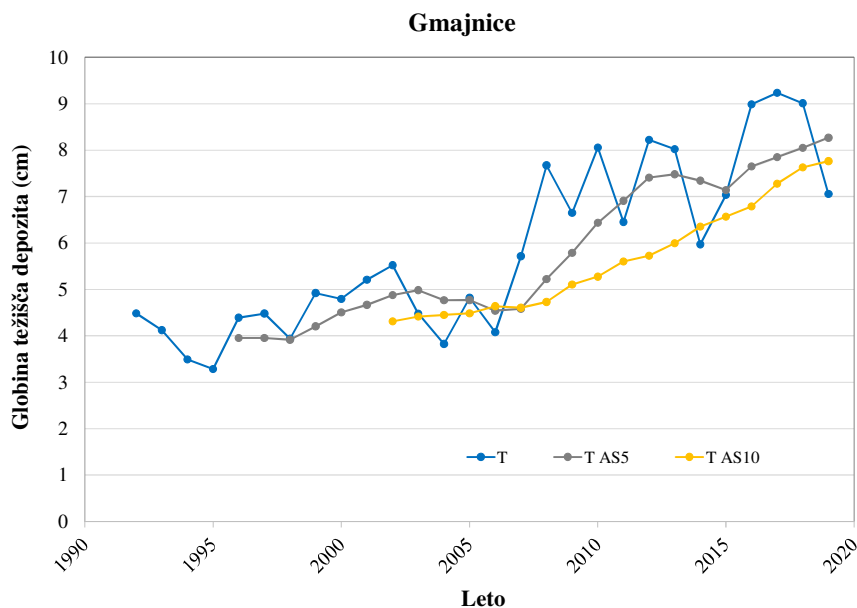
Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so bile v letu 2019 od 1,1 Bq/kg v globini 15–30 cm v Gmajnicah do 57 Bq/kg v globini 10–15 cm prav tako v Gmajnicah. Na slikah 5.1a–5.1c je prikazana časovna odvisnost globine težišča nanosa (depozita) na podlagi meritev od leta 1992 dalje za lokacije Gmajnice, 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 in vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [55]. Drugi in bolj vpliven vzrok je prerazporeditev useda na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljinjo. 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 zemljinjo, 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, je ustrezno večja. S sliko je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh.

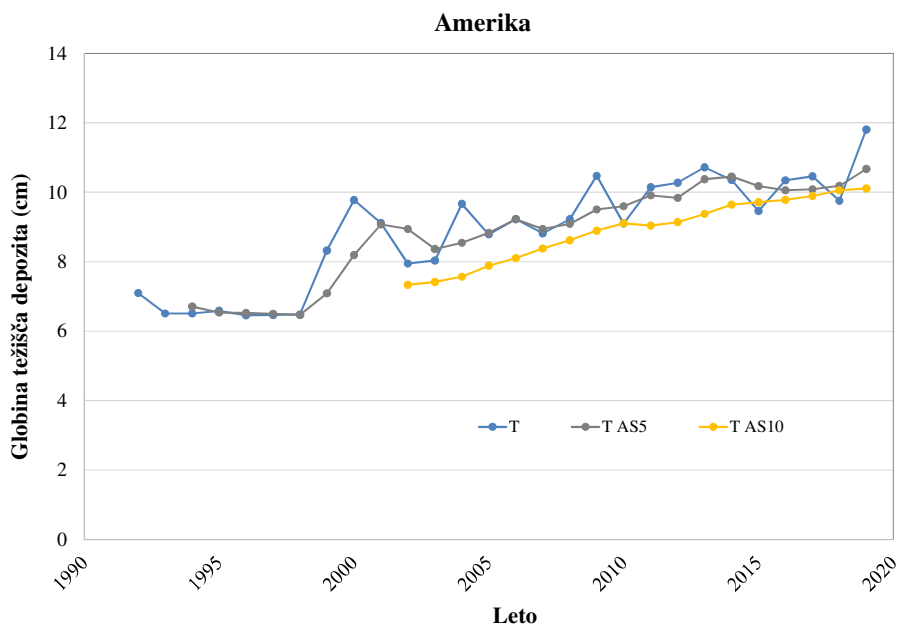
Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti iz NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje. Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen na sliki 5.2.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 30 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2019 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($11,7 \pm 0,3$) kBq/m², ($8,5 \pm 0,1$) kBq/m² in ($2,0 \pm 0,4$) kBq/m². Te vrednosti v povprečju presegajo oziroma so primerljive z vrednostmi ($4,8 \pm 0,6$) kBq/m², ($1,1 \pm 0,2$) kBq/m² in ($4,7 \pm 0,6$) kBq/m², ki so bile izmerjene do globine 30 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki. 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.

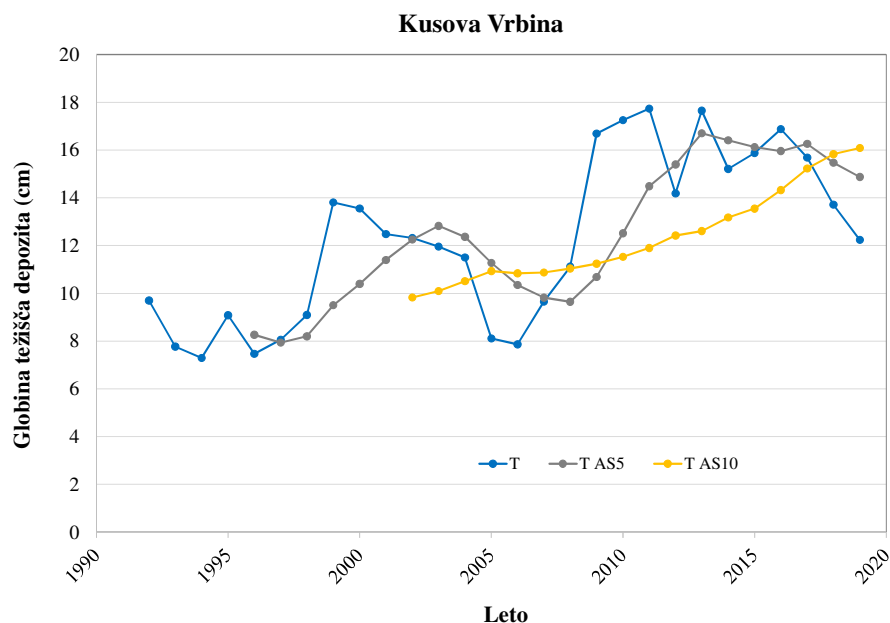
Na sliki 5.2 je prikazano petletno drseče povprečje useda do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina. Velikost useda se zmanjšuje. Ocena pokaže, da je zmanjševanje v glavnem posledica radioaktivnega razpadanja Cs-137, saj je le-to okrog 2,3% letno. Zanimivo je, da je časovna odvisnost useda na lokaciji Kusova Vrbina, ki je najpogosteje poplavljen, zelo različna od odvisnosti na lokacijah Gmajnice in Amerika, kar pomeni, da ima poplavljanje prevladujoč vpliv na preporazdelitev useda. Globina težišča nanosa do globine 30 cm je po letu 2010 približno 15 cm (slika 5.1c), kar kaže na to, da je porazdelitev približno homogena. Iz tega sledi, da je naplavljen vsa plast zemlje, kjer poteka vzorčenje, in da izmerjena kontaminacija ne opisuje razmer v Kusovi Vrbini v času černobilske kontaminacije, ampak razmere na področju, od koder izvira naplavljeni material.



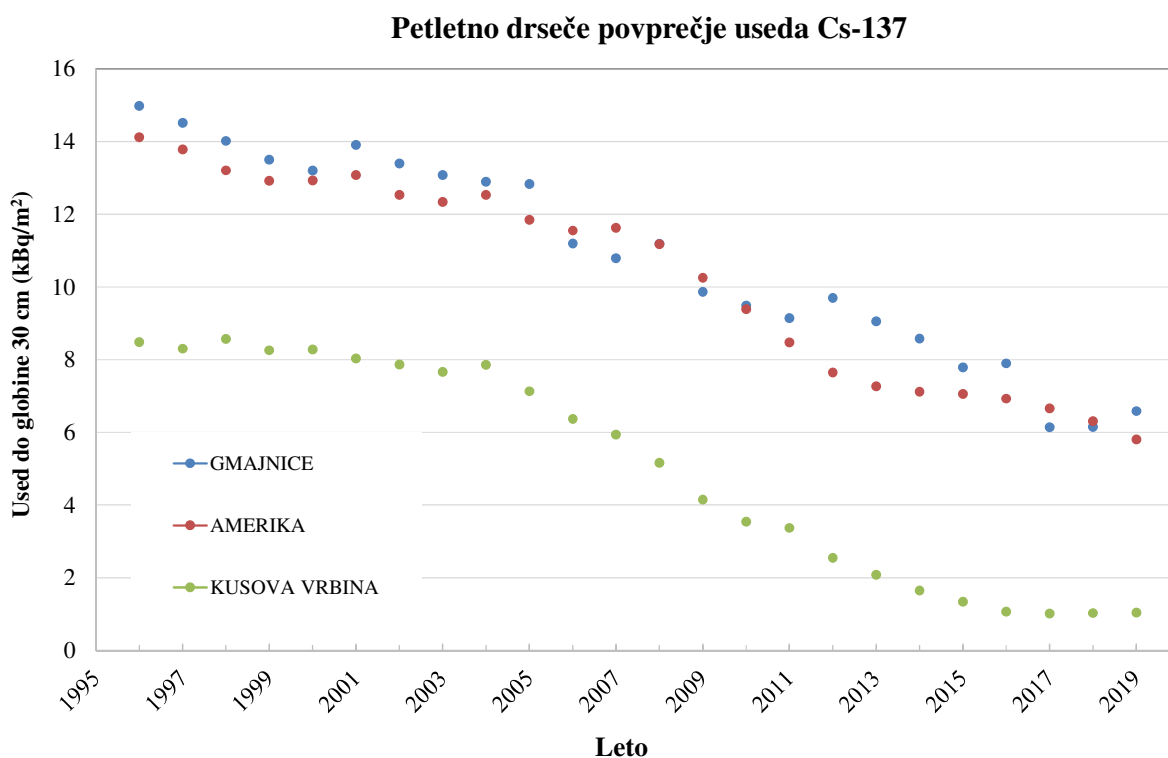
Slika 5.1a: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčenj za lokacijo Gmajnice. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1b: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčenj za lokacijo Amerika. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1c: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčenj za lokacijo Kusova Vrbina. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.2: Petletno drseče povprečje useda Cs-137 do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina



V izpuhu NEK se, razen žlahtnih plinov, radionuklidov joda in kobalta, Cs-137 in Te-127m, v letu 2019 niso pojavili drugi sevalci gama. Tekočinski izpusti NEK so vsebovali aktivacijske in fisijske produkte, sevalce gama, Mn-54, Co-58, Co-60, Nb-95, Ag-110m, Sb-125 in Cs-137. Noben od teh radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem 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.

Meritve TLD

Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2019 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067* v tabelah T-53/b in T-53/c za dozimetre v okolici NEK in za dozimetre 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. V okviru merske negotovosti so letni okoljski dozni ekvivalenti 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 2019

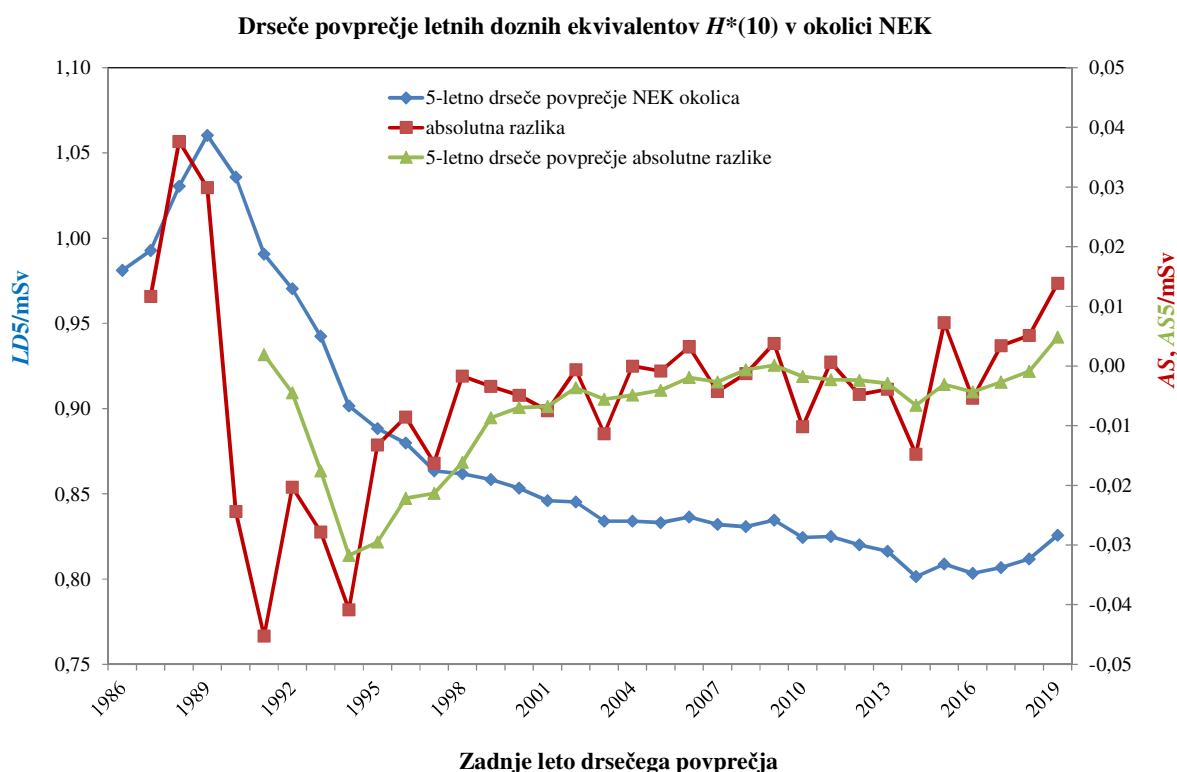
Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)$ (mSv)	Razpon $H^*(10)$ (mSv)
Na ograji NEK	9	$0,59 \pm 0,04$	0,52–0,63
Okolica NEK skupaj	57	$0,83 \pm 0,10$	0,66–1,07
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,79 \pm 0,13$	0,66–1,07
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,84 \pm 0,11$	0,71–1,04
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,84 \pm 0,08$	0,68–1,03
Slovenija	50	$0,91 \pm 0,16$	0,65–1,43
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,84 \pm 0,09$	–
Hrvaška	10	$0,73 \pm 0,12$	0,71–0,96

Na sliki 5.3 so povzeti rezultati meritev povprečnih letnih okoljskih dozni ekvivalentov, izmerjenih v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem, po letu 2010. Razvidno je, da se v zadnjih letih povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ne ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK, saj kaže dozni ekvivalent na Hrvaškem težnjo upadanja. Meritve v Sloveniji kažejo, da je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK sistematično nekoliko nižji kot v življenjskem okolju v Sloveniji. Iz tabele 5.1 in slike 5.3 je razvidno, da so letne doze na ograji NEK za približno 30 % nižje kot sicer doze v okolju. Razliko pripisujemo prodnatim tlom z odstranjeno plastjo 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].

Za meritve, narejene na območju Slovenije, je značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po črnobilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v globino. V zadnjih desetih letih, ko je v okolju še edini umetni sevalec gama Cs-137, je upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137, izzvenelo, saj je njegov vpliv na zmanjšanje letne doze manjši od stresanja izmerkrov. Na sliki 5.4 je prikazano 5-letno drseče povprečje absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK.



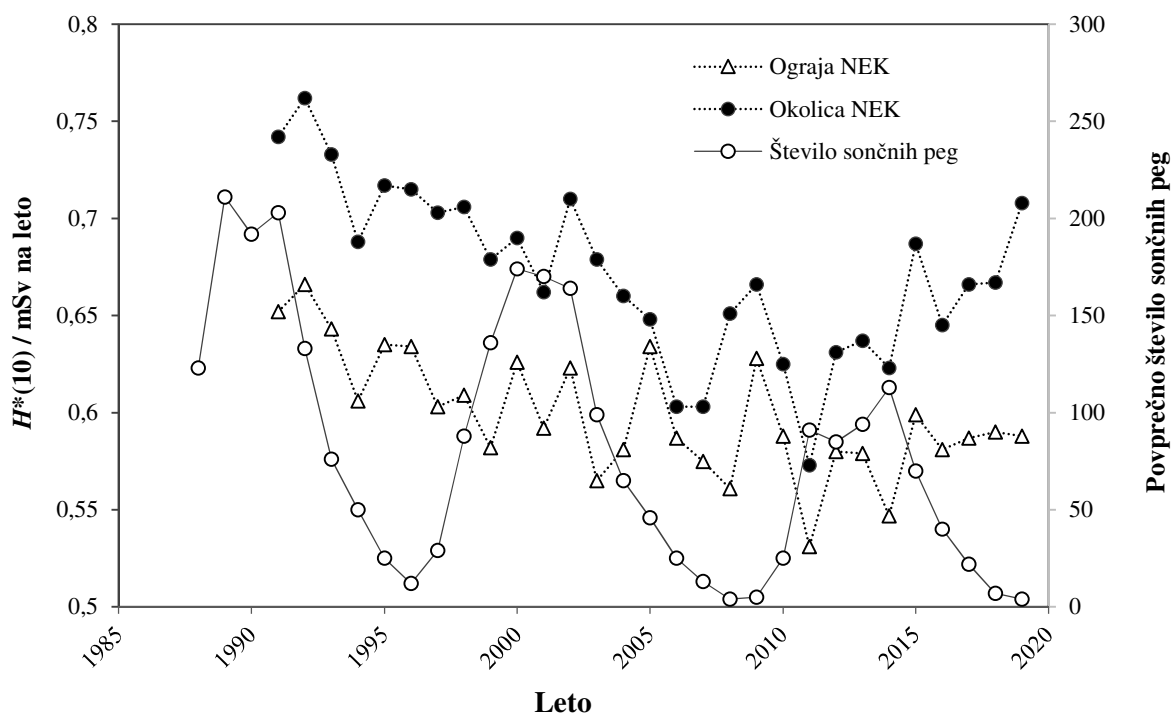
Slika 5.3: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 2010 do 2019



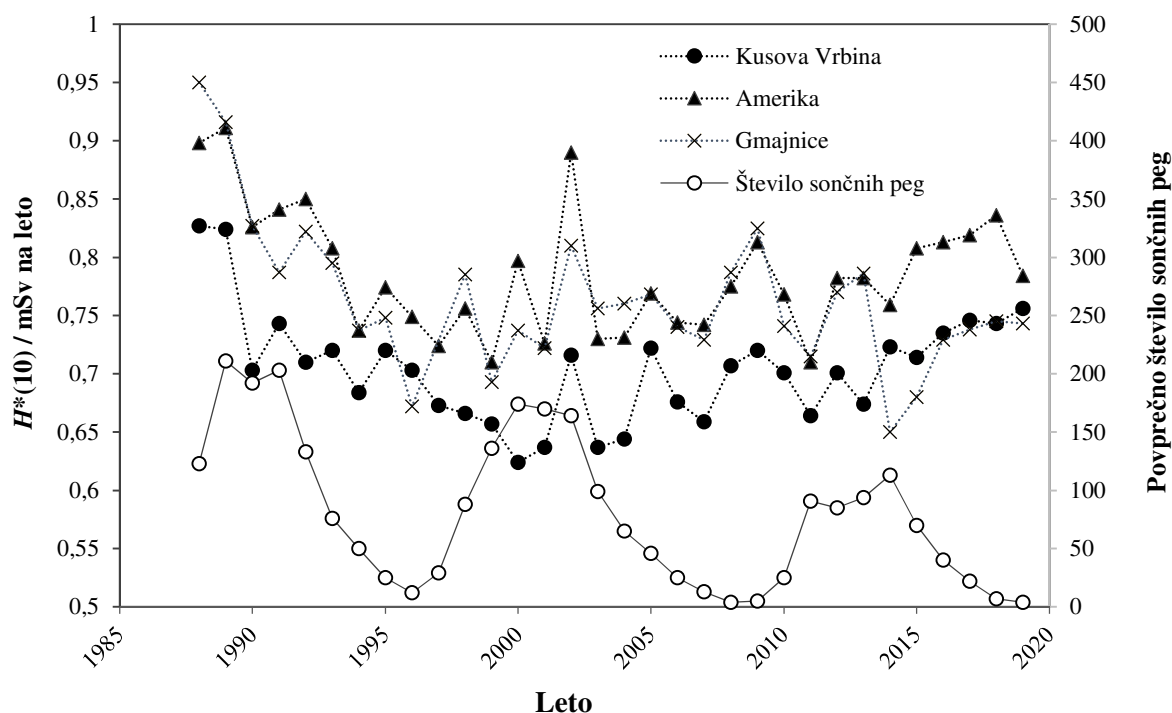
Slika 5.4: Petletno drseče letnih doznih ekvivalentov $H^*(10)$ ($LD5$), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja (AS) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe ($AS5$) v okolici NEK od 1986 do 2019. Negotovosti za $LD5$ so med 0,030 mSv in 0,11 mSv, za AS med 0,043 mSv in 0,13 mSv ter za $AS5$ med 0,019 mSv in 0,033 mSv. Zaradi boljše preglednosti negotovosti na sliki niso prikazane.



To povprečje kaže lokalni maksimum leta 2009, lokalni minimum leta 2014 in izrazito naraščanje po tem minimumu. Omenjena maksimum in minimum se ujemata z minimumom in maksimumom sončne aktivnosti. Ko je sončna aktivnost najmanjša, je gostota primarnih kozmičnih žarkov na Zemlji največja, ker jih tok delcev iz Sonca ne ovira [62]. Relativni prispevek kozmičnih žarkov k zunanji dozi je največji na lokacijah, kjer je prispevek sevanja iz zemlje v povprečju najmanjši. V okviru programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK so to lokacije na ograji NEK in lokacije Krško, Bohoričeva 5, Presladol 74 ter Vrčina, Hladilnica Evrosad, ki ležijo severozahodno od NEK. Razen na teh lokacijah smo korelacijo s kozmičnim sevanjem ocenili tudi na lokacijah, kjer se vzorčuje zemlja in je znan used Cs-137. To so lokacije na poplavnem področju pri Brežicah, na Prešernovi cesti 25, lokacija 63 v Ameriki in lokacija 59 na Gmajnicah. Na sliki 5.5 je predstavljena povprečna odvisnost letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ na ograji NEK, (devet dozimetrov) in povprečna časovna odvisnost na treh lokacijah v urbanem okolju severozahodno od NEK, kjer je prispevek sevanja iz zemlje najmanjši. Časovne odvisnosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta na lokacijah, kjer se vzorčuje zemlja, pa so predstavljene na sliki 5.6. Korelacijski koeficienti med številom sončnih peg ter letnim okoljskim doznim ekvivalentom so predstavljeni v tabeli 5.2, kjer je navedena tudi spodnja meja časovnega intervala, v kateri je bil korelacijski koeficient ocenjen. Ta meja je določena s časom, ob katerem je vpliv černobilske kontaminacije na dozo izvenel. Časovni intervali, v katerih so bili koeficienti izračunani, namreč ne smejo vsebovati časa, ko je zaznaven vpliv černobilske kontaminacije, saj njen padajoč vpliv na dozo vpliva na korelacijo s časovno odvisnostjo števila sončnih peg. Ugodno je, da so čim daljši, ker se s tem manjša vpliv fluktuacij na vrednost korelacijskega koeficienta. Začetek intervala smo določili glede na lokalni minimum v časovni odvisnosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta, ker je takrat vpliv černobilske kontaminacije manjši od stresanja izmerkov. Omeniti je tudi treba, da je relativna razlika med letnim okoljskim doznim koeficientom za kozmične žarke brez nevtronov ([65], [66], [67]) med maksimumom in minimumom sončne aktivnosti za predzadnji maksimum 8 % in za zadnji maksimum 4 %. Ker pa korelacijski koeficient ne meri samega vpliva, ampak skladnost povezanosti med količinama v celem časovnem intervalu, je pomembno, da je časovni interval, v katerem ocenjujemo korelacijski koeficient, čim daljši.



Slika 5.5: Časovne odvisnosti povprečnega letnega okoljskega doznega ekvivalenta na ograji NEK (trikotniki), povprečja po treh lokacijah v okolici NEK (polne pike), kjer je doza najmanjša, ter povprečno letno število sončnih peg (svetle pike) [63].



Slika 5.6: Časovne odvisnosti letnih okoljskih doznih ekvivalentov na lokacijah, kjer se vzorčuje zemlja. Dozni ekvivalenti s poplavne lokacije (Kusova Vrbina) so označeni s polnimi pikami, iz Amerike s trikotniki in iz Gmajnic s križi. Število sončnih peg je označeno s svatlmi pikami.

Tabela 5.2: Ocene korelacijskih koeficientov med časovno odvisnostjo števila sončnih peg in časovnimi odvisnostmi letnega okoljskega doznega ekvivalenta, izmerjenega na nekaterih lokacijah v okolici NEK in v zahodni Sloveniji okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti.

Lokacija	Korelacijski koeficient	Začetek intervala	Lokacija	Korelacijski koeficient	Začetek intervala
Ograja NEK	-0,28	2006	Kredarica	-0,69	2004
Povprečje treh lokacij	-0,46	2006	Trenta	-0,55	2003
Kusova Vrbina	-0,54	2000	Stara Fužina	-0,53	2008
Amerika	-0,44	2003	Bilje	-0,38	1995
Gmajnice	-0,38	2003	Portorož	-0,52	1992

Podobne korelacije opažamo pri meritvah v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti. Slika 5.7 prikazuje časovne odvisnosti letne okoljske ekvivalentne doze $H^*(10)$ na lokacijah Kredarica, kjer je pričakovan vpliv kozmičnih žarkov na dozo zaradi nadmorske višine največji, v Trenti in v Portorožu. Razen za te lokacije, so v tabeli 5.2 so predstavljeni ocenjeni korelacijski koeficienti še za lokaciji Bilje in Stara Fužina. Opazna je visoka absolutna vrednost korelacijskega koeficienta v Portorožu, čeprav je vpliv kozmičnih žarkov na okoljski dozni ekvivalent najmanjši. Ta vrednost je posledica dolgega časovnega intervala, v katerem je bil korelacijski koeficient izračunan, zato delno vsebuje tudi maksimum sončne aktivnosti v letu 1990.

Korelacijski koeficienti med časovnimi odvisnostmi letnega okoljskega doznega ekvivalenta in povprečnim letnim številom peg v časovnem intervalu, ko je vpliv črnobilske kontaminacije izzvenel in ki so



sistematsko negativni, kažejo na to, da je vpliv kozmičnih žarkov na letni okoljski dozni ekvivalent zmanjšan. To pomeni, da je letni okoljski dozni ekvivalent manjši, če je sončna aktivnost velika. V ruralnem okolju v okolici NEK je korelacijski koeficient bolj negativen, čim manjši je used Cs-137. To je posledica daljšega časovnega intervala, v katerem je bil korelacijski koeficient izračunan. V zahodni Sloveniji pa absolutna vrednost korelacijskega koeficienta pada z nadmorsko višino, saj vpliv kozmočnih žarkov na okoljski dozni ekvivalent raste z nadmorsko višino. Izjema je lokacija Portorož, kjer je bila črnoobilna kontaminacija nizka in zato časovni interval, v katerem je bil korelacijski koeficient ocenjen, zajema tudi maksimum sončne aktivnosti leta 1990.

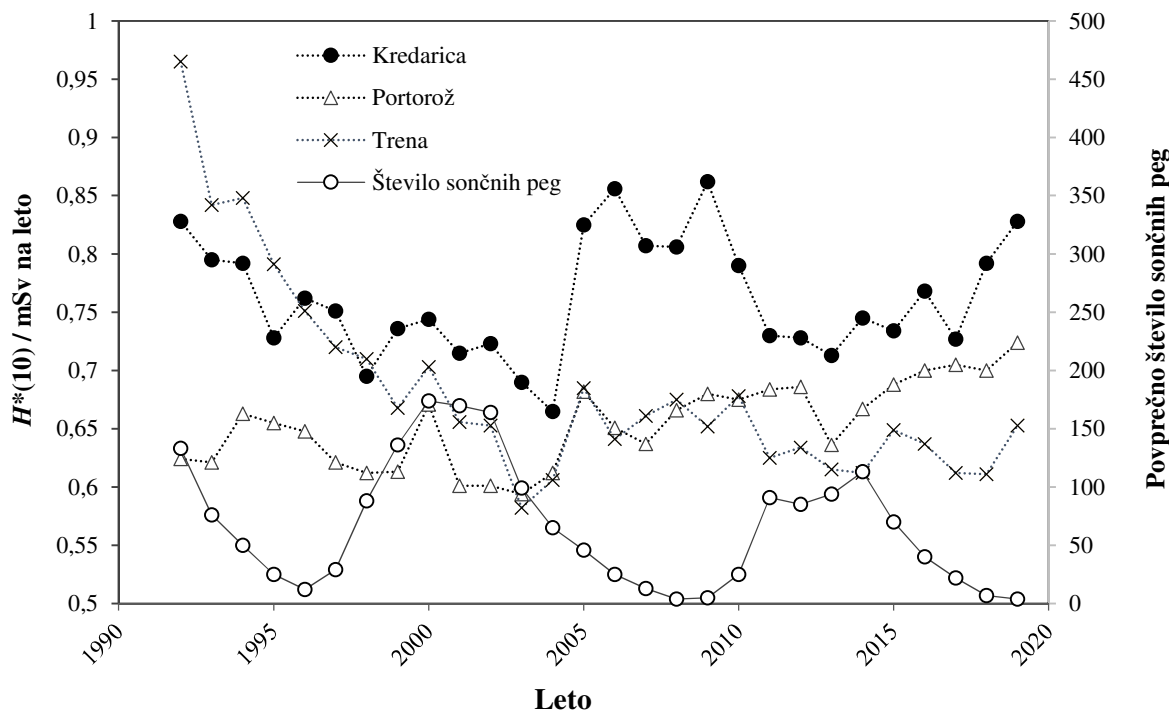
Podobno kot korelacijski koeficienti med letnimi doznimi ekvivalenti in številom peg, kažejo korelacijski koeficienti med letnimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi po letu 2006 na posameznih lokacijah ob ograji NEK, korelacijo v prostoru in v času. Doze, izmerjene na posameznih lokacijah, so korelirane v času in prostoru zaradi vpliva Sonca in zaradi vpliva vremena. Medtem ko vpliv Sonca kaže 11-letni cikel sončne aktivnosti, vpliv vremena ne kaže pravilne časovne odvisnosti. Vremenski pogoji namreč vplivajo na usedanje in izpiranje radioaktivnosti iz ozračja in s tem na okoljsko dozo, te doze pa so korelirane v prostoru, kolikor so korelirani vremenski pogoji med lokacijami, kjer računamo korelacijo. Prostorske korelacije med letnimi okoljskimi dozami, izmerjenimi v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v okolju, kažejo na vpliv vremena na letne okoljske dozne ekvivalente, kar se kaže v stresanju povprečnih doz. Časovne odvisnosti tega stresanja na posamezni lokaciji ne moremo ločiti od vpliva ponovljivosti (pričakovana ponovljivost je 3 % pri dozi 0,7 mSv [64]), korelacije med okoljskimi dozami, izmerjenimi na različnih lokacijah, pa kažejo na medsebojno povezanost. Korelacije med časovnimi odvisnostmi okoljskih doznih ekvivalentov, ki so bili izmerjeni na raznih lokacijah v okolici NEK, so predstavljeni v tabeli 5.3 skupaj z oddaljenostjo merilnih mest od NEK in oddaljenostjo od Save. Časovni interval, v katerem so bili ocenjeni, je krajši od obeh intervalov, navedenih v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Korelacijski koeficienti med časovnimi odvisnostmi letnega okoljskega dozega ekvivalenta, izmerjenega s TL dozimetri na lokacijah v okolici NEK v bližini Save. Podane so tudi razdalje od Save in razdalje od NEK.

Razdalja od NEK / km	5,4	–	1,3	2,5	2,9	8,5	9,7
Razdalja od Save / km	0,6	0,2	0,4	1,3	0,6	0,1	0,4
Lokacija	Tri lokacije v urbanem okolju (TLD)	Ograja NEK (TLD)	VOP-4 (TLD)	Gmajnice (zemlja)	Amerika (zemlja)	Kusova Vrbina (zemlja)	Mostec (TLD)
Začetek intervala	2006	2006	1998	2006	2004	1995	2010
Povprečni korelacijski koeficient	Korelacijski koeficient						
0,45	–	0,07	0,49	0,15	0,79	0,81	0,40
0,18	0,07	–	0,23	0,30	–0,06	–0,01	0,52
0,47	0,49	0,23	–	0,46	0,72	0,50	0,40
0,26	0,16	0,30	0,46	–	0,25	–0,05	0,46
0,47	0,79	–0,06	0,72	0,25	–	0,76	0,34
0,35	0,81	–0,01	0,50	–0,05	0,76	–	0,06
0,36	0,40	0,52	0,40	0,46	0,34	0,06	–



Korelacija med razdaljo od elektrarne in povprečnim korelacijskim koeficientom ni opazna, opaziti pa je, da imata najmanjši povprečni korelacijski koeficient ograja NEK in lokacija, ki je najbolj oddaljena od Save. To kaže, da bližina Save vpliva na izpiranje in usedanje naravne radioaktivnosti iz ozračja in da bližina jedrske elektrarne ta vpliv spremeni. Povprečna vrednost korelacijskega koeficienta med meritvami po letu 2006 na devetih lokacijah na ograji NEK (36 korelacijskih koeficientov) je 0,64 in je večja od povprečij med meritvami na oddaljenih lokacijah. Iz tega sledi, da izpiranje iz ozračja poteka tudi v bližini elektrarne, vendar je v času slabo korelirano z izpiranjem na oddaljenih lokacijah, kar kaže na to, da ima jedrska elektrarna svojo lastno mikroklimo.



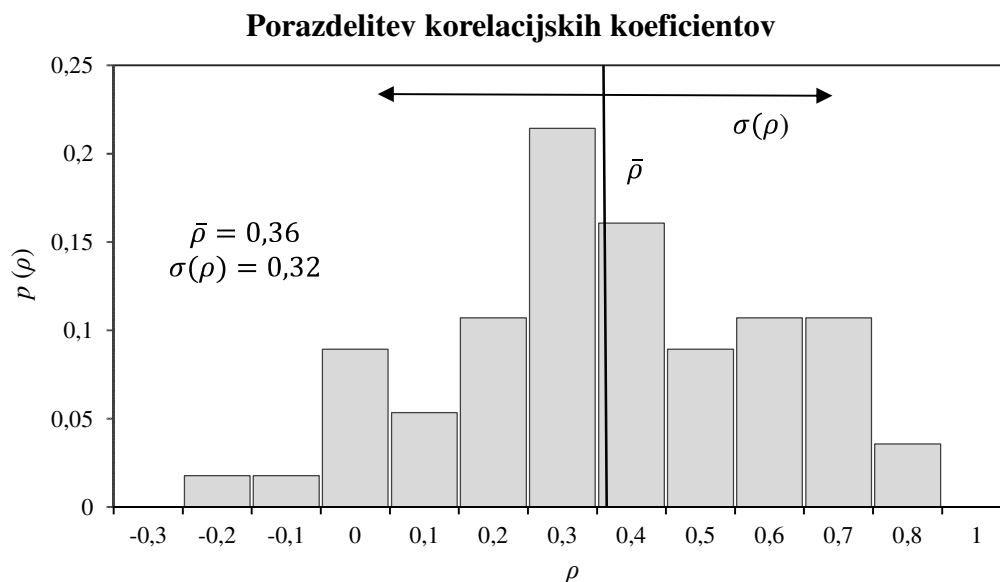
Slika 5.7: Časovne odvisnosti letnega okoljskega letnega doznega ekvivalenta v Portorožu (trikotniki), v Trenti (križi), na Kredarici (temne pike) ter povprečno letno število sončnih peg (svetle pike).

Porazdelitev korelacijskih koeficientov med letnimi dozami, izmerjenimi na 11 lokacijah v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti v okolju, z letno okoljsko dozo v obdobju, ko je črnobilaska kontaminacija izzvenela (55 korelacijskih koeficientov), je na sliki 5.8. Povprečni korelacijski koeficient je 0,361, pri čemer je povprečna razdalja med lokacijami 111 km. Skupina lokacij, izbrana v zahodni Sloveniji, kjer je letni okoljski dozni ekvivalent nizek (lokacije Portorož, Kredarica, Bilje, Trena), kažejo izrazito odvisnost korelacijskega koeficienta od razdalje med lokacijami (slika 5.9). Za primerjavo so na sliki prikazani korelacijski koeficienti z Novim mestom, kjer je zveza med korelacijskim koeficientom in razdaljo zabrisana. Skupina lokacij, izbrana v vzhodnem delu Slovenije, odvisnosti korelacijskega koeficienta od razdalje med merilnimi mesti ne kaže (slika 5.10).

Odvisnost korelacijskih koeficientov med dozami, izmerjenimi v zahodni Sloveniji, od razdalje kaže, da so vremenski vplivi na doze korelirani v prostoru tako, da njihov vpliv pojema z razdaljo dovolj počasi, da je zaznaven na razdaljah, ki presegajo razdalje med lokacijami, na katerih so bile izmerjene uporabljene okoljske doze. Razmere v vzhodnem delu Slovenije so drugačne. Tukaj so letne okoljske doze še vedno korelirane v prostoru, vendar korelacijski koeficienti niso odvisni od razdalje med lokacijami, kjer so bile doze izmerjene. Iz tega sledi, da je tukaj karakteristična dolžina, ki opisuje korelacijo vremena v prostoru,

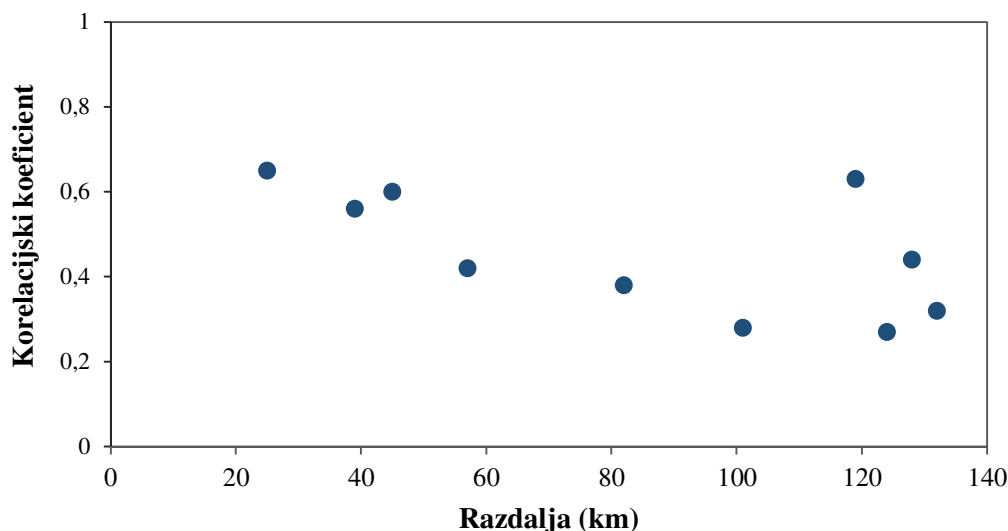


pogosto manjša od razdalj med lokacijami, na katerih so bile letne doze izmerjene. Odvisnost korelacijskih koeficientov od razdalje v zahodni Sloveniji pa pojasnimo tako, da so vremenski pogoji v bližini morske obale zelo različni od vremenskih pogojev v Julijskih Alpah, kar zmanjša korelacije na večjih razdaljah.



Slika 5.8: Porazdelitev korelacijskih koeficientov med letnimi dozami, izmerjenimi v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti na 12 lokacijah v obdobju, ko črnbilaska kontaminacija ni več zaznavna.

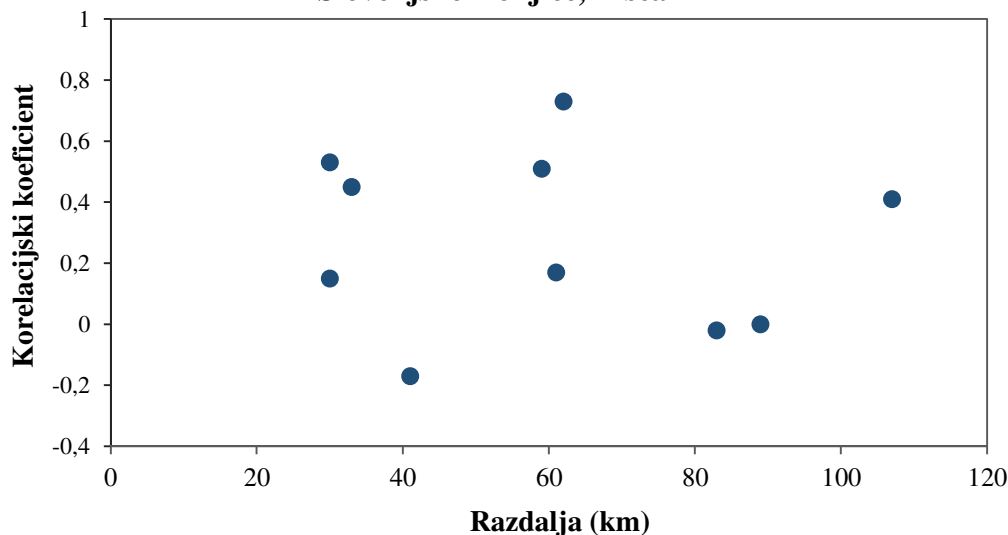
ZAHOD: Portorož, Bilje, Triglav, Trenta, Novo Mesto



Slika 5.9: Vrednost korelacijskega koeficienta kot funkcija razdalje med lokacijami v zahodni Sloveniji in v Novem mestu v obdobju, ko je črnbilaska kontaminacija izzvenela in je letna okoljska doza nizka.



**VZHOD: Lendava, Maribor, Gornja Radgona,
Slovenske Konjice, Lisca**



Slika 5.10: Vrednost korelacijskega koeficienta kot funkcija razdalje med lokacijami v vzhodni Sloveniji kjer je letna okoljska doza nizka in v obdobju, ko černobilska kontaminacija ni bila zaznavna.

Sevanje iz zemlje

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 [4]:

$$H^*(10)_{\text{letno}} = \sum_i w_i C_i \quad (5.1)$$

V enačbi smo s C_i označili specifične aktivnosti Ra-226, Th-232 (Ra-228, Th-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, 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 po vrsti: 4,94, 6,56, 0,449 in 1,68, izraženi v enotah $\mu\text{Sv}/(\text{Bq}/\text{kg})$. Te vrednosti so izračunane na podlagi koeficientov enačbe (9) v [4] ob predpostavki zadrževanja na prostem 8 760 ur. Enačba (9) v [4] je primerna za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov neodvisna od globine. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se spreminja z globino [4]. 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-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne aktivnosti Ra-226, Ra-228, Th-228, 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, Th-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice, Kusova Vrbina in Amerika po enačbi (5.1) izračunamo letni okoljski dozni ekvivalent za omenjene lokacije. Rezultati so zbrani v tabeli 5.4.


Tabela 5.4: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega okoljskega doznega ekvivalenta v letu 2019 za tri lokacije vzorčenja zemlje v okolici NEK

Radionuklid	Povprečna 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 ionizirujoča kozmična komponenta	
Gmajnice				št. dozimetra 59
U-238	35,1 ± 1,3	0,67 ± 0,03	0,99 ± 0,03	0,74 ± 0,10
Ra-226	43,3 ± 3,5			
Ra-228	32,4 ± 1,6			
Th-228	32,8 ± 1,0			
K-40	395 ± 29			
Cs-137	37,1 ± 9,0			
Kusova Vrbina				št. dozimetra 21
U-238	25,3 ± 1,5	0,50 ± 0,02	0,82 ± 0,02	0,76 ± 0,11
+ Ra-226	34,1 ± 3,1			
Ra-228	27,1 ± 0,3			
Th-228	27,5 ± 0,6			
K-40	337 ± 9			
Cs-137	3,6 ± 0,6			
Amerika				št. dozimetra 63
U-238	32,5 ± 1,4	0,63 ± 0,02	0,95 ± 0,02	0,78 ± 0,11
Ra-226	42,0 ± 3,4			
Ra-228	32,3 ± 1,6			
Th-228	32,8 ± 1,0			
K-40	406 ± 15			
Cs-137	15,8 ± 1,7			

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 5.4. Iz tabele sledi, da se doza zaradi sevanja iz tal in ionizirajoče komponente kozmičnih žarkov ujema z dozo izmerjeno z dozimetrom TLD v Kusovi Vrbini, kjer poteka vzorčenje zemlje v neposredni bližini dozimetra. Na drugih dveh lokacijah ujemanja ni, kar pojasnjujemo s tem, da se lokacija vzorčenja zemlje ne ujema povsem z lokacijo, kjer je postavljen merilnik TLD.

Z uporabo programa EXPACS ([65], [66], [67]) izračunamo, da je letni okoljski dozni ekvivalent kozmičnih žarkov v Krškem (nadmorska višina 155 m) 0,405 mSv, od tega odpade 0,089 mSv na dozo zaradi nevtronov, na katere dozimetri TLD niso občutljivi. V Velikem Trnu (nadmorska višina 434 m) pa je letni okoljski dozni ekvivalent 0,466 mSv, od česar odpade 0,115 mSv na nevtrone, kar pomeni, da je doza zaradi ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah dozimetrov v okolici jedrskega objekta v Krškem skoraj enaka.



Iz tabele 5.4 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,50 mSv do 0,67 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente. Za lokacijo Kusova Vrbina se vsota obeh prispevkov v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067, marec 2020*. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2019 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,84 \pm 0,11$) mSv v območju od 0,69 mSv do 1,02 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, je bil v letu 2019 ($0,903 \pm 0,002$) mSv v območju od 0,55 mSv do 1,43 mSv. Ta vrednost je enaka povprečni vrednosti, določeni na podlagi meritev s TLD na območju Slovenije (tabela 5.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56, izmerjenih z MFM, z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi s TLD po Sloveniji (tabela T-54/b v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*), 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 mestih, kjer sta postavljena merilnika MFM in TLD na določeni lokaciji. Na IJS, kjer sta oba merilnika postavljena v neposredni bližini, se vrednost ($0,75 \pm 0,03$) mSv, določena z MFM, v okviru negotovosti ujema z vrednostjo ($0,84 \pm 0,09$) mSv, določeno s TLD.

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 simulacije Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globlin [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 5.5 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,003 mSv in 0,030 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 območju od 0,018 mSv do 0,056 mSv.

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanjega sevanja ni mogoče neposredno meriti z merilniki TLD in MFM. Mreža TLD meri skupno 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 je bil v letu 2019 ($0,83 \pm 0,10$) mSv, kar se ujema z vrednostjo ($0,83 \pm 0,09$) mSv v letu 2018.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, je bila le-ta izračunana z uporabo programa EXPACS ([65], [66], [67]). Program omogoča izračun doze, ki je posledica posameznih komponent kozmičnega sevanja vključno z nevtronsko komponento za poljubno geografsko dolžino in širino. Za leto 2019 je prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,089 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 [58]. Torej lahko za vse vrste sevanj sklenemo, da je prispevek iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanjega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju *Zrak* na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela.



Tabela 5.5: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2019

LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)	LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)
Gmajnice	$0,030 \pm 0,006$	Ljubljana	$0,056 \pm 0,011$
Kusova Vrbina	$0,003 \pm 0,001$	Kobarid	$0,052 \pm 0,010$
Amerika	$0,013 \pm 0,003$	Murska Sobota	$0,018 \pm 0,004$

Vpliv usedanja in izpiranja umetne radioaktivnosti iz ozračja zaradi globalne kontaminacije je predstavljen v tabeli 5.5. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta je na lokacijah v okolici NEK primerljiva z vrednostmi, izmerjenimi v letu 2018. Okoljskega doznega ekvivalenta zaradi usedanja iz oblaka ne moremo izmeriti, lahko ga pa računsko ocenimo na podlagi emisij iz NEK, razredčitvenih koeficientov in doznih pretvorbenih koeficientov.

Used se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčenje 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 2019 vključno z modelirano domeno so predstavljeni v poglavju o radioaktivnosti v zraku. 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 $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$, navpična dimenzija celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, v kateri je celica. Tabelirane vrednosti depozicijskih faktorjev in razredčitvenih koeficientov so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*, marec 2020.

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 prvega prizemnega nivoja, k_{WDD} faktor mokrega in suhega nanosa, $(\chi/Q)_i$ azredčitveni koeficienti nivojev i , h_i višina nivoja i in N število nivojev v domeni.

Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.6. 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 pretvorbenega koeficienta DCF [68]. Dozni pretvorbeni 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 2019 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,2 km od dimnika NEK (zahodna ograja, ki je v izključitvenem območju), vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti z merilniki, ki neprekinjeno merijo ionizirajoče sevanje 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 5.7 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: Ocena letne efektivne doze zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2019

Oddaljenost od dimnika NEK (km)			0,2	0,8	1,0	1,5	3,25	7,5
Radionuklid	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m ²)	Letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)					
I-131	9,48E+05	7,83E-11	2,82E-13	3,27E-14	3,89E-14	4,35E-14	5,92E-15	5,21E-15
I-132	3,18E+07	1,84E-11	2,22E-12	2,57E-13	3,06E-13	3,42E-13	4,66E-14	4,10E-14
I-133	1,24E+06	4,32E-11	2,04E-13	2,36E-14	2,81E-14	3,14E-14	4,26E-15	3,75E-15
H-3	2,78E+12	-	-	-	-	-	-	-
C-14	7,47E+10	-	-	-	-	-	-	-
Cr-51	-	7,02E-12	-	-	-	-	-	-
Mn-54	-	1,94E-10	-	-	-	-	-	-
Co-58	5,99E+03	2,24E-10	5,10E-15	5,92E-16	7,05E-16	7,87E-16	1,07E-16	9,43E-17
Co-60	8,44E+03	5,67E-10	1,82E-14	2,11E-15	2,51E-15	2,80E-15	3,82E-16	3,36E-15
Zr-95	-	1,70E-10	-	-	-	-	-	-
Nb-95	-	1,73E-10	-	-	-	-	-	-
Ag-110m	-	6,48E-10	-	-	-	-	-	-
Sb-124	-	4,05E-10	-	-	-	-	-	-
Te-125m	-	2,97E-12	-	-	-	-	-	-
Te-127m	2,33E+04	2,97E-12	2,63E-16	3,05E-17	3,63E-17	4,06E-17	5,52E-18	4,86E-18
Cs-137	8,66E+02	1,35E-10	4,44E-16	5,15E-17	6,13E-17	6,85E-17	9,33E-18	8,21E-18
Fe-55	-	4,86E-14	-	-	-	-	-	-
Sr-90	1,62E+03	2,40E-11	1,48E-16	1,72E-17	2,05E-17	2,28E-17	3,11E-18	2,74E-18
VSOTA			2,73E-12	3,16E-13	3,77E-13	4,21E-13	5,73E-14	5,04E-14

Tabela 5.7: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2019 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)$ (mSv)
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,76 (89 %)
kozmični nevtroni	[55], [65], [66], [67]	0,09 (11 %)
naravno sevanje – skupaj		0,85 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	0,015 (2 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	2,73E-12
SKUPAJ		0,87

* 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 2019 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 0,50 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 2019 ni bilo mogoče zaznati. Prispevek Cs-137 k letni dozi $H^*(10)$ je od 0,3 % do 4,8 % skupne doze zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji. Letni okoljski dozni ekvivalent 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 0,030 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 letnega okoljskega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v okolici NEK, se ujema s povprečno vrednostjo, izmerjeno s kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Povprečje je v obeh primerih 0,84 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 2019 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 1,00 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 izpustov iz NEK manjša od 0,00001 μ Sv na robu izključitvenega območja in dalje, torej daleč pod detekcijsko mejo merilnikov. Meja detekcije z merilniki TLD je 7,5 μ Sv, torej bi merilniki brez težav ugotovili potencialno nevarne nivoje zunanjega sevanja zaradi izpustov NEK v ozračje. Omenjeno detekcijsko mejo bi seveda dosegli ob večji pogostosti meritev, kot je dvakrat na leto.

Zaupanje v meritve okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ smo podkrepili z ugotavljanjem vpliva kozmičnih žarkov in vpliva vremenskih razmer, ki pogojujejo izpiranje in usedanje naravne radioaktivnosti iz zraka, na rezultate teh meritev. Zaznavanje in tolmačenje teh vplivov kaže, da bi tudi hipotetični vpliv NEK na okoljski dozni ekvivalent opazili in pravilno tolmačili.





6 RADIONUKLIDI V HRANI

POVZETEK

Z ugotavljanjem specifičnih aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčenih v okolici NEK preverjamo vpliv izpustov NEK na hrano in ocenjujemo sevalno obremenitev prebivalstva zaradi zaužitja hrane na krško-brežiškem polju. Specifične aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčenih v okolici NEK, smo primerjali s specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji.

Vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani, ki izvirata iz globalne kontaminacije okolja, je povečala sevalno obremenitev referenčne osebe iz okolice NEK še za 1 μ Sv, kar je le 0,7 % celotne izračunane letne učinkovite doze zaradi zaužitja hrane brez upoštevanja K-40. To je z biološkega vidika zanemarljivo. Sevalna obremenitev prebivalcev drugod po Sloveniji zaradi zaužitja hrane, kontaminirane s Cs-137 in Sr-90, je 0,8 μ Sv. 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 2019 k dozi splošnih kontaminantov Cs-137 in Sr-90 v okolici NEK največ prispeva specifična aktivnost Sr-90 v listni in podzemni zelenjavi, pri oceni učinkovite doze drugod po Sloveniji pa specifična aktivnost Sr-90 v podzemni zelenjavi in žitih. Specifična aktivnost Cs-137 v divjačini (zajec) je bila v 2019 primerljiva z drugimi živali, vzorčenimi v okolici NEK in drugod po Sloveniji, čeprav v gozdnih ekosistemih občasno še vedno ugotavljamo zelo visoke vsebnosti Cs-137 kot posledico nesreče v Černobilu in preteklih jedrskih poskusov.

V zračnih izpustih NEK za izpusti tritija prevladuje radionuklid C-14. Ta se, enako kot ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline in s hrano prehaja v živali in ljudi. Ocenjena učinkovita doza referenčne osebe, prejeta zaradi zaužitja hrane, ki vsebuje C-14, je v okolici NEK – na robu izključitvenega območja in dalje ($15,16 \pm 0,32$) μ Sv, v krajih, kjer vpliva NEK v letu 2019 ni bilo mogoče zaznati (Dobova) pa ($15,08 \pm 0,25$) μ Sv. Med obema vrednostnima ni statistično značilne razlike, doza pa je primerljiva z ocenami iz prejšnjih let in je z biološkega vidika zanemarljiva.

UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja jedrskih objektov ali izrednih dogodkov, potencialno vodijo k izpostavitvi okoliškega prebivalstva ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje prek izpustov v atmosfero ali v vodne sisteme, pri čemer prihaja do kontaminacije zraka, vode, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in zaužitje, 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, delno 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 zaznamo. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biorazpoložljivosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem abiotski in biotski talni dejavniki [69]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo morfološke značilnosti rastlin (velikost površine, strukture na listih) in okoljski dejavniki, kot sta količina padavin in vetrovnost. Rastlinski organi se z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebule ter liste in plodove, ki uspevajo pri tleh [70]. 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, zlasti



rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [70], 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 [70].

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK smo analizirali vzorce hrane ter s tem preverjali vpliv izpustov NEK na vsebnost radionuklidov v hrani. Na podlagi rezultatov meritev in z upoštevanjem prehranskih navad referenčne osebe smo lahko ocenili efektivno dozo referenčne osebe zaradi zaužitja hrane na krško-brežiškem polju.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčenja

Vzorčenje živil v okolici Nuklearne elektrarne Krško poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčenju 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 odzemajo vedno na istem mestu, če je le mogoče. V Vrbini, Bregah in Spodnjem Starem Gradu se hrana na primer prideluje le za potrebe radiološkega nadzora. Odzemna mesta vzorcev hrane v letu 2019, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (zelenjava), Vrbina (jajca, sadje, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinec (zelenjava), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso, sadje), Dolenje Skopice (mleko, zelenjava). V letu 2019 je bilo v okolici NEK skupno vzorčenih 32 vrst živil.

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. Vzorčenje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizo 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, vzorčenih v juliju in septembru 2019 ob ograji NEK in dalje (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, pšenici, koruzi, travi, zelju in jagodah.

REZULTATI MERITEV IN ZNAČILNI ČASOVNI POTEKI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2019, IJS-DP-13067*, marec 2020.

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 (grozdje, bezeg, šipek), T-69 do T-73 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, rdeča pesa, čebula, por; listna zelenjava – zelena solata, zelje, peteršilj, blitva, ohrovt; plodovke – fižol v zrnju, paprika, paradižnik, feferoni, jajčevci, kumare, bučke; žita – pšenica, koruza, ječmen) T-74, T-75 (kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso).



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 zračnih izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90.

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), vzorčenih drugod po Sloveniji. Slednje meritve je izvedel ZVD. Vzorcena so bila naslednja živila: mleko; sadje – jabolka, hruške; podzemna zelenjava – koleraba, česen; listna zelenjava – motovilec; plodovke – kumare, bučke; žita – pšenica, koruza; jajca in meso (kokošja jajca, kokošje, svinjsko in goveje meso ter divjačina - srna), skupno 15 vrst živil.

Rezultati meritev C-14 v hrani so v poročilu *Izvyješće o mjerenjima aktivnosti ¹⁴C u okolišu Nuklearne elektrarne Krško tijekom 2019. godine*, LNA 5/2020, Institut Ruđer Bošković, Hrvaška [20].

Tritij (H-3)

Tritij se v okviru rednega merilnega nadzora NEK v hrani ne ugotavlja. Vendar raziskave, ki so bile izvedene na IJS v zadnjih letih [72], kažejo povečane vsebnosti tritija v rastlinju neposredno ob NEK v primerjavi z rastlinjem na kontrolni točki.

Ogljik (C-14)

Naravni radionuklid ogljik C-14 nastaja v Zemljini atmosferi kot produkt jedrskih reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni, iz kozmičnega sevanja [71]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ vstopa v ogljikov cikel Zemlje, kjer se v procesu fotosinteze asimilira v hrano rastlinskega izvora. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako pove povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO₂ med rasto sezono. C-14 tako vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi zaužitja.

Do povečanja koncentracije C-14 na zemeljskem površju je prišlo v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi nadzemnih jedrskih poskusov 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 ravnovesne vrednosti [71].

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 pričakovati.

Izračunana letna efektivna doza referenčne osebe zaradi zaužitja C-14 izhaja iz predpostavke, da letno zaužijemo okrog 330 kg hrane, ki vsebuje 30 % ogljika (~100 kg C letno). Atomi C-14 so namreč strukturni del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi, kot so Cs-137, K-40, Sr-90 itd., ne spadajo med strukturne elemente, zato sta postopka računanja letne efektivne doze različna.

Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2019 izmerjena v jabolkih, pšenici, koruzi, travi, zelju in jagodah in sicer v juliju in septembru. Vrednosti so zbrane v tabeli 6.1. Med povprečnimi vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju merjenih v juliju in septembru na istih lokacijah ni statistično značilnih razlik. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14, (280 ± 6) Bq na kilogram ogljika, je bila izmerjena v jabolkih (lokacija I, notranji krog) v juliju. Lokacije so označene na sliki 1 v poročilu [20]. V letu 2019 je bil remont v jesenskem času (1. 10. – 29. 10.) po tem, ko je bilo vzorčenje rastlinja jeseni že zaključeno.

V letu 2019 so bile vzorčene tudi ribe iz Save in sicer krap in klen iz akumulacijskega jezera HE Brežice. Rezultati aktivnosti C-14 v ribah iz Save kažejo, da so vrednosti aktivnosti C-14 na kilogram suhe ribe (krap: 210 Bq na kilogram ogljika, klen: 221 Bq na kilogram ogljika) nižje od trenutne atmosferske aktivnosti (podatek iz leta 2009: 238 Bq na kilogram ogljika), zato zaužitje teh rib ne doprinese k povečanju efektivne doze referenčne osebe iz okolice NEK zaradi C-14.



Tabela 6.1: Specifične aktivnosti C-14 v okolici NEK v letu 2019

Območje v okolici NEK	Julij 2019	September 2019
	Bq na kilogram ogljika	
Najvišja vrednost	(280 ± 6) (lokacija I)	(260 ± 5) (lokacija Q)
Ob ograji NEK	(248 ± 6)	(253 ± 5)
Zunanji krog	(239 ± 9)	(246 ± 5)
Dobova	(235 ± 5)	(241 ± 4)

Cezij (Cs-137)

Radionuklid Cs-137 je bil v letu 2019 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčenih živil. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

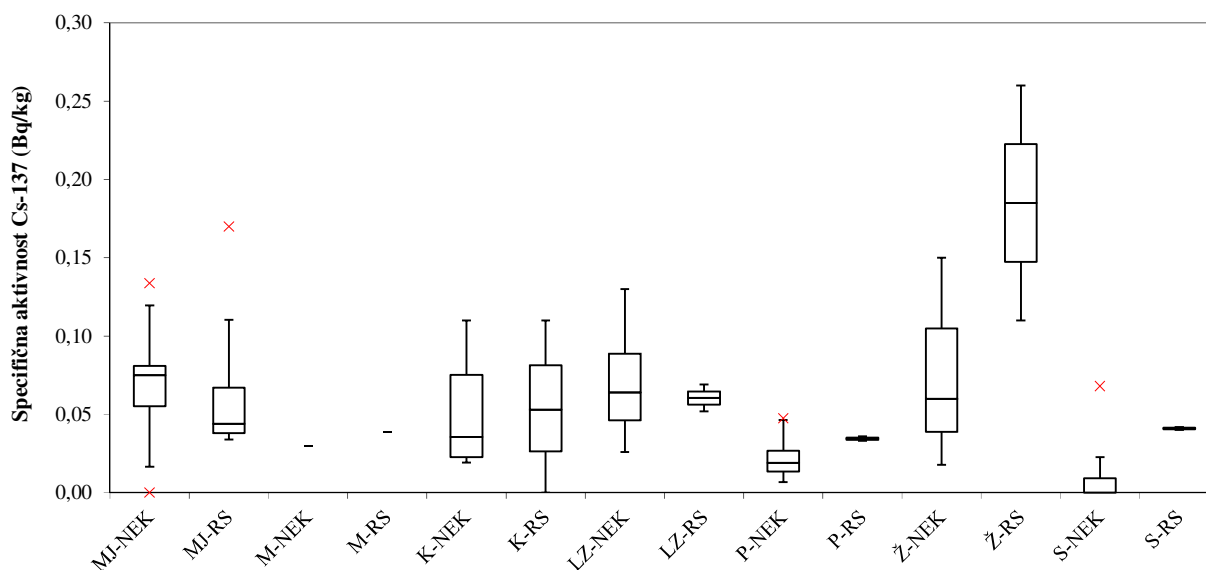
Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,15 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, to je od 0 Bq/kg do 0,26 Bq/kg [12]. Podatki so prikazani na sliki 6.1. V divjačini (zajec in srnjak; Leskovec, Kojsko) je bila specifična aktivnost Cs-137 $(0,06 \pm 0,02)$ Bq/kg in $(0,04 \pm 0,01)$ Bq/kg, kar je primerljivo z ostalimi živali.

V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v ječmenu $(0,15 \pm 0,04)$ Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčenih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, $< 0,001$ Bq/kg. Največja izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, je bila izmerjena v koruzi iz Veržeja, in sicer $< 0,26$ Bq/kg.

S slike 6.1 je razvidno, da največjo vsebnost Cs-137 v letu 2019 v okolici NEK in drugod po Sloveniji, najdemo v listni in podzemni zelenjavi ter v žitih, najmanj pa v mleku, plodovkah in sadju.

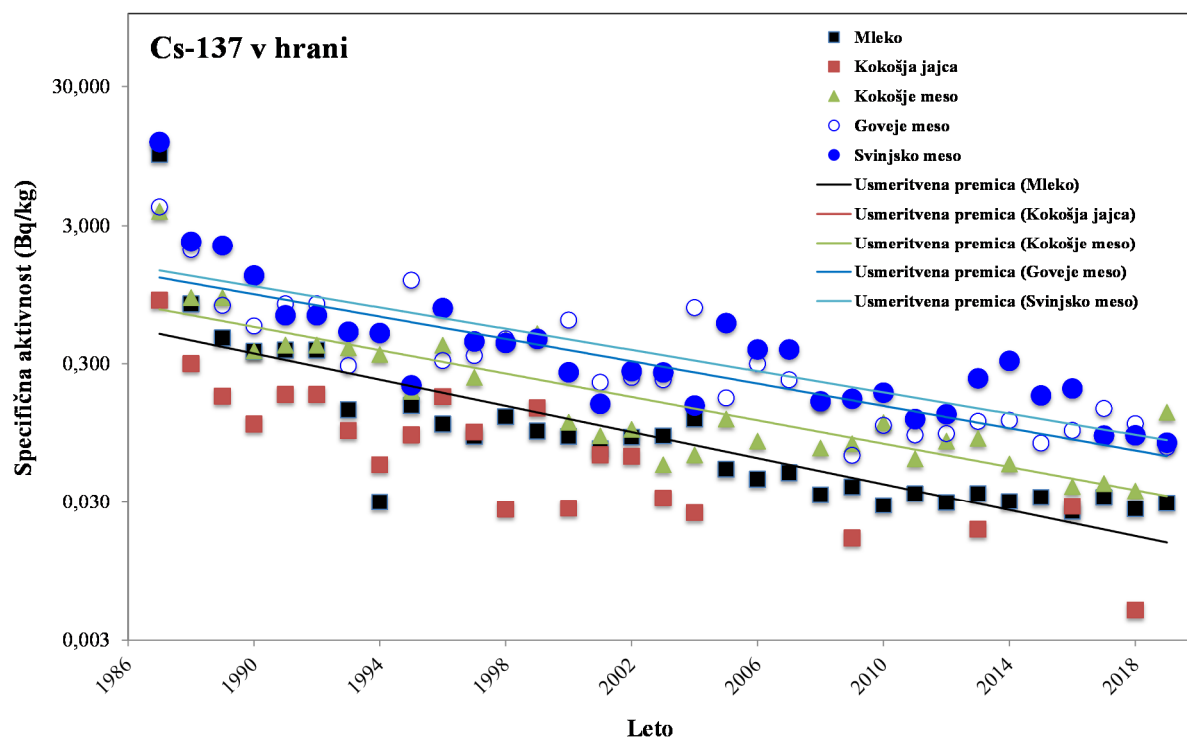
Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 6.2 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od črnobilske nesreče do danes znižala za približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10 (slika 6.4). Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v mleku je tako že nekaj let na ravni izpred črnobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred črnobilsko nesrečo. Tudi za druga živila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 po črnobilski 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 [70]. 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 premice¹. Iz naklonov premic, ki se med seboj odmikajo 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 krajši od fizikalnega razpolovnega časa Sr-90 28,8 let.

¹ Podatkom smo prilagajali eksponentne krivulje ($\sim e^{-\frac{t}{\tau}}$). Ker so vrednosti na ordinatni osi v logaritemski skali, na sliki vidimo premice, katerih naklon je obratno sorazmeren z efektivnim razpolovnim časom τ .



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; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah posamično vzorčenih živil v letu 2019 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 sta tako za mleko (NEK in RS) prikazani aritmetični sredini čez vse vzorce v okviru nadzora radioaktivnosti za leto 2019. Iz predstavitve je izvzeta divjačina, vzorčena drugod po Sloveniji. 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. Z znakom – so označene posamične meritve, z znakom **x** pa ubežniki (angl. *outliers*).

Kljub omenjenim težnjam pa v živilih, vzorčenih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno lahko ugotovljamo, v primerjavi z živilih, vzorčenimi v agrarnih ekosistemih, značilno višje specifične aktivnosti Cs-137. V letu 2019 smo zaznali povišane specifične aktivnosti Cs-137 v gobah (pšenična koprenka, Dragomer, 2500 Bq/kg), medtem, ko so bile vrednosti v divjačini (zajec, Leskovec, 0,06 Bq/kg in srnjak, Kojsko, 0,04 Bq/kg) v okviru merske negotovosti primerljive z drugimi živilih (meso). V letu 2018 je meso divjega prašiča iz Kamnika vsebovalo kar 584 Bq/kg, kar je verjetno povezano s prehranjevanjem z gobami, kjer je specifična aktivnost Cs-137 še vedno relativno visoka [73], znatne koncentracije Cs-137 pa najdemo tudi v gozdnih tleh (do 812 Bq/kg, Ljubljana Rožnik, [73]).



Slika 6.2: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčenih v okolici NEK, od leta 1987 do 2019. 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 vzorčeno.

Stroncij (Sr-90)

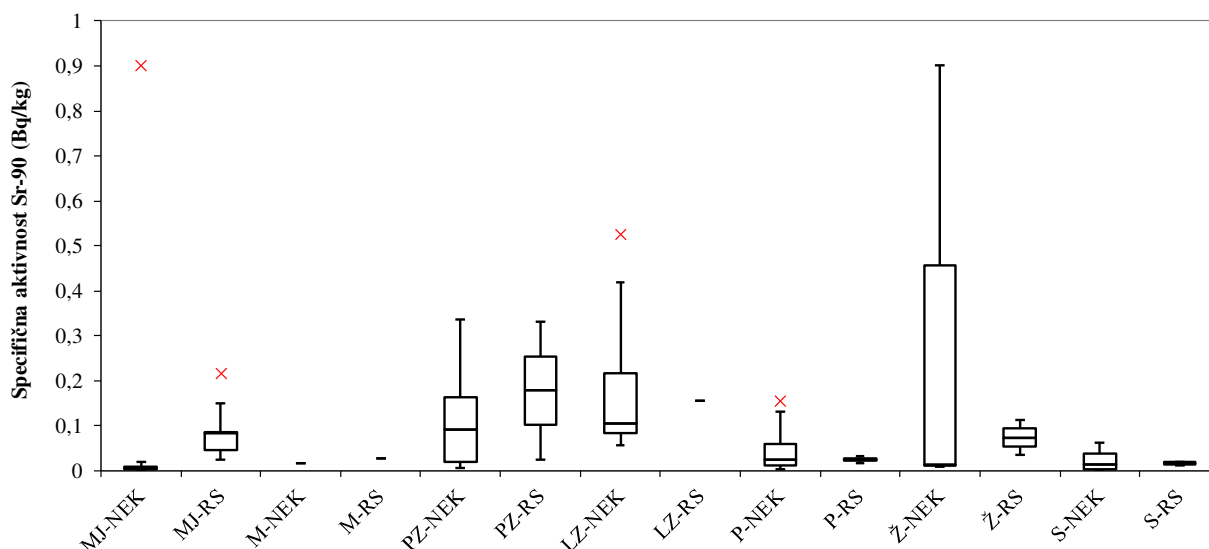
Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2019 detektiran v vseh skupinah živil (slika 6.3). Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,90 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,33 Bq/kg.

V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito, podzemna in listna zelenjava, sledi sadje, ter meso in mleko, 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.

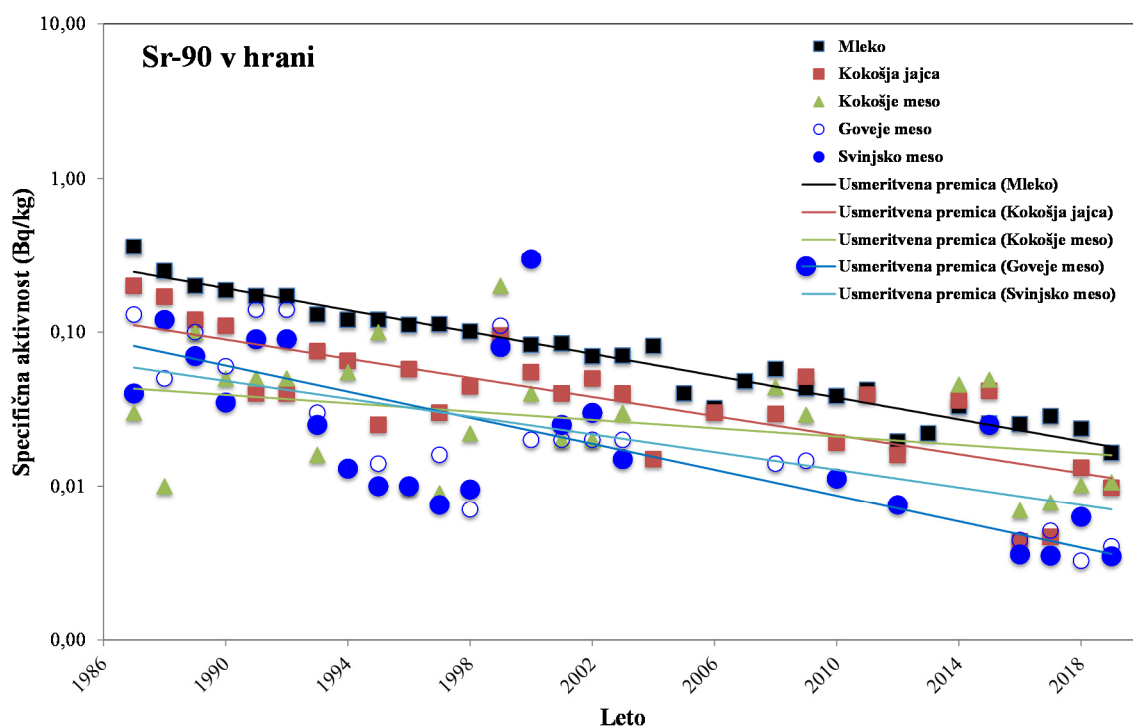
V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v ječmenu ($0,90 \pm 0,2$) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v kolerabi ($0,33 \pm 0,07$) Bq/kg.

Jod (I-131)

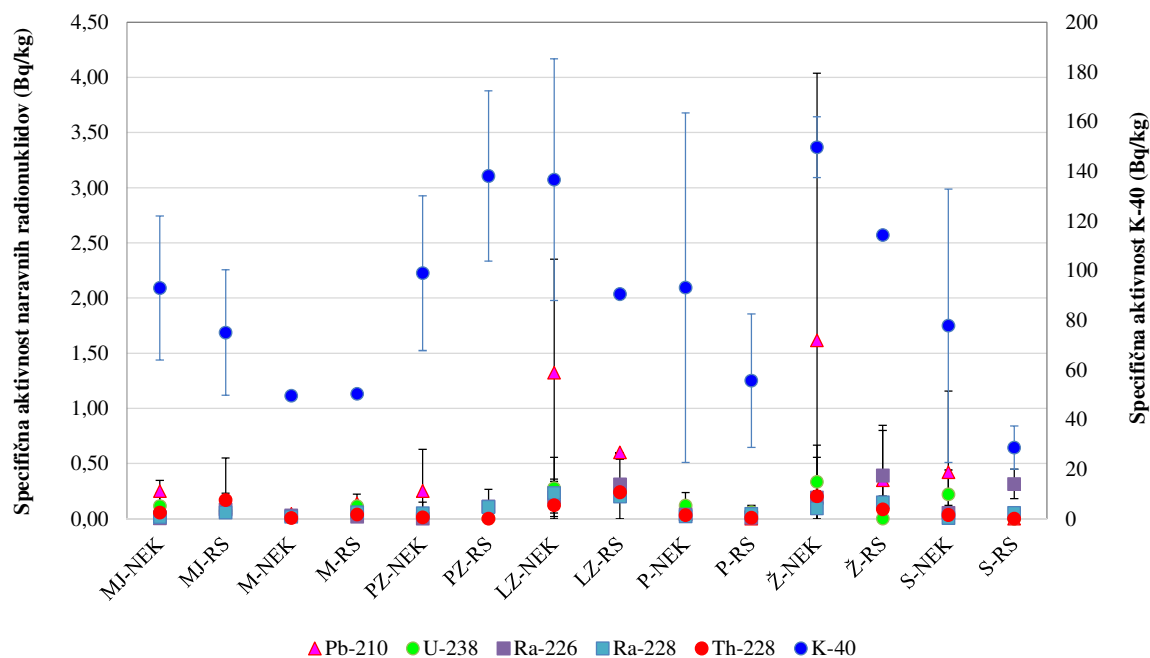
V vzorcih nismo zaznali prisotnosti joda I-131.



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; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah posamično vzorčenih živil v letu 2019 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 2019. 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. Z znakom – so označene posamične meritve, z znakom × so ubežniki (angl. *outliers*).



Slika 6.4: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2019 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčenih 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 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 vzorčenih skupinah živilih v letu 2019 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. Predstavljene so povprečne vrednosti in standardni odmik.

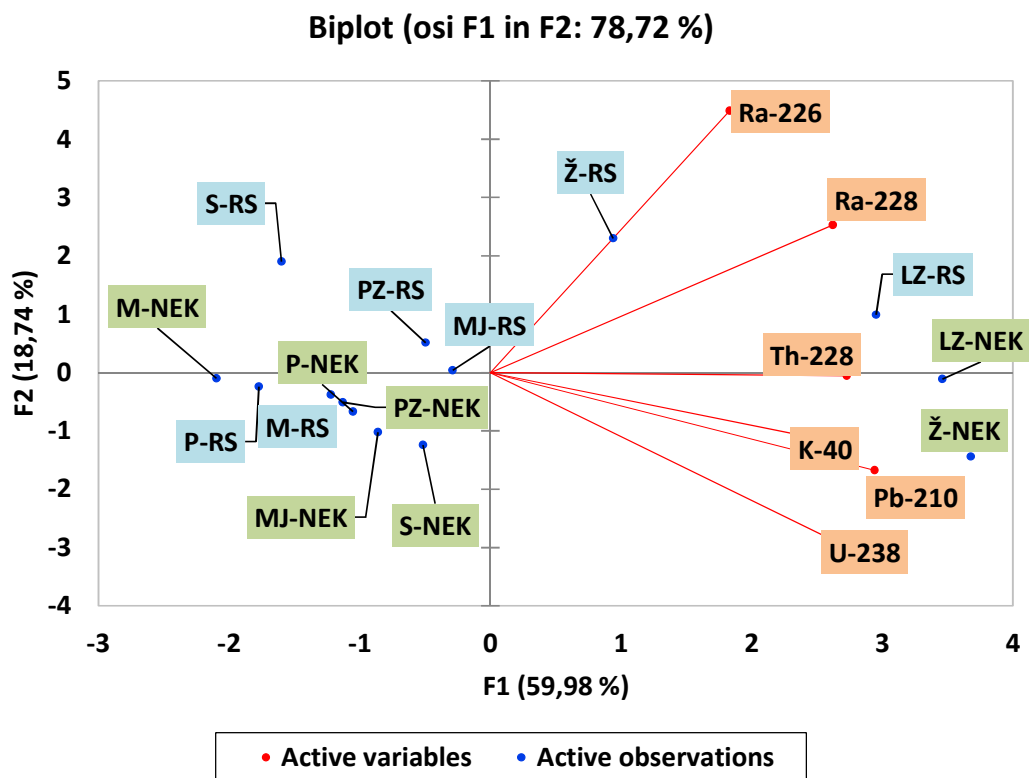


Naravni radionuklidi

Med naravnimi radionuklidi v hrani, prenesenimi po različnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najmočnejše zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Njihove specifične aktivnosti v posameznih živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS), so prikazane na sliki 6.5. Iz izračunanih povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v posamezni skupini živil je napravljena statistična analiza (Metoda glavnih osi, XLSTAT) (slika 6.6). Z grafa je razvidno, da največ naravnih radionuklidov vsebujejo žita (predvsem Pb-210 (NEK) in Ra-226 (RS)) in listna zelenjava (K-40 (NEK), Ra-228 (RS)), najmanj pa mleko, plodovke in sadje.

V letu 2019 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju, od 37 Bq/kg (jagode) do 246 Bq/kg (fižol v zrnju), v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, pa od 22 Bq/kg (hruške) do 162 Bq/kg (česen). V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo podzemna zelenjava in žita, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa plodovke in sadje.

Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi zaužitja hrane največ prispeva Pb-210 (77 %). V letu 2019 je bilo v okolici NEK in drugod po Sloveniji največ Pb-210 v listni zelenjavi, žitu in mesu in jajcih. Najmanjše specifične aktivnosti so bile izmerjene v plodovkah. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v ječmenu ($4,4 \pm 0,84$) Bq/kg, v živilih, vzorčenih po Sloveniji, pa v pšenici ($0,70 \pm 0,19$) Bq/kg. Razpon specifičnih aktivnosti drugih naravnih radionuklidov v hrani v okolici NEK in po Sloveniji prikazujemo v tabeli 6.2.



Slika 6.6: Razsevni diagram metode glavnih komponent na podlagi izmerjenih povprečnih specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2019 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.

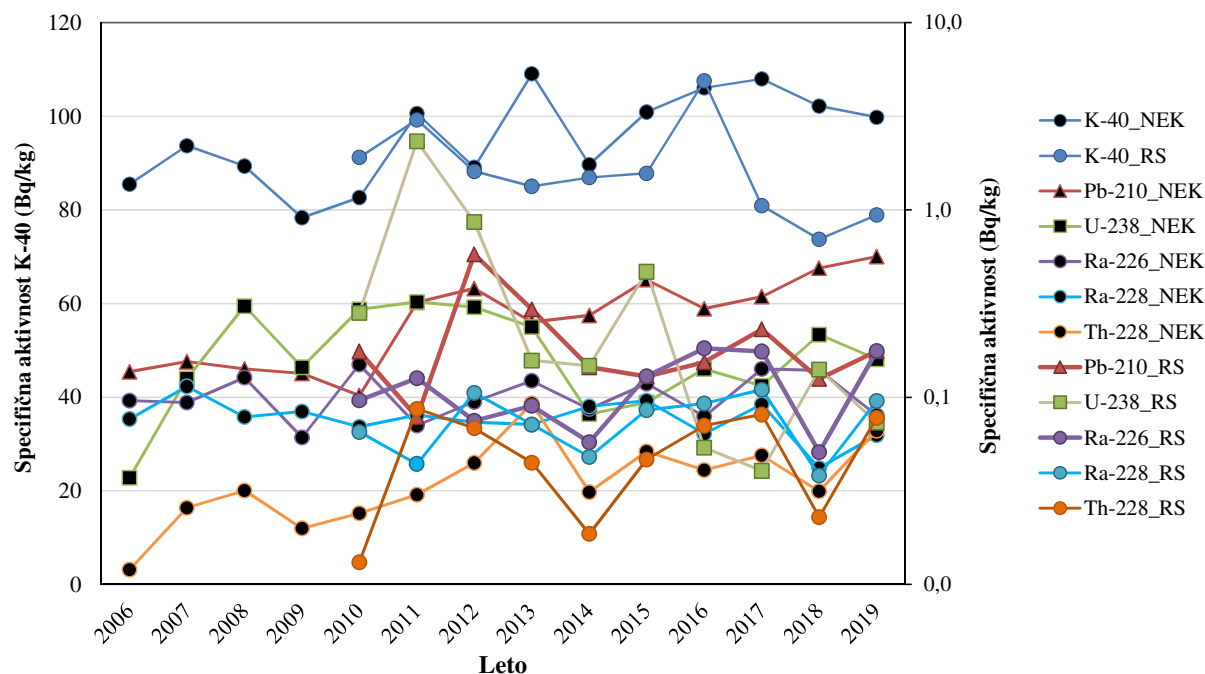


Tabela 6.2: Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v okolici NEK in po Sloveniji

Radionuklid	NEK	Slovenija
	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U-238	do 0,7 (feferoni)	do 0,3 (divjačina)
Ra-226	do 0,4 (ječmen)	do 0,7 (koruza)
Ra-228	do 0,4 (peteršilj)	do 0,3 (pšenica)
Th-228	do 0,6 (ječmen)	do 0,9 (kokošje meso)

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2019 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK v okviru merske negotovosti primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2019 drugod po Sloveniji (slika 6.7).

Dodatno smo s programsko opremo »R« [79] statistično obdelali podatke specifičnih aktivnosti merjenih radionuklidov v 2019 za živila, vzorčena v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Z analizo gruč na podlagi evklidskih razdalj ([79]) 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 gruč (slika 6.8) prikazuje, da največ radionuklidov vsebujejo listna zelenjava in žita, najmanj pa mleko, plodovke in sadje. Razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj je gručenje izrazitejše glede na vrsto živila kot na mesto vzorčenja.



Slika 6.7: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčeni v okolici NEK, po letih od 2006 do 2019 ter drugod po Sloveniji v letih od 2010 do 2019 (specifične aktivnosti K-40 so na levi ordinati, specifične aktivnosti drugih radionuklidov pa na desni)



OCENA VPLIVOV

Oceno doznih obremenitev prebivalstva zaradi zaužitja 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)*):

$$E_{50-70, i} = a_i h(g)_i m_i \text{ (}\mu\text{Sv)} \quad (6.1)$$

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 [77] ter stopnja samooskrbe v okolici NEK in drugod po Sloveniji.

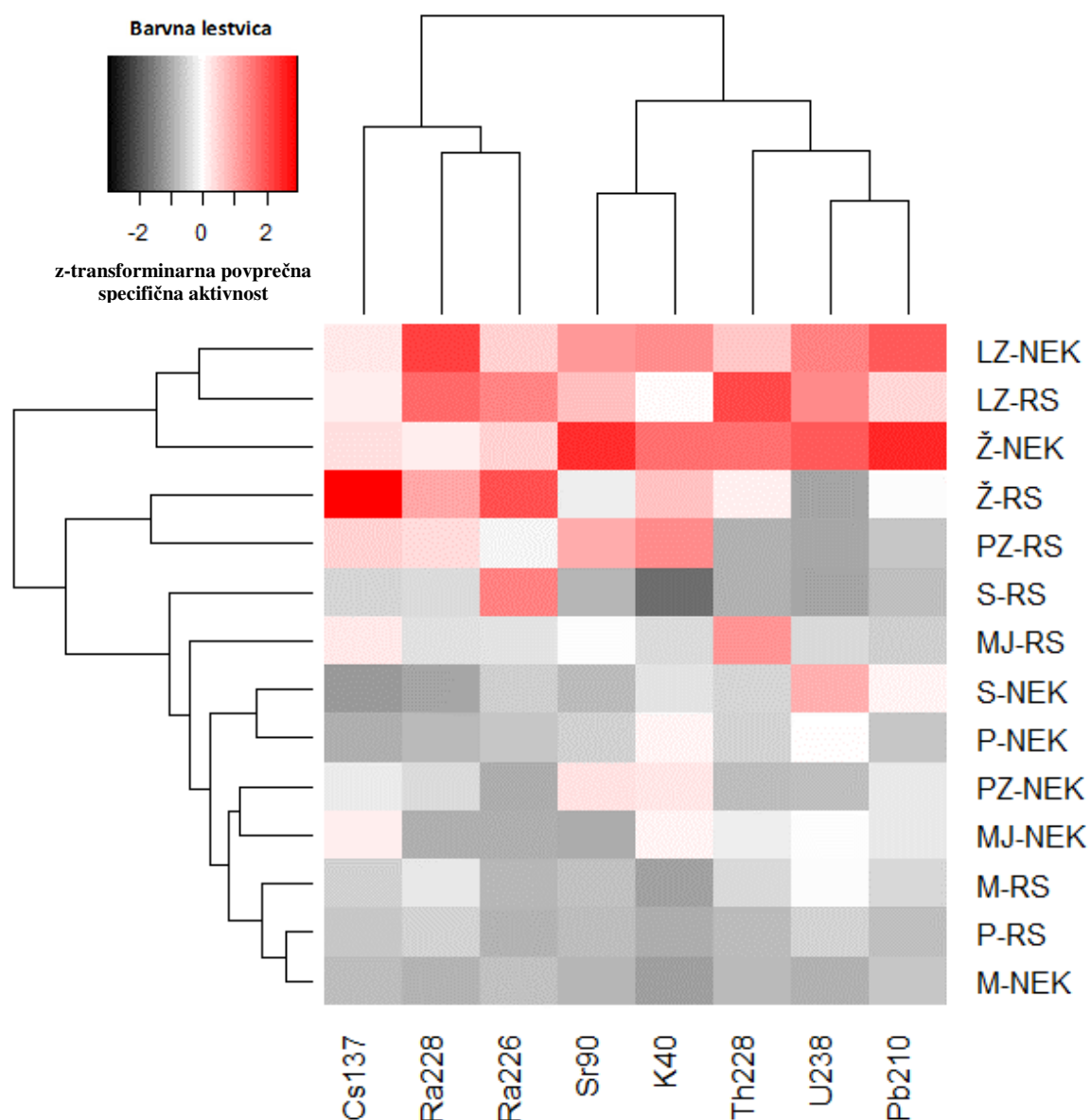
Živilo	Količina glede na anketo v okolici NEK (kg)	Stopnja samooskrbe (%) v okolici NEK	Količina (kg) Slovenija, SURS	Stopnja samooskrbe (%) v Sloveniji, SURS (2017)
Jajca + meso	34,8	30 (meso)	33,0	81,5 + 90,4
Mleko	81,0	11	54,1	131*
Podzemna zelenjava (krompir)	46,0	55	40,1	49,7
Listna zelenjava	51,0		21,0	38,7
Plodovke	45,0		20,0	
Žito	20,0	19	71,6	63,1
Sadje	90,0	40	21,8	21,3
Σ	368	–	262	–

* pomeni, da je Slovenija samooskrbna z mlekom

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. 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 referenčne osebe v okolici NEK smo privzeli, da le-ta uživa hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve referenčne osebe iz drugih območij v Sloveniji pa smo privzeli, da oseba (na podlagi podatkov vzeti iz povprečne porabe gospodinjstva v RS) uživa hrano s celotnega območja Slovenije. Efektivne doze v okolici NEK smo tako izračunali na podlagi ankete porabe posameznih živil, izvedene v 2017, doze iz območij 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 prejmejo zaradi zaužitja hrane. Zato je letna efektivna doza zaradi zaužitja hrane izračunana ob privzetku, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14, pa privzamemo, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK (ograja NEK in dalje) dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova).



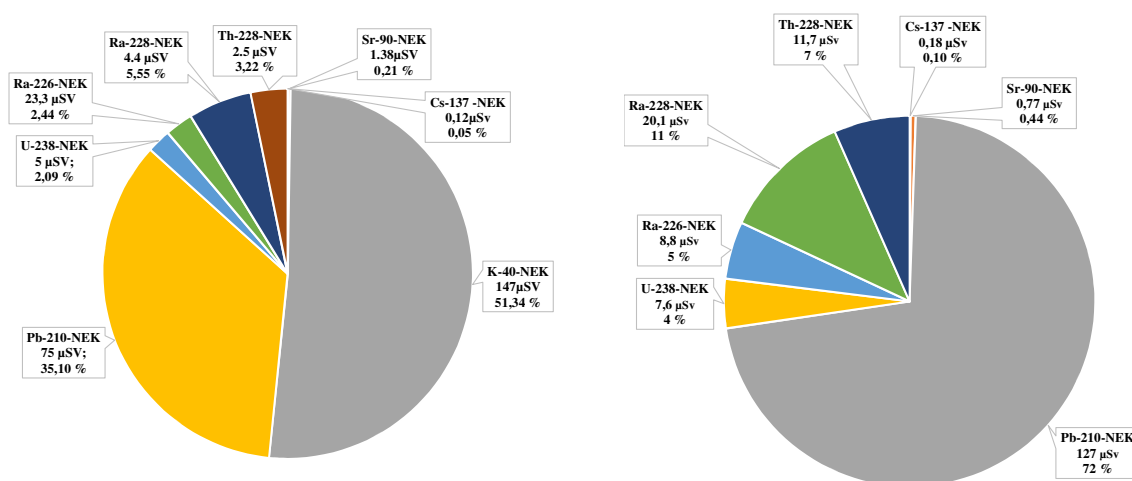
Slika 6.8: Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo gruč na podlagi z-transformiranih povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov v skupinah živil, vzorčenih v 2019 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listnata zelenjava, P – plodovke, S – sadje in vino). Črna barva pomeni vrednosti pod povprečjem, bela povprečne vrednosti, rdeča pa nad povprečjem za posamezni radionuklid.



Efektivna 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. Tako ima tudi hrana živalskega izvora 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 referenčne osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčene hrane zaradi prisotnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2019 v okolici NEK (146 ± 8) μSv , skupaj s K-40 pa (344 ± 12) 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 zaužitja brez K-40 (76 ± 3) μSv , s K-40 pa (211 ± 9) μSv . V nadaljevanju obravnavamo doze, izračunane po skupinah živil.

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2019 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 6.9 levo, pri čemer ni upoštevana efektivna doza, prejeta zaradi K-40. K skupni efektivni dozi brez K-40 je v okolici NEK največ prispeval Pb-210 (77 %), najmanj pa Sr-90 (0,5 %) in Cs-137 (0,1 %). Drugod po Sloveniji (slika 6.9 desno) je k skupni efektivni dozi brez K-40 največ prispeval Pb-210 (45%), in spet najmanj Sr (0,8 %) in Cs (0,4 %). Deleži radionuklidov so primerljivi z letom 2017.



Slika 6.9: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (μSv), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani, po anketi porabe člana gospodinjstva, izvedeni v okolici NEK, in po podatkih SURS drugod po Sloveniji. *Levo:* v okolici NEK v letu 2019; *desno:* drugod po Sloveniji v letu 2019. Efektivne 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 2019 $146 \mu\text{Sv}$, drugod po Sloveniji pa $76 \mu\text{Sv}$.

Umetni radionuklidi

Skupna letna efektivna doza zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila tako v letu 2019 v okolici NEK $0,2 \mu\text{Sv}$ drugod po Sloveniji pa $0,3 \mu\text{Sv}$. Skupna efektivna doza zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2019 v okolici NEK $0,8 \mu\text{Sv}$ in drugod po Sloveniji $0,6 \mu\text{Sv}$. V okolici NEK je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane $0,7 \%$ ($0,1 \%$ od Cs-137 in $0,6 \%$ od



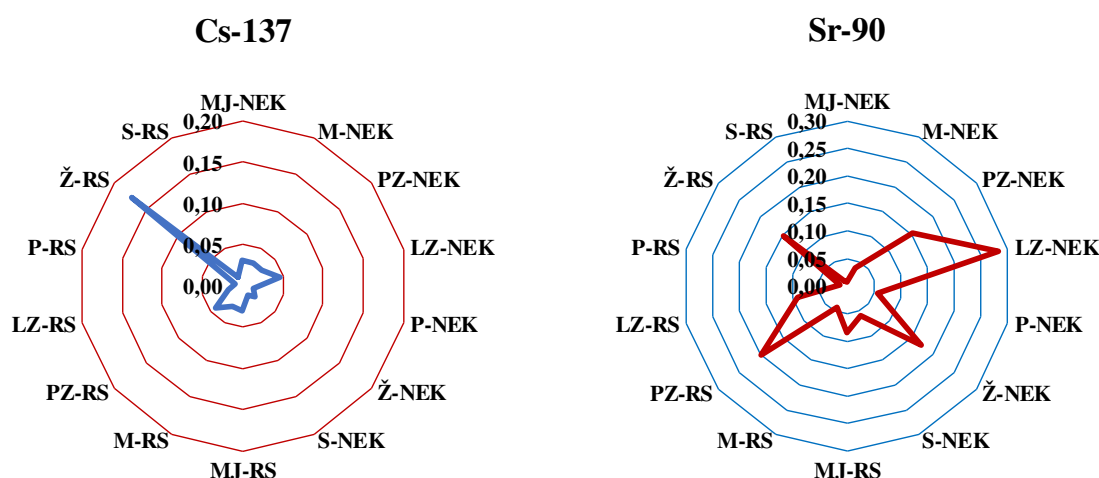
Sr-90) od celotne prejete efektivne doze (146 μSv brez K-40). Drugod po Sloveniji je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,2 % (0,4 % od Cs-137 in 0,8 % od Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo (76 μSv brez K-40), kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani v okolici NEK (1 μSv in drugod po Sloveniji 0,9 μSv), je največ prispevalo prehranjevanje z žiti (Cs-137) ter listno in podzemno zelenjavo (Sr-90) (slika 6.10).

V zračnih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, v letu 2019 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 2019 $< 0,001$ Bq/kg, vsebnost Sr-90 pa $< 0,1$ Bq/kg, kar je primerljivo z vsebnostmi v drugih živilih, vzorčenih v okolici NEK in po Sloveniji.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2019 zaznali tudi naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Co-58, Co-60, Nb-95, Ag-110m, S-125, Te-125m in I-131. Vendar so bile koncentracije aktivnosti teh radionuklidov v okolju tako nizke, da tudi v letu 2019 v živilih 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 radionuklida k skupni efektivni dozi zaradi zaužitja hrane 64-odstoten oziroma (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 zaužitja 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, vzorčenih 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 2019 1,5 μSv (0,1 μSv Cs, 1,4 μSv Sr), drugod po Sloveniji pa 0,5 μSv (0,1 μSv Cs, 0,4 μSv Sr).

Naravni radionuklidi

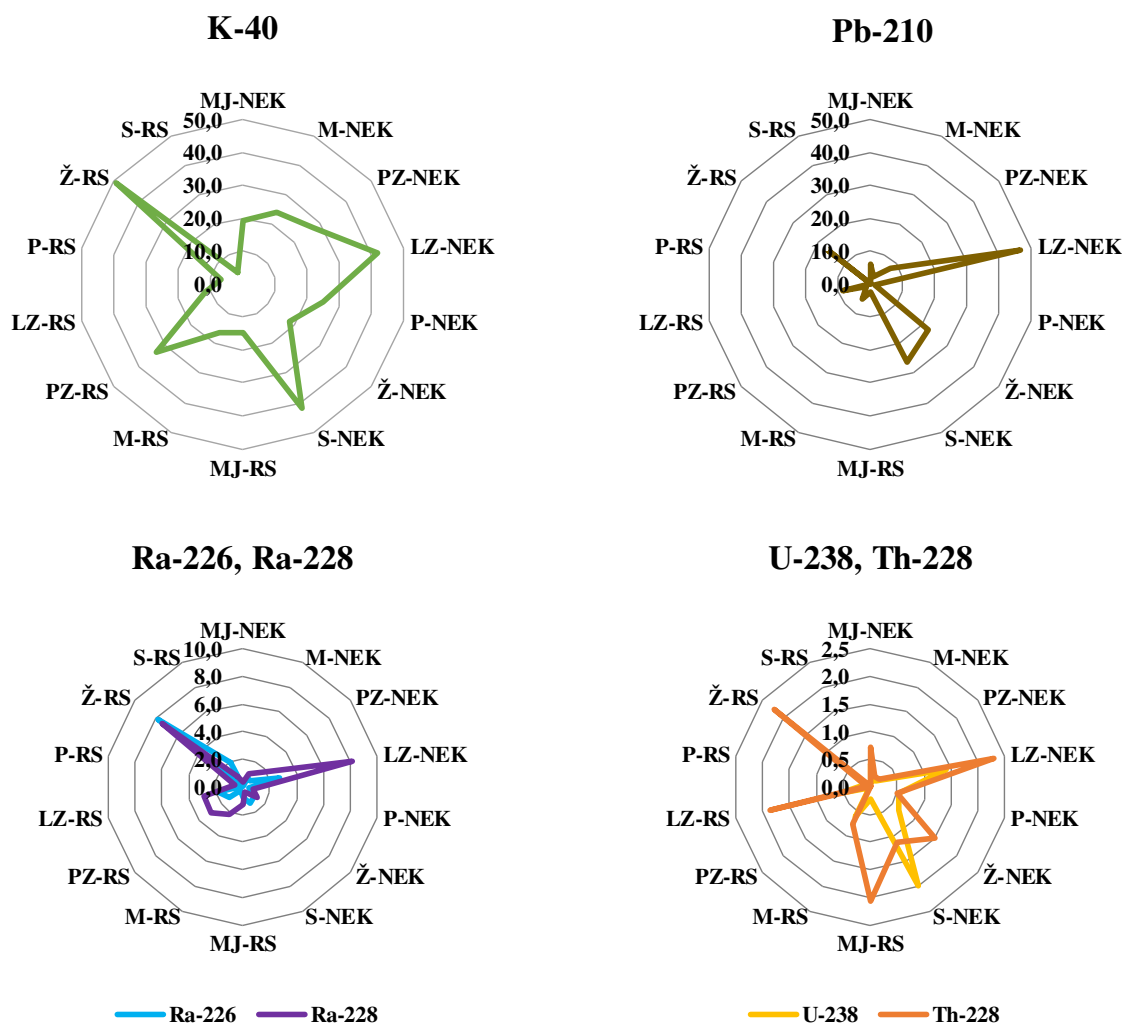
V splošnem k skupni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov največ prispeva prehranjevanje z žiti in listno zelenjavo (slika 6.11), najmanj pa z mesom in jajci.

Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila v letu 2019 v okolici NEK 198 μSv , drugod po Sloveniji pa 135 μSv . Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo prek



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 E+08 Bq/kg) in doznega pretvorbene faktorja 3 μSv na leto na Bq/kg je po podatkih UNSCEAR letna doza, ki jo prejmejo odrasli zaradi K-40 165 μSv , letna doza, ki jo prejmejo otroci, pa 185 μSv . K vnosu K-40 v telo je v letu 2019 največ prispevalo prehranjevanje z žiti, 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 2019 v okolici NEK 113 μSv , drugod po Sloveniji pa 35 μSv , kar je v okviru raztresenosti podatkov primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [55] in meritvami iz preteklih let. Prejeta efektivna doza v okolici NEK zaradi Pb-210 se z leti močno spreminja, od 6,8 μSv v letu 2006 do 108 μSv 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 ([74]). Vsebnost Pb-210 v nadzemnih delih je tako večinoma posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjave in sadja), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je vsebnost povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2019 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo zaužitje listne zelenjave in žit, drugod po Sloveniji pa zaužitje 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, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2019



Efektivna doza zaradi vsebnosti U-238 v hrani je bila v letu 2019 v okolici NEK 5,3 μSv , drugod po Sloveniji pa 1,5 μSv . K tej dozi je največ prispevalo prehranjevanje z listno zelenjavo, žitom in mesom in jajci (slika 6.11). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK 7,0 μSv , drugod po Sloveniji 13,9 μSv , zaradi vsebnosti Ra-228 pa je bila v okolici NEK 13,6 μSv in drugod po Sloveniji 18,2 μSv . K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je največ prispevalo prehranjevanje z listno zelenjavo in 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 6,5 μSv , drugod po Sloveniji pa 7,0 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 največ prispevalo prehranjevanje s sadjem in listno zelenjavo (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 v jedrskih reakcijah zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z uživanjem predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2019 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [17]–[22]. V obdobju od 1. 10. do 29. 10. 2019 je bil v NEK remont. Vzorčenje jabolk, pšenice, koruze, trave, zelju in jagod, je bilo opravljeno v juliju in v septembru. Efektivna doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja) ocenjena na 15,16 μS , na kontrolni točki v Dobovi, kjer vpliva NEK ni, pa na 15,08 μSv , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. Ocenjena doza (15,1 μSv) je tako prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti, ki sta v razmerju 40 % proti 60 % [80].

Efektivni dozi v okolici NEK in v Dobovi 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)* [9], 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 zaužitja C-14 nižja. Ocena deleža ogljika v hrani je 30 %, kar pri porabi 330 kg pomeni, da se v organizem s hrano vnese 100 kg ogljika letno. V omenjenem model tudi predpostavimo, 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 efektivne doze zaradi C-14 privzamemo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK, ki je v izključitvenem območju, in dalje 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 vzorčenja, za druge radionuklide pa zaradi različnega načina vzorčenja to ni mogoče. Efektivna 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 sledi razmerju med izotopoma v atmosferi.



SKLEPI

V letu 2019 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od junija do oktobra, odvzem mesa in jajc je bil v januarju, marcu in juliju, mleko pa je bilo vzorčeno 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 referenčno osebo v okolici NEK zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju v letu 2019, brez upoštevanja K-40, 146 μSv , z upoštevanjem K-40 pa 344 μSv . Največji delež k skupni učinkoviti dozi zaradi zaužitja hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (99 %) Pb-210 (77%), Ra-228 (9,2 %), Ra-228 (4,8 %), Th-228 (4,5 %), in U-238 (3,6 %). Največji delež je k celotni dozi 344 μSv , prispevalo prehranjevanje z žiti, listno in podzemno zelenjavo. Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot pri drugih živilih, glede na anketo porabe, ki je bila izvedena v 2017 v okolici NEK. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 sta bila v letu 2017 žito in listna zelenjava.

Deleža letnih učinkovitih doz glede na celotno prejeto učinkovito dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,1 % in 0,6 % (0,7 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo [83]. 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 zmanjšujeta. 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 [73], manj izrazito v gozdnih ekosistemi.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2019 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni letnih učinkovitih doz zaradi zaužitja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež učinkovite doze v letu 2019 v okolici NEK zaradi umetnih radionuklidov glede na celotno učinkovito dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani 0,7-odstoten, po Sloveniji pa 1,2-odstoten, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta učinkovita doza zaradi zaužitja hrane v glavnem posledica vnosa naravnih radionuklidov.

Izračunane učinkovite doze v letu 2019 veljajo pri pogoju, da referenčna oseba uživa 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 organizmi in sledi razmerju v atmosferi. Pri oceni letne učinkovite 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. Tako podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi zaužitja 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 2019 je bil v NEK remont oktobra, vzorčenje rastlinja pa je bilo izvedeno aprila in septembra. Ker je bil remont zunaj aktivne vegetacijske sezone, v 2019 ne zaznavamo povečanih vsebnosti C-14 v rastlinju.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinastih 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 je pokazala, da se v rastlinju (jabolkah) v neposredni bližini NEK (rob izključitvenega območja in dalje) detektirajo vsaj 6-krat povečane koncentracije aktivnosti tritija glede na kontrolno mesto vzorčenja.





7 REFERENCE

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2018, interna oznaka 9/2019, Ljubljana, april 2019
- [2] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2014, interna oznaka 5/2015, Ljubljana, marec 2015
- [3] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2007, Ljubljana, interna oznaka 25/2007, ISSN 1318-2161, marec 2008
- [4] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, interna oznaka 12/2011, Ljubljana, marec 2011
- [5] Mesečna poročila o radioaktivnih emisijah in dozi, NEK, NEK-RETS, Rev. 10, Table 5.9.1, 2015–2019
- [6] Poročilo o meritvah plinastih efluentov v letu 2019, št. poročila 91/2019, IJS, januar 2020
- [7] Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski (ZVISJV-1), Uradni list RS, št. 76/17
- [8] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Uradni list RS, št. 27/18
- [9] Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji (UV2), Uradni list RS, št. 18/18
- [10] Uredba o območjih omejene rabe prostora zaradi jedrskega objekta in o pogojih gradnje objektov na teh območjih (UV3), Uradni list RS, št. 78/19
- [11] Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (SV5), Uradni list RS, št. 47/18
- [12] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2019
- [13] Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v obdobju oktober - december 2019, ZVD Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20190008-D-MG, januar 2020
- [14] Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2019, IJS, 89/2019, januar 2020
- [15] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2019, IJS-DP-13010, januar 2020
- [16] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2019, št. poročila 40/2019, IJS, avgust 2019
- [17] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2018. godine, LNA-5/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 7. 3. 2019
- [18] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2018. godine, LNA-1/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 9. 1. 2019
- [19] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u vodi – WMT2 kvartalni uzorci 2018, LNA-6/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 13. 3. 2019
- [20] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2019. godine, LNA-5/2020, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 10. 2. 2020
- [21] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2019. godine, LNA-1/2020, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 9. 1. 2020



- [22] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi – WMT2 kvartalni uzorci 2019, LNA-6/2020, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 11. 2. 2020
- [23] 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
- [24] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)
- [25] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [26] Samo Škrlec, Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., sporočilo po elektronski pošti, 9. 4. 2020
- [27] ICRP Publication 124, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Ann. ICRP 43(1), 2014
- [28] 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
- [29] ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, Volume 41Supplement 1 2012
- [30] IAEA Safety Guide 427, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, Draft safety guide DS427, 2016
- [31] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, Health Physics, 49 (1985), 25–35
- [32] Delavnica z naslovom C-4 u okolišu (C-14 v okolju), organizirana na IJS dne 9. 12. 2015, predavateljci: I. Krajcar Bronić in J. Barešić
- [33] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472
- [34] COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption, L 296/12, Official Journal of the European Union
- [35] T. Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [36] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002
- [37] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [38] James R. Arnold, H. Ali Al-Salih, Science 01, 121 (1955) 3144, 451–453, DOI: 10.1126/science.121.3144.451
- [39] M. Yoshimori, Production and behavior of beryllium 7 radionuclide in the upper atmosphere, Advances in Space Research, 36 (2005), 922–926
- [40] 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
- [41] 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
- [42] 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



- [43] 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
- [44] 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
- [45] 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
- [46] 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
- [47] S. Širca, *Verjetnost v fiziki*, DMFA – založništvo, Ljubljana 2016
- [48] 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
- [49] 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
- [50] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [51] 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
- [52] Povprečna mesečna koncentracija delcev PM₁₀ v letu 2013, ARSO, januar 2014, http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf
- [53] Bossew, P & Gering, F & Petermann, Eric & Hamburger, T & Katzlberger, Christian & Hernández Ceballos, Miguel Ángel & De Cort, Marc & Gorzkiewicz, Krzysztof & Kierepko, Renata & Mietelski, J. (2019). An episode of Ru-106 in air over Europe, September–October 2017 – Geographical distribution of inhalation dose over Europe. *Journal of Environmental Radioactivity*. 205-206. 79-92. 10.1016/j.jenvrad.2019.05.004.
- [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] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [59] 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
- [60] 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

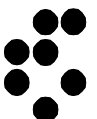


- [61] Joint Working Group of Radiation Protection Bureau, Health Canada, Atomic Energy Control Board and Atomic Energy of Canada Limited, Recommendations on Dose Coefficients for Assessing Doses from Accidental Radionuclide Releases to the Environment, 1999
- [62] Masarik J., Beer, J.: Simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 104 (1990), 12099–12112
- [63] www.sidc.be/silso/datafiles, Source: WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels
- [64] B. Črnič, B. Zorko, S. Gobec, K. Poiškruh, Ž. Habjanič, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo, Ocena negotovosti dodatne doze 2020, IJS-DP-13001, januar 2020
- [65] T. Sato, Analytical Model for Estimating the Zenith Angle Dependence of Terrestrial Cosmic Ray Fluxes, *PLOS ONE*, 11(8): e0160390 (2016)
- [66] T. Sato, Analytical model for estimating terrestrial cosmic ray fluxes nearly anytime and anywhere in the world: Extension of PARMA/EXPACS, *PLOS ONE*, 10(12): e0144679. (2015)
- [67] Program EXPACS, <http://phits.jaea.go.jp/expacs/>
- [68] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [69] 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
- [70] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research*, 94 (1983), 135–150
- [71] 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
- [72] 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
- [73] P. Zakrajšek, Vsebnost kovin in radionuklidov v gobah na izbranih področjih v Sloveniji, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, 2014
- [74] H. Yang, P. G. Appleby, *Use of lead-210 as a novel tracer for lead (Pb) sources in plants*, *Sci. Rep.*, 6 (2016) 1, 21707 doi: 10.1038/srep21707
- [75] B. Pourrut, M. Shahid, C. Dumat, P. Winterton, E. Pinelli, *Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants*, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 213 (2011)1, 113–136, doi: 10.1007/978-1-4419-9860-6_4
- [76] European Commission, Radiation Protection 106, Technical recommendations on measurements of external environmental gamma radiation doses, A report of EURADOS Working Group 12, EURADOS report 1999
- [77] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [78] XL-STAT software package (Addinsoft, New York, USA), Kemometrija, avtor Jure Zupan, 2009, Založba: Kemijski inštitut in Inštitut Nove revije, zavod za humanistiko
- [79] <https://www.r-project.org/>
- [80] <https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14>
- [81] ARSO podatki, <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>, 2018
- [82] Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Državna pregledna karta Republike Slovenije DPK250 1: 250000 – 2005
- [83] J. F. Diehl, Radioactivity in food, *Encycl. Food Sci. Nutr.*, Academic Press, 2003, 4903–4911, doi:10.1016/b0-12-227055-x/00997-4.

IJS delovno poročilo
IJS-DP-13067
marec 2020

**MERSKI REZULTATI –
NADZOR RADIOAKTIVNOSTI
V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

POROČILO ZA LETO 2019





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. 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748)
z dne 5. 2. 2018 (za IJS in ZVD)
Pogodba št. 3172128 z dne 27. 12. 2017 (za IRB)

Odgovorni nosilec: doc. dr. Benjamin Zorko

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2019

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila: *Avtorji na IJS:*
D. Brodnik, M. Centrih, dipl. inž. fiz., 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,
K. Poiškruh, B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok,
Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Avtorji na ZVD:
dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek,
dr. G. Omahen, L. Peršin, M. Podvratnik, univ.dipl.fiz.in mag.med.fiz.

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešič, mag. D. Borković, dr. I. Coha, dr. Ž. Grahek, M. Ivković,
mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, dr. Ž. Knežević,
dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušić (do 1. 6. 2019), dr. M. Majer,
dr. I. Lovrenčić Mikelić, dr. M. Nodilo, A. Rajtarić, dr. A. Sironić,
dr. I. Tucaković, D. Žilić

Avtorji na MEIS:
dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar

Štev. del. poročila: IJS-DP-13067

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 2019

IJS-DP-13067
marec 2020

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 2019. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10 (Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018). Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisijske – 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 2018–2019 v Republiki Sloveniji, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, revizija: 0 in dodatno v Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2019

IJS-DP-13067
March 2020

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, intercomparison measurements

ABSTRACT:

In the report all measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2019 in the environment of Krško NPP are presented. The legal basis for radioactivity monitoring is given in Rules on the monitoring of radioactivity (JV10) (old regulations Ur. l. RS 20/2007 and 97/2009 and new regulation 27/2018, 5. 5. 2018). The programme comprises measurements in the environment of NPP (emission measurements, Appendix 4, table 3 in new regulation JV10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution of environmental radioactivity monitoring of Krško NPP (drinking water, air, food, Sava river, precipitation, soil and external exposure to radiation with dose assessment) for years 2018 and 2019 in Republic of Slovenia, NEK, TS No. TO.RZ, 9/2017, Revision: 0 and additionally in Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 10, chapter 3.12, pages 45–62.



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, M. Centrih, dipl. inž. fiz., 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, K. Poiškruh, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štok, 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, M. Podvratnik, univ. dipl. fiz in mag. med. fiz.

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. I. Coha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić (do 1. 6. 2019), dr. I. Tucaković, D. Žilić

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 – Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju – Zavod za kemiju materijala:

dr. Ž. Knežević, dr. M. Majer, dr. M. Nodilo

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 LAGRANGEVEM 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 2019

Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018).

- (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 2018–2019 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, revizija: 0 in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz novega 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 2019 je naveden skupni program obeh programov nadzornih meritev, skladno s programom, navedenim v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.
- (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 2019

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, neprekinjeno 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, neprekinjeno 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, neprekinjeno 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)	posamični 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*	posamični 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*	posamični 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*	posamični vzorci	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*	posamični vzorec, voda + suspendirana snov posamični 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)	posamično 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				

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, neprekinjeno 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

ZR = zračna razdalja

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 ali celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	neprekinjeno 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 7. Spodnja Libna ZR = 1,3 km, 2B	neprekinjeno črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi ogljen 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 neprekinjeno 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	neprekinjeno 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 ograde 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	posamični 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 3. Gmajnice (Vihre) $ZR = 2,6$ km, poplavno področje, rjava naplavina				posamični 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	posamični vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
	2. Drново				
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Skopice	posamični vzorec vsakih 31 dni			3 × 12
I-131, specifična analiza		posamični vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			3 × 8

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	posamični 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
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



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:	posamični sezonski vzorci širokolistnatih povrtnin in poljščin:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj			20
C-14	izbrani kraji na krško-brežiškem polju, in sicer Žadovinek, Brege, Spodnji Stari Grad, Dobova	žitarice	1-krat na leto	1-krat na leto	5

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:	posamični 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 PRIMERJALNIH MERITEV V LETU 2019

Program primerjalnih 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 mednarodnih 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/m³

(1 Bq/m³ = 1E-3 Bq/kg = 1E-3 Bq/L).

približek velja ob predpostavki, da je 1 dm³ vode = 1 L vode = 1 kg vode).

1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije delcev nad 0,45 μm:

- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m³ prefiltrirane vode; izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oziroma velikosti delcev nad 6 μm;
- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m³ prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

1.3 **H-3** iz vode

Koncentracija aktivnosti tritija v vodi se navaja v enotah Bq/m³.

2 **USEDI** (padavine): aktivnost se podaja z dvema podatkom:

- Koncentracija aktivnosti useda na vodoravni prestrežni površini se navaja v enotah Bq/m².
- Koncentracija aktivnosti tekočih padavin se podaja v enotah Bq/m³.

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 °C do 80 °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 pMC = 226 Bq na kilogram ogljika.

5 **ZRAK**

Koncentracija aktivnosti se podaja za aerosole in jod v Bq/m³ (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/m³ ob predpostavki, da je koncentracija CO₂ v zraku 384 μg/g, 100 pMC = 46 E-3 Bq/m³.

6 **ZEMLJA**

Specifična aktivnost zračno suhe zemlje se podaja v Bq/kg (sušenje pri sobni temperaturi) in v Bq/m².

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
cerij	Ce-141	32,50 dni
cerij	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 so aktivnosti posameznih radionuklidov določene z energijo in intenziteto 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 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. Območje emisij iz vzorca obsega od $0,005 \text{ s}^{-1}$ do $50\,000 \text{ s}^{-1}$.

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 3172175 z dne 5. 2. 2018 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 in 2017, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 4/2020. En izvod tega poročila je poslan naročniku, en izvod pa arhiviran na IJS. V tem poročilu ob posameznih rezultatih nista podajani 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.



Specifična aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifična aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov v prinesenih vzorcih so izražene 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 primarnem laboratoriju NIST. 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 [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	2,0 E-1	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 (JV10), Uradni list RS 27/18
- [ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, 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)

Določanje 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 izmerimo na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina, mešanice 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 ravnatežju 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), 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 tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 9. izdaja, mar. 2018
- [ix] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 5. izdaja, nov. 2017
- [x] *Navodilo za uporabo tekočinsko 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.

Vzorci 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 merjenje, 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 tekočinsko 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 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*, Radional. Nucl. Cem., 239 (1999) 3, 649–655
- [xvi] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 9. izdaja, feb. 2017
- [xvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 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



uporabljam 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 dozimetров (TLD) (TLD-DN-02), 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 12), Institut Ruđer Bošković, 2018

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 navodilih PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1 [xxiii, 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, izdaji 11 in 12, in RU 5.4/1-1, izdaji 13 in 14.



ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE (MDA) ZA SPEKTROMETRIJO GAMA ZA DVA DETEKTORJA*

Detektor	BE3830			GR2520		
	RIBE	VODA	SEDIMENT	RIBE	VODA	SEDIMENT
Medij	kg	m ³	kg	kg	m ³	kg
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 (števni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.).

Reference:

- [xxiii] SUK PS 5.4/1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 11, 2016 in izdaja 12, 2018
- [xxiv] SUK RU 5.4/1-1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 13, 2016 in izdaja 14, 2018
- [xxv] SUK PS 5.4/7, Izračun mjerne nesigurnosti, izdaja 01, 2013

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Določanje 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 izmerimo 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 štejetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xxix] 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, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
- [xxx] SUK RU 5.4/2-1/, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 12, 2016 in izdaja 13, 2018

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, Izračun mjerne nesigurnosti, izdaja 01, 2013
- [xxxiv] SUK PS 5.4/3, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
- [xxxv] SUK RU 5.4/3-1/, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 10, 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, Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
- [xxxvii] SUK RU 5.4/4-1/, Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 11, 2016 in izdaja 12, 2017
- [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 ⁵⁵Fe and ^{89,90}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 radiofotoluminescentnimi (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 CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba®E (10 mL) in Permafluora®E (10 mL) [xl-xliii]. Masa absorbiranega CO₂ 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 ¹⁴C, ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO₂, 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 CO₂

Atmosferski CO₂ 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. Na₂CO₃, ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO₂ 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 ¹⁴C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost ¹⁴C, 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. Horvatinčič, J. Barešič, 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. Barešič, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, 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
- [xlpii] J. Barešič, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, 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
- [xlpiii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, J. Barešič, 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 o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v okolici NE Krško v letu 2019* z oznako LMSAR-20180012-4-MG o vseh meritvah, opravljenih na ZVD v okviru pogodb 3172175 z dne 5. 2. 2018 in 3180380 in HESS 56/2018 z dne 3. 4. 2018 ter 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, parametri, 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 2013/59/EURATOM z dne 5. decembra 2013 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja, 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 posamično odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.
Specifične aktivnosti sevalcev gama pri neprekinjeno 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; odstavek 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 neprekinjenega vzorčevanja vzorcev reke Save, saj se vzorec zbira dnevno, meritev sestavljenega vzorca pa je opravljena le enkrat mesečno. S takšnim načinom vzorčevanja in periode izvajanja meritev lahko izgubimo informacijo o morebitnih izpustih iz opazovanega objekta. Res je, da neprekinjeno 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), 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 se je treba zavedati, da gre za letno vsoto obdobjnih specifičnih aktivnosti, deljeno s številom meritev.

Program nadzora radioaktivnosti v mediju mora 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) nabereemo 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 izraz 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:

$$\frac{(\delta E_{\text{mes}})_j}{(E_{\text{mes}})_j} = \sqrt{\left(\frac{\delta h(g)_{j, \text{ing, inh}}}{h(g)_{j, \text{ing, inh}}} \right)^2 + \left(\frac{\delta V_{\text{mes}}}{V_{\text{mes}}} \right)^2 + \left(\frac{\delta (a_{\text{mes}})_j}{(a_{\text{mes}})_j} \right)^2}$$

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 obdobnih 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, določimo iz faktorja za izhajanje radona iz vzorca 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 upošteevane.
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 – posamični 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 – posamični 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 – posamični ali 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
Merilniki hitrosti doze z neprekinjenim zbiranjem	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje)		M–68

9. ZEMLJA – posamični 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 – posamični ali sestavljeni mesečni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–78
DOLENJE SKOPICE	T – 62	M–79
BREGE	T – 63	M–80
PESJE, DOLENJE SKOPICE, BREGE (I-131)	T – 64	M–81

11. SADJE – posamični 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
RDEČE IN BELO GROZDJE TER ŠIPEK IN BEZEG	T – 68	M–83

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



12. POVRTNINE IN POLJŠČINE – posamični vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

SOLATA, BLITVA, PARADIŽNIK, FIŽOL	T – 69	M–83
PETERŠILJ, BUČKE, KUMARE, ČEBULA	T – 70	M–84
KORENJE, KROMPIR, RDEČA PESA, GRAH	T – 71	M–84
POR, PAPRIKA, FEFERONI, ZELJE	T – 72	M–85
PŠENICA, JEČMEN, KORUZA, REPA	T – 73	M–85

13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA – posamični 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–90
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 4	M–91

1. REKA SAVA – posamični vzorci nefiltrirane vode

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 5	M–92
HE BREŽICE, nadomestni habitat NH1	T – HE 6	M–92

2. REKA SAVA – sedimenti

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 7	M–94
HE BREŽICE, levi breg	T – HE 8	M–95
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 9	M–96



2. REKA SAVA – vodna biota – ribe
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezem
KRŠKO

T – HE 10 M–97
T – HE 11 M–97

3. PODTALNICA – posamični vzorci vode
specifična analiza H-3

vertina VOP-1
vertina V-12/77
vertina V7/77

T – HE 12 M–98
T – HE 13 M–98
T – HE 14 M–98

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV

M–99



1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - POSAMIČNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzdrž. mesto	Krško				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	141,80	135,00	139,30	141,35	
Pretok (m ³ /s)	167,0	220,0	109,0	337,0	
Oznaka vzorca	NEKVKKK119	NEKVKKK219	NEKVKKK319	NEKVKKK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	4,3E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00		3,9E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 6E-01
Ra-226	4,9E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 7E-02
Pb-210	5,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 8E-01	7,9E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 6E-01
Ra-228	7,3E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	9,1E-01 ± 2E-01		6,6E-01 ± 1E-01
Th-228	5,3E-01 ± 3E-01		4,1E-01 ± 2E-01	7,3E-01 ± 3E-01	4,2E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,9E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	7,3E+01 ± 3E+00	8,0E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,9E-01 †	1,9E-01 †	1,0E-01 ± 3E-02	1,9E-01 †	1,7E-01 ± 2E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	7,9E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	9,7E-01 ± 2E-01	9,8E-01 ± 1E-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.

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzdrž. mesto	Krško				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	144,00	145,60	147,20	147,20	
Susp. snov (g)	0,761	1,282	1,567	1,611	
Oznaka vzorca	NEKFKKK119	NEKFKKK219	NEKFKKK319	NEKFKKK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238					
Ra-226	5,6E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 7E-02		1,3E+00 ± 1E-01	5,2E-01 ± 8E-02
Pb-210	7,8E-01 ± 5E-01	7,0E-01 ± 6E-01 ‡	3,0E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 4E-01
Ra-228	2,9E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 3E-01		2,8E-01 ± 8E-02
Th-228	2,4E-01 ± 1E-01		2,5E-01 ± 2E-01 ‡		1,2E-01 ± 7E-02
Th-230					
K-40				5,4E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 3E-01
Be-7			5,9E+00 ± 9E-01		1,5E+00 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,0E-02 †	6,0E-02 †	1,2E-01 †	6,8E-02 †	7,4E-02 ± 2E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,8E-02 †	1,5E-02 †	1,8E-02 †	3,0E-02 †	2,0E-02 ± 3E-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 2019 T - 1b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	1. 1. 2019 - 31. 1. 2019	1. 2. 2019 - 28. 2. 2019	1. 3. 2019 - 31. 3. 2019	1. 4. 2019 - 30. 4. 2019	1. 5. 2019 - 31. 5. 2019	1. 6. 2019 - 30. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum meritve	22. 2. 2019	20. 3. 2019	16. 4. 2019	20. 5. 2019	24. 6. 2019	17. 7. 2019	
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	NEKVKK0119	NEKVKK0219	NEKVKK0319	NEKVKK0419	NEKVKK0519	NEKVKK0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	3,8E+02 ± 8E+01	5,2E+02 ± 6E+01	7,4E+02 ± 9E+01	6,6E+02 ± 7E+01	4,8E+02 ± 7E+01	5,5E+02 ± 7E+01	5,5E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 31. 7. 2019	1. 8. 2019 - 31. 8. 2019	1. 9. 2019 - 30. 9. 2019	1. 10. 2019 - 31. 10. 2019	1. 11. 2019 - 30. 11. 2019	1. 12. 2019 - 31. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum meritve	20. 8. 2019	9. 10. 2019	22. 10. 2019	25. 11. 2019	24. 12. 2019	21. 1. 2020	
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	NEKVKK0719	NEKVKK0819	NEKVKK0919	NEKVKK1019	NEKVKK1119	NEKVKK1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	7,3E+02 ± 7E+01	6,3E+02 ± 7E+01	8,8E+02 ± 8E+01	6,0E+02 ± 7E+01	5,8E+02 ± 7E+01	5,8E+02 ± 7E+01	6,1E+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 2019 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)	284,47	272,63	271,82	272,05	
Susp. snov (g)	3,14	2,24	1,49	3,68	
Oznaka vzorca	NEKFBRK119	NEKFBRK219	NEKFBRK319	NEKFBRK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-90	8E-03 †	1,7E-02 †	1,8E-02 †	8,5E-02 ± 5E-02	3,2E-02 ± 2E-02 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.

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	Brežice							
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)	
Kol. vzorca (L)	47,95	44,35	48,20	48,85	49,80	46,30		
Pretok (m ³ /s)	89,0	302,0	109,0	179,0	286,0	205,0		
Oznaka vzorca	NEKVBR0119	NEKVBR0219	NEKVBR0319	NEKVBR0419	NEKVBR0519	NEKVBR0619		
IZOTOP								
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)								
U-238			5,3E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00 ‡			1,3E+00 ± 5E-01	
Ra-226	5,5E-01 ± 2E-01			1,1E+00 ± 3E-01		6,7E-01 ± 3E-01	5,2E-01 ± 1E-01	
Pb-210	2,2E+01 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E+00		3,5E+00 ± 2E+00		1,0E+01 ± 2E+00	6,8E+00 ± 8E-01	
Ra-228	1,1E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 7E-01	4,8E-01 ± 4E-01 ‡	3,1E+00 ± 6E-01		1,0E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228	4,8E-01 ± 4E-01 ‡	1,1E+00 ± 6E-01				5,7E-01 ± 5E-01 ‡	3,6E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	4,0E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 5E+00		3,2E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Be-7	7,2E+01 ± 3E+00		2,2E+00 ± 8E-01	8,6E+00 ± 2E+00		2,2E+02 ± 7E+00	5,2E+01 ± 1E+00	
I-131		2,8E+00 ± 8E-01	5,4E+00 ± 7E-01			2,4E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 2E-01	
Cs-134								
Cs-137	1,9E-01 †	3,3E-01 †	2,0E-01 †	3,3E-01 †	2,8E-01 †	2,8E-01 †	2,6E-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 ± 9E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01	
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 8E+01	7,0E+02 ± 8E+01	6,1E+02 ± 7E+01	5,1E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 7E+01	7,4E+02 ± 3E+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.

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Brežice							
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)	
Kol. vzorca (L)	97,10	89,92	97,45	93,01	93,43	86,19		
Susp. snov (g)	0,570	1,685	0,880	0,874	0,678	0,688		
Oznaka vzorca	NEKFBR0119	NEKFBR0219	NEKFBR0319	NEKFBR0419	NEKFBR0519	NEKFBR0619		
IZOTOP								
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)								
U-238						1,8E+00 ± 9E-01	3,0E-01 ± 1E-01	
Ra-226	5,9E-01 ± 1E-01	7,1E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 5E-02	
Pb-210		2,0E+00 ± 1E+00				1,3E+00 ± 1E+00	5,5E-01 ± 3E-01	
Ra-228	7,4E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 3E-01		2,8E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 4E-01 ‡	2,7E-01 ± 2E-01 ‡	4,2E-01 ± 1E-01	
Th-228		6,2E-01 ± 3E-01	4,2E-01 ± 2E-01				1,7E-01 ± 5E-02	
Th-230								
K-40	1,8E+00 ± 1E+00 ‡	1,1E+01 ± 2E+00		4,0E+00 ± 1E+00		4,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 5E-01	
Be-7				2,3E+00 ± 4E-01			3,8E-01 ± 7E-02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,0E-01 †	1,4E-01 †	7,8E-02 †	8,3E-02 †	1,1E-01 †	9,0E-02 †	1,0E-01 ± 9E-03 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.

LETO 2019 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 (***)

Vzrč. mesto	Brežice							
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
Kol. vzorca (L)	48,30	48,10	46,45	48,20	46,30	48,05		
Pretok (m³/s)	111,0	94,0	121,0	101,0	519,0	391,0		
Oznaka vzorca	NEKVBR0719	NEKVBR0819	NEKVBR0919	NEKVBR1019	NEKVBR1119	NEKVBR1219		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238		1,8E+00 ± 1E+00			3,2E+00 ± 2E+00		1,1E+00 ± 3E-01	
Ra-226	8,5E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	7,8E-01 ± 5E-01	9,1E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 3E-01	9,5E-01 ± 8E-02	
Pb-210	2,4E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	9,6E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 6E-01	
Ra-228	1,1E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 7E-01	9,9E-01 ± 6E-01			1,0E+00 ± 2E-01	
Th-228	6,6E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 5E-01			5,8E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	3,5E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,4E+02 ± 7E+00	1,8E+02 ± 5E+00	7,2E+01 ± 4E+00	2,2E+02 ± 7E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 5E+00	9,7E+01 ± 1E+00	
I-131			6,0E+00 ± 1E+00				1,4E+00 ± 2E-01	
Cs-134								
Cs-137	2,0E-01 †	1,6E-01 †	4,3E-01 †	2,4E-01 †	3,5E-01 †	4,0E-01 †	2,8E-01 ± 3E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	7,7E-01 ± 6E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 2E-01	
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 2E+02	1,9E+04 ± 7E+02	7,3E+03 ± 3E+02	1,7E+03 ± 1E+02	7,8E+02 ± 7E+01	3,2E+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 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 2019 T - 4b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Brežice							
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
Kol. vzorca (L)	91,13	92,04	88,65	90,13	87,14	94,78		
Susp. snov (g)	0,654	0,445	0,388	0,504	1,613	1,565		
Oznaka vzorca	NEKFBR0719	NEKFBR0819	NEKFBR0919	NEKFBR1019	NEKFBR1119	NEKFBR1219		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238					1,3E+00 ± 1E+00 ‡		2,6E-01 ± 1E-01	
Ra-226	4,9E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	4,4E-01 ± 4E-01 ‡	5,4E+00 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01	8,3E-01 ± 5E-02	
Pb-210		1,8E+00 ± 1E+00			1,9E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	6,7E-01 ± 2E-01	
Ra-228	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	4,8E-01 ± 4E-01 ‡		6,9E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 5E-01	8,5E-01 ± 5E-01	4,6E-01 ± 9E-02	
Th-228							8,7E-02 ± 3E-02	
Th-230								
K-40	5,0E+00 ± 2E+00			3,0E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 4E-01	
Be-7	2,0E+00 ± 6E-01						3,6E-01 ± 6E-02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,4E-01 †	1,4E-01 †	2,0E-01 †	1,1E-01 †	2,1E-01 †	2,0E-01 †	1,3E-01 ± 1E-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.

LETO 2019 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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	271,80	245,90	271,40	263,30	271,80	263,50	
Pretok (m³/s)	116,0	402,0	155,0	263,0	425,0	288,0	
Oznaka vzorca	JFV01-19	JFV02-19	JFV03-19	JFV04-19	JFV05-19	JFV06-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,5E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,5E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	8,1E-01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,4E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 6E+00	4,7E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 5E+00	5,4E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 3E+00
Be-7	2,0E+00 ± 9E-01	3,5E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 9E-01	3,3E+00 ± 9E-01	3,2E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 4E-01
I-131	4,8E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 4E+00		2,4E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 9E-01
Cs-134							
Cs-137		1,9E-01 ± 1E-01	6,4E-02 ± 5E-02 ‡		9,3E-02 ± 6E-02	1,1E-01 ± 7E-02	7,6E-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	2,4E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 8E-02
H-3	7,6E+02 ± 1E+02	6,6E+02 ± 1E+02	6,8E+02 ± 1E+02	5,5E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	7,1E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 6a
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. 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	279,00	
Susp. snov (g/m³)	1,7	10,1	1,8	5,5	6,8	8,1	
Oznaka vzorca	JST01-19	JST02-19	JST03-19	JST04-19	JST05-19	JST06-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,9E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 3E-01	3,5E-01 ± 2E-01	8,5E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 6E-01	1,4E+00 ± 7E-01	3,7E-01 ± 2E-01
Ra-226					3,9E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 9E-02
Pb-210							
Ra-228		1,1E+00 ± 5E-01			5,4E-01 ± 3E-01		2,7E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40		1,8E+01 ± 3E+00		4,4E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 3E+00	6,1E+00 ± 9E-01
Be-7		1,3E+00 ± 8E-01		4,0E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		3,9E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 6E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,9E-01 ± 8E-02	2,3E-01 ± 9E-02	1,8E-01 ± 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).

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)	271,90	272,50	263,60	270,90	263,30	269,60	
Pretok (m ³ /s)	152,0	130,0	158,0	134,0	683,0	556,0	
Oznaka vzorca	JFV07-19	JFV08-19	JFV09-19	JFV10-19	JFV11-19	JFV12-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	5,9E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 7E-01	8,4E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,8E+01 ± 7E+00	7,3E+01 ± 9E+00	6,8E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 7E+00	4,1E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 2E+00
Be-7	3,3E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 3E-01
I-131			4,0E+00 ± 1E+00	9,8E+00 ± 3E+00	3,8E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 7E-01	3,8E+00 ± 5E-01
Cs-134							
Cs-137		6,8E-02 ± 5E-02		1,4E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 8E-02	1,1E-01 ± 7E-02	7,9E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,8E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 6E-02
H-3	9,1E+02 ± 1E+02	1,0E+04 ± 7E+02	1,4E+04 ± 1E+03	5,8E+03 ± 5E+02	1,8E+03 ± 2E+02	8,0E+02 ± 1E+02	3,2E+03 ± 1E+02

(*) 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	270,00	279,00	
Susp. snov (g/m ³)	7,0	8,4	4,0	2,5	27,4	16,1	
Oznaka vzorca	JST07-19	JST08-19	JST09-19	JST10-19	JST11-19	JST12-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238		8,6E-01 ± 6E-01		8,8E-01 ± 6E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 7E-01	5,3E-01 ± 1E-01
Ra-226	4,3E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01		1,5E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 3E-01	6,8E-01 ± 6E-02
Pb-210							
Ra-228	4,7E-01 ± 3E-01	7,9E-01 ± 4E-01	5,0E-01 ± 3E-01		2,3E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01	6,3E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,8E+00 ± 2E+00	9,8E+00 ± 3E+00	4,0E+00 ± 2E+00		2,5E+01 ± 4E+00	1,5E+01 ± 3E+00	8,1E+00 ± 7E-01
Be-7	3,1E+00 ± 1E+00	7,1E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	7,3E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,2E-01 ± 7E-02	2,7E-01 ± 8E-02	8,2E-02 ± 6E-02		6,5E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 1E-01	2,2E-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 2019 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	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	810,00	819,00	828,00	828,00	
Susp. snov (g/m ³)	4,3	6,8	6,5	15,2	
Oznaka vzorca	JST-I-19	JST-II-19	JST-III-19	JST-IV-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-90	2,0E-03 †	2,1E-03 †	1,8E-03 †	2,1E-03 †	2,0E-03 ± 8E-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 aposteriorno negotovostjo.

LETO 2019 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,30	44,30	43,00	44,65	
Oznaka vzorca	RSKKK119	RSKKK219	RSKKK319	RSKKK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	2,4E+0 ± 2E+00	3,6E+0 ± 2E+00	3,0E+0 ± 2E+00		2,3E+00 ± 8E-01
Ra-226	6,0E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01		7,0E-01 ± 1E-01
Pb-210	5,0E+00 ± 1E+00	7,7E+00 ± 2E+00		6,8E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 8E-01
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 8E-01	2,2E+00 ± 4E-01
Th-228	8,7E-01 ± 4E-01		2,0E+00 ± 7E-01		7,2E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Be-7	4,9E+00 ± 9E-01	2,8E+01 ± 2E+00		2,7E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 8E-01
I-131	6,7E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 4E-01		7,9E+00 ± 7E-01	4,5E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	2,1E-01 †	2,3E-01 †	3,8E-01 †	4,3E-01 †	3,1E-01 ± 5E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E+00 ± 4E-01	2,0E-01 †	2,4E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01 x
H-3	6,8E+02 ± 7E+01	7,5E+02 ± 8E+01	8,7E+02 ± 8E+01	7,1E+02 ± 8E+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 2019 T - 9
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,40	42,20	44,10	42,40	
Oznaka vzorca	RSBRK119	RSBRK219	RSBRK319	RSBRK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	3,5E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 1E+00 ‡			1,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,2E+00 ± 2E-01	6,8E-01 ± 3E-01	6,2E-01 ± 3E-01		6,3E-01 ± 1E-01
Pb-210	4,6E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	8,7E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00	9,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 7E-01	7,7E-01 ± 7E-01 ‡	1,7E+00 ± 3E-01
Th-228		6,5E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 5E-01		4,1E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7	7,8E+00 ± 1E+00	8,3E+01 ± 3E+00		2,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 8E-01
I-131	1,1E+01 ± 5E-01	5,9E+00 ± 2E-01		2,2E+00 ± 5E-01	4,8E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	2,8E-01	† < 1,1E-01 ± 2E-02	3,0E-01 †	3,0E-01 †	2,5E-01 ± 5E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	9,9E-01 ± 5E-02	1,4E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3	6,7E+02 ± 7E+01	7,9E+02 ± 9E+01	1,9E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 1E+02

(*) 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 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 2019 T - 10
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	44,35	43,50	45,70	45,16	
Oznaka vzorca	RSJEK119	RSJEK219	RSJEK319	RSJEK419	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238			2,6E+00 ± 2E+00		6,5E-01 ± 4E-01
Ra-226	1,5E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	9,3E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210	5,5E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 9E-01
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01	7,7E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Th-228		6,8E-01 ± 3E-01	7,2E-01 ± 5E-01		3,5E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	2,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Be-7	1,0E+01 ± 8E-01	3,9E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 8E-01
I-131	1,3E+01 ± 5E-01		1,6E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 6E-01	4,1E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 5,8E-01 †	< 5,9E-01 †	< 8,7E-01 †	< 1,6E+00 †	9,1E-01 ± 2E-01 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,4E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 4E-01	8,5E-01 ± 3E-01	8,7E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01
H-3	5,9E+02 ± 6E+01	6,8E+02 ± 9E+01	1,2E+03 ± 1E+02	2,7E+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 2019 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Oznaka vzorca	PO-I-19	PO-II-19	PO-III-19	PO-IV-19	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
H-3	5,1E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	7,0E+02 ± 1E+02	8,2E+02 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2019 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	51,4	63,3	69,8	51,2	
Oznaka vzorca	SDKKK119	SDKKK219	SDKKK319	SDKKK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+1 ± 8E+00	5,2E+1 ± 1E+01	2,5E+1 ± 8E+00	3,8E+1 ± 9E+00	3,6E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,4E+1 ± 1E+00	3,4E+1 ± 8E-01	2,9E+1 ± 1E+00	3,2E+1 ± 1E+00	3,2E+01 ± 5E-01
Pb-210	9,3E+1 ± 1E+01	9,0E+1 ± 8E+00	7,0E+1 ± 9E+00	8,3E+1 ± 9E+00	8,4E+01 ± 5E+00
Ra-228	3,9E+1 ± 2E+00	3,4E+1 ± 1E+00	2,7E+1 ± 2E+00	3,5E+1 ± 2E+00	3,4E+01 ± 1E+00
Th-228	3,2E+1 ± 2E+00	3,3E+1 ± 2E+00	2,8E+1 ± 3E+00	2,9E+1 ± 3E+00	3,1E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	4,7E+2 ± 3E+01	4,0E+2 ± 2E+01	3,3E+2 ± 3E+01	4,5E+2 ± 3E+01	4,1E+02 ± 1E+01
Be-7	3,3E+1 ± 4E+00	4,0E+01 ± 3E+00	3,5E+1 ± 5E+00	9,6E+1 ± 8E+00	5,1E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E+1 ± 7E-01	7,6E+0 ± 4E-01	4,7E+0 ± 7E-01	8,8E+0 ± 9E-01	8,0E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,7E+0 ± 8E-01	1,2E-1 †	9,9E-2 †	7,3E-2 †	7,4E-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 2019 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	53,5	80,9	70,2	47,5	
Oznaka vzorca	SDBRK119	SDBRK219	SDBRK319	SDBRK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E+1 ± 9E+00	1,8E+1 ± 4E+00	1,8E+1 ± 4E+00	2,6E+1 ± 7E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,9E+1 ± 1E+00	2,7E+1 ± 6E-01	2,2E+1 ± 6E-01	2,8E+1 ± 1E+00	2,6E+01 ± 4E-01
Pb-210	6,2E+1 ± 1E+01	3,8E+1 ± 5E+00	4,7E+1 ± 5E+00	5,3E+1 ± 7E+00	5,0E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,4E+1 ± 2E+00	1,9E+1 ± 8E-01	1,8E+1 ± 9E-01	2,0E+1 ± 2E+00	2,0E+01 ± 7E-01
Th-228	2,6E+1 ± 3E+00	1,7E+1 ± 9E-01	1,6E+1 ± 9E-01	2,2E+1 ± 2E+00	2,0E+01 ± 9E-01
Th-230					
K-40	3,1E+2 ± 3E+01	2,3E+2 ± 1E+01	2,0E+2 ± 1E+01	2,8E+2 ± 2E+01	2,6E+02 ± 9E+00
Be-7		1,1E+1 ± 2E+00	1,4E+2 ± 5E+00	9,2E+1 ± 6E+00	6,2E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,9E+0 ± 7E-01	4,9E+0 ± 3E-01	1,0E+0 ± 2E-01	1,6E+0 ± 4E-01	3,4E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	9,3E-2 †	1,2E-1 †	9,0E-2 †	9,5E-1 ± 6E-01	3,1E-01 ± 2E-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 2019 T - 14
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	82,2	80,4	66,7	53,7	
Oznaka vzorca	SDJEK119	SDJEK219	SDJEK319	SDJEK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,0E+1 ± 5E+00	1,9E+1 ± 5E+00	3,0E+1 ± 9E+00	2,4E+1 ± 7E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,2E+1 ± 8E-01	2,6E+1 ± 7E-01	2,6E+1 ± 1E+00	2,6E+1 ± 9E-01	2,5E+01 ± 4E-01
Pb-210	2,4E+1 ± 6E+00	3,1E+1 ± 4E+00	8,0E+1 ± 9E+00	7,8E+1 ± 9E+00	5,3E+01 ± 4E+00
Ra-228	1,7E+1 ± 1E+00	2,2E+1 ± 1E+00	2,1E+1 ± 2E+00	2,8E+1 ± 2E+00	2,2E+01 ± 8E-01
Th-228	1,6E+1 ± 1E+00	2,0E+1 ± 1E+00	1,8E+1 ± 2E+00	2,4E+1 ± 2E+00	2,0E+01 ± 8E-01
Th-230					
K-40	1,7E+2 ± 1E+01	2,1E+2 ± 1E+01	2,5E+2 ± 2E+01	3,3E+2 ± 2E+01	2,4E+02 ± 8E+00
Be-7		8,1E+0 ± 1E+00	1,0E+2 ± 7E+00	1,1E+2 ± 6E+00	5,4E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,5E-1 †	1,9E+0 ± 3E-01	3,6E+0 ± 5E-01	4,5E+0 ± 5E-01	2,6E+00 ± 9E-01 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	8,4E-2 †	1,5E-1 †	8,3E-2 †	1,3E+0 ± 5E-01	4,0E-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 2019 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	13.2.2019.	14.6.2019.	6.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	152,6	136,7	115,1	124,9	
Oznaka vzorca	SIZ02-19	SIZ06-19	SIZ08-19	SIZ11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,5E+01 ± 9E+00	3,5E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 5E+00
Ra-226	4,0E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	4,9E+01 ± 7E+00	3,8E+01 ± 6E+00	4,3E+01 ± 7E+00	3,9E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	5,5E+02 ± 6E+01	4,3E+02 ± 5E+01	4,6E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 6E+01	4,8E+02 ± 3E+01
Be-7	3,1E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 1E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,7E+01 ± 8E+00	1,0E+02 ± 9E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,1E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 1E+00	8,7E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 1E+00	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 2019 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezo NEK				
Datum vzor.	13.2.2019.	14.6.2019.	6.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	183,7	143,9	176,6	116,6	
Oznaka vzorca	SIS02-19	SIS06-19	SIS08-19	SIS11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,8E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 1E+01	4,4E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 6E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 6E+00	4,0E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,4E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 7E+00	3,8E+01 ± 6E+00	4,9E+01 ± 8E+00	4,1E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,8E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 5E+01	3,6E+02 ± 4E+01	5,5E+02 ± 6E+01	4,4E+02 ± 3E+01
Be-7	7,7E+00 ± 3E+00	6,9E+00 ± 5E+00	5,7E+01 ± 1E+01	7,3E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 4E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E+00 ± 6E-01	1,0E+01 ± 1E+00	4,7E+00 ± 9E-01	9,4E+00 ± 2E+00	7,0E+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 2019 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	5.3.2019.	14.6.2019.	6.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	111,4	102,5	153,8	112,4	
Oznaka vzorca	SPE03-19	SPE06-19	SPE08-19	SPE11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 1E+01	3,4E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 6E+00
Ra-226	3,4E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,8E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 7E+00	4,3E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,6E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 6E+01	4,5E+02 ± 5E+01	3,8E+02 ± 5E+01	4,4E+02 ± 3E+01
Be-7	3,3E+01 ± 8E+00	1,3E+02 ± 2E+01		1,3E+02 ± 2E+01	7,3E+01 ± 7E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,0E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 2E+00	8,6E+00 ± 1E+00	8,8E+00 ± 1E+00	9,5E+00 ± 7E-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 2019 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	13.2.2019.	14.6.2019.	6.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	167,6	154,9	161,1	186,2	
Oznaka vzorca	SBR02-19	SBR06-19	SBR08-19	SBR11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 8E+00	3,6E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01	2,7E+01 ± 7E+00	3,1E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,6E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 6E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,2E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 2E+01
Be-7	5,3E+00 ± 3E+00	9,0E+00 ± 4E+00		9,4E+00 ± 4E+00	5,9E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,1E+00 ± 6E-01	6,2E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 6E-01	4,0E+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 2019 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	13.2.2019.	14.6.2019.	7.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	169,0	172,1	196,8	168,7	
Oznaka vzorca	SJE02-19	SJE06-19	SJE08-19	SJE11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 8E+00	3,7E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,7E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,7E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,1E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 2E+01
Be-7	5,9E+00 ± 4E+00	8,3E+00 ± 4E+00	3,2E+01 ± 7E+00	7,1E+00 ± 4E+00	1,3E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,1E+00 ± 9E-01	4,5E+00 ± 9E-01	9,5E-01 ± 4E-01	6,3E+00 ± 9E-01	4,5E+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 2019 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	13.2.2019.	14.6.2019.	7.8.2019.	26.11.2019.	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	172,4	202,6	177,6	191,4	
Oznaka vzorca	SPO02-19	SPO06-19	SPO08-19	SPO11-19	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 8E+00	2,1E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 8E+00	2,1E+01 ± 8E+00	2,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,1E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 1E+01
Be-7			2,1E+01 ± 6E+00		5,2E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,1E+00 ± 5E-01		9,4E-01 ± 5E-01	4,3E-01 ± 2E-01	8,8E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,0E-02 †	4,0E-02 †	3,0E-02 †	3,0E-02 †	3,3E-02 ± 3E-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 aposteriorno negotovostjo.

LETO 2019 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
	krap	klen	krap	podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
	Datum vzor.	Datum vzor.	Datum vzor.	Datum vzor.	
	30. 3. 2019	28. 6. 2019	14. 8. 2019	25. 10. 2019	
Oznaka vzorca	RIKKK119	RIKKK219	RIKKK319	RIKKK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		4,9E-01 ± 3E-01			1,2E-01 ± 8E-02
Ra-226	6,7E-02 ± 3E-02		1,4E-1 ± 2E-02	3,0E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 4E-02
Pb-210			8,8E-02 ± 2E-02		2,2E-02 ± 5E-03
Ra-228	1,9E-01 ± 1E-01	1,5E-1 ± 8E-03	1,9E-1 ± 8E-02	3,5E-1 ± 8E-02	2,2E-01 ± 5E-02
Th-228	1,4E-01 ± 7E-02			1,8E-1 ± 8E-02	8,0E-02 ± 3E-02
Th-230					
K-40	1,0E+2 ± 6E+00	1,0E+2 ± 7E+00	1,0E+2 ± 7E+00	9,8E+1 ± 7E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,3E-02 †	5,0E-02 †	2,9E-02 ± 2E-02	4,5E-02 †	4,2E-02 ± 4E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	5,7E-2 ± 5E-02 ‡	1,8E-1 ± 4E-02	4,6E-2 †	1,2E-2 †	7,2E-02 ± 4E-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.

(‡) 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 2019 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
	krap	som	klen	klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
	Datum vzor.	Datum vzor.	Datum vzor.	Datum vzor.	
	11. 5. 2019	28. 6. 2019	14. 8. 2019	11. 10. 2019	
Oznaka vzorca	RIBRK119	RIBRK219	RIBRK319	RIBRK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				1,5E-1 ± 4E-02	3,8E-02 ± 1E-02
Ra-226			7,2E-01 ± 3E-01		1,8E-01 ± 9E-02
Pb-210		4,8E-2 ± 4E-02 ‡	2,9E-01 ± 1E-01		8,5E-02 ± 3E-02
Ra-228			2,1E-01 ± 1E-01		5,3E-02 ± 2E-02
Th-228					
Th-230					
K-40	1,0E+2 ± 7E+00	1,0E+2 ± 6E+00	1,0E+2 ± 6E+00	9,1E+1 ± 6E+00	9,8E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,0E-2 †	4,9E-2 ± 9E-03	5,8E-2 †	5,3E-2 †	4,7E-02 ± 6E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,6E-1 ± 4E-02	6,7E-2 ± 5E-02	1,2E-1 ± 6E-02	2,0E-2 †	9,0E-02 ± 3E-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.

(‡) 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 2019 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	podust	krap	klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	30. 3. 2019	28.06.2019	22. 10. 2019	11. 10. 2019	
Oznaka vzorca	RIJEK119	RIJEK219	RIJEK319	RIJEK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,0E-01 ± 3E-01				1,0E-01 ± 7E-02
Ra-226	1,4E-1 ± 3E-02	1,0E-1 ± 2E-02	8,9E-1 ± 1E-01	1,2E-1 ± 5E-02	3,1E-01 ± 3E-02
Pb-210					
Ra-228	1,9E-01 ± 9E-02	7,4E-02 ± 5E-02	2,0E-1 ± 8E-02	2,1E-1 ± 9E-02	1,7E-01 ± 4E-02
Th-228	1,1E-01 ± 8E-02	8,7E-02 ± 5E-02	1,3E-01 ± 6E-02		8,2E-02 ± 3E-02
Th-230					
K-40	9,9E+1 ± 6E+00	1,0E+2 ± 5E+00	8,5E+1 ± 5E+00	1,0E+2 ± 6E+00	9,7E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,5E-2 †	2,1E-2 †	2,8E-2 †	4,0E-2 †	3,3E-02 ± 5E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,1E-1 ± 6E-02	< 8,3E-3 †	5,8E-2 ± 5E-02 ‡	1,1E-2 †	7,1E-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 a posteriori negotovostjo.

LETO 2019 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Plotica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Som <i>Silurus glanis</i>	Deverika <i>Abramis brama</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	1. 6. 2019	1. 6. 2019	15. 10. 2019	15. 10. 2019	
Kol. vzor. (kg)	0,543	0,422	0,585	0,406	
Odstotek suhe snovi	26,13	28,67	19,07	31,79	
Oznaka vzorca	JE0619R1	JE0619R2	JE1019R1	JE1019R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	5,5E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 4E-01			3,8E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	8,8E+01 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+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 2019 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Klen <i>Leuciscus cephalus</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Plotica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	1. 6. 2019	1. 6. 2019	15. 10. 2019	15. 10. 2019	
Kol. vzor. (kg)	0,467	0,399	0,461	0,368	
Odstotek suhe snovi	23,78	28,12	25,56	24,46	
Oznaka vzorca	OT0619R1	OT0619R2	OT1019R1	OT1019R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,8E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,2E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	3,9E-01 ± 1E-01
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228	9,9E+01 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 7E+00
Th-230					
K-40					
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 2019 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Šnajder <i>Alburnus alburnus</i>	Klen <i>Leuciscus cephalus</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	1. 6. 2019	1. 6. 2019	15. 10. 2019	15. 10. 2019	
Kol. vzor. (kg)	0,497	0,437	0,430	0,376	
Odstotek suhe snovi	24,93	22,88	24,40	26,43	
Oznaka vzorca	PO0619R1	PO0619R2	PO1019R1	PO1019R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,6E-01 ± 3E-01	8,4E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,1E-01 ± 7E-02
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228	9,8E+01 ± 1E+01	8,4E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 7E+00
Th-230					
K-40					
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).

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

- 3. POSAMIČNI VZORCI PITNE VODE
PODTALNICE**
- 4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE**

LETO 2019 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – posamični vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)				
Datum vzor.	23. 1. 2019	8. 4. 2019	24. 7. 2019	28. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	48,51	50,24	49,59	50,31	
Oznaka vzorca	K19VD111	K19VD141	K19VD171	K19VD1A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	1,4E+00 ± 6E+00 ‡	3,1E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	2,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00
Ra-226	9,7E-01 ± 9E-01 ‡	1,9E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 7E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,4E+01 ± 6E+00	2,0E-02 ± 9E-01 ‡	1,7E+00 †	2,2E+00 †	4,4E+00 ± 3E+00 x
Ra-228	8,2E-01 ± 5E-01	6,5E-01 ± 5E-01	7,7E-01 ± 5E-01	6,9E-01 ± 4E-01	7,3E-01 ± 2E-01
Th-228	7,4E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01	6,5E-01 ± 2E-01	5,9E-01 ± 1E-01
Th-230	2,4E+01 ± 1E+01				6,1E+00 ± 3E+00
K-40	2,8E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 1E+00
Be-7				2,3E+00 ± 8E-01	5,8E-01 ± 2E-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	6,5E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 9E-02	1,0E-01 †	7,3E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 2E-01 x
H-3	4,6E+02 ± 9E+01	4,6E+02 ± 7E+01	4,8E+02 ± 6E+01	5,2E+02 ± 7E+01	4,8E+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 2019 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – posamični vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)				
Datum vzor.	23. 1. 2019	8. 4. 2019	24. 7. 2019	28. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,61	49,44	50,86	49,92	
Oznaka vzorca	K19VD311	K19VD341	K19VD371	K19VD3A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	2,7E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 1E+00 ‡	1,9E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 7E-01
Ra-226		3,2E+00 ± 6E-01	9,0E-01 ± 4E-01	7,9E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Pb-210	3,0E-01 †	5,5E-01 †	3,5E-01 ± 2E+00 ‡	1,9E+00 ± 4E-01	7,7E-01 ± 4E-01 x
Ra-228	2,3E-01 ± 4E-01 ‡		1,1E+00 ± 4E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	3,6E-01 ± 1E-01
Th-228	6,1E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 4E-01 ‡	3,4E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 6E-02	3,9E-01 ± 1E-01
Th-230	3,3E+00 ± 1E+01 ‡				8,4E-01 ± 3E+00
K-40	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00
Be-7				3,4E+00 ± 1E+00	8,4E-01 ± 3E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,4E-03 ± 6E-02 ‡		6,6E-03 ± 9E-02 ‡		2,5E-03 ± 3E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	7,6E-02 †	9,4E-02 †	8,1E-02 †	8,7E-02 †	8,4E-02 ± 4E-03 x
H-3	6,4E+01 †	4,4E+01 †	4,5E+01 †	4,7E+01 †	5,0E+01 ± 5E+00 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 2019 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – posamični vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina E1				
Datum vzor.	23. 1. 2019	8. 4. 2019	24. 7. 2019	28. 9. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,10	45,33	49,44	50,64	
Oznaka vzorca	K19VRE111	K19VRE141	K19VRE171	K19VRE1a1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	4,2E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 9E-01
Ra-226	4,6E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	2,9E+00 ± 3E+00 ‡	2,7E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 8E-01
Pb-210	1,9E+00 †	7,3E+00 ± 3E+00	5,4E-01 †	2,9E-01 †	2,5E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	2,7E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 3E-01
Th-228	1,7E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 7E-01	1,0E+00 ± 8E-01	6,3E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 4E+00	8,7E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 5E+00	9,9E+01 ± 4E+00
Be-7	2,4E-01 ± 1E+00 ‡				6,0E-02 ± 3E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137		7,3E-02 ± 1E-01 ‡	9,7E-02 ± 9E-02 ‡	1,9E-02 ± 2E-01 ‡	4,7E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,4E+00 ± 2E-01	3,8E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E-01
H-3	7,6E+02 ± 9E+01	1,1E+03 ± 9E+01	1,6E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 9E+01	1,2E+03 ± 5E+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 2019 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – posamični vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP-4						
Datum vzor.	27. 12. 2018	4. 2. 2019	4. 3. 2019	1. 4. 2019	6. 5. 2019	3. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP411	K19VRP421	K19VRP431	K19VRP441	K19VRP451	K19VRP461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	6,3E+02 ± 9E+01	7,7E+02 ± 1E+02	9,7E+02 ± 8E+01	8,6E+02 ± 8E+01	7,1E+02 ± 7E+01	1,0E+03 ± 8E+01	8,3E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	vrtina VOP-4						
Datum vzor.	1. 7. 2019	1. 8. 2019	2. 9. 2019	1. 10. 2019	4. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP471	K19VRP481	K19VRP491	K19VRP4A1	K19VRP4B1	K19VRP4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	6,2E+02 ± 7E+01	1,5E+03 ± 1E+02	4,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 6E+02	9,3E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 1E+02	6,7E+03 ± 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 2019 T - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	17. 12. 2018 - 16. 1. 2019	16. 1. 2019 - 18. 2. 2019	18. 2. 2019 - 18. 3. 2019	18. 3. 2019 - 16. 4. 2019	16. 4. 2019 - 16. 5. 2019	16. 5. 2019 - 17. 6. 2019		
Datum vzor.	45,39	46,31	43,62	45,87	46,94	47,95		
Kol. vzorca (L)								
Ozuala vzorca	K19VC3111	K19VC3121	K19VC3131	K19VC3141	K19VC3151	K19VC3161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	6,7E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	2,8E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 3E+00	4,5E+00 ± 9E-01	
Ra-226	1,4E+00 ± 1E+00		7,0E-01 ± 9E-01 ‡	1,0E+00 ± 7E-01		1,8E+00 ± 1E+00	8,3E-01 ± 3E-01	
Pb-210	3,1E-01 ± 3E+00 ‡	1,3E+00 †	2,2E+00	5,6E+00 ± 2E+00		6,0E-01 †	1,7E+00 ± 8E-01 x	
Ra-228	7,6E-01 ± 5E-01		1,2E+00 ± 7E-01	5,3E-01 ± 6E-01 ‡		1,5E+00 ± 6E-01	7,0E-01 ± 2E-01	
Th-228	8,2E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 4E-01 ‡	6,9E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 6E-01 ‡		1,8E-01 ± 2E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,8E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 8E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,3E+00 ± 1E+00		5,7E-01 ± 6E-01 ‡		4,0E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 1E+00	2,1E+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	9,0E-02 †	9,2E-02 †	1,1E-01 †	9,8E-02 †	9,3E-02 †	9,0E-02 †	9,5E-02 ± 3E-03 x	
H-3	1,7E+01 †	1,0E+02 ± 1E+01	7,1E+01 ± 1E+01	1,9E+01 †	1,8E+01 †	2,3E+01 †	4,2E+01 ± 1E+01 x	

(*) 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 2019 T - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	17. 6. 2019 - 16. 7. 2019	16. 7. 2019 - 19. 8. 2019	19. 8. 2019 - 16. 9. 2019	16. 9. 2019 - 16. 10. 2019	16. 10. 2019 - 18. 11. 2019	18. 11. 2019 - 16. 12. 2019		
Datum vzor.	38,98	43,36	41,05	42,44	45,45	42,94		
Kol. vzorca (L)								
Ozuala vzorca	K19VC3171	K19VC3181	K19VC3191	K19VC31A1	K19VC31B1	K19VC31C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	3,5E+00 ± 3E+00 ‡	2,5E+00 ± 1E+00	5,5E-02 ± 5E+00 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 7E-01	
Ra-226	2,7E+00 ± 6E-01	2,3E-01 ± 3E-01 ‡	3,2E+00 ± 2E+00	8,0E-01 ± 9E-01 ‡	1,9E+00 ± 1E+00	7,8E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	
Pb-210	7,8E-01 ± 2E+00 ‡	1,9E+00 ± 5E-01	1,1E+00 †	2,5E-01 †	1,0E+00 †	2,4E+00 ± 2E+01 ‡	1,5E+00 ± 4E-01 x	
Ra-228	2,5E+00 ± 4E-01	3,0E-01 ± 3E-01 ‡		6,5E-01 ± 7E-01 ‡		2,8E-01 ± 4E-01 ‡	6,6E-01 ± 1E-01	
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 7E-02	4,0E-01 ± 6E-01 ‡	5,9E-01 ± 2E-01	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	4,3E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,5E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	8,4E-01 ± 8E+00 ‡	7,0E-02 ± 7E-01	
Be-7			1,0E+01 ± 2E+00	5,7E-01 ± 2E+00 ‡		2,2E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	
I-131						4,0E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 3E-01	
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 †	9,9E-02 †	1,0E-01 †	9,5E-02 †	9,9E-02 †	1,1E-01 †	9,9E-02 ± 2E-03 x	
H-3	1,7E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,7E+01 †	9,5E+01 ± 2E+01	1,0E+02 ± 3E+01	7,7E+01 ± 2E+01 x	

(*) 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 2019 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	črpaljšče Brege							
Datum vzor.	17. 12. 2018 . 16. 1. 2019	16. 1. 2019 . 18. 2. 2019	18. 2. 2019 . 18. 3. 2019	18. 3. 2019 . 16. 4. 2019	16. 4. 2019 . 16. 5. 2019	16. 5. 2019 . 17. 6. 2019		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	47,20	4,97	43,68	45,09	46,78	49,82		
Ozuala vzorca	K19VC1111	K19VC1121	K19VC1131	K19VC1141	K19VC1151	K19VC1161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	4,6E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 2E+00		7,3E-01 ± 2E+00 ‡	3,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E+00 ‡	2,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,9E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 6E-01		1,5E+00 ± 6E-01	2,3E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 3E-01	
Pb-210	6,5E+00 ± 3E+00	1,8E+00 †	2,0E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 3E+00 ‡	2,0E+00 †	2,9E+01 ± 3E+00	7,3E+00 ± 4E+00 x	
Ra-228	2,2E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 5E-01	8,8E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 3E-01	7,6E-01 ± 7E-01 ‡	1,4E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228	1,0E+00 ± 2E-01	7,9E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 7E-02		4,5E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 8E-02	
Th-230								
K-40	7,5E+01 ± 7E+00	6,1E+01 ± 6E+00	6,8E+01 ± 7E+00	6,6E+01 ± 3E+00	7,6E+01 ± 4E+00	7,8E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 2E+00	
Be-7					6,6E+00 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	6,9E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,4E-02 ± 2E-01 ‡						4,0E-03 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,5E-01 ± 1E-01	1,1E+00 †	5,4E-01 ± 9E-02	1,2E-01 †	2,0E-01 †	6,0E-01 ± 8E-02	5,6E-01 ± 2E-01 x	
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 7E+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 2019 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	črpaljšče Brege							
Datum vzor.	17. 6. 2019 . 16. 7. 2019	16. 7. 2019 . 19. 8. 2019	19. 8. 2019 . 16. 9. 2019	16. 9. 2019 . 16. 10. 2019	16. 10. 2019 . 18. 11. 2019	18. 11. 2019 . 16. 12. 2019		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	44,76	51,41	43,05	46,49	51,54	43,78		
Ozuala vzorca	K19VC1171	K19VC1181	K19VC1191	K19VC11A1	K19VC11B1	K19VC11C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238		2,2E+00 ± 2E+00 ‡	9,3E-02 ± 5E-01 ‡	3,5E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 7E-01	
Ra-226	8,7E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 5E-01	6,7E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 2E-01	
Pb-210	1,1E+00	3,5E-01 †	3,6E-01 †	1,6E+00 ± 1E+00	8,3E-02 ± 1E+00 ‡	5,0E-01 †	4,0E+00 ± 2E+00 x	
Ra-228	5,1E-01 ± 5E-01 ‡	1,0E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 4E-01	9,7E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Th-228	1,3E+00 ± 6E-01	2,8E-01 ± 2E-01	8,4E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 4E-01	7,2E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 8E-02	
Th-230								
K-40	7,5E+01 ± 4E+00	8,6E+01 ± 4E+00	8,0E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 4E+00	7,4E+01 ± 4E+00	7,2E+01 ± 4E+00	7,3E+01 ± 1E+00	
Be-7		1,2E+01 ± 1E+00		3,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00 ‡		4,8E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137						1,5E-02 ± 1E-01 ‡	3,3E-03 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,4E-01 †	5,0E-01 ± 8E-02	1,3E-01 †	6,0E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 9E-02	5,2E-01 ± 9E-02	4,8E-01 ± 9E-02 x	
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 5E+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 2019 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	Črpališče Rore							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	17. 12. 2018 - 16. 1. 2019	16. 1. 2019 - 18. 2. 2019	18. 2. 2019 - 18. 3. 2019	18. 3. 2019 - 16. 4. 2019	16. 4. 2019 - 16. 5. 2019	16. 5. 2019 - 17. 6. 2019		
Kol. vzorca (L)	40,68	45,09	38,10	38,68	40,21	42,33		
Oznaka vzorca	K19VC1411	K19VC1421	K19VC1431	K19VC1441	K19VC1451	K19VC1461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238		4,2E+00 ± 7E+00 ‡	2,8E-01 ± 5E-01 ‡	5,1E+00 ± 5E+00 ‡		4,4E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,1E+00 ± 1E+00	8,1E-01 ± 9E-01 ‡	1,3E+00 ± 2E-01	4,6E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 8E-01	4,2E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 4E-01	
Pb-210	1,2E+01 ± 2E+01 ‡	7,7E+00 ± 3E+00	2,2E+00 ± 4E-01	1,0E+00 †	8,1E-01 †	1,9E+00 †	4,3E+00 ± 2E+00 x	
Ra-228	2,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,2E+00 ± 7E-01	8,0E-01 ± 3E-01	1,3E-01 ± 5E-01 ‡		1,8E+00 ± 7E-01	7,0E-01 ± 2E-01	
Th-228	9,2E-01 ± 3E-01	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 7E-02	7,2E-01 ± 2E-01		7,8E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,8E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 2E+01 ‡	3,1E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	
Be-7		1,1E+00 ± 1E+00 ‡	1,4E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E+00 ‡	4,5E+00 ± 2E+00		1,3E+00 ± 6E-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	4,8E-01 ± 8E-02	6,7E-01 ± 1E-01	1,3E-01 †	5,9E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 9E-02	6,3E-01 ± 8E-02	5,1E-01 ± 8E-02 x	
H-3	5,4E+02 ± 6E+01	6,5E+02 ± 8E+01	5,5E+02 ± 9E+01	5,0E+02 ± 9E+01	5,7E+02 ± 8E+01	5,8E+02 ± 5E+01	5,7E+02 ± 3E+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 2019 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	Črpališče Rore						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	17. 6. 2019 - 16. 7. 2019	16. 7. 2019 - 19. 8. 2019	19. 8. 2019 - 16. 9. 2019	16. 9. 2019 - 16. 10. 2019	16. 10. 2019 - 18. 11. 2019	18. 11. 2019 - 16. 12. 2019	
Kol. vzorca (L)	38,54	45,66	37,18	40,14	44,46	37,59	
Oznaka vzorca	K19VC1471	K19VC1481	K19VC1491	K19VC14A1	K19VC14B1	K19VC14C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	1,8E+00 ± 3E+00 ‡	2,6E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 3E+00	2,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 3E+00 ‡	2,9E+00 ± 3E+00 ‡	2,7E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 8E-01	4,3E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 3E-01
Pb-210	7,1E+00 ± 3E+00	5,0E-01 ± 1E+00 ‡	5,5E-01 †	7,5E-01 †	8,0E-01 †	2,1E+01 ± 8E+00	4,7E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01	4,0E+00 ± 5E-01	7,5E-01 ± 5E-01	8,3E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	1,0E+00 ± 1E-01
Th-228	5,5E-01 ± 6E-01 ‡	4,2E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01	9,8E-02 ± 2E-01 ‡	5,3E-01 ± 3E-01	5,0E-02 ± 3E-01 ‡	4,7E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	3,0E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Be-7	4,8E+00 ± 2E+00		3,2E+00 ± 1E+00			1,0E+01 ± 1E+00	2,2E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,1E-01 ± 2E-01 ‡			9,2E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,4E-01 †	6,4E-01 ± 8E-02	6,8E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 9E-02	6,0E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 6E-02 x
H-3	6,8E+02 ± 8E+01	1,3E+03 ± 1E+02	5,7E+02 ± 8E+01	4,8E+02 ± 7E+01	5,2E+02 ± 1E+02	4,8E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 2E+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 2019 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							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	17. 12. 2018 - 16. 1. 2019	16. 1. 2019 - 18. 2. 2019	18. 2. 2019 - 18. 3. 2019	18. 3. 2019 - 16. 4. 2019	16. 4. 2019 - 16. 5. 2019	16. 5. 2019 - 17. 6. 2019		
Kol. vzorca (L)	45,29	49,97	42,00	43,47	44,75	48,26		
Oznaka vzorca	K19VC211	K19VC221	K19VC231	K19VC241	K19VC251	K19VC261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (B qm ²)							
U-238	3,3E+00 ± 3E+00	8,3E-02 ± 2E+00 ‡	7,6E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 7E-01	
Ra-226	7,4E-01 ± 6E-01	4,9E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 9E-01	3,6E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 4E-01	
Pb-210	1,2E+01 ± 7E+00	4,0E+00 ± 2E+00	7,8E+00 †	3,4E-01 †	4,2E-01 †	5,7E+00 ± 6E-01	5,0E+00 ± 2E+00 x	
Ra-228	1,1E+00 ± 4E-01	1,3E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 9E-01	7,6E-01 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228		7,2E-01 ± 4E-01	8,5E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	6,8E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 1E-01	
Th-230	1,9E+01 ± 1E+01						3,1E+00 ± 2E+00	
K-40	6,1E+01 ± 7E+00	4,1E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 4E+00	6,6E+01 ± 3E+00	7,4E+01 ± 3E+00	7,5E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 2E+00	
Be-7				1,5E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	1,4E+00 ± 6E-01	8,2E-01 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137					2,5E-02 ± 1E-01 ‡		4,2E-03 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,8E-01 ± 9E-02	5,9E-01 ± 7E-02	6,9E-01 ± 1E-01	1,1E-01 †	1,4E-01 †	7,7E-01 ± 8E-02	4,6E-01 ± 1E-01 x	
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	7,4E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,1E+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 2019 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						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	17. 6. 2019 - 16. 7. 2019	16. 7. 2019 - 19. 8. 2019	19. 8. 2019 - 16. 9. 2019	16. 9. 2019 - 16. 10. 2019	16. 10. 2019 - 18. 11. 2019	18. 11. 2019 - 16. 12. 2019	
Kol. vzorca (L)	43,29	51,32	41,69	45,42	49,65	42,27	
Oznaka vzorca	K19VC271	K19VC281	K19VC291	K19VC2A1	K19VC2B1	K19VC2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (B qm ²)						
U-238	4,4E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 1E+00		1,2E-02 ± 9E-02 ‡	5,0E+00 ± 2E+00	2,0E-01 ± 2E+00 ‡	3,1E+00 ± 5E-01
Ra-226	2,6E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 4E-01		1,4E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 4E-01	1,4E+01 ± 2E+00	3,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	3,0E+00 ± 9E+00 ‡	7,7E+00 ± 1E+00	1,1E+00 †	5,7E+00 ± 6E-01	1,9E+00 †	2,4E-01 ± 4E+00 ‡	4,1E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	2,0E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,1E-01 ± 4E-01 ‡	1,7E-01 ± 4E-01 ‡	1,7E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-228	7,6E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 9E-02	3,7E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 7E-02
Th-230							1,6E+00 ± 1E+00
K-40	6,7E+01 ± 4E+00	7,4E+01 ± 3E+00	7,5E+01 ± 4E+00	7,0E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 3E+00	6,6E+01 ± 1E+00
Be-7	1,9E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	7,5E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 7E-01		7,3E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							2,1E-03 ± 9E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,7E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 1E-01	1,3E-01 †	1,1E-01 †	1,5E-01 †	1,8E-01 †	3,9E-01 ± 8E-02 x
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 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, 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 2019 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	črpalništvo Brežice (Glogov Brod)						
Datum vzor.	17. 12. 2018 - 16. 1. 2019	16. 1. 2019 - 18. 2. 2019	18. 2. 2019 - 18. 3. 2019	18. 3. 2019 - 16. 4. 2019	16. 4. 2019 - 16. 5. 2019	16. 5. 2019 - 17. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	40,81	45,62	38,13	39,49	41,08	43,46	
Oznaka vzorca	K19VC3211	K19VC3221	K19VC3231	K19VC3241	K19VC3251	K19VC3261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	4,2E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 4E+00 ‡	3,0E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 8E-01
Ra-226	3,5E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 4E-01	4,4E+00 ± 9E-01	8,4E-01 ± 5E-01	8,4E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 4E-01
Pb-210	5,0E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 4E-01	5,1E+00 ± 7E-01	3,8E-01 ± 2E+00 ‡	3,6E-01 ± 1E+00 ‡	2,4E-01	2,5E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	1,2E+00 ± 8E-01	2,2E-01 ± 2E-01 ‡				9,4E-01 ± 4E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Th-228	4,2E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 9E-02	6,4E-01 ± 9E-02	2,7E-01 ± 3E-01 ‡	5,2E-01 ± 4E-01 ‡	7,7E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 1E-01
Th-230				1,2E+01 ± 9E+00			2,1E+00 ± 2E+00
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00
Be-7						1,4E+00 ± 9E-01	2,4E-01 ± 1E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,7E-02 ± 1E-01 ‡					3,1E-03 ± 3E-02 ‡	5,1E-03 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,3E-02 †	9,6E-02 †	1,4E-01 †	1,2E-01 †	1,2E-01 †	9,7E-02 †	1,1E-01 ± 8E-03 x
H-3	1,1E+02 ± 2E+01 †	8,3E+01 ± 2E+01 †	1,6E+01 †	1,9E+01 †	1,8E+01 †	1,2E+02 ± 2E+01 †	6,0E+01 ± 2E+01 x

(*) 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 2019 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (***)

Vzrč. mesto	črpalništvo Brežice (Glogov Brod)						
Datum vzor.	17. 6. 2019 - 16. 7. 2019	16. 7. 2019 - 19. 8. 2019	19. 8. 2019 - 16. 9. 2019	16. 9. 2019 - 16. 10. 2019	16. 10. 2019 - 18. 11. 2019	18. 11. 2019 - 16. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (**)
Kol. vzorca (L)	39,58	46,61	38,29	41,26	45,39	37,58	
Oznaka vzorca	K19VC3271	K19VC3281	K19VC3291	K19VC32A1	K19VC32B1	K19VC32C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	1,9E+00 ± 7E-01	4,8E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 3E+00 ‡	4,2E+00 ± 8E-01	6,6E+00 ± 3E+00	3,5E+00 ± 6E-01
Ra-226	2,0E-01 ± 4E-01 ‡	3,8E-01 ± 5E-01 ‡	3,1E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 5E-01	1,6E-01 ± 2E-01 ‡		1,4E+00 ± 2E-01
Pb-210	1,5E+00 ± 6E-01	1,7E+00 †	2,7E+00 †	8,1E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 5E-01	1,8E+00 †	2,9E+00 ± 7E-01 x
Ra-228	1,7E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 6E-01	4,7E-01 ± 3E-01		6,2E-01 ± 6E-01 ‡	6,4E-01 ± 1E-01
Th-228	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	4,8E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	3,9E-01 ± 4E-01 ‡	1,1E-01 ± 7E-02	8,3E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 7E-02
Th-230					8,9E+00 ± 4E+00		1,8E+00 ± 8E-01
K-40	2,7E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 7E-01
Be-7	5,9E-01 ± 2E+00 ‡	2,8E+00 ± 1E+00		4,2E+00 ± 9E-01	2,5E+00 ± 8E-01	5,4E-01 ± 1E+00 ‡	1,0E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			3,9E-02 ± 1E-01 ‡				5,8E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,8E-01 †	9,1E-02 †	1,1E-01 †	1,1E-01 †	9,3E-02 †	1,2E-01 †	1,1E-01 ± 7E-03 x
H-3	2,0E+02 ± 3E+01 †	1,6E+02 ± 2E+01 †	1,1E+02 ± 2E+01 †	1,5E+01 †	1,1E+02 ± 3E+01 †	1,8E+01 †	8,1E+01 ± 2E+01 x

(*) 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 2019 T - 35a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Medsave (R Hrvška)							
	Datum vzor.	7. 1. 2019	13. 2. 2019	11. 3. 2019	2. 4. 2019	3. 5. 2019	4. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	48,98	52,96	49,07	51,00	47,09	58,71		
Oznaka vzorca	MED01-19	MED02-19	MED03-19	MED04-19	MED05-19	MED06-19		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)								
U-238	6,3E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	7,6E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 9E-01	
Ra-226	5,7E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 4E-01		2,5E+00 ± 7E-01	8,8E-01 ± 4E-01	8,1E-01 ± 2E-01	
Pb-210								
Ra-228		9,3E-01 ± 7E-01	9,3E-01 ± 7E-01	1,0E+00 ± 7E-01		6,7E-01 ± 6E-01	5,9E-01 ± 2E-01	
Th-228								
Th-230								
K-40	6,8E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 1E+01	7,1E+01 ± 1E+01	7,1E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 9E+00	6,2E+01 ± 4E+00	
Be-7						3,4E+00 ± 1E+00	5,6E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 8E-02	
H-3	4,2E+02 ± 1E+02	3,6E+02 ± 1E+03	5,2E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 1E+02	5,3E+02 ± 2E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2019 T - 35b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Medsave (R Hrvška)							
	Datum vzor.	1. 7. 2019	7. 8. 2019	3. 9. 2019	9. 10. 2019	7. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,83	51,85	50,74	50,10	49,98	50,02		
Oznaka vzorca	MED07-19	MED08-19	MED09-19	MED10-19	MED11-19	MED12-19		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)								
U-238	5,1E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 3E+00	7,3E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 6E-01	
Ra-226	6,0E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	6,7E-01 ± 4E-01				6,2E-01 ± 1E-01	
Pb-210								
Ra-228				1,2E+00 ± 8E-01		1,3E+00 ± 8E-01	5,0E-01 ± 1E-01	
Th-228								
Th-230								
K-40	6,6E+01 ± 1E+01	8,6E+01 ± 1E+01	8,0E+01 ± 1E+01	8,7E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 8E+00	6,8E+01 ± 3E+00	
Be-7							2,8E-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-90	2,0E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	3,3E-02 †	1,9E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01 x	
H-3	6,0E+02 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+04 ± 1E+03	1,1E+04 ± 8E+02	1,3E+03 ± 2E+02	9,7E+02 ± 2E+02	3,0E+03 ± 2E+02	

(*) 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 2019 T - 36a

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Šibice (R Hrvaska)						
Datum vzor.		13. 2. 2019	11. 3. 2019	2. 4. 2019	3. 5. 2019	4. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)		48,92	48,81	49,17	48,34	45,87	
Oznaka vzorca	SIB01-19	SIB02-19	SIB03-19	SIB04-19	SIB05-19	SIB06-19	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238		5,9E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 6E-01
Ra-226		1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-02
Pb-210							
Ra-228		1,1E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 9E-01	2,2E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40		6,5E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 9E+00	5,8E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 3E+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		2,8E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 9E-02
H-3		5,3E+02 ± 1E+02	4,2E+02 ± 1E+02	4,7E+02 ± 1E+02	7,5E+01 †	4,3E+02 ± 1E+02	3,9E+02 ± 8E+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 2019 T - 36b

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Šibice (R Hrvaska)						
Datum vzor.	1. 7. 2019	7. 8. 2019		9. 10. 2019	7. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	48,24	49,45		49,54	49,91	49,94	
Oznaka vzorca	SIB07-19	SIB08-19	SIB09-19	SIB10-19	SIB11-19	SIB12-19	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	5,4E+00 ± 3E+00	6,4E+00 ± 2E+00		6,4E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 3E+00	5,7E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01		3,6E+00 ± 8E-01	9,7E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,3E+00 ± 9E-01	2,8E+00 ± 1E+00		3,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 8E-01	3,6E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,2E+01 ± 1E+01	6,6E+01 ± 1E+01		7,6E+01 ± 1E+01	7,1E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 2E+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	2,7E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01		2,3E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 1E-01
H-3	5,2E+02 ± 1E+02	5,1E+02 ± 1E+02		5,9E+02 ± 1E+02	5,3E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	4,6E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2019 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	Bregi							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (L)	19,39	5,79	18,48	26,94	42,13	23,96		
Padavine (mm)***	33,7	41,4	55,1	93,0	171,3	79,7		
Oznaka vzorca	K19PD211	K19PD221	K19PD231	K19PD241	K19PD251	K19PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22	8,1E+00 ± 4E+00	6,1E+00 ± 6E+00 ‡		1,9E-01 ± 1E+01 ‡	7,7E-01 ± 9E-01 ‡	6,6E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 3E-02	
U-238	2,4E+00 ± 6E+00 ‡	1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+00 ± 3E+00 ‡	1,0E+00 ± 1E+00 ‡	3,5E-01 ± 1E+00 ‡	1,9E+00 ± 3E+00 ‡	2,8E+00 ± 2E+00	
Ra-226	6,6E+00 ± 8E+00 ‡	1,5E+03 ± 8E+01	2,8E+01 ± 7E+00	1,9E+01 ± 3E+00	8,0E+00 ± 1E+00	5,4E+01 ± 6E+00	3,1E+00 ± 1E+00	
Pb-210	2,0E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 2E+00		5,4E-01 ± 9E-01 ‡	4,3E-01 ± 5E-01 ‡	2,3E-01 ± 8E-01 ‡	2,8E+02 ± 1E+01	
Ra-228	1,0E+01 ± 3E+01 ‡						1,4E+00 ± 5E-01	
Th-230	1,5E+00 ± 5E-01	7,1E+00 ± 8E-01		6,6E-02 ± 4E-01 ‡	7,9E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 4E+00	
Th-228	5,7E+00 ± 6E+00 ‡	9,6E+01 ± 1E+01	1,2E+01 ± 6E+00	4,5E+00 ± 4E+00 ‡	7,8E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,8E+00 ± 2E-01	
K-40	5,4E+01 ± 5E+00	1,1E+03 ± 7E+01	6,6E+01 ± 5E+00	2,1E+02 ± 1E+01	8,0E+01 ± 3E+00	3,3E+02 ± 3E+01	2,5E+01 ± 3E+00	
Be-7							3,0E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		3,8E+00 ± 7E-01	1,0E-02 ± 1E-01 ‡		5,8E-02 ± 2E-01 ‡	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	6,6E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,4E-01	7,5E-01 †	2,6E-01 †	1,8E-01 †	1,2E-01 †	2,0E-01 †	2,9E-01 ± 9E-02 x	
H-3	9,1E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	1,5E+03 ± 9E+01	2,5E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,6E+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	Bregi							Pollemi used (*)
	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (L)	19,4	5,8	18,5	26,9	42,1	24,0		
Padavine (mm)***	33,7	41,4	55,1	93,0	171,3	79,7		
Oznaka vzorca	K19PD211	K19PD221	K19PD231	K19PD241	K19PD251	K19PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22	2,7E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01 ‡		1,7E-02 ± 1E+00 ‡	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	5,3E-02 ± 2E-02	5,3E-02 ± 2E-02	
U-238	8,1E-02 ± 2E-01 ‡	5,1E-01 ± 1E-01	9,8E-02 ± 2E-01 ‡	9,3E-02 ± 1E-01 ‡	6,0E-02 ± 2E-01 ‡	1,5E-01 ± 3E-01 ‡	8,3E-01 ± 1E+00	
Ra-226	2,2E-01 ± 3E-01 ‡	6,4E+01 ± 3E+00	1,5E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01	4,3E+00 ± 5E-01	9,2E-01 ± 4E-01	
Pb-210	6,8E-02 ± 5E-02	2,2E-01 ± 8E-02		5,0E-02 ± 8E-02 ‡	7,3E-02 ± 8E-02 ‡	1,9E-02 ± 6E-02 ‡	7,3E+01 ± 4E+00	
Ra-228	3,5E-01 ± 9E-01 ‡						4,3E-01 ± 2E-01	
Th-230	5,0E-02 ± 2E-02	3,0E-01 ± 3E-02		6,1E-03 ± 4E-02 ‡	1,3E-01 ± 4E-02	1,2E-01 ± 4E-02	3,5E-01 ± 9E-01	
Th-228	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	4,0E+00 ± 6E-01	6,7E-01 ± 3E-01	4,1E-01 ± 4E-01 ‡	1,3E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 3E-01	6,1E-01 ± 8E-02	
K-40	1,8E+00 ± 2E-01	4,4E+01 ± 3E+00	3,6E+00 ± 3E-01	2,0E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 2E+00	8,5E+00 ± 9E-01	
Be-7							1,1E+02 ± 4E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,6E-01 ± 3E-02	5,6E-04 ± 7E-03 ‡		9,9E-03 ± 4E-02 ‡	8,3E-03 ± 1E-02 ‡	1,8E-01 ± 5E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,0E-03	3,1E-02 †	1,4E-02 †	1,7E-02 †	2,1E-02 †	1,6E-02 †	1,1E-01 x	
H-3	3,1E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 3E+00	8,2E+01 ± 5E+00	2,3E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	8,7E+02 ± 3E+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 2019 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.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	50,76	39,07	50,85	28,44	45,99	32,24		
Padavine (mm)***	164,7	128,1	209,3	56,6	178,0	112,0		
Oznaka vzorca	K19PD271	K19PD281	K19PD291	K19PD2A1	K19PD2B1	K19PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	1,7E+00 ± 1E+00	5,6E-01 ± 7E-01 ‡	4,8E-01 ± 5E-01 ‡	3,2E+00 ± 5E+00 ‡	6,0E+00 ± 9E+00 ‡	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	5,5E-02 ± 2E-02	
Ra-226	4,2E-01 ± 6E-01 ‡		7,2E-02 ± 5E-01 ‡	3,5E+00 ± 2E+00		4,7E-01 ± 5E-01 ‡	2,5E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,7E+02 ± 1E+01	3,1E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 7E+00	2,6E+01 ± 2E+00	8,8E+01 ± 2E+01	1,9E+02 ± 7E+00	
Ra-228	9,0E-01 ± 7E-01			7,8E-01 ± 8E-01 ‡		7,3E-01 ± 5E-01	9,1E-01 ± 2E-01	
Th-230					1,9E+00 ± 9E+00 ‡		1,0E+00 ± 2E+00	
Th-228	6,1E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 7E-02	2,3E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 4E-01	3,5E-01 ± 4E-01 ‡	4,3E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
K-40	2,1E+01 ± 2E+00	9,0E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+00	
Be-7	7,3E+02 ± 4E+01	2,6E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 7E+01	2,0E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 8E+00	1,7E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,4E-02 ± 3E-01 ‡					3,9E-02 ± 1E-01 ‡	3,4E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		1,3E-01 †	9,9E-02 †	1,6E-01 †	8,9E-02 †	1,2E-01 †	2,0E-01 ± 5E-02 x	
H-3	1,5E+03 ± 9E+01	1,4E+03 ± 9E+01	1,1E+03 ± 8E+01	4,1E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 3E+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.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	50,8	39,1	50,9	28,4	46,0	32,2		
Padavine (mm)***	164,7	128,1	209,3	56,6	178,0	112,0		
Oznaka vzorca	K19PD271	K19PD281	K19PD291	K19PD2A1	K19PD2B1	K19PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	2,8E-01 ± 2E-01	7,1E-02 ± 8E-02 ‡	1,0E-01 ± 1E-01 ‡	1,8E-01 ± 3E-01 ‡	1,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	5,3E-02 ± 2E-02	
Ra-226	6,9E-02 ± 1E-01 ‡		1,5E-02 ± 1E-01 ‡	2,0E-01 ± 9E-02		5,3E-02 ± 6E-02 ‡	2,7E+00 ± 2E+00	
Pb-210	2,8E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E-01	1,1E+01 ± 6E-01	2,3E+00 ± 4E-01	4,7E+00 ± 4E-01	9,8E+00 ± 2E+00	1,3E+02 ± 5E+00	
Ra-228	1,5E-01 ± 1E-01			4,4E-02 ± 5E-02 ‡		8,1E-02 ± 6E-02	7,0E-01 ± 2E-01	
Th-230					3,4E-01 ± 2E+00 ‡		6,9E-01 ± 2E+00	
Th-228	1,0E-01 ± 4E-02	2,9E-02 ± 9E-03	4,8E-02 ± 2E-02	5,8E-02 ± 2E-02		4,9E-02 ± 2E-02	9,5E-01 ± 1E-01	
K-40	3,4E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 3E-01	7,4E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 4E-01	6,7E-01 ± 2E-01	1,7E+01 ± 1E+00	
Be-7	1,2E+02 ± 6E+00	3,3E+01 ± 2E+00	6,9E+01 ± 1E+01	1,1E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	3,9E+02 ± 2E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,0E-02 ± 6E-02 ‡					4,4E-03 ± 1E-02 ‡	1,9E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		1,7E-02 †	2,1E-02 †	9,2E-03 †	1,6E-02 †	1,4E-02 †	1,8E-01 x	
H-3	2,5E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 1E+01	2,3E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 1E+01	2,3E+03 ± 4E+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 2019 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

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	20,37	5,78	17,36	23,34	36,65	12,85		
Padavine (mm)	40,2	59,0	69,0	77,5	175,9	55,3		
Oznaka vzorca	K19PD311	K19PD321	K19PD331	K19PD341	K19PD351	K19PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	1,3E+01 ± 1E+01 ‡	3,9E+00 ± 4E+00 ‡	1,2E+00 ± 3E+00 ‡	2,9E+00 ± 3E+00 ‡	5,5E+00 ± 4E+00	4,6E+00 ± 3E+00	
U-238	2,5E-01 ± 5E-01 ‡	5,2E+00 ± 5E+00 ‡	2,2E+00 ± 5E+00 ‡	2,2E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 5E+00	1,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226	1,3E+01 ± 1E+00	7,2E+02 ± 1E+02	1,8E+02 ± 2E+01	2,2E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 5E+00	1,7E+02 ± 2E+01	
Pb-210	1,0E-01 ± 5E-01 ‡	4,6E+00 ± 3E+00	6,0E-01 ± 1E+00 ‡	7,6E-01 ± 1E+00 ‡	9,8E-01 ± 1E+00 ‡		1,2E+00 ± 6E-01	
Ra-228	2,3E-01 ± 1E-01	4,0E+00 ± 3E+00	9,6E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	4,7E-01 ± 4E-01 ‡	1,9E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 5E-01	
Th-230								
Th-228								
K-40	1,1E+02 ± 8E+00	2,8E+01 ± 1E+01	4,3E+00 ± 5E+00 ‡	4,0E+01 ± 6E+00	1,1E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 6E+00	2,0E+01 ± 2E+00	
Be-7		3,6E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 1E+01	2,1E+02 ± 1E+01	2,3E+02 ± 9E+00	4,8E+02 ± 6E+01	2,7E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,5E-01 ± 2E+00 ‡	2,9E-01 ± 4E-01 ‡		2,2E-02 ± 2E-01 ‡		9,4E-02 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,1E-01 †	7,0E-01 †	2,8E-01 †	1,9E-01 †	1,5E-01 †	3,4E-01 †	3,1E-01 ± 8E-02 x	
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,6E+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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	20,4	5,8	17,4	23,3	36,7	12,9		
Padavine (mm)	40,2	59,0	69,0	77,5	175,9	55,3		
Oznaka vzorca	K19PD311	K19PD321	K19PD331	K19PD341	K19PD351	K19PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22	5,1E-02 ± 4E-02 ‡	7,6E-01 ± 8E-01 ‡	2,7E-01 ± 3E-01 ‡	9,4E-02 ± 2E-01 ‡	5,2E-01 ± 5E-01 ‡	3,0E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 1E+00	
U-238	9,9E-03 ± 2E-02 ‡	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,5E+00 ± 3E-01	4,7E-01 ± 4E-01	
Ra-226	5,2E-01 ± 4E-02	4,3E+01 ± 8E+00	1,2E+01 ± 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	1,1E+01 ± 1E+00	1,5E+00 ± 3E-01	7,0E+01 ± 8E+00	
Pb-210	4,2E-03 ± 2E-02 ‡	2,7E-01 ± 2E-01	4,1E-02 ± 8E-02 ‡	5,9E-02 ± 8E-02 ‡	1,7E-01 ± 2E-01 ‡		5,5E-01 ± 3E-01	
Ra-228								
Th-230								
Th-228	9,4E-03 ± 6E-03	2,4E-01 ± 2E-01	6,6E-02 ± 4E-02	8,9E-02 ± 4E-02	8,3E-02 ± 8E-02 ‡	1,0E-01 ± 4E-02	5,9E-01 ± 2E-01	
K-40		1,6E+00 ± 6E-01	2,9E-01 ± 3E-01 ‡	3,1E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 3E-01	8,9E+00 ± 1E+00	
Be-7	4,5E+00 ± 3E-01	2,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	1,7E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 4E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,5E-02 ± 1E-01 ‡	2,0E-02 ± 3E-02 ‡		3,9E-03 ± 4E-02 ‡		3,9E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,3E-03 †	4,1E-02 †	1,9E-02 †	1,5E-02 †	2,6E-02 †	1,9E-02 †	1,3E-01 x	
H-3	4,3E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 8E+00	7,4E+01 ± 6E+00	1,4E+02 ± 8E+00	2,6E+02 ± 2E+01	9,9E+01 ± 6E+00	7,6E+02 ± 2E+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.

(‡) 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 2019 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

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	48,17	23,74	34,67	25,37	44,46	25,17		
Padavine (mm)	186,2	95,6	146,4	88,3	178,4	123,5		
Oznaka vzorca	K19PD371	K19PD381	K19PD391	K19PD3A1	K19PD3B1	K19PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	3,1E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	3,1E+00 ± 2E+00	1,2E+00 ± 2E+00 ‡	4,0E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 3E+00 ‡	3,2E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,3E+00 ± 6E-01	1,1E+02 ± 6E+00	9,7E+01 ± 5E+00	9,6E+00 ± 2E+00	5,8E-01 ± 4E-01	9,9E+01 ± 5E+00	1,3E+00 ± 6E-01	
Pb-210	1,7E+02 ± 8E+00	1,4E+00 ± 9E-01	7,4E-01 ± 6E-01 ‡	9,3E-01 ± 6E-01	4,3E+01 ± 7E+00	8,7E-01 ± 3E-01	1,3E+02 ± 1E+01	
Ra-228	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	6,9E-01 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E+00	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,6E-01 ± 4E-01 ‡	4,9E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01
Th-230								
Th-228	6,9E-01 ± 2E-01	8,0E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 4E+00	8,0E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 4E+00 ‡	1,3E+01 ± 1E+00	
K-40	8,0E+00 ± 2E+00	1,9E+03 ± 7E+01	6,3E+02 ± 3E+01	7,7E+02 ± 4E+01	5,2E+01 ± 4E+00	2,7E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 7E+00	4,4E+02 ± 9E+00
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-02 ± 1E-01 ‡	5,3E-02 ± 2E-01 ‡						5,4E-02 ± 2E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 †	1,8E-01 †	1,3E-01 †	1,9E-01 †	9,3E-02 †	1,9E-01 †	2,3E-01 ± 5E-02 x	
H-3	1,3E+03 ± 9E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	1,1E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 9E+01	1,5E+03 ± 3E+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

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	48,2	23,7	34,7	25,4	44,5	25,2		
Padavine (mm)	186,2	95,6	146,4	88,3	178,4	123,5		
Oznaka vzorca	K19PD371	K19PD381	K19PD391	K19PD3A1	K19PD3B1	K19PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238								
Ra-226	5,7E-01 ± 4E-01	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	4,5E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 2E-01 ‡	7,1E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 4E-01 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	
Pb-210	4,4E-01 ± 1E-01	1,1E+01 ± 6E-01	1,4E+01 ± 8E-01	8,5E-01 ± 2E-01	1,0E-01 ± 7E-02	1,8E+01 ± 9E-01	1,7E+00 ± 6E-01	
Ra-228	3,2E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 6E-01	1,4E+01 ± 8E-01	1,1E-01 ± 9E-02 ‡	1,8E+01 ± 9E-01	5,4E+00 ± 9E-01	1,5E+02 ± 8E+00	
Th-230	6,1E-02 ± 6E-02 ‡	1,4E-01 ± 8E-02	1,1E-01 ± 9E-02 ‡	1,7E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 3E-01	
Th-228								
K-40	1,3E-01 ± 3E-02	2,8E-01 ± 1E-01	3,6E-02 ± 5E-02 ‡	2,3E-02 ± 3E-02 ‡	8,7E-02 ± 3E-02	8,4E-02 ± 5E-02	1,2E+00 ± 2E-01	
Be-7	1,5E+00 ± 4E-01	6,3E-01 ± 4E-01	3,4E+00 ± 5E-01	4,6E+00 ± 4E-01	5,1E-01 ± 3E-01	4,2E-01 ± 5E-01 ‡	1,5E+01 ± 1E+00	
I-131	3,5E+02 ± 1E+01	6,1E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 6E+00	4,6E+00 ± 4E-01	4,8E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 8E-01	7,1E+02 ± 1E+01	
Cs-134								
Cs-137	4,9E-03 ± 2E-02 ‡	5,1E-03 ± 2E-02 ‡						4,9E-02 ± 1E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,0E-02 †	1,7E-02 †	1,8E-02 †	1,6E-02 †	1,7E-02 †	2,3E-02 †	2,4E-01 x	
H-3	2,4E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 9E+00	1,6E+02 ± 1E+01	9,9E+01 ± 8E+00	3,1E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 1E+01	1,9E+03 ± 4E+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.

(‡) 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 2019 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

Vzrč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	14,57	0,53	16,21	31,58	37,07	15,59		
Padavine (mm)	39,8	31,5	60,3	104,1	160,5	60,8		
Oznaka vzorca	K19PD411	K19PD421	K19PD431	K19PD441	K19PD451	K19PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22				2,2E-01 ± 3E-01 ‡				3,6E-02 ± 4E-02
U-238				1,5E+00 ± 2E+00 ‡				8,2E+01 ± 1E+02
Ra-226	1,4E+01 ± 4E+00	6,8E+02 ± 7E+02 ‡	1,2E+01 ± 4E+00		1,9E+00 ± 6E-01	9,4E+00 ± 5E+00		1,2E+02 ± 8E+01
Pb-210	7,1E+01 ± 2E+01	5,1E+02	1,2E+02 ± 1E+01	5,4E+00 ± 3E+00	4,6E+00 ± 6E-01	5,5E+01 ± 8E+00		1,3E+02 ± 8E+01 x
Ra-228	1,5E-01 ± 1E+00 ‡	2,2E+02 ± 2E+02 ‡		1,0E+00 ± 9E-01 ‡	1,1E-01 ± 3E-01 ‡	2,6E+00 ± 2E+00		3,7E+01 ± 3E+01
Th-230		2,1E+03 ± 3E+03 ‡						3,5E+02 ± 6E+02
Th-228	5,8E-01 ± 6E-01 ‡	1,3E+02 ± 6E+01	6,7E-01 ± 5E-01	5,9E-01 ± 3E-01	2,6E-01 ± 9E-02	1,4E+00 ± 8E-01		2,2E+01 ± 9E+00
K-40	6,7E+00 ± 6E+00 ‡		5,4E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	2,4E+01 ± 7E+00		8,5E+00 ± 2E+00
Be-7	1,3E+02 ± 8E+00	9,7E+01 ± 3E+02 ‡	1,4E+02 ± 9E+00	3,3E+02 ± 3E+01	5,0E+01 ± 3E+00	4,9E+02 ± 3E+01		2,1E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-02 ± 2E-01 ‡			2,0E-02 ± 3E-01 ‡		1,7E-02 ± 2E-01 ‡		8,2E-03 ± 7E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,0E-01	1,0E+00 †	3,2E-01 †	1,5E-01 †	1,3E-01 †	2,8E-01 †		3,6E-01 ± 1E-01 x
H-3	9,0E+02 ± 1E+02	8,7E+02 ± 7E+01	5,9E+02 ± 7E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 9E+01	1,4E+03 ± 1E+02		1,1E+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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	14,6	0,5	16,2	31,6	37,1	15,6		
Padavine (mm)	39,8	31,5	60,3	104,1	160,5	60,8		
Oznaka vzorca	K19PD411	K19PD421	K19PD431	K19PD441	K19PD451	K19PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22				2,2E-02 ± 3E-02 ‡				2,2E-02 ± 3E-02
U-238				1,5E-01 ± 2E-01 ‡				1,6E+01 ± 2E+01
Ra-226	5,5E-01 ± 2E-01	1,5E+01 ± 2E+01 ‡	7,5E-01 ± 2E-01		3,0E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 3E-01		2,3E+01 ± 1E+01
Pb-210	2,8E+00 ± 6E-01	2,1E+01 ± 1E+01	7,3E+00 ± 6E-01	5,6E-01 ± 3E-01	7,4E-01 ± 1E-01	3,3E+00 ± 5E-01		3,1E+01 ± 1E+00 x
Ra-228	6,1E-03 ± 4E-02 ‡	1,6E+01	6,8E+00 ± 6E+00 ‡	1,1E-01 ± 9E-02 ‡	1,7E-02 ± 5E-02 ‡	1,6E-01 ± 1E-01		7,1E+00 ± 6E+00
Th-230		6,5E+01 ± 1E+02 ‡						6,5E+01 ± 1E+02
Th-228	2,3E-02 ± 2E-02 ‡	4,0E+00 ± 2E+00	4,1E-02 ± 3E-02	6,1E-02 ± 3E-02	4,2E-02 ± 1E-02	8,3E-02 ± 5E-02		4,3E+00 ± 2E+00
K-40	2,7E-01 ± 2E-01 ‡		3,2E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01	3,6E-01 ± 4E-01 ‡	1,4E+00 ± 4E-01		3,8E+00 ± 7E-01
Be-7	5,1E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 9E+00 ‡	8,6E+00 ± 5E-01	3,4E+01 ± 3E+00	8,0E+00 ± 6E-01	3,0E+01 ± 2E+00		8,9E+01 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,2E-04 ± 6E-03 ‡			2,0E-03 ± 3E-02 ‡		1,0E-03 ± 1E-02 ‡		3,6E-03 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,2E-02	3,2E-02 †	1,9E-02 †	1,6E-02 †	2,1E-02 †	1,7E-02 †		1,2E-01 x
H-3	3,6E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 4E+00	1,6E+02 ± 1E+01	2,0E+02 ± 1E+01	8,8E+01 ± 6E+00		5,4E+02 ± 2E+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.
(‡) 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 2019 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.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	51,84	26,08	44,24	20,15	49,87	32,31		
Padavine (mm)	188,3	124,3	136,9	51,3	157,0	124,5		
Oznaka vzorca	K19PD471	K19PD481	K19PD491	K19PD4A1	K19PD4B1	K19PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								1,8E-02 ± 2E-02
U-238	8,2E-01 ± 2E+00 ‡	3,6E+00 ± 3E+00 ‡	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	3,9E+00 ± 2E+00	7,3E-01 ± 2E+00 ‡			4,2E+01 ± 6E+01
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01		4,3E+00 ± 1E+00	3,4E-01 ± 5E-01 ‡		6,1E+00 ± 3E+00		6,0E+01 ± 4E+01
Pb-210	8,8E+00 ± 5E+00	4,9E+00 ± 6E+00 ‡	4,6E+00 ± 5E+00 ‡	4,7E+01 ± 3E+00	6,4E+00 ± 1E+00	9,4E+01 ± 7E+00		7,8E+01 ± 4E+01 x
Ra-228	6,8E-01 ± 5E-01	1,9E+00 ± 1E+00	7,4E-01 ± 5E-01		2,1E-01 ± 8E-01 ‡			1,9E+01 ± 1E+01
Th-230								1,7E+02 ± 3E+02
Th-228	5,1E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	7,3E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	2,7E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 3E-01 ‡		1,1E+01 ± 5E+00
K-40	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	8,0E+00 ± 4E+00	6,9E+00 ± 2E+00	8,2E+00 ± 3E+00	1,7E+00 ± 2E+00 ‡			6,5E+00 ± 1E+00
Be-7	1,8E+02 ± 7E+00	1,3E+02 ± 6E+00	1,2E+02 ± 5E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,7E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 1E+01		1,8E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								4,1E-03 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,2E-01 †	1,6E-01 †	9,4E-02 †	2,3E-01 †	9,3E-02 †	1,3E-01 †		2,5E-01 ± 7E-02 x
H-3	1,3E+03 ± 9E+01	1,0E+03 ± 8E+01	1,0E+03 ± 8E+01	9,5E+02 ± 8E+01	7,5E+02 ± 7E+01	5,6E+02 ± 7E+01		1,0E+03 ± 2E+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							
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	51,8	26,1	44,2	20,2	49,9	32,3		
Padavine (mm)	188,3	124,3	136,9	51,3	157,0	124,5		
Oznaka vzorca	K19PD471	K19PD481	K19PD491	K19PD4A1	K19PD4B1	K19PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								2,2E-02 ± 3E-02
U-238	1,5E-01 ± 4E-01 ‡	4,5E-01 ± 4E-01 ‡	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 2E-01 ‡			1,7E+01 ± 2E+01
Ra-226	2,6E-01 ± 8E-02		5,9E-01 ± 2E-01	1,8E-02 ± 2E-02 ‡		7,6E-01 ± 4E-01		2,4E+01 ± 1E+01
Pb-210	1,7E+00 ± 9E-01	6,1E-01 ± 7E-01 ‡	6,3E-01 ± 6E-01 ‡	2,4E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,2E+01 ± 9E-01		4,9E+01 ± 2E+00 x
Ra-228	1,3E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 2E-01	1,0E-01 ± 7E-02		3,3E-02 ± 1E-01 ‡			7,6E+00 ± 6E+00
Th-230								6,5E+01 ± 1E+02
Th-228	9,6E-02 ± 4E-02	3,9E-02 ± 4E-02 ‡	9,9E-02 ± 3E-02	8,5E-03 ± 8E-03 ‡	4,2E-02 ± 3E-02	4,6E-02 ± 4E-02 ‡		4,6E+00 ± 2E+00
K-40	3,2E-01 ± 4E-01 ‡	1,0E+00 ± 5E-01	9,4E-01 ± 3E-01	4,2E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 3E-01 ‡			6,7E+00 ± 1E+00
Be-7	3,5E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 7E-01	1,6E+01 ± 7E-01	5,6E+00 ± 4E-01	2,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00		2,1E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								3,6E-03 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,2E-02 †	2,0E-02 †	1,3E-02 †	1,2E-02 †	1,5E-02 †	1,7E-02 †		2,1E-01 x
H-3	2,4E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	4,9E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 1E+01	7,0E+01 ± 8E+00		1,3E+03 ± 3E+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.

(‡) 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 2019 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.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (L)	35,14	0,52	12,00	34,95	51,28	11,37		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	66,1	97,5	47,9	89,2	238,6	46,4		
Oznaka vzorca	L19PD111	L19PD121	L19PD131	L19PD141	L19PD151	L19PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238		3,3E+02 ± 4E+02 ‡	1,6E+00 ± 3E+00 ‡	6,0E-01 ± 9E-01 ‡	1,7E+00 ± 2E+00 ‡			5,5E+01 ± 6E+01
Ra-226			6,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,6E-01 ± 4E-01 ‡	2,2E-01 ± 5E-01 ‡	2,8E+01 ± 6E+00		4,8E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,2E+01 ± 3E+00	9,3E+02 ± 1E+02	2,1E+02 ± 1E+01	1,8E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00	7,9E+01 ± 1E+01		2,1E+02 ± 2E+01
Ra-228			1,0E+00 ± 1E+00 ‡	3,8E-01 ± 5E-01 ‡	2,6E-01 ± 4E-01 ‡			2,8E-01 ± 2E-01
Th-230	2,5E+01 ± 1E+01				1,6E+01 ± 2E+01 ‡			6,8E+00 ± 4E+00
Th-228	1,5E-01 ± 3E-01 ‡	1,4E+01 ± 2E+01 ‡	8,0E-01 ± 4E-01	5,7E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 2E-01	9,0E-01 ± 7E-01 ‡		2,8E+00 ± 4E+00
K-40			2,1E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 1E+00	4,7E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 8E+00		9,4E+00 ± 2E+00
Be-7	1,3E+02 ± 7E+00	2,5E+02 ± 2E+02	1,9E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	9,7E+01 ± 4E+00	2,0E+02 ± 2E+01		1,7E+02 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				2,0E-02 ± 9E-02 ‡	4,8E-02 ± 3E-01 ‡			1,1E-02 ± 5E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	5,1E+02 ± 9E+01		1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 9E+01	1,2E+03 ± 9E+01	1,6E+03 ± 1E+02		1,1E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2. Ker je bilo v februarju premalo vzorca (dežja), meritev H-3 ni bila opravljena.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (L)	35,1	0,5	12,0	35,0	51,3	11,4		Polletni used (*)
Padavine (mm)***	66,1	97,5	47,9	89,2	238,6	46,4		
Oznaka vzorca	L19PD111	L19PD121	L19PD131	L19PD141	L19PD151	L19PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238		3,2E+01 ± 4E+01 ‡	7,7E-02 ± 1E-01 ‡	5,4E-02 ± 8E-02 ‡	4,1E-01 ± 4E-01 ‡			3,2E+01 ± 4E+01
Ra-226			2,9E-02 ± 7E-02 ‡	1,4E-02 ± 4E-02 ‡	5,3E-02 ± 1E-01 ‡	1,3E+00 ± 3E-01		1,4E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,4E+00 ± 2E-01	9,0E+01 ± 1E+01	9,9E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 1E-01	3,1E+00 ± 5E-01	3,7E+00 ± 5E-01		1,1E+02 ± 1E+01
Ra-228			5,0E-02 ± 5E-02 ‡	3,4E-02 ± 4E-02 ‡	6,3E-02 ± 9E-02 ‡			1,5E-01 ± 1E-01
Th-230	1,6E+00 ± 8E-01				3,8E+00 ± 4E+00 ‡			5,4E+00 ± 4E+00
Th-228	9,9E-03 ± 2E-02 ‡	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	3,8E-02 ± 2E-02	5,1E-02 ± 9E-03	1,0E-01 ± 5E-02	4,2E-02 ± 3E-02 ‡		1,6E+00 ± 2E+00
K-40			1,0E+00 ± 2E-01	9,5E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 3E-01	9,4E-01 ± 4E-01		4,0E+00 ± 6E-01
Be-7	8,5E+00 ± 5E-01	2,4E+01 ± 2E+01	9,3E+00 ± 7E-01	1,4E+01 ± 9E-01	2,3E+01 ± 9E-01	9,2E+00 ± 7E-01		8,9E+01 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				1,8E-03 ± 8E-03 ‡	1,1E-02 ± 7E-02 ‡			1,3E-02 ± 7E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	3,4E+01 ± 6E+00		5,3E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 8E+00	2,8E+02 ± 2E+01	7,3E+01 ± 5E+00		5,5E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2. Ker je bilo v februarju premalo vzorca (dežja), meritev H-3 ni bila opravljena.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 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.	1.7.2019 - 1.8.2019	1.8.2019 - 2.9.2019	2.9.2019 - 1.10.2019	1.10.2019 - 4.11.2019	4.11.2019 - 2.12.2019	2.12.2019 - 30.12.2019		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	20,78	23,11	35,79	23,86	51,48	22,91		
Padavine (mm)***	121,2	112,4	145,0	76,0	188,2	129,8		
Oznaka vzorca	L19PD171	L19PD181	L19PD191	L19PD1A1	L19PD1B1	L19PD1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	2,2E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 4E+00 ‡	1,4E+01 ± 5E+00	6,3E+00 ± 7E+00 ‡	2,2E+00 ± 1E+00	7,7E-01 ± 4E+00 ‡	3,0E+01 ± 3E+01	
U-238								
Ra-226		1,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00		5,5E-01 ± 5E-01 ‡	4,6E-01 ± 2E+00 ‡	4,3E+00 ± 6E-01	
Pb-210	7,6E+01 ± 4E+00	3,1E+02 ± 9E+01	2,2E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	1,3E+02 ± 7E+00	1,5E+02 ± 1E+01	
Ra-228		8,0E-01 ± 7E-01 ‡			2,6E-01 ± 3E-01 ‡	1,9E+00 ± 9E-01	3,9E-01 ± 1E-01	
Th-230		1,8E+02 ± 5E+01					1,8E+01 ± 4E+00	
Th-232	4,5E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 4E-01	3,2E-01 ± 6E-01 ‡	8,5E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 5E-01 ‡	1,7E+00 ± 2E+00	
K-40	1,3E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	1,2E+01 ± 3E+00	2,0E+00 ± 1E+00	1,6E+01 ± 5E+00	1,0E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,2E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 2E+02	9,3E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 8E+00	3,3E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 9E+00	2,6E+02 ± 2E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		6,5E-01 ± 3E-01				7,8E-02 ± 2E-01 ‡	6,7E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,3E+03 ± 9E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	5,9E+02 ± 7E+01	5,0E+02 ± 7E+01	4,1E+02 ± 6E+01	9,9E+02 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	1.7.2019 - 1.8.2019	1.8.2019 - 2.9.2019	2.9.2019 - 1.10.2019	1.10.2019 - 4.11.2019	4.11.2019 - 2.12.2019	2.12.2019 - 30.12.2019		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	20,8	23,1	35,8	23,9	51,5	22,9		
Padavine (mm)***	121,2	112,4	145,0	76,0	188,2	129,8		
Oznaka vzorca	L19PD171	L19PD181	L19PD191	L19PD1A1	L19PD1B1	L19PD1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238	2,7E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 4E-01 ‡	2,1E+00 ± 7E-01	4,8E-01 ± 6E-01 ‡	4,2E-01 ± 2E-01	1,0E-01 ± 5E-01 ‡	3,6E+01 ± 4E+01	
Ra-226		1,2E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 4E-01		1,0E-01 ± 9E-02 ‡	5,9E-02 ± 2E-01 ‡	4,4E+00 ± 6E-01	
Pb-210	9,2E+00 ± 5E-01	3,4E+01 ± 1E+01	3,1E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 2E-01	4,8E+00 ± 5E-01	1,7E+01 ± 9E-01	1,8E+02 ± 2E+01	
Ra-228		9,0E-02 ± 8E-02 ‡			4,9E-02 ± 6E-02 ‡	2,4E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 2E-01	
Th-230		2,0E+01 ± 5E+00					2,6E+01 ± 7E+00	
Th-232	5,5E-02 ± 2E-02	2,1E-01 ± 4E-02	4,6E-02 ± 9E-02 ‡	6,5E-02 ± 2E-02	8,4E-02 ± 2E-02	4,7E-02 ± 7E-02 ‡	2,1E+00 ± 2E+00	
K-40	1,6E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 4E-01	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	9,1E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,7E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 3E+01	1,3E+01 ± 7E-01	1,4E+01 ± 6E-01	6,2E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00	3,5E+02 ± 3E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		7,3E-02 ± 3E-02				1,0E-02 ± 3E-02 ‡	9,7E-02 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,5E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	4,4E+01 ± 5E+00	9,5E+01 ± 1E+01	5,3E+01 ± 8E+00	1,2E+03 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize 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.

LETO 2019 T - 41
 5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2019

Specifična analiza H-3 (**) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Krško			Breg			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	40,2	1,1E+00	4,3E-02	33,7	9,1E-01	3,1E-02	39,8	9,0E-01	3,6E-02	66,1	5,1E-01	3,4E-02
Februar	59,0	2,4E+00	1,4E-01	41,4	1,1E+00	4,6E-02	31,5	8,7E-01	2,7E-02	97,5		
Marec	69,0	1,1E+00	7,4E-02	55,1	1,5E+00	8,2E-02	60,3	5,9E-01	3,5E-02	47,9	1,1E+00	5,3E-02
April	77,5	1,8E+00	1,4E-01	93,0	2,5E+00	2,3E-01	104,1	1,5E+00	1,6E-01	89,2	1,2E+00	1,0E-01
Maj	175,9	1,5E+00	2,6E-01	171,3	2,1E+00	3,5E-01	160,5	1,2E+00	2,0E-01	238,6	1,2E+00	2,8E-01
Junij	55,3	1,8E+00	9,9E-02	79,7	1,6E+00	1,3E-01	60,8	1,4E+00	8,8E-02	46,4	1,6E+00	7,3E-02
Julij	186,2	1,3E+00	2,4E-01	164,7	1,5E+00	2,5E-01	188,3	1,3E+00	2,4E-01	121,2	1,3E+00	1,5E-01
Avgust	95,6	1,5E+00	1,5E-01	128,1	1,4E+00	1,8E-01	124,3	1,0E+00	1,3E-01	112,4	1,5E+00	1,7E-01
September	146,4	1,1E+00	1,6E-01	209,3	1,1E+00	2,3E-01	136,9	1,0E+00	1,4E-01	145,0	1,1E+00	1,5E-01
Oktober	88,3	1,1E+00	9,9E-02	56,6	4,1E+00	2,3E-01	51,3	9,5E-01	4,9E-02	76,0	5,9E-01	4,4E-02
November	178,4	1,7E+00	3,1E-01	178,0	1,9E+00	3,4E-01	157,0	7,5E-01	1,2E-01	188,2	5,0E-01	9,5E-02
December	123,5	1,3E+00	1,6E-01	112,0	1,8E+00	2,0E-01	124,5	5,6E-01	7,0E-02	129,8	4,1E-01	5,3E-02
Mesečno povprečje (za celo leto) (kBq/m ³)	1,47E+00	±	2,8E-02	1,78E+00	±	3,2E-02	1,01E+00	±	2,4E-02	9,87E-01	±	1,3E-01
Celotna vrednost	1295		1,9E+00	1323		2,3E+00	1239		1,3E+00	1358		1,2E+00
	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 2019 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)								
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	60,4	60,4	83,6	72,8	56,3	60,4			
Padavine (mm)***	37,0	50,2	62,1	85,3	173,6	67,5			
Oznaka vzorca	K19PV211	K19PV221	K19PV231	K19PV241	K19PV251	K19PV261			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22	7,9E-02 ± 6E-02 ‡								
U-238	4,7E-03 ± 2E-02 ‡	4,7E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 6E-02	1,1E-01 ± 7E-02	1,8E-02 ± 5E-02 ‡	1,0E-01 ± 7E-02	3,1E-01 ± 1E-01	1,6E+00 ± 6E-01	
Ra-226				2,2E-01 ± 1E-01	8,9E-02 ± 8E-02 ‡	2,3E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E+00	
Pb-210	3,6E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	4,0E+00 ± 4E-01	1,6E+01 ± 1E+00	7,8E+00 ± 4E-01	9,3E+00 ± 5E-01	4,2E+01 ± 1E+00	2,1E+02 ± 7E+00	
Ra-228		6,5E-03 ± 3E-02 ‡	4,2E-02 ± 3E-02	4,1E-02 ± 3E-02	5,7E-02 ± 3E-02		1,5E-01 ± 6E-02	7,3E-01 ± 3E-01	
Th-230					6,8E-01 ± 5E-01		6,8E-01 ± 5E-01	3,4E+00 ± 2E+00	
Th-232	2,5E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 7E-03	3,2E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 2E-02	2,1E-01 ± 2E-02	4,7E-01 ± 3E-02	8,8E-01 ± 4E-02	4,4E+00 ± 2E-01	
K-40		2,1E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,0E+01 ± 1E+00	
Bc-7	2,6E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 6E-01	2,9E+01 ± 1E+00	7,8E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 4E+00	2,4E+02 ± 7E+00	1,2E+03 ± 4E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137		9,9E-03 ± 1E-02 ‡	3,1E-03 ± 7E-03 ‡	9,4E-03 ± 1E-02 ‡			2,2E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 8E-02	
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 2019 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)								
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	59,2	64,0	38,6	71,6	90,5	80,3			
Padavine (mm)***	175,5	111,9	177,9	72,5	178,2	117,8			
Oznaka vzorca	K19PV271	K19PV281	K19PV291	K19PV2A1	K19PV2B1	K19PV2C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22	1,3E-01 ± 1E-01 ‡								
U-238	6,2E-02 ± 4E-02 ‡	1,6E-02 ± 5E-02 ‡	1,5E-01 ± 8E-02	9,6E-02 ± 5E-02	2,7E-02 ± 1E-01 ‡	9,2E-02 ± 8E-02 ‡	4,7E-01 ± 5E-01	2,4E+00 ± 2E+00	
Ra-226				9,6E-02 ± 5E-02	2,3E-01 ± 8E-02	2,6E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,5E+01 ± 8E-01	9,6E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 9E-01	9,3E+00 ± 6E-01	7,1E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 9E-01	1,0E+02 ± 3E+00	5,1E+02 ± 2E+01	
Ra-228		2,6E-02 ± 3E-02 ‡	3,6E-02 ± 2E-02	6,3E-02 ± 4E-02	4,8E-03 ± 6E-02 ‡		2,8E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 5E-01	
Th-230							6,8E-01 ± 5E-01	3,4E+00 ± 2E+00	
Th-232	4,6E-02 ± 1E-02		7,0E-02 ± 1E-02	2,7E-02 ± 3E-02 ‡	7,9E-02 ± 1E-02	4,3E-02 ± 5E-02 ‡	1,1E+00 ± 8E-02	5,7E+00 ± 4E-01	
K-40	3,6E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 9E-02	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	6,3E-02 ± 1E-01 ‡	3,0E+00 ± 4E-01	1,5E+01 ± 2E+00	
Bc-7	6,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 1E+00	5,8E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00	4,9E+02 ± 9E+00	2,4E+03 ± 5E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137							2,2E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 8E-02	
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 2019 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019			
Kol. vzorca (g)	11,9	13,3	20,3	24,9	12,5	15,4			
Padavine (mm)	39,8	31,5	60,3	104,1	160,5	60,8			
Oznaka vzorca	K19PV2611	K19PV2621	K19PV2631	K19PV2641	K19PV2651	K19PV2661			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22		4,6E-01 ± 3E-01	3,5E-01 ± 2E-01		5,2E-01 ± 5E-01 ‡	8,5E-01 ± 4E-01	2,2E+00 ± 7E-01	1,1E+01 ± 4E+00	
U-238					1,3E-01 ± 3E-01 ‡	9,6E-01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01	5,5E+00 ± 3E+00	
Ra-226			2,8E+00 ± 3E-01		5,6E+00 ± 6E-01	6,8E+00 ± 6E-01	4,1E+01 ± 2E+00	2,0E+02 ± 1E+01	
Pb-210	4,3E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 1E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,0E+01 ± 2E+00			2,5E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 8E-01	
Ra-228	7,1E-02 ± 8E-02 ‡				3,5E-02 ± 9E-02 ‡	1,4E-01 ± 1E-01	4,5E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E+00	
Tb-230	3,4E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 8E-01					8,2E-01 ± 2E-01	4,1E+00 ± 8E-01	
Ra-228	3,4E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 8E-01					1,7E+00 ± 8E-01	8,7E+00 ± 4E+00	
Tb-228	4,2E-02 ± 3E-02	3,3E-02 ± 4E-02 ‡	6,6E-02 ± 5E-02	4,6E-02 ± 1E-01 ‡	8,4E-02 ± 5E-02	5,5E-01 ± 5E-02	1,6E+02 ± 4E+00	8,0E+02 ± 2E+01	
K-40	1,3E-01 ± 3E-01 ‡	3,7E-01 ± 3E-01	6,7E-01 ± 4E-01	1,7E-01 ± 3E-01 ‡	2,9E-02 ± 3E-01 ‡	3,7E-01 ± 4E-01 ‡			
Be-7	1,4E+01 ± 7E-01	7,3E+00 ± 5E-01	2,1E+01 ± 9E-01	6,6E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00			
I-131									
Cs-134									
Cs-137				2,8E-03 ± 2E-02 ‡			2,8E-03 ± 2E-02	1,4E-02 ± 1E-01	
Co-58									
Co-60									
Cy-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 2019 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019			
Kol. vzorca (g)	14,0	12,7	12,7	17,8	34,8	19,8			
Padavine (mm)	188,3	124,3	136,9	51,3	157,0	124,5			
Oznaka vzorca	K19PV2671	K19PV2681	K19PV2691	K19PV26A1	K19PV26B1	K19PV26C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22	2,7E-01 ± 3E-01 ‡		3,7E-01 ± 8E-01 ‡			1,7E-01 ± 6E-01 ‡	3,0E+00 ± 1E+00	1,5E+01 ± 6E+00	
U-238	1,4E-01 ± 3E-01 ‡	3,4E-01 ± 3E-01 ‡	5,7E-02 ± 1E-01 ‡	2,1E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 8E-02		1,9E+00 ± 8E-01	9,7E+00 ± 4E+00	
Ra-226		6,0E+00 ± 5E-01	1,3E+01 ± 6E-01	9,2E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 6E-01	8,6E+01 ± 3E+00	4,3E+02 ± 1E+01	
Pb-210	1,1E+01 ± 9E-01				8,7E-02 ± 1E-01 ‡	1,5E-01 ± 2E-01 ‡	1,0E+00 ± 3E-01	5,0E+00 ± 2E+00	
Ra-228		5,0E-02 ± 1E-01 ‡	4,6E-01 ± 1E-01				4,9E+00 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+01	
Tb-230			3,2E-01 ± 1E+00 ‡				1,3E+00 ± 2E-01	6,5E+00 ± 9E-01	
Tb-228	6,0E-02 ± 4E-02	2,3E-01 ± 5E-02	4,3E-02 ± 4E-02 ‡	4,5E-02 ± 5E-02 ‡	5,3E-02 ± 4E-02	4,5E-02 ± 4E-02 ‡	5,4E+00 ± 1E+00	2,7E+01 ± 7E+00	
K-40	6,7E-01 ± 5E-01	8,5E-01 ± 5E-01	4,4E-01 ± 3E-01	9,4E-01 ± 5E-01	4,8E-01 ± 3E-01	2,4E-01 ± 4E-01 ‡	2,9E+02 ± 5E+00	1,5E+03 ± 2E+01	
Be-7	3,6E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,0E+01 ± 4E-01	1,0E+01 ± 6E-01			
I-131									
Cs-134									
Cs-137									
Co-58							2,8E-03 ± 2E-02	1,4E-02 ± 1E-01	
Co-60									
Cy-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.

(†) 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 aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2019 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 (*)
	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019				
Datum vzor.	59,2	43,2	55,8	56,4	40,0	45,4				
Kol. vzorca (g)	40,2	59,0	69,0	77,5	175,9	55,3				
Padavine (mm)	K19PV311	K19PV321	K19PV331	K19PV341	K19PV351	K19PV361				
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
IZOTOP										
Na-22	3,6E-01 ± 3E-01 ‡	1,7E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	7,6E-02 ± 1E-01 ‡	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	1,1E+00 ± 5E-01	5,4E+00 ± 2E+00		
U-238	3,0E-01 ± 1E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,0E-01 ± 3E-02	8,0E-02 ± 2E-02	2,8E-02 ± 5E-02 ‡	8,1E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	6,7E+00 ± 2E+00		
Ra-226	4,3E+00 ± 3E-01	2,7E-02 ± 4E-02 ‡	3,2E+00 ± 2E-01	1,4E+01 ± 7E-01	5,3E+00 ± 6E-01	1,3E+01 ± 9E-01	4,2E+01 ± 1E+00	2,1E+02 ± 7E+00		
Pb-210	5,9E-02 ± 4E-02	5,9E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 6E-02	4,0E-02 ± 4E-02 ‡	9,6E-02 ± 5E-02	4,5E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 5E-01			
Ra-228	1,2E-01 ± 1E-02	2,2E-02 ± 2E-02 ‡	5,9E-02 ± 1E-02	7,1E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02	1,7E-01 ± 5E-02	5,5E-01 ± 6E-02	2,7E+00 ± 3E-01		
Th-230	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	6,4E-01 ± 9E-02	7,0E-01 ± 3E-01	7,1E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 5E-01	1,8E+01 ± 2E+00		
Th-228	3,1E+01 ± 1E+00	9,3E+00 ± 5E-01	2,7E+01 ± 1E+00	6,6E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 1E+00	8,4E+01 ± 4E+00	2,5E+02 ± 6E+00	1,2E+03 ± 3E+01		
K-40										
Bc-7										
I-131										
Cs-134										
Cs-137	7,0E-03 ± 6E-03 ‡	9,0E-03 ± 2E-02 ‡	1,1E-02 ± 8E-03	2,1E-02 ± 9E-03	1,7E-02 ± 1E-02	6,3E-02 ± 3E-02	1,3E-01 ± 4E-02	6,4E-01 ± 2E-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 2019 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 (*)
	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019				
Datum vzor.	46,6	55,9	38,7	45,2	76,6	62,8				
Kol. vzorca (g)	186,2	95,6	146,4	88,3	178,4	123,5				
Padavine (mm)	K19PV371	K19PV381	K19PV391	K19PV3A1	K19PV3B1	K19PV3C1				
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
IZOTOP										
Na-22	2,6E-02 ± 2E-01 ‡	6,0E-01 ± 4E-01	2,1E-01 ± 1E-01	9,8E-02 ± 6E-02	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,1E+00 ± 7E-01	1,1E+01 ± 3E+00			
U-238	4,5E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 5E-02	1,4E-01 ± 7E-02	7,7E-02 ± 3E-02	2,9E-01 ± 1E-01	2,6E+00 ± 4E-01	1,3E+01 ± 2E+00			
Ra-226	2,2E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 8E-01	1,1E+01 ± 1E+00	8,7E+00 ± 5E-01	5,0E+00 ± 8E-01	1,0E+02 ± 3E+00	5,2E+02 ± 1E+01			
Pb-210	6,4E-02 ± 4E-02	5,8E-02 ± 3E-02	2,9E-02 ± 2E-02	3,9E-02 ± 4E-02 ‡	2,6E+00 ± 2E-01	6,4E-01 ± 1E-01	3,2E+00 ± 6E-01			
Th-230	2,3E-01 ± 3E-02	1,1E-01 ± 2E-02	6,9E-02 ± 1E-02	4,5E-02 ± 9E-03	1,1E-01 ± 3E-02	1,8E-02 ± 2E-02 ‡	1,1E+00 ± 8E-02	5,7E+00 ± 4E-01		
Th-228	1,3E+00 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 1E-01	7,1E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 3E-01 ‡	7,1E+00 ± 7E-01	3,5E+01 ± 3E+00		
K-40	1,0E+02 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00	5,2E+02 ± 9E+00	2,6E+03 ± 4E+01		
Bc-7										
I-131										
Cs-134										
Cs-137	5,6E-02 ± 2E-02	1,7E-02 ± 1E-02	2,7E-02 ± 1E-02	6,3E-03 ± 2E-02 ‡	2,3E-01 ± 5E-02	1,2E+00 ± 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.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Ljubljana IJS									
Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						Polletna vsota	Polletni used	
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019			
Kol. vzorca (g)	14,7	18,0	21,5	10,6	14,6	15,4			
Padavine (mm)***	66,1	97,5	47,9	89,2	238,6	46,4			
Oznaka vzorca	L19PV111	L19PV121	L19PV131	L19PV141	L19PV151	L19PV161			
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
Na-22		2,0E+00 ± 2E+00 ‡		1,5E-01 ± 5E-01 ‡	9,7E-02 ± 4E-01 ‡	6,2E-01 ± 4E-01	2,8E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 1E+01	
U-238									
Ra-226	4,3E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 7E-02	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	5,3E-01 ± 4E-01 ‡	6,1E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 6E-01	9,7E+00 ± 3E+00	
Pb-210	4,4E+00 ± 6E-01	3,8E+00 ± 5E-01	5,0E+00 ± 5E-01	1,7E+01 ± 1E+00	5,3E-01 †	5,2E+00 ± 6E-01	3,6E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 9E+00	x
Ra-228	2,3E-02 ± 5E-02 ‡	1,2E-01 ± 9E-02	6,7E-02 ± 1E-01 ‡			1,8E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 1E+00	
Th-230	5,2E+00 ± 3E+00						5,2E+00 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+01	
Th-228	4,9E-02 ± 2E-02	5,2E-02 ± 4E-02 ‡					3,9E-01 ± 8E-02	2,0E+00 ± 4E-01	
K-40		8,6E-01 ± 4E-01					8,1E-01 ± 4E-01	9,7E+00 ± 3E+00	
Bc-7	2,3E+01 ± 1E+00	7,3E+00 ± 4E-01	3,5E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 5E+00	1,8E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,4E+02 ± 6E+00	1,2E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137		5,6E-02 ± 2E-02	1,3E-03 ± 1E-02 ‡	6,2E-02 ± 3E-02			1,2E-01 ± 4E-02	5,9E-01 ± 2E-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.

(†) 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 2019 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Ljubljana IJS									
Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						Letna vsota	Letni used	
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019			
Kol. vzorca (g)	15,4	13,3	8,6	12,9	13,8	19,4			
Padavine (mm)***	121,2	112,4	145,0	76,0	188,2	129,8			
Oznaka vzorca	L19PV171	L19PV181	L19PV191	L19PV1A1	L19PV1B1	L19PV1C1			
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)									
Na-22		2,0E+00 ± 9E-01	2,0E-01 ± 3E-01 ‡		6,2E-01 ± 4E-01		6,2E+00 ± 3E+00	3,1E+01 ± 1E+01	
U-238	5,6E-01 ± 4E-01								
Ra-226	2,4E-01 ± 1E-01	6,1E-02 ± 2E-01 ‡		7,5E-01 ± 2E-01			3,0E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 3E+00	
Pb-210	9,4E+00 ± 7E-01	6,6E+00 ± 6E-01	8,3E+00 ± 6E-01	9,1E+00 ± 1E+00	7,7E+00 ± 7E-01	4,7E+00 ± 1E+00	8,1E+01 ± 3E+00	4,1E+02 ± 1E+01	x
Ra-228		2,2E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 9E-02 ‡		4,6E-02 ± 1E-01 ‡		7,6E-01 ± 3E-01	3,8E+00 ± 1E+00	
Th-230							5,2E+00 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+01	
Th-228	1,0E-01 ± 4E-02	6,2E-02 ± 5E-02	6,4E-02 ± 3E-02	2,2E-02 ± 6E-02 ‡	8,9E-02 ± 4E-02	2,7E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	5,0E+00 ± 9E-01	
K-40	3,9E-01 ± 4E-01 ‡	3,2E-01 ± 5E-01 ‡	4,7E-01 ± 3E-01		1,7E-01 ± 2E-01 ‡		3,3E+00 ± 1E+00	1,6E+01 ± 5E+00	
Bc-7	4,1E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	5,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	4,4E+02 ± 7E+00	2,2E+03 ± 4E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	5,2E-02 ± 3E-02				1,3E-03 ± 1E-02 ‡		1,7E-01 ± 5E-02	8,6E-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.

(†) 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.

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2019 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2019



Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomski, 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 K_A (Bq/m ³)													
od	do	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA
27. 12. 2018	16. 1. 2019	1612,4	< 2E-05	1752,2	< 3E-05	1645,8	< 3E-05	1526,2	< 2E-05	1366,1	< 1E-05	1502,2	< 9E-05	1657,9	< 3E-05
16. 1. 2019	4. 2. 2019	1522,2	< 5E-05	1478,7	< 4E-05	1598,2	< 6E-05	1406,5	< 2E-05	1707,8	< 6E-05	1407,9	< 5E-05	1603,5	< 3E-05
4. 2. 2019	18. 2. 2019	1020,9	< 4E-05	1233,7	< 3E-05	1195,5	< 2E-05	1098,6	< 5E-05	1142,8	< 5E-05	1069,6	< 5E-05	1168,1	< 3E-05
18. 2. 2019	4. 3. 2019	1037,1	< 4E-05	1280,9	< 2E-05	1180,8	< 2E-05	1075,8	< 1E-05	1234,7	< 6E-05	981,5	< 2E-05	1057,3	< 3E-05
4. 3. 2019	18. 3. 2019	1076,5	< 6E-05	1287,0	< 3E-05	1187,5	< 4E-05	1099,8	< 3E-05	1266,3	< 3E-05	986,6	< 6E-05	1156,7	< 3E-05
18. 3. 2019	1. 4. 2019	1046,2	< 5E-05	1287,2	< 5E-05	1157,1	< 4E-05	1078,2	< 3E-05	1185,1	< 3E-05	1019,1	< 6E-05	1152,0	< 4E-05
1. 4. 2019	16. 4. 2019	1163,1	< 2E-05	1307,5	< 3E-05	1324,4	< 3E-05	1138,7	< 4E-05	1370,3	< 3E-05	1060,5	< 4E-05	1247,6	< 3E-05
16. 4. 2019	6. 5. 2019	1521,6	< 2E-05	1713,1	< 2E-05	1675,9	< 3E-05	1550,4	< 9E-05	1839,0	< 7E-05	1402,2	< 3E-05	1625,1	< 5E-05
6. 5. 2019	16. 5. 2019	807,3	< 4E-05	921,8	< 3E-05	883,2	< 5E-05	767,9	< 6E-05	876,7	< 4E-05	743,0	< 1E-04	883,1	< 5E-05
16. 5. 2019	3. 6. 2019	1397,3	< 5E-05	1669,2	< 3E-05	1594,6	< 2E-05	1356,8	< 4E-05	1560,9	< 4E-05	1284,7	< 5E-05	1486,3	< 1E-05
3. 6. 2019	17. 6. 2019	1067,9	< 4E-05	1290,4	< 2E-05	1236,6	< 2E-05	1073,8	< 2E-05	1279,9	< 3E-05	1021,1	< 1E-04	1163,0	< 4E-05
17. 6. 2019	1. 7. 2019	1132,4	< 3E-05	1313,9	< 4E-05	1245,6	< 6E-05	1096,3	< 2E-05	1203,6	< 2E-05	1025,3	< 2E-05	1245,3	< 5E-05
1. 7. 2019	16. 7. 2019	1154,3	< 9E-05	1423,8	< 3E-05	1336,2	< 2E-05	1218,8	< 3E-05	1433,6	< 2E-05	1133,2	< 5E-05	1325,1	< 3E-05
16. 7. 2019	1. 8. 2019	1301,6	< 2E-05	1543,9	< 5E-05	1447,8	< 3E-05	1282,5	< 3E-05	1540,0	< 2E-05	170,5	< 3E-04	1388,6	< 4E-05
1. 8. 2019	19. 8. 2019	1420,7	< 3E-05	1704,4	< 3E-05	1618,0	< 2E-05	1319,1	< 5E-05	1593,0	< 2E-05	1372,7	< 3E-05	1591,4	< 1E-05
19. 8. 2019	2. 9. 2019	1118,1	< 2E-05	1330,0	< 5E-05	1275,4	< 3E-05	1116,0	< 3E-05	1333,8	< 3E-05	1107,2	< 5E-05	1232,0	< 3E-05
2. 9. 2019	16. 9. 2019	1103,2	< 3E-05	1304,1	< 1E-04	1242,6	< 3E-05	1148,8	< 3E-05	1296,5	< 6E-05	1070,3	< 8E-05	1216,3	< 2E-05
16. 9. 2019	1. 10. 2019	1174,9	< 6E-05	1399,3	< 9E-05	1344,0	< 3E-05	1090,8	< 4E-05	1368,4	< 4E-05	1183,7	< 5E-05	1292,5	< 5E-05
1. 10. 2019	16. 10. 2019	1179,7	< 3E-05	1433,0	< 2E-05	1296,5	< 5E-05	836,8	< 3E-05	1453,2	< 2E-05	1197,1	< 2E-05	1256,8	< 1E-05
16. 10. 2019	4. 11. 2019	1422,4	< 3E-05	1731,7	< 3E-05	1796,8	< 1E-05	1549,0	< 2E-05	1765,8	< 7E-05	1485,8	< 5E-05	1720,8	< 1E-05
4. 11. 2019	18. 11. 2019	1162,3	< 3E-05	1347,1	< 2E-05	1216,8	< 3E-05	1182,4	< 4E-05	1378,7	< 6E-05	1037,8	< 1E-04	1268,5	< 2E-05
18. 11. 2019	2. 12. 2019	1081,1	< 2E-05	1321,7	< 3E-05	1288,2	< 4E-05	1129,1	< 2E-05	1336,9	< 4E-05	1102,1	< 2E-05	1274,0	< 2E-05
2. 12. 2019	16. 12. 2019	1175,1	< 2E-05	1307,2	< 3E-05	1188,8	< 2E-05	1126,6	< 3E-05	1279,1	< 2E-05	1068,5	< 3E-05		
16. 12. 2019	30. 12. 2019	1129,1	< 4E-05	1327,7	< 3E-05	1271,5	< 8E-06	1070,5	< 2E-05	1172,5	< 3E-05	1082,8	< 2E-05	1139,9	< 3E-05

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2019 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzroč. mesto	Spodnji Stari Grad							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Datum vzor.	15331,85	10947,72	10701,26	13398,24	10624,59	10456,88		
Kol. vzorca (m ³)	K19AE11S	K19AE12S	K19AE13S	K19AE14S	K19AE15S	K19AE16S		
Ozuala vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	9,3E-07 ± 5E-06 ‡	1,3E-05 ± 1E-05	7,7E-06 ± 2E-05 ‡	8,8E-06 ± 3E-05 ‡	1,7E-05 ± 9E-06	1,0E-05 ± 7E-06	
U-238					1,9E-05 ± 4E-05 ‡		3,2E-06 ± 7E-06	
Ra-226								
Pb-210	4,2E-04 ± 3E-05	4,6E-04 ± 3E-05	2,0E-04 ± 2E-05	2,9E-04 ± 2E-05	3,3E-04 ± 3E-05 ‡	4,7E-04 ± 3E-05	3,6E-04 ± 1E-05	
Ra-228	4,0E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 3E-06	4,0E-06 ± 2E-06	1,8E-06 ± 3E-06 ‡	7,3E-06 ± 3E-06	5,0E-06 ± 1E-06	
Th-230				1,3E-05 ± 1E-04 ‡			2,2E-06 ± 2E-05	
Th-228	5,4E-06 ± 2E-06	8,8E-06 ± 1E-06	7,1E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 2E-06	1,1E-05 ± 3E-06	9,6E-06 ± 2E-06	8,2E-06 ± 8E-07	
K-40								
Be-7	1,4E-03 ± 6E-05	2,8E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 6E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,9E-07 ± 6E-07 ‡	1,4E-07 ± 4E-07 ‡	1,5E-06 ± 2E-06 ‡	5,3E-07 ± 6E-07 ‡	8,3E-08 ± 4E-07 ‡	1,5E-07 ± 3E-07 ‡	4,5E-07 ± 4E-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).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzroč. mesto	Spodnji Stari Grad							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		
Datum vzor.	11613,74	12025,70	11097,26	12844,57	10709,23	10686,65		
Kol. vzorca (m ³)	K19AE17S	K19AE18S	K19AE19S	K19AE1AS	K19AE1BS	K19AE1CS		
Ozuala vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	9,2E-06 ± 2E-05 ‡	8,9E-06 ± 1E-05 ‡		6,2E-06 ± 3E-05 ‡	5,0E-07 ± 1E-05 ‡		7,1E-06 ± 5E-06	
U-238				3,4E-05 ± 4E-05 ‡			4,4E-06 ± 5E-06	
Ra-226								
Pb-210	3,9E-04 ± 2E-05	5,9E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 2E-05	7,2E-04 ± 5E-05	4,9E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 9E-06	
Ra-228	7,8E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 4E-06	1,5E-05 ± 4E-06	4,3E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 2E-06	5,6E-06 ± 2E-06	6,5E-06 ± 8E-07	
Th-230			1,7E-05 ± 8E-05 ‡				2,5E-06 ± 1E-05	
Th-228	6,9E-06 ± 2E-06	9,2E-06 ± 3E-06	7,9E-06 ± 3E-06	1,3E-05 ± 2E-06	7,9E-06 ± 3E-06	9,3E-06 ± 1E-06	8,6E-06 ± 6E-07	
K-40								
Be-7	3,2E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	1,1E-03 ± 5E-05	1,9E-03 ± 9E-05	2,6E-03 ± 4E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E-07 ± 4E-07 ‡	2,4E-07 ± 5E-07 ‡	2,2E-07 ± 5E-07 ‡		3,0E-08 ± 2E-07 ‡	1,5E-08 ± 3E-07 ‡	2,8E-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).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	14698,30	10950,85	10901,10	13105,04	9729,23	5463,68	
Oznaka vzorca	K19AE21S	K19AE22S	K19AE23S	K19AE24S	K19AE25S	K19AE26S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	7,6E-06 ± 1E-05 ‡	3,2E-05 ± 3E-05 ‡	3,2E-05 ± 1E-05	8,6E-06 ± 1E-05 ‡	5,6E-06 ± 1E-05 ‡	4,9E-06 ± 2E-06	8,2E-07 ± 3E-07
U-238						5,1E-06 ± 1E-05 ‡	1,5E-05 ± 7E-06
Ra-226							
Pb-210	9,9E-04 ± 4E-05	7,1E-04 ± 1E-04	6,8E-04 ± 5E-05	5,3E-04 ± 5E-05	4,8E-04 ± 3E-05	1,7E-03 ± 9E-05	8,5E-04 ± 3E-05
Ra-228	6,9E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 6E-06	8,2E-06 ± 2E-06	8,1E-06 ± 3E-06	5,0E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 4E-06	8,5E-06 ± 1E-06
Th-230						2,3E-05 ± 9E-05 ‡	3,8E-06 ± 2E-05
Th-228	3,3E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 2E-06	4,7E-06 ± 1E-06	5,9E-06 ± 3E-06	1,5E-05 ± 2E-06	8,1E-06 ± 9E-07
K-40							
Be-7	2,5E-03 ± 1E-04	5,8E-03 ± 2E-04	6,6E-03 ± 3E-04	6,2E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 2E-04	1,7E-02 ± 6E-04	7,1E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,7E-06 ± 2E-06	1,3E-06 ± 1E-06 ‡		1,1E-06 ± 2E-06 ‡	3,0E-07 ± 6E-07 ‡	1,2E-06 ± 2E-06 ‡	1,3E-06 ± 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).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	3651,11	324,31	7310,31	16383,32	13410,20	13389,57	
Oznaka vzorca	K19AE27S	K19AE28S	K19AE29S	K19AE2AS	K19AE2BS	K19AE2CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							4,1E-07 ± 2E-07
U-238	6,0E-05 ± 3E-05	1,7E-04 ± 3E-04 ‡	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	4,0E-06 ± 4E-06 ‡	2,0E-06 ± 4E-06 ‡	7,8E-06 ± 9E-06 ‡	2,9E-05 ± 3E-05
Ra-226	1,6E-05 ± 7E-05 ‡						1,3E-06 ± 6E-06
Pb-210	2,1E-03 ± 2E-04	4,4E-02 ± 2E-03	1,3E-03 ± 7E-05	8,5E-04 ± 5E-05	5,8E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 3E-05	4,5E-03 ± 2E-04
Ra-228	3,6E-05 ± 1E-05	2,1E-04 ± 2E-04	1,2E-05 ± 4E-06	2,3E-06 ± 2E-06 ‡	4,9E-06 ± 1E-06	6,6E-06 ± 2E-06	2,7E-05 ± 1E-05
Th-230						1,8E-05 ± 2E-05 ‡	3,4E-06 ± 8E-06
Th-228	1,6E-05 ± 6E-06	3,0E-04 ± 4E-05	1,3E-05 ± 2E-06	4,6E-06 ± 1E-06	4,9E-06 ± 1E-06	5,0E-06 ± 1E-06	3,2E-05 ± 4E-06
K-40							
Be-7	2,2E-02 ± 9E-04	2,3E-01 ± 2E-02	7,5E-03 ± 5E-04	3,8E-03 ± 2E-04	1,5E-03 ± 1E-04	2,5E-03 ± 1E-04	2,6E-02 ± 1E-03
I-131							
Cs-134							
Cs-137		4,2E-06 ± 1E-05 ‡	2,2E-07 ± 5E-07 ‡		2,7E-07 ± 4E-07 ‡	1,8E-06 ± 7E-07	1,2E-06 ± 1E-06
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 2019 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	15050,74	11088,82	10671,19	13137,78	9946,56	9940,71	
Oznaka vzorca	K19AE31S	K19AE32S	K19AE33S	K19AE34S	K19AE35S	K19AE36S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22			3,7E-07 ± 2E-06 ‡				6,1E-08 ± 3E-07
U-238	8,4E-06 ± 6E-06	2,0E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 1E-05	1,5E-05 ± 1E-05	8,2E-06 ± 9E-06 ‡	6,8E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226						1,2E-05 ± 3E-05 ‡	2,0E-06 ± 5E-06
Pb-210	9,2E-04 ± 5E-05	8,9E-04 ± 5E-05	4,4E-04 ± 2E-05	5,6E-04 ± 3E-05	3,8E-04 ± 3E-05	1,1E-03 ± 1E-04	7,2E-04 ± 2E-05
Ra-228	4,7E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 4E-06	1,3E-05 ± 3E-06	6,0E-06 ± 3E-06	3,1E-06 ± 4E-06 ‡	9,5E-06 ± 3E-06	7,3E-06 ± 1E-06
Th-230			8,5E-06 ± 7E-05 ‡	9,9E-06 ± 9E-05 ‡			3,1E-06 ± 2E-05
Th-228	5,0E-06 ± 1E-06	6,5E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 1E-06	7,8E-06 ± 2E-06	9,3E-06 ± 3E-06	6,7E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	2,5E-03 ± 2E-04	5,6E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 2E-04	6,0E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 4E-04	1,0E-02 ± 1E-03	5,6E-03 ± 2E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,2E-06 ± 5E-07	2,9E-06 ± 9E-07	1,3E-06 ± 6E-07	6,9E-08 ± 5E-07 ‡	2,0E-06 ± 3E-06 ‡	8,4E-08 ± 4E-07 ‡	1,4E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	7849,69	4078,73	6598,87	16207,91	13159,97	13120,91	
Oznaka vzorca	K19AE37S	K19AE38S	K19AE39S	K19AE3AS	K19AE3BS	K19AE3CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							3,1E-08 ± 1E-07
U-238	7,0E-05 ± 9E-05 ‡	2,0E-05 ± 2E-05 ‡		3,6E-06 ± 9E-06 ‡	2,2E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 9E-06	9,9E-06 ± 3E-06
Ra-226							6,9E-06 ± 8E-06
Pb-210	1,6E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	8,8E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 3E-05	1,1E-03 ± 2E-05
Ra-228	5,6E-06 ± 4E-06	2,9E-05 ± 9E-06	1,6E-05 ± 6E-06	3,9E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 1E-06
Th-230							1,5E-06 ± 9E-06
Th-228	1,6E-05 ± 3E-06	2,5E-05 ± 5E-06	1,8E-05 ± 3E-06	4,2E-06 ± 1E-06	2,5E-06 ± 2E-06	5,3E-06 ± 1E-06	9,3E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	1,2E-02 ± 5E-04	1,8E-02 ± 8E-04	1,1E-02 ± 5E-04	4,0E-03 ± 2E-04	1,5E-03 ± 8E-05	2,6E-03 ± 1E-04	6,8E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-07 ± 7E-07 ‡	3,2E-06 ± 4E-06 ‡	1,2E-07 ± 7E-07 ‡	4,9E-07 ± 5E-07 ‡	2,5E-07 ± 4E-07 ‡	2,3E-06 ± 4E-07	1,3E-06 ± 4E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Breg						
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	14028,42	9918,92	9912,20	12277,74	9720,42	9663,15	
Oznaka vzorca	K19AE41S	K19AE42S	K19AE43S	K19AE44S	K19AE45S	K19AE46S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	8,5E-07 ± 9E-07 ‡	7,9E-06 ± 2E-05 ‡	1,1E-05 ± 1E-05 ‡	1,7E-05 ± 8E-06	1,5E-05 ± 1E-05	1,1E-05 ± 1E-05 ‡	1,4E-07 ± 1E-07
U-238	7,4E-06 ± 5E-06						1,2E-05 ± 5E-06
Ra-226							5,7E-07 ± 5E-06
Pb-210	8,4E-04 ± 1E-04	8,3E-04 ± 5E-05	3,6E-04 ± 3E-05	3,4E-04 ± 3E-05	3,7E-04 ± 2E-05	6,9E-04 ± 4E-05	5,7E-04 ± 2E-05
Ra-228	5,9E-06 ± 2E-06	9,2E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 2E-06	1,7E-06 ± 3E-06 ‡	6,2E-06 ± 4E-06	8,0E-06 ± 4E-06	7,1E-06 ± 1E-06
Th-230	2,9E-05 ± 3E-05 ‡						4,8E-06 ± 6E-06
Th-228	5,9E-06 ± 8E-07	4,3E-06 ± 3E-06	8,6E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 2E-06	9,1E-06 ± 2E-06	7,1E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,2E-03 ± 7E-05	4,4E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 1E-04	6,7E-03 ± 3E-04	4,2E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,1E-06 ± 7E-07	2,5E-07 ± 6E-07 ‡		9,2E-07 ± 2E-06 ‡	2,0E-07 ± 4E-07 ‡	2,0E-07 ± 5E-07 ‡	6,0E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Breg						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	10617,68	11176,37	10132,17	10362,54	9630,30	9632,63	
Oznaka vzorca	K19AE47S	K19AE48S	K19AE49S	K19AE4AS	K19AE4BS	K19AE4CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							7,1E-08 ± 7E-08
U-238	2,2E-05 ± 2E-05 ‡	1,0E-04 ± 7E-05	2,8E-05 ± 2E-05	7,7E-06 ± 2E-05 ‡	2,1E-05 ± 1E-05	4,8E-05 ± 6E-05 ‡	2,1E-05 ± 7E-06
Ra-226			8,4E-08 ± 3E-05 ‡	5,6E-05 ± 6E-05 ‡	1,3E-05 ± 4E-05 ‡		1,0E-05 ± 8E-06
Pb-210	5,7E-04 ± 3E-05	7,5E-04 ± 5E-05	4,8E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 5E-05	4,6E-04 ± 4E-05	2,9E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 1E-05
Ra-228	6,6E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 4E-06	6,3E-06 ± 6E-06 ‡	4,0E-06 ± 4E-06 ‡	2,5E-06 ± 4E-06 ‡	8,8E-06 ± 4E-06	6,5E-06 ± 1E-06
Th-230							2,4E-06 ± 3E-06
Th-228	7,3E-06 ± 2E-06	8,6E-06 ± 2E-06	8,6E-06 ± 2E-06	9,9E-06 ± 3E-06	1,0E-05 ± 3E-06	1,1E-05 ± 3E-06	8,2E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	4,9E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 3E-04	2,9E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	1,2E-03 ± 7E-05	1,5E-03 ± 6E-05	3,6E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,2E-07 ± 5E-07 ‡	1,7E-06 ± 2E-06 ‡	2,4E-07 ± 5E-07 ‡		7,9E-08 ± 5E-07 ‡	2,3E-06 ± 3E-06 ‡	6,7E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzrč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	14567,75	10355,62	10392,00	13716,20	11010,79	10464,15	
Oznaka vzorca	K19AE51S	K19AE52S	K19AE53S	K19AE54S	K19AE55S	K19AE56S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	1,4E-05 ± 6E-06	1,2E-05 ± 2E-05 ‡	8,6E-06 ± 7E-06	1,5E-06 ± 9E-07	1,2E-05 ± 8E-06	1,9E-05 ± 7E-06	2,5E-07 ± 1E-07
U-238			2,4E-05 ± 4E-05 ‡	1,5E-05 ± 1E-05 ‡			1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226							4,0E-06 ± 6E-06
Pb-210	7,5E-04 ± 6E-05	8,3E-04 ± 4E-05	2,1E-04 ± 1E-04	4,7E-04 ± 3E-05	2,9E-04 ± 3E-05	7,1E-04 ± 4E-05	5,4E-04 ± 3E-05
Ra-228	8,2E-06 ± 3E-06	1,5E-05 ± 4E-06	3,9E-05 ± 4E-06	4,3E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 4E-06	8,1E-06 ± 3E-06	1,3E-05 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	4,3E-06 ± 1E-06	4,7E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 6E-06	2,9E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 1E-06	5,5E-06 ± 1E-06
K-40			4,7E-04 ± 1E-04	4,6E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 2E-04	6,6E-03 ± 4E-04	7,9E-05 ± 2E-05
Be-7	2,1E-03 ± 9E-05	4,4E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 4E-04				4,1E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,6E-07 ± 9E-07 ‡	2,6E-07 ± 6E-07 ‡		8,6E-07 ± 7E-07	3,1E-07 ± 9E-07 ‡	8,0E-07 ± 1E-06 ‡	4,8E-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).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzrč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	12238,70	12705,55	11459,33	13600,95	11024,47	11132,23	
Oznaka vzorca	K19AE57S	K19AE58S	K19AE59S	K19AE5AS	K19AE5BS	K19AE5CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		7,0E-07 ± 6E-07 ‡					1,8E-07 ± 9E-08
U-238	1,1E-05 ± 5E-06	1,5E-05 ± 1E-05	3,9E-07 ± 1E-05 ‡	1,5E-05 ± 1E-05	8,0E-06 ± 1E-05 ‡	1,5E-05 ± 8E-06	1,2E-05 ± 3E-06
Ra-226							2,0E-06 ± 3E-06
Pb-210	6,4E-04 ± 5E-05	9,5E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 4E-05	7,9E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 3E-05	6,4E-04 ± 3E-05	6,3E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,5E-06 ± 3E-06	7,5E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 3E-06	5,1E-06 ± 2E-06	7,8E-06 ± 3E-06	7,5E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	7,2E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	8,3E-06 ± 2E-06	9,5E-06 ± 6E-06	6,5E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 8E-07
K-40							3,9E-05 ± 9E-06
Be-7	5,1E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 2E-04	1,4E-03 ± 5E-05	2,5E-03 ± 9E-05	3,8E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-07 ± 3E-07 ‡	1,5E-07 ± 3E-07 ‡	2,3E-07 ± 4E-07 ‡	1,1E-07 ± 3E-07 ‡		1,6E-06 ± 6E-07	4,3E-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).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Gornji Lenart							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (m ³)	18036,86	11711,44	10206,25	13969,96	11105,33	11015,37		
Oznaka vzorca	K19AE61S	K19AE62S	K19AE63S	K19AE64S	K19AE65S	K19AE66S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,4E-06 ± 9E-06 ‡	1,2E-05 ± 1E-05 ‡	2,2E-05 ± 1E-05	6,4E-06 ± 8E-06 ‡		1,1E-05 ± 6E-06	8,8E-06 ± 3E-06	
Ra-226		2,3E-05 ± 4E-05 ‡	2,5E-05 ± 5E-05 ‡				7,8E-06 ± 1E-05	
Pb-210	3,7E-04 ± 4E-05	4,3E-04 ± 4E-05	1,5E-04 ± 1E-05	1,8E-04 ± 3E-05	1,9E-04 ± 2E-05	3,0E-04 ± 2E-05	2,7E-04 ± 1E-05	
Ra-228	1,1E-06 ± 2E-06 ‡	6,2E-06 ± 3E-06	7,4E-06 ± 2E-06	7,3E-07 ± 3E-06 ‡	8,2E-06 ± 6E-06	6,6E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	2,3E-06 ± 1E-06	9,7E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 1E-06	9,1E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 1E-06	6,9E-06 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	7,9E-04 ± 4E-05	2,3E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 8E-05	1,9E-03 ± 8E-05	1,8E-03 ± 8E-05	2,9E-03 ± 2E-04	1,9E-03 ± 4E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-06 ± 7E-07	5,2E-08 ± 4E-07 ‡	9,5E-07 ± 1E-06 ‡	7,4E-07 ± 1E-06 ‡	4,3E-08 ± 3E-07 ‡	1,4E-07 ± 3E-07 ‡	5,2E-07 ± 4E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Gornji Lenart						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	
Kol. vzorca (m ³)	6602,76	12202,47	10922,09	12201,62	9994,81	9589,52	
Oznaka vzorca	K19AE67S	K19AE68S	K19AE69S	K19AE6AS	K19AE6BS	K19AE6CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	7,3E-06 ± 2E-05 ‡	4,0E-06 ± 8E-06 ‡	1,7E-05 ± 2E-05 ‡	3,1E-05 ± 8E-06	1,5E-05 ± 9E-06	7,5E-06 ± 9E-06 ‡	1,1E-05 ± 3E-06
Ra-226	3,5E-06 ± 5E-05 ‡		1,1E-05 ± 3E-05 ‡	1,9E-05 ± 4E-05 ‡			6,8E-06 ± 8E-06
Pb-210	2,4E-04 ± 2E-05	3,7E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 6E-05	4,2E-04 ± 2E-05	2,3E-04 ± 2E-05	2,7E-04 ± 2E-05	2,9E-04 ± 9E-06
Ra-228	2,9E-06 ± 6E-06 ‡	6,0E-06 ± 2E-06	4,7E-06 ± 5E-06 ‡	6,8E-06 ± 4E-06		7,5E-06 ± 5E-06	4,8E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	1,1E-05 ± 4E-06	7,3E-06 ± 2E-06	9,6E-06 ± 4E-06	9,1E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	7,1E-06 ± 3E-06	7,6E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 2E-04	1,8E-03 ± 6E-05	7,4E-04 ± 4E-05	1,3E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 3E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,7E-07 ± 8E-07 ‡	1,5E-06 ± 2E-06 ‡	4,0E-08 ± 4E-07 ‡	1,1E-06 ± 7E-07		7,2E-07 ± 9E-07 ‡	5,6E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Kol. vzorca (m ³)	13648,54	9842,65	9832,77	12379,89	9831,13	9857,25		
Oznaka vzorca	K19AE71S	K19AE72S	K19AE73S	K19AE74S	K19AE75S	K19AE76S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	2,1E-05 ± 1E-05	9,8E-06 ± 1E-05 ‡	4,3E-06 ± 7E-06 ‡		6,4E-06 ± 5E-06	4,2E-05 ± 3E-05	1,4E-05 ± 6E-06	
U-238		2,1E-07 ± 3E-05 ‡		2,1E-05 ± 4E-05 ‡		5,0E-05 ± 6E-05 ‡	1,2E-05 ± 1E-05	
Ra-226		6,8E-04 ± 4E-05	3,5E-04 ± 2E-05	6,6E-04 ± 3E-04	3,5E-04 ± 2E-05	1,0E-03 ± 7E-05	6,3E-04 ± 5E-05	
Pb-210	7,2E-04 ± 3E-05		5,0E-06 ± 3E-06	4,9E-06 ± 4E-06	9,4E-06 ± 2E-06	1,5E-05 ± 4E-06	7,9E-06 ± 1E-06	
Ra-228	7,3E-06 ± 3E-06	6,2E-06 ± 5E-06 ‡	3,3E-05 ± 6E-05 ‡				5,5E-06 ± 1E-05	
Th-230			6,3E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 2E-06	7,9E-06 ± 1E-06	1,2E-05 ± 3E-06	8,7E-06 ± 9E-07	
Th-228	5,0E-06 ± 2E-06	9,8E-06 ± 2E-06		8,9E-06 ± 8E-05 ‡			1,5E-06 ± 1E-05	
K-40			4,0E-03 ± 3E-04	6,0E-03 ± 3E-04	3,2E-03 ± 2E-04	8,3E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 1E-04	
Be-7	2,1E-03 ± 8E-05	4,5E-03 ± 2E-04						
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-07 ± 4E-07 ‡		1,8E-07 ± 4E-07 ‡	4,5E-07 ± 1E-06 ‡	1,0E-07 ± 3E-07 ‡	1,0E-07 ± 5E-07 ‡	1,6E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	
Kol. vzorca (m ³)	11197,40	11303,94	10336,76	12063,64	9887,10	4534,69	
Oznaka vzorca	K19AE77S	K19AE78S	K19AE79S	K19AE7AS	K19AE7BS	K19AE7CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22			1,6E-06 ± 2E-05 ‡	2,7E-05 ± 1E-05	2,9E-06 ± 6E-06 ‡	2,4E-06 ± 3E-05 ‡	9,7E-06 ± 4E-06
U-238			1,1E-04 ± 9E-05				2,4E-05 ± 1E-05
Ra-226	5,5E-05 ± 5E-05 ‡	4,3E-05 ± 5E-05 ‡	1,3E-03 ± 8E-05	7,0E-04 ± 3E-04	5,3E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 4E-05	6,8E-04 ± 4E-05
Pb-210	7,2E-04 ± 5E-05		7,6E-06 ± 3E-06	9,2E-06 ± 3E-06	2,0E-06 ± 2E-06 ‡	1,5E-05 ± 6E-06	7,6E-06 ± 1E-06
Ra-228	2,4E-06 ± 3E-06 ‡	8,4E-06 ± 3E-06					2,8E-06 ± 5E-06
Th-230			1,1E-05 ± 1E-06	1,1E-05 ± 2E-06	4,9E-06 ± 1E-06	8,1E-06 ± 5E-06	9,3E-06 ± 7E-07
Th-228	1,3E-05 ± 2E-06	1,1E-05 ± 2E-06					7,4E-07 ± 7E-06
K-40			4,3E-03 ± 5E-04	3,7E-03 ± 2E-04	1,4E-03 ± 5E-05	2,3E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 7E-05
Be-7	5,0E-03 ± 2E-04	6,3E-03 ± 3E-04					
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,5E-08 ± 4E-07 ‡	5,1E-08 ± 5E-07 ‡	6,9E-08 ± 5E-07 ‡		2,3E-07 ± 3E-07 ‡	4,7E-07 ± 8E-07 ‡	1,5E-07 ± 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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019		
Datum vzor.	144156,1	118165,8	127493,4	166577,2	135320,7	124068,8		
Kol. vzorca (m ³)								
Oznaka vzorca	K19AE811	K19AE821	K19AE831	K19AE841	K19AE851	K19AE861		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22			3,4E-07 ± 3E-07 ‡	7,6E-07 ± 3E-07	7,5E-07 ± 2E-07	1,0E-06 ± 4E-07	4,8E-07 ± 1E-07	
U-238					1,4E-06 ± 2E-06 ‡	5,2E-06 ± 8E-06 ‡	1,1E-06 ± 1E-06	
Ra-226		2,4E-06 ± 3E-05 ‡				8,1E-07 ± 2E-05 ‡	5,4E-07 ± 6E-06	
Pb-210	1,4E-03 ± 1E-04	1,1E-03 ± 7E-05	5,1E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 2E-05	3,7E-04 ± 2E-05	1,1E-03 ± 6E-05	8,3E-04 ± 2E-05	
Ra-228			2,1E-07 ± 7E-07 ‡	3,8E-07 ± 8E-07 ‡	4,2E-07 ± 1E-06 ‡	9,6E-07 ± 1E-06 ‡	3,3E-07 ± 3E-07	
Th-230		8,1E-05 ± 7E-05 ‡					1,3E-05 ± 1E-05	
Th-228	1,4E-06 ± 6E-07	2,6E-06 ± 8E-07	1,6E-06 ± 1E-06 ‡	1,9E-06 ± 5E-07	2,1E-06 ± 4E-07	3,6E-06 ± 7E-07	2,2E-06 ± 3E-07	
K-40								
Be-7	3,1E-03 ± 1E-04	6,0E-03 ± 3E-04	5,8E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 3E-04	3,9E-03 ± 3E-04	1,0E-02 ± 4E-04	5,7E-03 ± 1E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,1E-06 ± 4E-07	2,1E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 2E-07	9,6E-07 ± 2E-07	5,0E-07 ± 2E-07	6,0E-07 ± 3E-07	1,4E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019		
Datum vzor.	136204,8	146326,3	134384,4	153709,7	122327,7	119488,9		
Kol. vzorca (m ³)								
Oznaka vzorca	K19AE871	K19AE881	K19AE891	K19AE8A1	K19AE8B1	K19AE8C1		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	9,9E-07 ± 3E-07	3,6E-07 ± 2E-07					3,5E-07 ± 6E-08	
U-238	1,6E-06 ± 2E-06 ‡	6,4E-06 ± 4E-06					2,0E-06 ± 9E-07	
Ra-226							2,7E-07 ± 3E-06	
Pb-210	6,6E-04 ± 3E-05	9,5E-04 ± 4E-05	9,9E-04 ± 5E-05	1,4E-03 ± 8E-05	5,0E-04 ± 2E-05	6,3E-04 ± 3E-05	8,4E-04 ± 2E-05	
Ra-228	3,5E-08 ± 8E-07 ‡	6,0E-07 ± 9E-07 ‡	1,7E-06 ± 8E-07	1,6E-07 ± 7E-07 ‡	9,8E-07 ± 9E-07 ‡		4,5E-07 ± 2E-07	
Th-230							6,7E-06 ± 6E-06	
Th-228	2,0E-06 ± 4E-07	1,8E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 6E-07	3,1E-06 ± 6E-07	2,8E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 6E-07	2,3E-06 ± 2E-07	
K-40								
Be-7	6,3E-03 ± 4E-04	5,6E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 2E-04	5,8E-03 ± 2E-04	1,7E-03 ± 6E-05	2,8E-03 ± 1E-04	5,2E-03 ± 7E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,9E-07 ± 1E-07	7,3E-08 ± 2E-07 ‡	5,2E-09 ± 5E-08 ‡	5,7E-07 ± 3E-07	1,3E-06 ± 3E-07	2,1E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 7E-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 2019 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
 "Jožef Stefan"
 Ljubljana
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 1. 7. 2019	1. 7. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 30. 12. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	389815,3	425966,7	416915,5	395526,3	
Oznaka vzorca	K19AE8D1	K19AE8E1	K19AE8F1	K19AE8G1	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (B q/m ³)				
Sr-89/Sr-90	2,8E-07 †	1,5E-07 †	7,5E-08 †	9,2E-08 †	1,5E-07 ± 5E-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 2019 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2018 - 4. 2. 2019	4. 2. 2019 - 4. 3. 2019	4. 3. 2019 - 1. 4. 2019	1. 4. 2019 - 6. 5. 2019	6. 5. 2019 - 3. 6. 2019	3. 6. 2019 - 1. 7. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m ³)	119251,6	107102,2	227237,2	150126,3	125006,0	122046,9	
Oznaka vzorca	RP19AE111	RP19AE121	RP19AE131	RP19AE141	RP19AE151	RP19AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		6,5E-07 ± 2E-07			2,0E-07 ± 3E-07 ‡		1,4E-07 ± 6E-08
U-238		1,3E-06 ± 9E-06 ‡					3,1E-06 ± 2E-06
Ra-226							
Pb-210	1,6E-03 ± 9E-05	1,3E-03 ± 9E-05	3,1E-04 ± 2E-05	5,2E-04 ± 2E-05	5,8E-04 ± 4E-05	8,1E-04 ± 3E-05	8,6E-04 ± 2E-05
Ra-228				6,7E-08 ± 8E-07 ‡		2,5E-06 ± 1E-06	4,3E-07 ± 2E-07
Th-230							
Th-228	1,3E-06 ± 7E-07	3,4E-06 ± 6E-07	1,2E-06 ± 3E-07	2,2E-06 ± 4E-07	3,8E-06 ± 6E-07	2,8E-06 ± 6E-07	2,5E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	3,2E-03 ± 1E-04	6,8E-03 ± 3E-04	3,0E-03 ± 1E-04	5,3E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	7,8E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,5E-06 ± 5E-07	3,6E-06 ± 2E-07	6,6E-07 ± 9E-08	1,6E-06 ± 2E-07	3,1E-07 ± 3E-07 ‡	4,9E-07 ± 2E-07	1,9E-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).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2019 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2019 - 1. 8. 2019	1. 8. 2019 - 2. 9. 2019	2. 9. 2019 - 1. 10. 2019	1. 10. 2019 - 4. 11. 2019	4. 11. 2019 - 2. 12. 2019	2. 12. 2019 - 30. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m ³)	135038,5	138747,2	121758,6	144289,2	116560,1	103604,6	
Oznaka vzorca	RP19AE171	RP19AE181	RP19AE191	RP19AE1A1	RP19AE1B1	RP19AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	9,4E-07 ± 3E-07	6,3E-07 ± 4E-07	2,2E-07 ± 1E-07				2,2E-07 ± 5E-08
U-238	2,4E-06 ± 3E-06 ‡	2,1E-06 ± 3E-06 ‡			2,7E-06 ± 5E-06 ‡	3,6E-07 ± 4E-06 ‡	2,2E-06 ± 1E-06
Ra-226				7,0E-06 ± 2E-05 ‡			5,8E-07 ± 2E-06
Pb-210	7,1E-04 ± 3E-05	1,0E-03 ± 6E-05	7,4E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 7E-05	5,3E-04 ± 2E-05	8,6E-04 ± 2E-04	8,6E-04 ± 2E-05
Ra-228		5,8E-07 ± 7E-07 ‡		1,5E-07 ± 1E-06 ‡	1,9E-07 ± 1E-06 ‡	6,9E-07 ± 9E-07 ‡	3,5E-07 ± 2E-07
Th-230		2,2E-05 ± 1E-05					1,8E-06 ± 9E-07
Th-228	2,7E-06 ± 6E-07	2,4E-06 ± 4E-07	1,5E-06 ± 4E-07	2,9E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 5E-07	3,2E-06 ± 6E-07	2,5E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	6,4E-03 ± 2E-04	6,1E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 2E-04	1,8E-03 ± 7E-05	3,9E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,2E-07 ± 2E-07	4,2E-07 ± 9E-08	4,1E-07 ± 2E-07	6,1E-07 ± 2E-07	1,7E-06 ± 4E-07	2,9E-06 ± 2E-07	1,5E-06 ± 7E-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.

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"	vratarica
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 2019 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja $H^*(10)$ (mSv) v posameznih obdobjih v letu 2019																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019		Letna doza	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019		Letna doza	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019		Letna doza	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019		Letna doza	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019		Letna doza						
	do 1. 1. 2020			do 1. 1. 2020			do 1. 1. 2020			do 1. 1. 2020											
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.			št.											
N 1				60	0,327	0,337	0,664	1	0,370	0,363	0,733	2	0,444	0,453	0,897	0,380	0,384	0,764			
NNE 2	67	0,290	0,306	0,596	3	0,391	0,392	0,783	5	0,384	0,377	0,761	6	0,337	0,391	0,728	0,407	0,429	0,836		
					4	0,517	0,555	1,072													
NE 3	55	0,306	0,327	0,633					61	0,468	0,512	0,980	7	0,407	0,410	0,817	0,415	0,434	0,849		
									8	0,371	0,381	0,752									
ENE 4					9	0,365	0,399	0,764	62	0,479	0,502	0,981	10	0,457	0,472	0,929	0,436	0,457	0,893		
									11	0,442	0,455	0,897									
E 5					12	0,353	0,409	0,762	13	0,376	0,406	0,782	15	0,393	0,422	0,814	0,374	0,417	0,790		
									14	0,373	0,431	0,804									
ESE 6	51	0,277	0,280	0,557	16	0,330	0,366	0,696	63	0,384	0,400	0,784	17	0,320	0,361	0,681	0,370	0,395	0,766		
													18	0,399	0,408	0,807					
SE 7									59	0,366	0,377	0,743	19	0,418	0,442	0,860					
									20	0,425	0,449	0,874	21	0,361	0,395	0,756	0,384	0,407	0,791		
SSE 8	52	0,265	0,257	0,522					22	0,382	0,431	0,813	22	0,382	0,431	0,813	0,427	0,454	0,881		
S 9									23	0,457	0,450	0,907	23	0,457	0,450	0,907	0,431	0,449	0,880		
									24	0,404	0,448	0,852									
SSW 10									26	0,381	0,436	0,817	26	0,381	0,436	0,817	0,443	0,481	0,923		
SW 11	53	0,290	0,278	0,568					25	0,380	0,455	0,835	28	0,399	0,466	0,865	0,387	0,443	0,830		
									27	0,382	0,407	0,789									
WSW 12	65	0,279	0,298	0,577					29	0,363	0,403	0,766	30	0,370	0,430	0,800	0,366	0,416	0,783		
W 13	54	0,296	0,300	0,596					31	0,375	0,381	0,756	33	0,426	0,504	0,930	0,404	0,454	0,858		
	66	0,307	0,321	0,628					32	0,434	0,476	0,910	34	0,382	0,457	0,839					
WNW 14									35	0,470	0,479	0,949	36	0,377	0,444	0,821	0,422	0,470	0,892		
									37	0,419	0,487	0,906									
NW 15	56	0,292	0,297	0,589	39	0,409	0,479	0,888	38	0,331	0,378	0,709	43	0,421	0,508	0,929	0,354	0,420	0,774		
									40	0,330	0,380	0,709	44	0,319	0,396	0,715					
									41	0,359	0,402	0,761									
NNW 16									42	0,311	0,396	0,707									
					45	0,320	0,384	0,704	46	0,460	0,511	0,971	50	0,346	0,418	0,765	0,408	0,491	0,899		
									47	0,462	0,578	1,040									
									48	0,480	0,558	1,038									
									49	0,379	0,498	0,877									
Povprečje po pasovih	(9)	0,289	0,296	0,585	(8)	0,377	0,415	0,792	(25)	0,395	0,439	0,835	(24)	0,403	0,442	0,844	(57)	0,396	0,437	0,833	
	±	0,014	0,022	0,034	±	0,065	0,070	0,133	±	0,049	0,060	0,105	±	0,048	0,042	0,085	±	0,051	0,055	0,101	
Ljubljana																	št.	64	0,413	0,432	0,846

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 2019 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 2019																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019			v 2019	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019			v 2019	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019			v 2019	od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019			v 2019					
	do 1. 7. 2019	do 1. 1. 2020			do 1. 7. 2019	do 1. 1. 2020			do 1. 7. 2019	do 1. 1. 2020			do 1. 7. 2019	do 1. 1. 2020			do 1. 7. 2019	do 1. 1. 2020			
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.				št.								
N 1					60	0,055	0,056	0,055	1	0,062	0,060	0,061	2	0,075	0,075	0,075	0,064	0,064	0,064		
NNE 2	67	0,049	0,051	0,050	3	0,066	0,065	0,065	5	0,064	0,062	0,063	6	0,057	0,065	0,061	0,068	0,071	0,070		
NE 3	55	0,051	0,054	0,053	4	0,087	0,092	0,089	61	0,079	0,085	0,082	7	0,068	0,068	0,068	0,070	0,072	0,071		
ENE 4					9	0,061	0,066	0,064	62	0,080	0,083	0,082	8	0,062	0,063	0,063	0,073	0,076	0,074		
E 5					12	0,059	0,068	0,063	13	0,063	0,067	0,065	10	0,077	0,078	0,077	0,063	0,069	0,066		
ESE 6	51	0,047	0,046	0,046	16	0,055	0,060	0,058	14	0,063	0,071	0,067	11	0,074	0,075	0,075	0,062	0,065	0,064		
SE 7									63	0,065	0,066	0,065	17	0,054	0,060	0,057	0,062	0,065	0,064		
SSE 8	52	0,045	0,043	0,044					18	0,067	0,067	0,067	18	0,067	0,067	0,067	0,066	0,070	0,066		
S 9									19	0,070	0,073	0,072	19	0,070	0,073	0,072	0,072	0,075	0,073		
SSW 10									20	0,071	0,074	0,073	20	0,071	0,074	0,073	0,072	0,074	0,073		
SW 11	53	0,049	0,046	0,047					21	0,061	0,065	0,063	21	0,061	0,065	0,063	0,072	0,074	0,073		
WSW 12	65	0,047	0,049	0,048					22	0,064	0,071	0,068	22	0,064	0,071	0,068	0,072	0,075	0,073		
W 13	54	0,050	0,050	0,050					23	0,077	0,074	0,076	23	0,077	0,074	0,076	0,072	0,074	0,073		
WNW 14	66	0,052	0,053	0,052					24	0,068	0,074	0,071	24	0,068	0,074	0,071	0,074	0,079	0,077		
NW 15	56	0,049	0,049	0,049					26	0,064	0,072	0,068	26	0,064	0,072	0,068	0,065	0,073	0,069		
NNW 16									25	0,064	0,075	0,070	25	0,064	0,075	0,070	0,062	0,069	0,065		
									27	0,064	0,067	0,066	27	0,064	0,067	0,066	0,068	0,073	0,069		
									29	0,061	0,067	0,064	29	0,061	0,067	0,064	0,067	0,075	0,072		
									30	0,062	0,071	0,067	30	0,062	0,071	0,067	0,068	0,075	0,072		
									31	0,063	0,063	0,063	31	0,063	0,063	0,063	0,068	0,075	0,072		
									32	0,073	0,079	0,076	32	0,073	0,079	0,076	0,070	0,078	0,074		
									33	0,072	0,083	0,077	33	0,072	0,083	0,077	0,071	0,078	0,074		
									34	0,064	0,076	0,070	34	0,064	0,076	0,070	0,060	0,069	0,065		
									35	0,079	0,079	0,079	35	0,079	0,079	0,079	0,060	0,069	0,065		
									37	0,070	0,081	0,075	37	0,070	0,081	0,075	0,069	0,081	0,075		
									38	0,056	0,063	0,059	38	0,056	0,063	0,059	0,067	0,072	0,069		
									40	0,055	0,063	0,059	40	0,055	0,063	0,059	0,067	0,072	0,069		
									41	0,060	0,066	0,063	41	0,060	0,066	0,063	0,067	0,072	0,069		
									42	0,052	0,065	0,059	42	0,052	0,065	0,059	0,067	0,072	0,069		
									43	0,077	0,085	0,081	43	0,077	0,085	0,081	0,069	0,081	0,075		
									44	0,078	0,096	0,087	44	0,078	0,096	0,087	0,069	0,081	0,075		
									46	0,078	0,092	0,087	46	0,078	0,092	0,087	0,069	0,081	0,075		
									47	0,064	0,082	0,073	47	0,064	0,082	0,073	0,069	0,081	0,075		
									48	0,064	0,082	0,073	48	0,064	0,082	0,073	0,069	0,081	0,075		
									49	0,064	0,082	0,073	49	0,064	0,082	0,073	0,069	0,081	0,075		
Povprečje po pasovih	(9)	0,049	0,049	0,049	(8)	0,063	0,069	0,066	(25)	0,066	0,073	0,070	(24)	0,068	0,073	0,070	(57)	0,067	0,072	0,069	
±	0,002	0,004	0,003	±	0,011	0,012	0,011	±	0,008	0,010	0,009	±	0,008	0,007	0,007	±	0,009	0,009	0,008		
Ljubljana																	št.	64	0,069	0,071	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 2019 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°26'46" / 15°19'23"
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°40'49" / 15°58'44"
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°21'49" / 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°03'56" / 14°30'45"
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	LESCE VRBNJE	46°21'04" / 14°11'31"
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°37'27"
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 2019 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)



Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv) v 2019	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec) v 2019
		od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019	od 1. 7. 2019 do 1. 7. 2020				od 1. 1. 2019 do 1. 7. 2019	od 1. 7. 2019 do 1. 1. 2020			
1	KOČEVJE	0,446 ± 0,069	0,478 ± 0,074	0,924 ± 0,101	0,075 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,077 ± 0,017				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,474 ± 0,073	0,492 ± 0,076	0,966 ± 0,105	0,080 ± 0,012	0,081 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,595 ± 0,092	0,595 ± 0,092	1,190 ± 0,130	0,100 ± 0,015	0,098 ± 0,015	0,099 ± 0,022				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,427 ± 0,066	0,427 ± 0,066	0,854 ± 0,093	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,016				
5	NOVO MESTO	0,348 ± 0,054	0,362 ± 0,056	0,710 ± 0,077	0,058 ± 0,009	0,060 ± 0,009	0,059 ± 0,013				
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,380 ± 0,059	0,381 ± 0,059	0,761 ± 0,083	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
7	LISCA	0,387 ± 0,060	0,390 ± 0,060	0,777 ± 0,085	0,065 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,065 ± 0,014				
8	CELJE	0,419 ± 0,065	0,431 ± 0,066	0,850 ± 0,093	0,070 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,436 ± 0,067	0,429 ± 0,066	0,864 ± 0,094	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,431 ± 0,066	0,429 ± 0,066	0,860 ± 0,094	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
11	ROGLA	0,522 ± 0,080	0,601 ± 0,093	1,123 ± 0,123	0,088 ± 0,014	0,099 ± 0,015	0,094 ± 0,020				
12	MARIBOR	0,412 ± 0,063	0,402 ± 0,062	0,814 ± 0,089	0,069 ± 0,011	0,066 ± 0,010	0,068 ± 0,015				
13	PTUJ	0,406 ± 0,062	0,417 ± 0,064	0,823 ± 0,090	0,068 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,391 ± 0,060	0,436 ± 0,067	0,827 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
15	LENDAVA	0,441 ± 0,068	0,472 ± 0,073	0,912 ± 0,099	0,074 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,076 ± 0,017				
16	MURSKA SOBOTA	0,401 ± 0,062	0,429 ± 0,066	0,830 ± 0,090	0,067 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
17	VELIKI DOLENCI	0,455 ± 0,070	0,462 ± 0,071	0,917 ± 0,100	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,017				
18	GORNJA RADGONA	0,392 ± 0,060	0,390 ± 0,060	0,782 ± 0,085	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,010	0,065 ± 0,014				
19	SVEČINA PLAČ	0,458 ± 0,071	0,503 ± 0,077	0,961 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
20	RIBNIKA NA POHORJU	0,446 ± 0,069	0,479 ± 0,074	0,925 ± 0,101	0,075 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,077 ± 0,017				
21	KOTLJE	0,494 ± 0,076	0,481 ± 0,074	0,976 ± 0,106	0,083 ± 0,013	0,080 ± 0,012	0,081 ± 0,018				
22	VELENJE	0,429 ± 0,066	0,470 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,072 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,448 ± 0,069	0,454 ± 0,070	0,902 ± 0,098	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
24	LUČE OB SAVINJI	0,403 ± 0,062	0,461 ± 0,071	0,864 ± 0,094	0,068 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
25	VAČE	0,441 ± 0,068	0,500 ± 0,077	0,941 ± 0,103	0,074 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,383 ± 0,059	0,427 ± 0,066	0,810 ± 0,088	0,064 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,067 ± 0,015				
27	BRNIK AERODROM	0,545 ± 0,084	0,650 ± 0,100	1,195 ± 0,131	0,092 ± 0,014	0,107 ± 0,017	0,100 ± 0,022				
28	JEZERSKO	0,509 ± 0,078	0,585 ± 0,090	1,094 ± 0,119	0,086 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,091 ± 0,020				
29	PODLJUBELJ	0,394 ± 0,061	0,461 ± 0,071	0,855 ± 0,093	0,066 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,071 ± 0,016				
30	LESCE VRBNJE	0,416 ± 0,064	0,417 ± 0,064	0,833 ± 0,091	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
31	PLANINA POD GOLICO	0,460 ± 0,071	0,565 ± 0,087	1,025 ± 0,112	0,077 ± 0,012	0,093 ± 0,014	0,085 ± 0,019				
32	ZDENSKA VAS	0,455 ± 0,070	0,531 ± 0,082	0,986 ± 0,108	0,076 ± 0,012	0,088 ± 0,014	0,082 ± 0,018				
33	RATEČE	0,462 ± 0,071	0,525 ± 0,081	0,987 ± 0,108	0,078 ± 0,012	0,087 ± 0,013	0,082 ± 0,018				
34	TRENTA	0,309 ± 0,048	0,345 ± 0,053	0,653 ± 0,071	0,052 ± 0,008	0,057 ± 0,009	0,054 ± 0,012				
35	LOG POD MANGARTOM	0,443 ± 0,068	0,517 ± 0,080	0,960 ± 0,105	0,074 ± 0,011	0,086 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
36	BOVEC	0,360 ± 0,055	0,436 ± 0,067	0,795 ± 0,087	0,060 ± 0,009	0,072 ± 0,011	0,066 ± 0,014				
37	TOLMIN	0,363 ± 0,056	0,447 ± 0,069	0,810 ± 0,089	0,061 ± 0,009	0,074 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
38	BILJE NOVA GORICA	0,299 ± 0,046	0,364 ± 0,056	0,663 ± 0,073	0,050 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,055 ± 0,012				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,420 ± 0,065	0,452 ± 0,070	0,872 ± 0,095	0,071 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,505 ± 0,078	0,546 ± 0,084	1,052 ± 0,115	0,085 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,088 ± 0,019				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,365 ± 0,056	0,359 ± 0,055	0,724 ± 0,079	0,061 ± 0,009	0,059 ± 0,009	0,060 ± 0,013				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,378 ± 0,058	0,426 ± 0,066	0,804 ± 0,088	0,063 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,067 ± 0,015				
43	ZALOG POSTOJNA	0,432 ± 0,066	0,500 ± 0,077	0,932 ± 0,102	0,073 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,603 ± 0,093	0,613 ± 0,094	1,216 ± 0,132	0,101 ± 0,016	0,101 ± 0,016	0,101 ± 0,022				
45	VRHNIKA	0,628 ± 0,097	0,707 ± 0,109	1,336 ± 0,146	0,106 ± 0,016	0,117 ± 0,018	0,111 ± 0,024				
46	VOJSKO	0,429 ± 0,066	0,509 ± 0,078	0,938 ± 0,103	0,072 ± 0,011	0,084 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
47	SORICA	0,369 ± 0,057	0,413 ± 0,064	0,782 ± 0,085	0,062 ± 0,010	0,068 ± 0,011	0,065 ± 0,014				
48	STARA FUŽINA	0,325 ± 0,050	0,364 ± 0,056	0,689 ± 0,075	0,055 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,057 ± 0,013				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,635 ± 0,098	0,797 ± 0,123	1,432 ± 0,157	0,107 ± 0,016	0,132 ± 0,020	0,119 ± 0,026				
50	KREDARICA	0,396 ± 0,061	0,433 ± 0,067	0,828 ± 0,090	0,066 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Povprečje - merilna mesta		0,435 ± 0,074	0,475 ± 0,091	0,910 ± 0,161	0,073 ± 0,012	0,079 ± 0,015	0,076 ± 0,017				
Najvišja doza		0,635 ± 0,098 (49)	0,797 ± 0,123 (49)	1,432 ± 0,157 (49)	0,107 ± 0,016 (49)	0,132 ± 0,020 (49)	0,119 ± 0,026 (49)				
Najnižja doza		0,299 ± 0,046 (38)	0,345 ± 0,053 (34)	0,653 ± 0,071 (34)	0,050 ± 0,008 (38)	0,057 ± 0,009 (34)	0,054 ± 0,012 (34)				

* 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 2019 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA) *

	Polletne doze		Letna doza
	3. 1. 2019 - 9. 7. 2019	9. 7. 2019 – 3. 1. 2020	
Vzorč. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,37	0,38	0,75
Bregana	0,35	0,42	0,77
Harmica	–	0,48	0,48
Jastrebarsko	0,34	0,39	0,73
Klanjec	0,30	0,34	0,64
Novaki	0,32	0,39	0,71
Oroslavlje	0,44	0,52	0,96
Samobor	0,35	0,38	0,73
Zagreb (IRB)	0,38	0,44	0,82
Zaprešić	0,34	0,37	0,71

* Dozimeter v Jastrebarskem je bil izgubljen oz. ukraden, pri prispevku k letni dozi je upoštevanna le meritev v drugi polovici leta.

LETO 2019 T - 56/a

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2019 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Lokacija	Merilna 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
Brege	Brege	97 ± 6	60	120	94 ± 9	33	158	93 ± 6	77	130	93 ± 6	79	126	94 ± 7	78	132	95 ± 9	80	210	94,3 ± 2,8	0,43 ± 0,01						
Gornji Lenart	Gornji Lenart	112 ± 7	96	147	110 ± 8	92	189	110 ± 7	95	150	110 ± 7	93	155	111 ± 8	95	149	125 ± 10	104	232	112,0 ± 3,1	0,51 ± 0,01						
Krško	Krško	99 ± 6	86	125	114 ± 10	20	150	118 ± 7	100	164	118 ± 6	102	149	118 ± 8	102	169	118 ± 7	101	156	113,3 ± 2,9	0,51 ± 0,01						
Leskovec	Leskovec	99 ± 4	89	120	94 ± 6	82	135	92 ± 4	79	121	93 ± 4	84	120	94 ± 4	84	116	93 ± 5	84	155	94,3 ± 1,8	0,43 ± 0,01						
Libna	Libna	92 ± 3	85	108	90 ± 4	80	123	90 ± 3	82	112	90 ± 3	82	104	91 ± 4	82	111	89 ± 4	81	112	90,4 ± 1,4	0,41 ± 0,01						
Pesje	Pesje	101 ± 5	86	119	99 ± 5	86	114	99 ± 5	85	117	100 ± 5	87	115	100 ± 5	87	113	101 ± 5	88	118	100,0 ± 2,0	0,45 ± 0,01						
Skopice	Skopice	110 ± 7	93	141	109 ± 8	93	180	109 ± 6	93	150	110 ± 7	94	166	109 ± 8	92	150	111 ± 7	93	155	109,7 ± 2,9	0,49 ± 0,01						
Spodnji Stari Grad	Spodnji Stari Grad	99 ± 6	81	127	98 ± 7	84	147	98 ± 7	84	149	98 ± 7	83	130	99 ± 8	82	140	99 ± 8	85	155	98,5 ± 2,8	0,44 ± 0,01						
Vihre	Vihre	97 ± 5	83	120	96 ± 5	80	122	96 ± 6	80	124	95 ± 5	81	115	95 ± 6	78	121	100 ± 8	82	143	96,2 ± 2,3	0,43 ± 0,01						
Brežice	Brežice	86 ± 4	76	105	85 ± 4	74	114	85 ± 4	75	107	86 ± 5	75	126	86 ± 5	76	116	87 ± 4	77	127	85,8 ± 1,7	0,39 ± 0,01						
Cerklje	Cerklje	83 ± 5	74	112	82 ± 6	70	137	81 ± 5	71	112	83 ± 6	72	131	82 ± 6	71	110	84 ± 6	73	137	82,4 ± 2,3	0,37 ± 0,01						
Krško-NEK	Krško-NEK	84 ± 4	75	112	83 ± 6	73	133	82 ± 4	73	116	83 ± 4	74	112	83 ± 5	73	115	84 ± 10	62	206	83,0 ± 1,9	0,37 ± 0,01						
Krško-Videm	Krško-Videm	79 ± 5	68	106	78 ± 7	67	142	77 ± 5	66	126	78 ± 5	69	111	79 ± 7	69	155	78 ± 6	69	129	78,1 ± 2,3	0,35 ± 0,01						
Lokacija	Merilna postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
Brege	Brege	107 ± 11	89	197	106 ± 9	90	188	107 ± 15	90	241	105 ± 7	87	150	103 ± 10	85	154	101 ± 7	87	145	98,0 ± 2,2	0,86 ± 0,02						
Gornji Lenart	Gornji Lenart	127 ± 13	108	228	125 ± 9	107	185	126 ± 17	107	301	123 ± 9	101	175	123 ± 12	100	210	120 ± 9	99	172	115,9 ± 2,5	1,02 ± 0,02						
Krško	Krško	120 ± 10	104	191	119 ± 8	104	203	120 ± 12	100	226	119 ± 8	101	165	120 ± 9	106	186	118 ± 8	100	164	115,6 ± 2,2	1,01 ± 0,02						
Leskovec	Leskovec	95 ± 6	83	137	93 ± 5	79	149	94 ± 9	80	172	92 ± 5	80	119	94 ± 6	81	133	91 ± 5	82	120	93,7 ± 1,6	0,82 ± 0,01						
Libna	Libna	91 ± 6	82	130	90 ± 4	82	131	92 ± 7	82	160	91 ± 4	81	114	92 ± 6	82	132	91 ± 5	81	122	90,6 ± 1,1	0,79 ± 0,01						
Pesje	Pesje	108 ± 5	91	132	107 ± 5	94	137	108 ± 6	96	144	108 ± 5	94	127	109 ± 5	94	129	109 ± 5	95	124	104,0 ± 1,5	0,91 ± 0,01						
Skopice	Skopice	113 ± 10	94	184	112 ± 8	92	173	112 ± 14	94	243	110 ± 8	93	155	111 ± 11	94	183	108 ± 8	92	155	110,1 ± 2,3	0,96 ± 0,02						
Spodnji Stari Grad	Spodnji Stari Grad	107 ± 12	90	201	105 ± 8	89	190	107 ± 15	86	263	105 ± 8	86	148	106 ± 11	86	180	104 ± 9	88	165	100,8 ± 2,3	0,88 ± 0,02						
Vihre	Vihre	104 ± 6	90	133	103 ± 5	90	136	93 ± 8	80	154	93 ± 6	80	126	93 ± 6	80	123	92 ± 6	80	118	96,6 ± 1,7	0,85 ± 0,01						
Brežice	Brežice	87 ± 7	76	138	85 ± 5	75	120	86 ± 11	74	178	84 ± 5	76	111	86 ± 7	77	136	84 ± 6	73	121	85,6 ± 1,4	0,75 ± 0,01						
Cerklje	Cerklje	85 ± 9	72	142	84 ± 6	70	139	83 ± 16	67	200	76 ± 7	63	119	78 ± 9	65	140	76 ± 7	61	129	81,6 ± 1,9	0,71 ± 0,02						
Krško-NEK	Krško-NEK	100 ± 8	88	160	98 ± 6	85	150	86 ± 18	59	193	69 ± 7	58	108	71 ± 9	58	139	74 ± 7	60	117	83,2 ± 1,7	0,73 ± 0,01						
Krško-Videm	Krško-Videm	81 ± 9	68	139	79 ± 6	69	138	80 ± 11	70	191	79 ± 6	68	120	80 ± 9	69	142	78 ± 7	64	120	78,5 ± 1,8	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 2019 T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2019 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 1. polletje

Lokacija		Merilna 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			
Bilje	Bilje	90	± 6	75	138	89	± 8	75	134	88	± 6	73	138	88	± 5	76	104	89	± 10	74	149	89	± 6	74	143	88,7	± 2,6	0,40	± 0,01	
Boršt	Prenosni MFM 2	128	± 8	104	165	128	± 7	112	192	129	± 7	110	168	130	± 5	121	142	127	± 9	109	170	131	± 8	57	168	129,1	± 2,8	0,58	± 0,01	
Bovec	Bovec	81	± 7	67	134	81	± 9	67	131	81	± 11	67	184	83	± 11	65	142	83	± 11	67	144	81	± 6	71	133	81,4	± 3,4	0,37	± 0,02	
Brestanica-Sv. Mohor	Sv. Mohor	75	± 5	61	93	73	± 6	61	108	73	± 5	59	101	73	± 5	60	85	74	± 6	60	105	74	± 6	61	123	73,7	± 2,2	0,33	± 0,01	
Brinje	Brinje (ARSO)	106	± 8	91	153	107	± 8	89	152	105	± 8	87	183	107	± 7	96	129	105	± 10	87	175	108	± 9	89	212	106,4	± 3,3	0,48	± 0,02	
Brinje	Brinje (URSJV)	76	± 7	60	120	81	± 7	70	120	89	± 11	0	150	97	± 11	80	140	101	± 14	0	150	109	± 20	0	230	85,1	± 3,9	0,38	± 0,02	
Brnik	Brnik	120	± 9	99	173	125	± 8	105	178	124	± 8	107	203	125	± 6	113	146	124	± 9	106	173	128	± 9	112	241	124,5	± 3,2	0,56	± 0,01	
Celje	Celje	100	± 6	84	127	99	± 6	84	122	98	± 7	83	156	102	± 5	91	113	99	± 6	84	129	96	± 9	0	154	99,6	± 2,5	0,45	± 0,01	
Dobliče	Dobliče	140	± 9	114	177	142	± 9	120	167	142	± 8	124	194	146	± 8	123	169	142	± 11	118	218	144	± 11	121	256	142,7	± 3,7	0,64	± 0,02	
Dolenje	Dolenje	89	± 5	74	118	88	± 6	73	114	89	± 6	75	128	89	± 6	76	102	89	± 7	72	124	89	± 6	75	124	88,8	± 2,4	0,40	± 0,01	
Drnovo	Drnovo (aerosoli)	86	± 4	79	116	85	± 6	77	154	66	± 35	0	113																	
Dvor	Dvor	106	± 7	91	139	106	± 7	90	146	106	± 7	91	159	0	± 6	99	140	105	± 8	85	143	107	± 7	92	162	82,5	± 2,8	0,37	± 0,01	
Gačnik	Gačnik	117	± 6	99	145	116	± 7	101	152	117	± 8	100	187	117	± 5	103	133	118	± 9	98	164	120	± 9	103	202	117,2	± 2,8	0,53	± 0,01	
Gornja Radgona	Gornja Radgona	98	± 5	83	116	96	± 6	83	139	96	± 6	78	121	98	± 5	89	113	97	± 6	83	128	97	± 6	80	125	97,1	± 2,3	0,44	± 0,01	
Hrastje	Hrastje	78	± 7	63	126	78	± 7	62	114	77	± 6	64	127	78	± 6	66	93	79	± 9	61	129	78	± 7	66	144	77,9	± 2,8	0,35	± 0,01	
Hrastnik	Hrastnik	92	± 6	75	136	90	± 6	76	126	89	± 7	76	155	90	± 6	76	112	91	± 8	78	138	90	± 7	75	136	90,4	± 2,7	0,41	± 0,01	
Ilirska Bistrica	Ilirska Bistrica	109	± 6	93	143	109	± 8	91	182	108	± 6	91	135	110	± 6	97	125	108	± 9	91	163	110	± 7	88	144	109,1	± 2,8	0,49	± 0,01	
Iška vas	Iška vas	143	± 14	112	181	155	± 14	120	196	161	± 11	135	213	164	± 9	149	189	161	± 11	139	230	166	± 11	137	205	160,1	± 4,6	0,72	± 0,02	
Jesenice na Dolenjskem	Jesenice na Dolenjskem	95	± 7	80	140	95	± 8	79	135	93	± 7	77	136	95	± 6	82	113	96	± 11	79	180	94	± 7	80	161	94,5	± 3,0	0,43	± 0,01	
Kamnik	Kamnik	77	± 5	64	105	75	± 6	64	107	74	± 5	58	110	76	± 5	66	92	76	± 6	65	106	75	± 6	63	110	75,5	± 2,2	0,34	± 0,01	
Kočevje	Kočevje	85	± 5	69	110	83	± 5	69	107	82	± 6	68	131	83	± 4	71	92	83	± 6	68	107	82	± 5	67	120	83,1	± 2,0	0,37	± 0,01	
Koper	Koper	100	± 6	88	127	99	± 6	85	143	100	± 5	86	123	101	± 5	91	124	100	± 8	84	164	102	± 5	89	130	100,5	± 2,3	0,45	± 0,01	
Krajinski park Goričko	Krajinski park Goričko	107	± 6	93	138	105	± 7	87	151	107	± 6	91	155	109	± 7	97	131	106	± 7	89	143	108	± 7	94	151	107,0	± 2,7	0,48	± 0,01	
Kredarica	Kredarica	140	± 7	118	167	131	± 8	113	157	133	± 8	115	188	133	± 6	116	150	127	± 8	107	164	127	± 7	110	175	132,1	± 2,9	0,60	± 0,01	
Krsko-NEK	NEK-URSJV	72	± 5	60	100	70	± 6	60	120	70	± 5	0	110	71	± 5	60	100	71	± 6	60	110	74	± 7	60	130	71,2	± 2,3	0,32	± 0,01	
Krvavec	Krvavec	111	± 7	90	144	96	± 8	80	140	99	± 8	83	171	106	± 9	89	138	122	± 9	101	165	117	± 7	102	167	108,7	± 3,2	0,49	± 0,01	
Lendava	Lendava	94	± 6	77	144	93	± 7	78	153	93	± 6	78	139	94	± 5	81	106	94	± 8	80	128	95	± 6	80	127	93,9	± 2,5	0,42	± 0,01	
Lesce	Lesce	98	± 7	78	131	95	± 20	0	157	102	± 11	87	220	102	± 6	92	118	103	± 9	85	150	104	± 8	88	181	101,4	± 3,4	0,46	± 0,02	
Levec	Levec	101	± 7	86	144	101	± 6	86	127	100	± 7	85	159	102	± 5	93	117	100	± 7	86	141	102	± 8	85	180	101,1	± 2,6	0,46	± 0,01	
Lisca	Lisca	94	± 6	80	119	97	± 8	79	121	103	± 8	83	159	105	± 5	92	116	106	± 8	89	151	103	± 7	88	166	101,4	± 2,7	0,46	± 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 ZA LETO 2019 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)						
		Julij				Avgust				September				Oktober						November				December	
Lokacija	Merilna 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
Bilje	Bilje	91 ± 9	76	175	91 ± 8	75	178	91 ± 11	76	187	89 ± 7	75	151	93 ± 12	76	158	89 ± 9	75	163	89,3 ± 2,1	0,78 ± 0,02				
Boršt	Prenosni MFM 2	136 ± 9	116	207	135 ± 9	112	196	133 ± 10	110	237	128 ± 7	110	170	134 ± 13	111	230	126 ± 7	111	146	129,8 ± 2,2	1,14 ± 0,02				
Bovec	Bovec	83 ± 12	66	181	82 ± 11	69	178	83 ± 14	67	193	81 ± 8	68	129	92 ± 18	70	170	83 ± 11	66	139	81,9 ± 2,7	0,72 ± 0,02				
Brestanica-Sv. Mohor	Sv. Mohor	76 ± 8	61	133	75 ± 8	63	169	77 ± 11	60	171	76 ± 6	63	120	78 ± 7	64	112	76 ± 7	64	119	74,6 ± 1,8	0,65 ± 0,02				
Brinje	Brinje (ARSO)	111 ± 13	89	251	108 ± 12	88	237	108 ± 16	91	243	106 ± 9	86	171	109 ± 10	92	157	107 ± 9	88	158	106,9 ± 2,7	0,94 ± 0,02				
Brinje	Brinje (URSJV)	102 ± 22	0	200	89 ± 11	80	230	90 ± 18	0	220	85 ± 8	0	130	87 ± 9	70	150	86 ± 7	70	130	86,1 ± 2,8	0,75 ± 0,02				
Brnik	Brnik	132 ± 13	110	226	130 ± 13	110	221	128 ± 16	111	341	125 ± 8	108	185	127 ± 12	107	206	124 ± 9	108	171	125,2 ± 2,6	1,10 ± 0,02				
Celje	Celje	93 ± 8	79	137	92 ± 7	79	140	94 ± 11	79	199	92 ± 7	78	142	94 ± 8	80	137	92 ± 7	78	140	96,9 ± 2,0	0,85 ± 0,02				
Dobliče	Dobliče	151 ± 12	128	233	148 ± 23	0	263	150 ± 13	125	244	147 ± 12	121	222	145 ± 14	14	209	142 ± 20	0	231	144,2 ± 3,1	1,26 ± 0,03				
Dolenje	Dolenje	91 ± 7	77	141	91 ± 7	76	168	91 ± 9	75	148	90 ± 6	76	120	91 ± 9	75	144	89 ± 8	72	140	89,5 ± 1,9	0,78 ± 0,02				
Drnovo	Drnovo (aerosoli)	87 ± 10	78	172	8 ± 25	0	160	19 ± 36	0	159	87 ± 6	78	126	88 ± 9	78	144	86 ± 7	76	143	84,9 ± 2,5	0,74 ± 0,02				
Dvor	Dvor	109 ± 10	91	201	109 ± 10	93	187	109 ± 10	93	184	106 ± 8	89	193	110 ± 10	92	163	107 ± 8	88	153	91,8 ± 2,3	0,80 ± 0,02				
Gačnik	Gačnik	119 ± 11	100	229	118 ± 8	100	176	119 ± 12	93	228	119 ± 8	101	201	115 ± 29	0	197	117 ± 9	99	181	117,6 ± 2,3	1,03 ± 0,02				
Gornja Radgona	Gornja Radgona	99 ± 6	83	129	97 ± 5	82	133	95 ± 6	81	127	98 ± 5	85	140	99 ± 7	86	139	96 ± 7	68	119	97,2 ± 1,6	0,85 ± 0,01				
Hrastje	Hrastje	80 ± 10	64	193	79 ± 10	64	149	80 ± 14	62	187	78 ± 8	63	128	81 ± 8	65	124	79 ± 8	66	126	78,4 ± 2,2	0,69 ± 0,02				
Hrastnik	Hrastnik	92 ± 9	77	158	91 ± 8	77	172	92 ± 11	77	203										90,6 ± 2,4	0,79 ± 0,02				
Ilirska Bistrica	Ilirska Bistrica	116 ± 9	100	192	114 ± 8	96	177	114 ± 10	96	192	112 ± 8	95	177	112 ± 9	96	160	109 ± 9	93	172	110,5 ± 2,2	0,97 ± 0,02				
Iška vas	Iška vas	173 ± 13	143	226	169 ± 14	135	261	168 ± 13	141	231	166 ± 13	144	223	164 ± 10	143	212	163 ± 14	132	230	163,1 ± 3,4	1,43 ± 0,03				
Jesenice na Dolenjskem	Jesenice na Dolenjskem	97 ± 10	82	177	96 ± 9	82	157	96 ± 11	77	169	94 ± 8	79	142	98 ± 9	81	143	96 ± 10	78	172	95,1 ± 2,3	0,83 ± 0,02				
Kamnik	Kamnik	78 ± 10	64	162	76 ± 7	62	162	78 ± 13	64	192	77 ± 7	61	116	79 ± 9	66	128	76 ± 8	60	126	76,0 ± 1,9	0,67 ± 0,02				
Kočevarje	Kočevarje	84 ± 6	71	131	84 ± 6	72	120	84 ± 8	69	130	83 ± 5	71	111	86 ± 7	70	117	83 ± 6	66	111	83,4 ± 1,6	0,73 ± 0,01				
Koper	Koper	105 ± 7	87	147	104 ± 6	90	149	103 ± 12	81	199	100 ± 7	85	165	101 ± 8	86	143	98 ± 8	84	158	101,0 ± 1,8	0,89 ± 0,02				
Krajinski park Goričko	Krajinski park Goričko	112 ± 8	97	165	111 ± 6	95	154	111 ± 8	96	156	111 ± 7	94	188	110 ± 10	91	173	105 ± 7	88	142	108,3 ± 2,0	0,95 ± 0,02				
Kredarica	Kredarica	132 ± 10	107	190	130 ± 8	113	175	132 ± 10	113	191	132 ± 8	113	162	132 ± 10	110	171	125 ± 8	106	159	131,3 ± 2,3	1,15 ± 0,02				
Krsko-NEK	NEK-URSJV	76 ± 9	60	160	73 ± 7	60	140	74 ± 12	0	200	72 ± 7	60	110	73 ± 9	0	140	71 ± 7	60	120	71,7 ± 1,9	0,63 ± 0,02				
Krvavec	Krvavec	119 ± 8	103	174	118 ± 8	101	165	120 ± 10	101	204	120 ± 8	105	167	126 ± 9	107	160	118 ± 10	97	151	113,8 ± 2,4	1,00 ± 0,02				
Lendava	Lendava	98 ± 8	82	155	98 ± 6	82	129	99 ± 7	85	143	98 ± 7	79	161	97 ± 8	81	139	94 ± 8	78	142	95,4 ± 1,9	0,84 ± 0,02				
Lesce	Lesce	107 ± 12	87	202	104 ± 11	89	170	104 ± 14	87	243	101 ± 7	86	140	110 ± 18	90	265	103 ± 9	86	153	102,2 ± 2,6	0,89 ± 0,02				
Levec	Levec	104 ± 10	85	165	103 ± 8	85	181	104 ± 11	87	204	102 ± 8	87	176	103 ± 9	89	145	100 ± 8	84	143	101,6 ± 2,1	0,89 ± 0,02				
Lisca	Lisca	105 ± 9	86	154	104 ± 7	88	159	105 ± 10	87	186	104 ± 6	89	139	108 ± 8	91	158	105 ± 8	87	143	102,9 ± 2,1	0,90 ± 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 2019 T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2019 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 1. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																Polletno povprečje (nSv/h)		Polletna doza (mSv)							
		Januar				Februar				Marec				April								Maj				Junij	
Lokacija	Merilna 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		
Ljubljana-Bežigrad	Ljubljana (Bežigrad)	108 ± 7	92	148	109 ± 9	91	175	108 ± 7	90	184	109 ± 6	97	127	109 ± 10	92	167	112 ± 8	93	214	109,1 ± 3,1	0,49 ± 0,01						
Ljubljana-Brinje-IJS	Brinje (IJS)	85 ± 9	60	132	86 ± 9	64	130	85 ± 10	172	82 ± 10	60	122	95 ± 16	150	89 ± 11	64	172	86,0 ± 4,2	0,39 ± 0,02								
Ljubljana-Vič	LJ-Vič	116 ± 7	99	151	117 ± 8	99	170	115 ± 7	101	169	116 ± 6	100	139	117 ± 9	99	159	118 ± 8	101	215	116,3 ± 3,0	0,52 ± 0,01						
Loče	Loče	102 ± 6	86	131	101 ± 5	85	124	101 ± 7	86	162	104 ± 5	93	118	101 ± 8	84	149	102 ± 7	84	165	102,0 ± 2,5	0,46 ± 0,01						
Malkovec	Malkovec	102 ± 6	86	135	101 ± 6	88	139	102 ± 7	85	144	103 ± 5	92	113	103 ± 8	83	140	104 ± 8	89	195	102,4 ± 2,6	0,46 ± 0,01						
Maribor-Center	MB-Center	107 ± 6	91	140	105 ± 5	92	133	106 ± 6	89	150	107 ± 5	96	118	107 ± 7	91	144	106 ± 6	89	149	106,3 ± 2,3	0,48 ± 0,01						
Maribor-Slivenica	MB-Slivenica	107 ± 7	92	152	105 ± 6	87	148	105 ± 7	88	166	106 ± 6	95	125	107 ± 8	90	159	107 ± 8	91	211	106,0 ± 2,8	0,48 ± 0,01						
Muta	Muta	109 ± 6	95	151	109 ± 6	90	140	109 ± 8	94	188	111 ± 7	96	138	109 ± 8	89	141	108 ± 8	92	191	109,2 ± 2,9	0,49 ± 0,01						
Nova Gorica	N. Gorica	86 ± 5	72	103	85 ± 6	73	116	84 ± 6	71	136	84 ± 4	76	97	85 ± 7	70	118	83 ± 5	71	106	84,4 ± 2,1	0,38 ± 0,01						
Novo mesto	Novo mesto	87 ± 8	72	115	86 ± 7	70	111	84 ± 7	136	87 ± 7	71	104	85 ± 8	124	87 ± 9	146	85,9 ± 3,1	0,39 ± 0,01									
Park Škocjanske jame	Park Škocjanske jame	98 ± 6	82	120	96 ± 9	136	95 ± 7	81	142	96 ± 4	85	105	96 ± 9	78	156	97 ± 6	80	141	96,4 ± 2,5	0,43 ± 0,01							
Podbočje	Podbočje	96 ± 6	81	124	95 ± 7	80	135	94 ± 6	79	122	96 ± 6	83	111	95 ± 7	81	125	95 ± 6	78	126	95,2 ± 2,6	0,43 ± 0,01						
Podčetrtek	Podčetrtek	105 ± 7	89	135	103 ± 9	87	191	102 ± 7	84	163	106 ± 7	92	136	103 ± 8	87	157	103 ± 7	66	148	103,7 ± 3,0	0,47 ± 0,01						
Postojna	Postojna	122 ± 8	104	162	124 ± 9	104	181	122 ± 8	104	156	123 ± 6	111	135	123 ± 11	106	202	126 ± 9	108	207	123,2 ± 3,3	0,56 ± 0,01						
Ptuj	Ptuj	127 ± 7	110	173	127 ± 8	109	184	128 ± 7	109	188	131 ± 9	115	165	127 ± 9	109	186	130 ± 8	106	181	128,2 ± 3,2	0,58 ± 0,01						
Radenci	Radenci	99 ± 6	82	128	97 ± 7	83	163	97 ± 7	83	153	100 ± 6	88	118	98 ± 8	79	141	98 ± 7	83	148	98,3 ± 2,7	0,44 ± 0,01						
Rakičan	MS-Rakičan	103 ± 6	87	131	101 ± 6	87	145	102 ± 7	88	144	104 ± 6	91	121	103 ± 9	144	104 ± 7	89	174	102,8 ± 2,7	0,46 ± 0,01							
Rateče	Rateče	129 ± 10	103	176	99 ± 10	82	153	124 ± 14	93	186	137 ± 7	123	157	137 ± 9	117	182	142 ± 8	123	182	130,9 ± 3,7	0,59 ± 0,02						
Ravne na Koroškem	Ravne na Koroškem	107 ± 6	89	140	107 ± 6	92	129	107 ± 7	87	162	108 ± 5	97	121	108 ± 7	91	147	110 ± 7	93	174	107,8 ± 2,5	0,49 ± 0,01						
Rogla	Rogla	100 ± 6	84	131	92 ± 7	79	127	100 ± 7	82	160	105 ± 7	91	130	104 ± 9	83	138	103 ± 7	88	142	100,4 ± 2,9	0,45 ± 0,01						
Rudno polje	Rudno polje	107 ± 7	93	132	89 ± 8	76	132	94 ± 8	80	169	99 ± 7	87	121	117 ± 9	98	149	114 ± 6	99	155	104,1 ± 3,0	0,47 ± 0,01						
Sečovelje	Sečovelje	84 ± 7	71	139	82 ± 7	69	122	85 ± 6	71	140	88 ± 6	78	112	83 ± 9	68	144	86 ± 6	72	129	85,0 ± 2,7	0,38 ± 0,01						
Slovenj Gradec	Sl. Gradec	125 ± 9	103	167	130 ± 7	108	165	131 ± 10	113	221	133 ± 8	120	174	131 ± 9	107	176	133 ± 8	111	190	130,6 ± 3,4	0,59 ± 0,02						
Suha	Suha	97 ± 7	78	125	97 ± 7	82	127	97 ± 6	83	142	97 ± 6	87	120	97 ± 8	82	162	98 ± 6	84	131	97,2 ± 2,7	0,44 ± 0,01						
Šoštanj	Šoštanj	107 ± 6	91	145	105 ± 6	89	142	106 ± 7	90	166	106 ± 5	96	117	106 ± 8	91	138	109 ± 8	92	205	106,3 ± 2,6	0,48 ± 0,01						
Todraž	Todraž	130 ± 9	108	171	132 ± 9	112	184	130 ± 7	111	187	131 ± 6	119	141	133 ± 10	112	180	136 ± 8	117	197	131,8 ± 3,2	0,59 ± 0,01						
Trbovlje	Trbovlje	72 ± 6	59	106	71 ± 6	58	97	70 ± 6	59	121	71 ± 5	62	81	72 ± 8	58	122	71 ± 7	59	111	71,1 ± 2,5	0,32 ± 0,01						
URSJV Litostrojska	Prenosni MFM 1	64 ± 4	52	76	62 ± 4	53	73	62 ± 4	52	73	62 ± 4	56	72	62 ± 4	52	73	62 ± 4	52	73	62,3 ± 1,6	0,28 ± 0,01						
Velenje	Velenje	110 ± 7	91	149	109 ± 7	95	151	110 ± 8	93	189	111 ± 5	100	120	110 ± 8	95	157	111 ± 8	93	185	110,3 ± 2,8	0,50 ± 0,01						
Vnajarje	Vnajarje	129 ± 8	108	170	131 ± 7	112	169	133 ± 8	115	190	135 ± 5	122	148	132 ± 9	115	192	137 ± 9	115	216	133,1 ± 2,9	0,60 ± 0,01						
Zagorje	Zagorje	82 ± 6	69	109	80 ± 6	62	113	79 ± 6	66	122	81 ± 5	72	99	80 ± 7	65	117	80 ± 6	66	117	80,4 ± 2,4	0,36 ± 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.

LETO 2019 T - 56/e

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2019 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 2. polletje

Lokacija		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
		Julij				Avgust				September				Oktober				November						December	
Merilna 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
Ljubljana-Bežigrad	Ljubljana (Bežigrad)	113 ± 11	90	216	112 ± 12	95	269	112 ± 14	92	235	109 ± 9	94	182	111 ± 9	93	158	109 ± 9	93	159	109,6 ± 2,5	0,96 ± 0,02				
Ljubljana-Brinje-IJS	Brinje (IJS)	89 ± 13	52	216	88 ± 12	52	224	87 ± 16		240	85 ± 10	62	166	86 ± 11	60	156	85 ± 10	60	126	86,1 ± 3,1	0,75 ± 0,03				
Ljubljana-Vič	LJ-Vič	121 ± 10	103	199	119 ± 10	101	205	118 ± 12	98	208	117 ± 8	99	172	119 ± 9	104	162	117 ± 9	99	179	117,1 ± 2,4	1,03 ± 0,02				
Loče	Loče	103 ± 8	89	167	102 ± 6	87	156	102 ± 10	85	191	101 ± 7	86	150	102 ± 8	87	140	100 ± 8	86	146	101,9 ± 1,9	0,89 ± 0,02				
Malkovec	Malkovec	106 ± 10	88	187	104 ± 9	85	183	104 ± 10	88	198	103 ± 7	89	139	105 ± 9	89	148	102 ± 8	87	149	102,9 ± 2,1	0,90 ± 0,02				
Maribor-Center	MB-Center	108 ± 7	90	171	106 ± 7	87	151	99 ± 8	82	171	96 ± 5	82	136	99 ± 8	80	140	96 ± 7	80	130	103,7 ± 1,8	0,91 ± 0,02				
Maribor-Slivnica	MB-Slivnica	109 ± 14	90	302	108 ± 9	93	175	108 ± 13	90	231	107 ± 7	93	167	109 ± 11	91	184	106 ± 9	89	154	106,5 ± 2,3	0,93 ± 0,02				
Muta	Muta	111 ± 10	91	205	110 ± 14	93	323	109 ± 13	92	226	109 ± 7	93	167	110 ± 10	92	169	108 ± 8	93	152	109,2 ± 2,3	0,96 ± 0,02				
Nova Gorica	N. Gorica	85 ± 7	71	161	84 ± 6	70	121	85 ± 9	70	168										84,4 ± 1,9	0,74 ± 0,02				
Novo mesto	Novo mesto	89 ± 12		165	88 ± 12		239	89 ± 10	70	159				88 ± 9	70	137	89 ± 9	72	154	86,8 ± 2,6	0,76 ± 0,02				
Park Škocjanske jame	Park Škocjanske jame	99 ± 7	86	142	98 ± 9	83	170	99 ± 11	81	174	96 ± 8	82	153	98 ± 9	83	142	96 ± 9	81	173	96,8 ± 2,0	0,85 ± 0,02				
Podbočje	Podbočje	96 ± 9	79	155	95 ± 7	81	150	97 ± 12	80	204	95 ± 7	79	128	97 ± 10	77	157	96 ± 8	78	143	95,4 ± 2,1	0,84 ± 0,02				
Podčetrtek	Podčetrtek	105 ± 12	88	197	104 ± 8	88	198	105 ± 11	87	210	99 ± 25		152	105 ± 9	88	164	103 ± 8	86	150	103,9 ± 2,4	0,91 ± 0,02				
Postojna	Postojna	130 ± 11	109	209	128 ± 11	107	219	127 ± 14	104	252	123 ± 10	105	189	125 ± 10	108	189	122 ± 10	101	184	124,0 ± 2,6	1,09 ± 0,02				
Ptuj	Ptuj	131 ± 14	113	289	131 ± 8	112	184	130 ± 14	111	322	128 ± 8	105	217	129 ± 11	109	202	113 ± 15	77	172	128,2 ± 2,6	1,12 ± 0,02				
Radenci	Radenci	100 ± 8	86	154	100 ± 6	86	149	102 ± 8	87	170	103 ± 7	89	160	102 ± 11	88	188	98 ± 7	83	152	99,4 ± 2,0	0,87 ± 0,02				
Rakičan	MS-Rakičan	106 ± 8	91	159	105 ± 7	90	161	107 ± 8	90	168	108 ± 8	92	165	106 ± 10	87	168	102 ± 7	87	134	103,9 ± 2,1	0,91 ± 0,02				
Rateče	Rateče	146 ± 11	125	216	141 ± 12	123	258	140 ± 13	121	234	138 ± 7	120	177	143 ± 13	111	200	133 ± 12	109	192	134,7 ± 2,8	1,18 ± 0,02				
Ravne na Koroškem	Ravne na Koroškem	111 ± 10	91	193	110 ± 8	93	172	111 ± 14	90	253	109 ± 7	95	162	112 ± 9	95	162	108 ± 8	91	155	108,5 ± 2,1	0,95 ± 0,02				
Rogla	Rogla	104 ± 11	87	209	103 ± 7	86	144	105 ± 12	89	182	104 ± 7	90	140	111 ± 10	94	166	103 ± 10	79	148	102,0 ± 2,2	0,89 ± 0,02				
Rudno polje	Rudno polje	116 ± 11	99	195	114 ± 9	101	171	115 ± 11	97	193	115 ± 7	99	154	117 ± 11	96	162	112 ± 10	91	151	108,1 ± 2,4	0,95 ± 0,02				
Sečovelje	Sečovelje	88 ± 7	75	141	89 ± 8	72	156	88 ± 13	71	210	85 ± 7	72	165	86 ± 10	69	159	83 ± 9	65	165	85,6 ± 2,1	0,75 ± 0,02				
Slovenj Gradec	Sl. Gradec	135 ± 13	114	244	133 ± 9	115	193	133 ± 14	115	274	132 ± 8	116	182	134 ± 10	114	184	132 ± 9	111	178	131,6 ± 2,6	1,15 ± 0,02				
Suha	Suha	102 ± 9	86	162	100 ± 8	85	151	100 ± 13	84	246	98 ± 7	79	136	101 ± 10	85	147	98 ± 8	81	132	98,0 ± 2,1	0,86 ± 0,02				
Šostanj	Šostanj	110 ± 10	93	180	108 ± 9	95	172	109 ± 12	93	232	107 ± 7	93	153	109 ± 10	93	164	107 ± 8	88	148	106,9 ± 2,1	0,94 ± 0,02				
Todraž	Todraž	138 ± 11	117	226	138 ± 10	116	223	136 ± 11	115	231	133 ± 8	112	183	138 ± 14	115	243	132 ± 10	114	177	133,1 ± 2,5	1,17 ± 0,02				
Trbovlje	Trbovlje	73 ± 10	59	147	72 ± 8	57	139	72 ± 9	59	135	71 ± 6	57	114	74 ± 7	60	116	72 ± 7	57	112	71,5 ± 1,9	0,63 ± 0,02				
URSJV Litostrojska	Prenosni MFM 1	62 ± 4	51	73	62 ± 4	53	72	62 ± 4	52	73	62 ± 4	52	72	63 ± 4	52	76	63 ± 4	52	76	62,3 ± 1,2	0,55 ± 0,01				
Velenje	Velenje	114 ± 11	11	216	110 ± 8	95	180	112 ± 16	96	322	110 ± 8	94	161	114 ± 10	97	179	110 ± 10	2	158	110,6 ± 2,3	0,97 ± 0,02				
Vnajarje	Vnajarje	142 ± 9	123	235	138 ± 9	118	194	137 ± 13	116	274	134 ± 8	116	180	135 ± 9	118	182	131 ± 9	109	184	134,1 ± 2,5	1,17 ± 0,02				
Zagorje	Zagorje	82 ± 9	69	149	81 ± 7	69	158	78 ± 9	63	138	75 ± 6	61	106	78 ± 6	63	104	76 ± 6	61	107	79,3 ± 1,8	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 2019

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	4,07E-07	3,10E-07	4,88E-07	4,34E-07	2,53E-07	5,48E-08	6,84E-08	1,08E-07	2,00E-07	4,47E-07	2,27E-07	1,54E-07	4,22E-07	4,97E-08
Februar	3,20E-07	2,37E-07	4,22E-07	3,16E-07	2,83E-07	1,15E-07	6,51E-08	1,03E-07	1,97E-07	2,41E-07	1,37E-07	1,34E-07	3,14E-07	2,51E-08
Marec	3,45E-07	2,64E-07	4,72E-07	3,57E-07	2,34E-07	1,15E-07	5,82E-08	8,33E-08	1,54E-07	2,38E-07	1,35E-07	1,05E-07	2,69E-07	1,70E-08
April	4,40E-07	2,59E-07	5,96E-07	3,52E-07	2,50E-07	7,02E-08	7,31E-08	1,33E-07	2,12E-07	2,53E-07	1,97E-07	1,24E-07	3,24E-07	1,74E-08
Maj	3,75E-07	2,89E-07	4,81E-07	3,90E-07	2,32E-07	5,22E-08	3,84E-08	6,66E-08	1,11E-07	2,49E-07	1,30E-07	1,05E-07	3,80E-07	3,09E-08
Junij	2,20E-06	1,57E-06	2,00E-06	2,97E-07	5,05E-07	1,18E-07	7,73E-08	1,32E-07	2,02E-07	3,43E-07	1,18E-07	9,32E-08	3,08E-07	9,40E-09
Julij	2,54E-06	1,39E-06	1,96E-06	4,03E-07	3,40E-07	1,23E-07	1,13E-07	1,65E-07	2,62E-07	3,00E-07	8,19E-08	1,01E-07	4,57E-07	1,08E-08
Avgust	1,87E-06	1,29E-06	1,68E-06	3,66E-07	3,63E-07	1,12E-07	8,35E-08	1,24E-07	2,27E-07	3,97E-07	1,39E-07	1,24E-07	4,72E-07	1,26E-08
September	9,45E-07	6,03E-07	9,42E-07	4,27E-07	3,76E-07	1,04E-07	6,33E-08	9,20E-08	2,40E-07	4,10E-07	1,76E-07	1,62E-07	4,37E-07	2,69E-08
Oktober	5,68E-07	3,44E-07	8,15E-07	4,75E-07	2,45E-07	9,68E-08	7,79E-08	1,20E-07	1,73E-07	3,50E-07	1,19E-07	5,72E-08	4,18E-07	2,99E-08
November	6,56E-07	5,53E-07	6,00E-07	3,78E-07	4,17E-07	3,70E-08	6,25E-08	8,01E-08	2,51E-07	6,88E-07	4,16E-07	2,19E-07	2,51E-07	7,87E-08
December	6,38E-07	4,59E-07	7,66E-07	6,02E-07	3,54E-07	3,81E-08	9,16E-08	1,30E-07	2,01E-07	3,59E-07	2,17E-07	1,92E-07	5,41E-07	3,06E-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	2,45E-06	1,31E-06	9,35E-07	1,75E-07	1,10E-07	1,54E-08	2,82E-08	3,32E-08	7,35E-08	2,45E-07	7,96E-08	5,00E-08	1,02E-07	2,18E-08
Februar	2,38E-06	1,23E-06	1,04E-06	1,39E-07	1,55E-07	3,01E-08	2,66E-08	3,34E-08	5,72E-08	1,75E-07	7,80E-08	6,22E-08	9,69E-08	1,32E-08
Marec	1,93E-06	9,67E-07	7,21E-07	1,27E-07	1,59E-07	2,53E-08	1,74E-08	2,06E-08	4,84E-08	1,26E-07	5,33E-08	5,34E-08	7,02E-08	1,07E-08
April	2,53E-06	1,18E-06	1,07E-06	1,63E-07	1,46E-07	1,95E-08	2,08E-08	2,89E-08	7,46E-08	1,65E-07	6,91E-08	5,03E-08	1,07E-07	1,43E-08
Maj	2,85E-06	1,33E-06	1,30E-06	2,76E-07	1,14E-07	2,06E-08	2,97E-08	3,63E-08	8,72E-08	2,14E-07	7,48E-08	4,50E-08	1,44E-07	1,92E-08
Junij	2,35E-06	1,00E-06	9,85E-07	9,49E-08	1,36E-07	2,78E-08	2,61E-08	3,56E-08	6,30E-08	1,24E-07	4,99E-08	3,69E-08	8,71E-08	9,07E-09
Julij	2,91E-06	9,94E-07	1,32E-06	1,64E-07	1,31E-07	4,31E-08	3,09E-08	3,96E-08	6,46E-08	1,33E-07	5,08E-08	5,30E-08	1,41E-07	6,08E-09
Avgust	2,64E-06	9,37E-07	1,26E-06	1,07E-07	1,50E-07	3,33E-08	3,34E-08	4,31E-08	7,45E-08	1,38E-07	5,08E-08	5,85E-08	1,14E-07	9,77E-09
September	3,28E-06	1,45E-06	1,34E-06	1,97E-07	1,93E-07	3,31E-08	3,02E-08	3,76E-08	9,83E-08	2,15E-07	7,15E-08	7,25E-08	1,35E-07	1,63E-08
Oktober	3,01E-06	1,36E-06	1,23E-06	2,16E-07	1,11E-07	2,87E-08	3,08E-08	4,47E-08	7,33E-08	2,03E-07	4,81E-08	2,99E-08	1,14E-07	1,50E-08
November	3,53E-06	2,28E-06	1,06E-06	2,49E-07	2,01E-07	1,11E-08	2,77E-08	3,33E-08	9,95E-08	4,20E-07	1,60E-07	7,95E-08	7,57E-08	2,95E-08
December	3,10E-06	1,53E-06	1,30E-06	2,34E-07	2,14E-07	1,08E-08	2,94E-08	3,26E-08	7,06E-08	2,27E-07	9,94E-08	6,94E-08	1,28E-07	2,02E-08

9. ZEMLJA

LETO 2019 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							
Datum vzor.	18. 4. 2019							
GI vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,03	31,4	45,3	51,9	159,5	128,7	+ trava	288,2
Oznaka vzorca	K19ZN11T41	K19ZN11AB41	K19ZN11C41	K19ZN11D41	K19ZN11E41			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	5,4E-02 ± 4E-02 ‡	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 6E+02	4,5E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 3E+02	8,1E+03 ± 7E+02
Ra-226	6,8E-02 ± 4E-02	1,3E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	5,5E+03 ± 5E+02	5,5E+03 ± 3E+02	5,5E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	7,7E-01 ± 6E-02	2,5E+03 ± 9E+02	5,1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,3E+03	5,0E+03 ± 9E+02 x	5,0E+03 ± 9E+02 x	6,3E+03 ± 9E+02 x
Ra-228		9,9E+02 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 6E+01	3,9E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 8E+01	4,0E+03 ± 8E+01	8,0E+03 ± 2E+02
Th-232	1,5E-02 ± 5E-03	1,0E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 7E+01	3,9E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 8E+01	4,1E+03 ± 8E+01	8,0E+03 ± 1E+02
Th-230				2,6E+03 ± 9E+02		2,6E+03 ± 9E+02	2,6E+03 ± 9E+02	2,6E+03 ± 9E+02
K-40	2,6E+01 ± 1E+00	1,2E+04 ± 4E+02	1,7E+04 ± 6E+02	1,9E+04 ± 9E+02	4,6E+04 ± 2E+03	4,8E+04 ± 1E+03	4,8E+04 ± 1E+03	9,4E+04 ± 2E+03
Be-7	3,9E+00 ± 3E-01	1,5E+02 ± 2E+02 ‡				1,5E+02 ± 2E+02	1,5E+02 ± 2E+02	1,5E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,0E-03 ± 4E-03 ‡	1,5E+03 ± 5E+01	2,6E+03 ± 8E+01	1,4E+03 ± 8E+01	1,7E+02 ± 4E+01	5,5E+03 ± 1E+02	5,5E+03 ± 1E+02	5,7E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,7E-03 ± 1E-03	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	1,9E+01	9,4E+01 ± 6E+00	9,4E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 6E+00 x

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	18. 4. 2019							
GI vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje		Uteženo povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,09	0,36	0,39	0,42	0,46	0-15		0-30
Kol. (kg/m ²)	0,03	31,4	45,3	51,9	159,5			
Oznaka vzorca	K19ZN11T41	K19ZN11AB41	K19ZN11C41	K19ZN11D41	K19ZN11E41			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,8E+00 ± 1E+00 ‡	3,9E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 1E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,6E+01 ± 2E+00	7,9E+01 ± 3E+01	1,1E+01	3,9E+01 ± 3E+00	8,2E+00	3,9E+01 ± 7E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00 x
Ra-228		3,2E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 5E-01
Th-232	5,0E-01 ± 2E-01	3,2E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 5E-01
Th-230				4,9E+01 ± 2E+01		2,0E+01 ± 7E+00	8,9E+00 ± 3E+00	8,9E+00 ± 3E+00
K-40	8,7E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 1E+01	3,6E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 9E+00	3,3E+02 ± 7E+00	3,3E+02 ± 7E+00
Be-7	1,3E+02 ± 1E+01	4,7E+00 ± 6E+00 ‡				1,1E+00 ± 2E+00	5,1E-01 ± 7E-01	5,1E-01 ± 7E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E-01 ± 1E-01 ‡	4,9E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	1,1E+00 ± 2E-01	4,3E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 4E-01	2,0E+01 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,3E-01 ± 4E-02	8,6E-01 ± 8E-02	6,9E-01 ± 8E-02	6,9E-01 ± 7E-02	1,2E-01	7,3E-01 ± 4E-02	3,9E-01 ± 2E-02 x	3,9E-01 ± 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 2019 T – 57b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzrč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,22	25,2	40,0	48,1	99,3	113,3	+ trava	212,7
Oznaka vzorca	K19ZN11T91	K19ZN11AB91	K19ZN11C91	K19ZN11D91	K19ZN11E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	2,6E+00 ± 8E-01	9,7E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 4E+02
Ra-226	3,0E+00 ± 1E+00	1,2E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 4E+02	4,9E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 3E+02	8,6E+03 ± 5E+02
Pb-210	1,8E+01 ± 2E+00	1,6E+03 ± 3E+02	1,7E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 5E+02	5,5E+03 ± 3E+02	5,5E+03 ± 3E+02	7,7E+03 ± 6E+02
Ra-228	1,2E+00 ± 2E-01	8,8E+02 ± 3E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 6E+01	3,0E+03 ± 9E+01	3,8E+03 ± 8E+01	3,8E+03 ± 8E+01	6,8E+03 ± 1E+02
Th-228	1,3E+00 ± 1E-01	8,6E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 3E+01	1,7E+03 ± 6E+01	3,0E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 7E+01	3,8E+03 ± 7E+01	6,8E+03 ± 1E+02
Th-230		9,2E+01 ± 9E+02 ‡		2,8E+03 ± 9E+02	4,9E+03 ± 2E+03	2,9E+03 ± 1E+03	2,9E+03 ± 1E+03	7,8E+03 ± 2E+03
K-40	1,4E+02 ± 5E+00	1,1E+04 ± 4E+02	1,6E+04 ± 5E+02	2,1E+04 ± 1E+03	3,5E+04 ± 1E+03	4,8E+04 ± 1E+03	4,8E+04 ± 1E+03	8,3E+04 ± 2E+03
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00	3,0E+02 ± 4E+01				3,0E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E+00 ± 7E-02	1,1E+03 ± 4E+01	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 8E+01	3,9E+02 ± 3E+01	3,5E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,3E-01 ± 2E-02	2,1E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 5E+00	6,0E+01 ± 8E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,7E+02 ± 1E+01

Vzrč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje		Uteženo povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,33	0,41	0,44	0,43	0-15		0-30
Kol. (kg/m ²)	0,22	25,2	40,0	48,1	99,3			
Oznaka vzorca	K19ZN11T91	K19ZN11AB91	K19ZN11C91	K19ZN11D91	K19ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,2E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Ra-226	1,4E+01 ± 6E+00	4,8E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	8,2E+01 ± 1E+01	6,4E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00
Ra-228	5,7E+00 ± 7E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 6E-01	3,2E+01 ± 6E-01
Th-228	6,0E+00 ± 5E-01	3,4E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 6E-01	3,2E+01 ± 6E-01
Th-230		3,6E+00 ± 4E+01 ‡		5,8E+01 ± 2E+01	4,9E+01 ± 2E+01	2,5E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 1E+01
K-40	6,4E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 1E+01	4,4E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 1E+01	4,2E+02 ± 1E+01	3,9E+02 ± 8E+00	3,9E+02 ± 8E+00
Be-7	4,8E+02 ± 2E+01	1,2E+01 ± 2E+00				2,7E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,6E+00 ± 3E-01	4,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,9E+00 ± 3E-01	3,1E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,0E+00 ± 8E-02	8,5E-01 ± 8E-02	9,7E-01 ± 9E-02	9,5E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 8E-02	9,3E-01 ± 6E-02	7,8E-01 ± 5E-02	7,8E-01 ± 5E-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.

LETO 2019 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 Vrčina						
Datum vzor.		18. 4. 2019						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,02	40,8	50,8	51,6	154,9	143,2	+ trava	298,1
Oznaka vzorca	K19ZN2T41	K19ZN2AB41	K19ZN2C41	K19ZN2D41	K19ZN2E41			
IZOTOP		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)						
U-238		9,3E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	5,5E+03 ± 8E+02	3,5E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 3E+02	9,1E+03 ± 9E+02
Ra-226	6,1E-02 ± 4E-02	8,0E+02 ± 3E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	7,6E+03 ± 7E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 4E+02	1,2E+04 ± 8E+02
Pb-210	1,1E+00 ± 7E-02	1,9E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 1E+03	7,8E+03 ± 8E+02	5,6E+03 ± 1E+03	5,6E+03 ± 1E+03	1,3E+04 ± 1E+03
Ra-228		1,1E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	4,4E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 8E+01	3,8E+03 ± 8E+01	8,2E+03 ± 2E+02
Tb-228	1,3E-02 ± 7E-03	1,1E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	4,5E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 6E+01	3,9E+03 ± 6E+01	8,4E+03 ± 2E+02
Tb-230		1,3E+04 ± 5E+02	1,4E+03 ± 7E+02	1,8E+04 ± 6E+02	1,4E+03 ± 7E+02	1,4E+03 ± 7E+02	1,4E+03 ± 7E+02	1,4E+03 ± 7E+02
K-40	1,6E+01 ± 8E-01	1,0E+02 ± 5E+01	1,8E+04 ± 6E+02	1,8E+04 ± 6E+02	5,2E+04 ± 5E+03	4,8E+04 ± 9E+02	4,8E+04 ± 9E+02	1,0E+05 ± 5E+03
Be-7	5,0E+00 ± 3E-01	1,0E+02 ± 5E+01			1,0E+02 ± 5E+01			1,0E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,2E-03 ± 5E-03	1,8E+02 ± 9E+00	1,7E+02 ± 1E+01	2,2E+02 ± 1E+01	7,8E+02 ± 4E+01	5,7E+02 ± 2E+01	5,7E+02 ± 2E+01	1,3E+03 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		3,3E+00 †	3,7E+00 †	3,6E+00 †	1,4E+01 †	1,1E+01 x	1,1E+01 x	2,4E+01 x

Vzorč. mesto		Kusova Vrčina						
Datum vzor.		18. 4. 2019						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Utěženo	Utěženo	
Kol. vzorca (kg)	0,08	0,41	0,44	0,43	0,45	popvprečje	popvprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,02	40,8	50,8	51,6	154,9	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K19ZN2T41	K19ZN2AB41	K19ZN2C41	K19ZN2D41	K19ZN2E41			
IZOTOP		SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238		2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E+00	
Ra-226	2,5E+00 ± 2E+00	2,0E+01 ± 7E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 3E+00	
Pb-210	4,4E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+01	5,0E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 8E+00	4,5E+01 ± 8E+00	
Ra-228		2,6E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 6E-01	
Tb-228	5,6E-01 ± 3E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Tb-230		3,3E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 3E+01	9,6E+00 ± 5E+00	4,6E+00 ± 3E+00	
K-40	6,8E+02 ± 3E+01	2,5E+00 ± 1E+00				3,4E+02 ± 7E+00	3,4E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,1E+02 ± 1E+01					7,1E-01 ± 4E-01	3,4E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,0E-01 ± 2E-01	4,3E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	4,3E+00 ± 2E-01	5,0E+00 ± 3E-01	4,0E+00 ± 1E-01	4,5E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		8,1E-02 †	7,3E-02 †	7,1E-02 †	8,8E-02 †	7,4E-02 x	8,2E-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 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 2019 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 Vrbina								
Vzorč. mesto	24. 9. 2019							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,20	41,4	44,7	47,4	92,6	133,5	+ trava	226,1
Oznaka vzorca	K19ZN2T91	K19ZN2AB91	K19ZN2C91	K19ZN2D91	K19ZN2E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	3,4E+00 ± 8E-01	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 3E+02	5,7E+03 ± 5E+02
Ra-226	3,7E+00 ± 1E+00	1,5E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 3E+02	8,6E+03 ± 4E+02
Pb-210	1,6E+01 ± 1E+00	2,3E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	3,8E+02	3,4E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	7,9E+03 ± 3E+02
Ra-228	1,4E+00 ± 1E-01	1,1E+03 ± 3E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	2,6E+03 ± 8E+01	3,7E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 7E+01	6,2E+03 ± 1E+02
Th-228	1,5E+00 ± 1E-01	1,1E+03 ± 3E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,4E+03 ± 3E+01	2,6E+03 ± 9E+01	3,7E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 7E+01	6,3E+03 ± 1E+02
Th-230	7,3E-01 ± 4E+00	4,2E+02 ± 5E+02	1,8E+03 ± 6E+02			2,3E+03 ± 8E+02	2,3E+03 ± 8E+02	2,3E+03 ± 8E+02
K-40	1,0E+02 ± 4E+00	1,4E+04 ± 4E+02	1,5E+04 ± 7E+02	1,7E+04 ± 6E+02	3,1E+04 ± 1E+03	4,6E+04 ± 1E+03	4,6E+04 ± 1E+03	7,7E+04 ± 2E+03
Be-7	8,7E+01 ± 3E+00	4,2E+02 ± 3E+01	2,6E+01 ± 3E+01			4,5E+02 ± 4E+01	5,3E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,4E-01 ± 4E-02	1,5E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	4,8E+02 ± 3E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	9,1E+02 ± 3E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		3,3E+00 †	6,0E+00 †	4,1E+00 †	7,7E+00 †	1,3E+01 x	1,3E+01 x	2,1E+01 x

Kusova Vrbina								
Vzorč. mesto	24. 9. 2019							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,39	0,42	0,41	0,41	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,20	41,4	44,7	47,4	92,6			
Oznaka vzorca	K19ZN2T91	K19ZN2AB91	K19ZN2C91	K19ZN2D91	K19ZN2E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,7E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	
Ra-226	1,8E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	
Pb-210	8,0E+01 ± 7E+00	5,6E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 3E+00	8,1E+00 †	3,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	x
Ra-228	7,0E+00 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 5E-01	
Th-228	7,6E+00 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 5E-01	
Th-230	3,6E+00 ± 2E+01	1,0E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01			1,7E+01 ± 6E+00	1,0E+01 ± 4E+00	
K-40	5,2E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 8E+00	3,4E+02 ± 7E+00	
Be-7	4,3E+02 ± 2E+01	1,0E+01 ± 7E-01	5,7E-01 ± 7E-01			3,3E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 2E-01	5,2E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 1E-01	4,0E+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 †	1,3E-01 †	8,7E-02 †	8,3E-02 †	1,0E-01 x	9,3E-02 x	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

(**) Visokoločljiva 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 2019 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. 4. 2019							
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)	0,09	40,7	44,6	47,0	171,4	132,3	+ trava	303,7
Oznaka vzorca	K19ZN3T41	K19ZN3AB41	K19ZN3C41	K19ZN3D41	K19ZN3E41			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	2,0E-01 ± 3E-01 ‡	1,4E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	5,5E+03 ± 7E+02	4,3E+03 ± 3E+02	4,3E+03 ± 3E+02	9,8E+03 ± 7E+02
Ra-226	8,2E-02 ± 2E-01 ‡	1,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	7,9E+03 ± 8E+02	5,6E+03 ± 3E+02	5,6E+03 ± 3E+02	1,4E+04 ± 8E+02
Pb-210	2,1E+00 ± 6E-01	4,6E+02	1,7E+03 ± 4E+02	1,2E+03 ± 7E+02	6,4E+01 ± 6E+02 ‡	3,4E+03 ± 8E+02 x	3,4E+03 ± 8E+02 x	3,5E+03 ± 1E+03 x
Ra-228	4,1E-02 ± 1E-01 ‡	1,3E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 4E+01	5,7E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 8E+01	4,4E+03 ± 8E+01	1,0E+04 ± 2E+02
Th-228	9,4E-02 ± 4E-02	1,3E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 4E+01	5,6E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 6E+01	4,4E+03 ± 6E+01	1,0E+04 ± 2E+02
Th-230			1,0E+03 ± 1E+03 ‡			1,0E+03 ± 1E+03	1,0E+03 ± 1E+03	1,0E+03 ± 1E+03
K-40	1,1E+02 ± 3E+00	1,7E+04 ± 5E+02	1,9E+04 ± 7E+02	2,0E+04 ± 6E+02	6,9E+04 ± 2E+03	5,5E+04 ± 1E+03	5,5E+04 ± 1E+03	1,2E+05 ± 3E+03
Be-7	1,3E+01 ± 7E-01	1,6E+02 ± 6E+01			1,7E+02 ± 3E+02 ‡	1,6E+02 ± 6E+01	1,8E+02 ± 6E+01	3,3E+02 ± 3E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137		6,6E+02 ± 5E+01	7,1E+02 ± 3E+01	8,8E+02 ± 3E+01	3,4E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 6E+01	2,3E+03 ± 6E+01	5,6E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 1E+01	9,2E+01 ± 6E+00	9,2E+01 ± 6E+00	2,4E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
	18. 4. 2019							
Datum vzor.								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,08	0,39	0,39	0,41	0,44	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,09	40,7	44,6	47,0	171,4			
Oznaka vzorca	K19ZN3T41	K19ZN3AB41	K19ZN3C41	K19ZN3D41	K19ZN3E41			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,4E+00 ± 3E+00 ‡	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	
Ra-226	9,6E-01 ± 3E+00 ‡	3,7E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 3E+00	
Pb-210	2,4E+01 ± 6E+00	1,1E+01 †	3,8E+01 †	2,7E+01 ± 2E+01	3,7E-01 ± 4E+00 ‡	2,6E+01 x	1,1E+01 ± 4E+00 x	
Ra-228	4,8E-01 ± 1E+00 ‡	3,3E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 6E-01	3,3E+01 ± 6E-01	
Th-228	1,1E+00 ± 5E-01	3,3E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 5E-01	3,3E+01 ± 5E-01	
Th-230			2,3E+01 ± 3E+01 ‡			7,6E+00 ± 1E+01	3,3E+00 ± 5E+00	
K-40	1,2E+03 ± 4E+01	4,1E+02 ± 1E+01	4,2E+02 ± 1E+01	4,2E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 1E+01	4,2E+02 ± 8E+00	4,1E+02 ± 8E+00	
Be-7	1,5E+02 ± 8E+00	4,0E+00 ± 1E+00			9,8E-01 ± 2E+00 ‡	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 9E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,6E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 6E-01	2,0E+01 ± 7E-01	1,7E+01 ± 5E-01	1,9E+01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		6,7E-01 ± 8E-02	6,5E-01 ± 7E-02	7,6E-01 ± 8E-02	8,6E-01 ± 8E-02	7,0E-01 ± 4E-02	7,9E-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 2019 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 (***)

Vzroč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,13	36,3	45,6	54,8	114,5	136,7	+ trava	251,2
Oznaka vzorca	K19ZN3T91	K19ZN3AB91	K19ZN3C91	K19ZN3D91	K19ZN3E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	9,5E-01 ± 6E-01	9,8E+02 ± 9E+01	1,5E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 5E+02
Ra-226	1,6E+00 ± 6E-01	1,5E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 5E+02	5,7E+03 ± 3E+02	5,7E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	1,3E+01 ± 1E+00	2,3E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 7E+02	3,8E+03 ± 4E+02	6,4E+03 ± 7E+02	6,4E+03 ± 7E+02	1,0E+04 ± 8E+02
Ra-228	3,8E-01 ± 1E-01	1,2E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,8E+03 ± 6E+01	3,6E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 8E+01	4,3E+03 ± 8E+01	7,9E+03 ± 1E+02
Th-228	4,1E-01 ± 7E-02	1,2E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 5E+01	3,6E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	8,0E+03 ± 2E+02
Th-230		2,3E+03 ± 6E+02	1,8E+03 ± 3E+02		1,2E+03 ± 5E+03 ‡	4,3E+03 ± 7E+02	4,3E+03 ± 7E+02	5,5E+03 ± 5E+03
K-40	9,0E+01 ± 3E+00	1,5E+04 ± 5E+02	1,8E+04 ± 9E+02	2,1E+04 ± 7E+02	4,5E+04 ± 2E+03	5,4E+04 ± 1E+03	5,4E+04 ± 1E+03	9,9E+04 ± 2E+03
Be-7	9,5E+01 ± 4E+00	5,2E+02 ± 5E+01	8,4E+01 ± 3E+01			6,0E+02 ± 6E+01	7,0E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E-01 ± 4E-02	4,8E+02 ± 2E+01	6,5E+02 ± 4E+01	8,6E+02 ± 3E+01	1,7E+03 ± 6E+01	2,0E+03 ± 5E+01	2,0E+03 ± 5E+01	3,7E+03 ± 8E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		1,9E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 9E+00	7,0E+01 ± 5E+00	7,0E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 1E+01

Vzroč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	24. 9. 2019							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,09	0,36	0,39	0,43	0,46			
Kol. (kg/m ²)	0,13	36,3	45,6	54,8	114,5	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K19ZN3T91	K19ZN3AB91	K19ZN3C91	K19ZN3D91	K19ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	7,4E+00 ± 5E+00	2,7E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	
Ra-226	1,2E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	
Pb-210	9,9E+01 ± 8E+00	6,9E+01 ± 4E+00	5,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 3E+00	
Ra-228	2,9E+00 ± 1E+00	3,3E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 6E-01	
Th-228	3,2E+00 ± 6E-01	3,2E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 6E-01	
Th-230		6,9E+01 ± 2E+01	4,0E+01 ± 7E+00		1,0E+01 ± 4E+01 ‡	3,2E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 2E+01	
K-40	7,0E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 9E+00	4,0E+02 ± 1E+01	
Be-7	7,4E+02 ± 3E+01	1,4E+01 ± 2E+00	1,8E+00 ± 6E-01			4,4E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E+00 ± 3E-01	1,3E+01 ± 6E-01	1,4E+01 ± 8E-01	1,6E+01 ± 6E-01	1,5E+01 ± 5E-01	1,5E+01 ± 4E-01	1,5E+01 ± 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,1E-01 ± 7E-02	4,8E-01 ± 7E-02	5,4E-01 ± 6E-02	6,1E-01 ± 8E-02	5,1E-01 ± 4E-02	5,6E-01 ± 4E-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 2019 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.	5,33	5,13	5,26	5,35	5,29	5,39		
Kol. vzorca (kg)								
Oznaka vzorca	MLPE0119	MLPE0219	MLPE0319	MLPE0419	MLPE0519	MLPE0619		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)							
U-238			1,3E-2 ± 8E-03	1,8E-2 ± 6E-03	3,3E-2 ± 1E-02	1,8E-2 ± 8E-03	6,7E-02 ± 1E-02	
Ra-226	3,2E-1 ± 6E-02					8,2E-2 ± 5E-02	8,7E-02 ± 1E-02	
Pb-210	4,4E-1 ± 4E-02						8,0E-03 ± 3E-03	
Ra-228	3,2E-2 ± 9E-03			1,6E-2 ± 1E-02 ‡			5,3E-03 ± 3E-03	
Th-228			1,6E-2 ± 1E-02 ‡					
Th-230								
K-40	3,6E+1 ± 8E-01	5,1E+1 ± 3E+00	5,3E+1 ± 2E+00	5,3E+1 ± 2E+00	5,4E+1 ± 2E+00	4,2E+1 ± 2E+00	4,8E+01 ± 9E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-2 ± 1E-03	6,3E-2 ± 7E-03	3,5E-2 ± 5E-03	1,8E-2 ± 4E-03	1,9E-2 ± 5E-03	1,7E-2 ± 4E-03	2,8E-02 ± 2E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,9E-2 ± 8E-03	3,4E-2 ± 8E-03	1,8E-2 ± 7E-03	1,4E-2 ± 6E-03	< 2,1E-2 †	1,2E-2 ± 7E-03	2,1E-02 ± 4E-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 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 2019 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.	5,38	5336,00	5,34	5,19	5,28	5,20	
Kol. vzorca (kg)							
Oznaka vzorca	MLPE0719	MLPE0819	MLPE0919	MLPE1019	MLPE1119	MLPE1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	1,8E-2 ± 1E-02	9,8E-3 ± 6E-03		2,7E-2 ± 2E-02 ‡	9,0E-2 ± 6E-03	2,3E-2 ± 1E-02	4,7E-02 ± 6E-03
Pb-210				1,1E-1 ± 6E-02		1,2E-1 ± 1E-01 ‡	6,3E-02 ± 1E-02
Ra-228			3,4E-2 ± 1E-02				6,8E-03 ± 2E-03
Th-228		2,8E-2 ± 2E-02					5,0E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	5,1E+1 ± 3E+00	4,9E+1 ± 3E+00	5,4E+1 ± 3E+00	5,0E+1 ± 3E+00	5,5E+1 ± 2E+00	5,2E+1 ± 3E+00	5,0E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,1E-2 ± 5E-03	2,6E-2 ± 5E-03	3,8E-2 ± 7E-03	5,0E-2 ± 6E-03	1,6E-1 ± 7E-03	7,4E-2 ± 6E-03	4,7E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,1E-2 ± 7E-03	3,2E-2 ± 8E-03	2,2E-2 ± 9E-03	2,7E-2 ± 9E-03	4,8E-2 ± 1E-02	4,4E-2 ± 1E-02	2,7E-02 ± 3E-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 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 2019 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Dolenje Skopice						
	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (**)
Datum vzor.	5,41	5,33	5,25	5,18	5,01	5,29	
Kol. vzorca (kg)	MLDS0119	MLDS0219	MLDS0319	MLDS0419	MLDS0519	MLDS0619	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			8,5E-2 ± 4E-02				1,4E-02 ± 7E-03
Ra-226			5,7E-3 ± 5E-03 ‡	2,1E-2 ± 1E-02	2,4E-2 ± 6E-03		8,5E-03 ± 2E-03
Pb-210		8,4E-2 ± 4E-02	5,9E-2 ± 4E-02			4,1E-2 ± 3E-02	2,4E-02 ± 9E-03
Ra-228	2,3E-2 ± 6E-03	2,2E-2 ± 2E-02	1,8E-2 ± 1E-02				1,7E-02 ± 6E-03
Th-228	7,1E-3 ± 5E-03	3,2E-2 ± 1E-02					6,5E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	3,6E+1 ± 8E-01	4,3E+1 ± 2E+00	4,7E+1 ± 3E+00	4,9E+1 ± 3E+00	6,0E+1 ± 3E+00	5,4E+1 ± 3E+00	4,8E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-2 ± 1E-03	1,4E-2 ± 3E-03	1,3E-2 ± 3E-03	< 8,3E-3 †	< 6,5E-3 †	1,8E-2 ± 6E-03	1,2E-02 ± 2E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	< 3,1E-3 †	< 1,0E-3 †	< 1,0E-3 †	< 1,2E-3 †	1,0E-2 ± 7E-03	8,9E-3 ± 6E-03	4,2E-03 ± 2E-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 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 2019 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Dolenje Skopice						
	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (**)
Datum vzor.	5,14	5,34	4,87	5,31	5,34	5,46	
Kol. vzorca (kg)	MLDS0719	MLDS0819	MLDS0919	MLDS1019	MLDS1119	MLDS1219	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			8,0E-2 ± 7E-02 ‡	1,5E-1 ± 9E-02	1,5E-1 ± 7E-02	2,3E-2 ± 1E-02	3,9E-02 ± 1E-02
Ra-226		1,8E-2 ± 1E-02			8,3E-2 ± 7E-03	1,3E-1 ± 8E-02	1,5E-02 ± 2E-03
Pb-210						5,6E-2 ± 5E-02 ‡	2,3E-02 ± 8E-03
Ra-228	4,6E-2 ± 3E-02	2,8E-2 ± 2E-02				3,5E-2 ± 2E-02	1,7E-02 ± 6E-03
Th-228							8,5E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	5,3E+1 ± 3E+00	4,8E+1 ± 2E+00	4,4E+1 ± 2E+00	4,9E+1 ± 3E+00	5,0E+1 ± 2E+00	4,9E+1 ± 3E+00	4,8E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1,3E-2 †	9,0E-3 †	< 9,5E-3 †	< 1,5E-2 †	< 7,3E-3 †	< 1,5E-2 †	1,2E-02 ± 1E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	< 1,2E-3 †	2,9E-2 ± 8E-03	1,2E-2 ± 7E-03	1,5E-2 ± 7E-03	1,5E-2 ± 2E-02 ‡	< 1,3E-3 †	8,2E-03 ± 3E-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 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 2019 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij		
Kol. vzorca (kg)	5,03	5,11	5,21	5,35	5,40	4,96		
Oznaka vzorca	MLBG0119	MLBG0219	MLBG0319	MLBG0419	MLBG0519	MLBG0619		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)							
U-238								
Ra-226	1,7E-2 ± 1E-02	9,7E-3 ± 9E-03 ‡	1,2E-2 ± 7E-03			1,4E-1 ± 9E-03	3,0E-02 ± 3E-03	
Pb-210						5,4E-1 ± 5E-02	9,0E-02 ± 9E-03	
Ra-228	6,4E-2 ± 4E-02	2,4E-2 ± 2E-02	2,0E-2 ± 1E-02	8,5E-2 ± 2E-02		3,5E-2 ± 2E-02	3,8E-02 ± 9E-03	
Th-228								
Th-230								
K-40	3,8E+1 ± 2E+00	4,6E+1 ± 3E+00	5,0E+1 ± 2E+00	4,9E+1 ± 3E+00	4,8E+1 ± 3E+00	5,3E+1 ± 3E+00	4,7E+01 ± 1E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,3E-2 ± 7E-03	3,0E-2 ± 5E-03	1,2E-2 ± 3E-03	4,6E-2 ± 8E-03	2,3E-2 ± 6E-03	3,1E-2 ± 5E-03	2,9E-02 ± 2E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	< 2,7E-3 †	< 9,1E-4 †	4,9E-3 ± 6E-03 ‡	2,0E-2 ± 1E-02	< 2,1E-3 †	1,2E-2 ± 7E-03	7,0E-03 ± 3E-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 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 2019 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (**)
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december		
Kol. vzorca (kg)	5,02	5,26	5,34	5,26	5,28	5,29		
Oznaka vzorca	MLBG0719	MLBG0819	MLBG0919	MLBG1019	MLBG1119	MLBG1219		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)							
U-238	1,0E-1 ± 5E-02						8,3E-03 ± 4E-03	
Ra-226	1,2E-2 ± 5E-03		1,2E-1 ± 4E-02	4,8E-2 ± 4E-02	1,2E-2 ± 8E-03		3,1E-02 ± 5E-03	
Pb-210							4,5E-02 ± 4E-03	
Ra-228	5,9E-2 ± 2E-02		4,5E-2 ± 2E-02	1,9E-2 ± 2E-02 ‡			2,9E-02 ± 5E-03	
Th-228			2,6E-2 ± 1E-02			5,7E-2 ± 2E-02	6,9E-03 ± 2E-03	
Th-230								
K-40	5,0E+1 ± 2E+00	7,1E+1 ± 3E+00	4,9E+1 ± 2E+00	5,1E+1 ± 3E+00	4,7E+1 ± 3E+00	5,1E+1 ± 3E+00	5,0E+01 ± 7E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,8E-2 ± 3E-03	3,3E-2 ± 4E-03	3,5E-2 ± 4E-03	4,2E-2 ± 8E-03	2,9E-2 ± 7E-03	< 1,5E-2 †	3,0E-02 ± 3E-03 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	6,7E-3 ± 7E-03 ‡	1,5E-2 ± 7E-03	2,2E-2 ± 9E-03	2,7E-2 ± 9E-03	4,8E-2 ± 1E-02	< 1,3E-2 †	1,4E-02 ± 4E-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 2019 T - 64
10. MLEKO – posamični vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Dolenje Skopice	Brege
		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI I-131 (Bq/L)		
4. 6. 2019	5. 6. 2019	< 7,49E-3	< 6,66E-3	< 7,91E-3
26. 6. 2019	27. 6. 2019	< 7,51E-3	< 7,09E-3	< 7,73E-3
1. 7. 2019	2. 7. 2019	< 9,48E-3	< 6,35E-3	< 6,80E-3
1. 8. 2019	2. 8. 2019	< 8,01E-3	< 6,75E-3	< 7,16E-3
13. 8. 2019	14. 8. 2019	< 7,57E-3	< 6,95E-3	< 7,95E-3
3. 9. 2019	4. 9. 2019	< 9,19E-3	< 8,82E-3	< 7,38E-3
16. 9. 2019	17. 9. 2019	< 7,94E-3	< 7,10E-3	< 8,01E-3
10. 10. 2019	11. 10. 2019	< 8,42E-3	< 7,07E-3	< 7,76E-3

LETO 2019 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 (Žadovinek)	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK			Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	16. 9. 2019	1. 10. 2019	2. 9. 2019	1. 10. 2019	1. 10. 2019	1. 10. 2019	
Kol. vzorca (kg)	0,39	0,38	0,38	0,39	0,34	0,39	
Odstoteksuhe snovi	13,40	14,20	16,60	13,90	16,00	17,40	
Oznaka vzorca	K19HSJB191	K19HSJB4A1	K19HSJB591	K19HSJB6A1	K19HSJB9A1	K19HSJB10A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238	4,0E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	8,8E-02 ± 1E-01 ‡			5,2E-01 ± 3E-01	2,3E-01 ± 7E-02
Ra-226			2,0E-02 ± 4E-02 ‡		1,2E-01 ± 2E-01 ‡	1,0E-01 ± 1E-01 ‡	4,1E-02 ± 3E-02
Pb-210	1,4E-01 †	3,9E-02 ± 3E-01 ‡	9,4E-02 ± 7E-02	1,4E-01 †	8,3E-02 ± 2E-01 ‡	1,7E-01 †	1,1E-01 ± 2E-02 x
Ra-228		3,6E-02 ± 5E-02 ‡				3,2E-02 ± 6E-02 ‡	1,1E-02 ± 1E-02
Th-228	4,3E-03 ± 2E-02 ‡	3,6E-02 ± 2E-02	5,2E-02 ± 1E-02	6,9E-03 ± 3E-02 ‡	4,0E-02 ± 2E-02	3,5E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 9E-03
Th-230							
K-40	3,8E+01 ± 1E+00	5,1E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 7E-01
Be-7	3,4E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	8,5E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	8,1E-01 ± 1E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		5,1E-03 ± 1E-02 ‡				5,5E-04 ± 7E-03 ‡	9,4E-04 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,6E-03 †	1,7E-03 †	2,1E-03 †		2,2E-03 †	2,6E-03 †	1,7E-03 ± 4E-04 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 2019 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Eurosad (nasad Leskovec)		Povprečje - hruške (*)
	Hruške pachams	Hruške viljamovla	
Vrsta vzorca			
Datum vzor.	2. 9. 2019	2. 9. 2019	
Kol. vzorca (kg)	0,39	0,40	
Odstotek suhe snovi	15,00	16,20	
Oznaka vzorca	K19HSHR191	K19HSHR791	
IZOTOP			
SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	2,2E-01 ± 2E-01 ‡		1,1E-01 ± 1E-01
Ra-226	9,7E-02 ± 1E-01 ‡	1,9E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 7E-02
Pb-210	1,4E-01 †	2,5E-02 †	8,2E-02 ± 6E-02 x
Ra-228			
Th-228	3,7E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 1E-02	3,7E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	6,3E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 2E+00
Be-7	1,5E+00 ± 1E-01	4,4E-01 ± 8E-02	9,7E-01 ± 8E-02
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	9,3E-03 ± 2E-03	1,3E-02 ± 2E-03	1,1E-02 ± 1E-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 a posteriori negotovostjo.

LETO 2019 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Vrbina (Evrosad)	Pesje	Povprečje - jagode (*)
	Jagode	Jagode	
Vrsta vzorca			
Datum vzor.	16. 5. 2019	8. 5. 2019	
Kol. vzorca (kg)	0,29	0,37	
Odstotek suhe snovi	8,50	8,70	
Oznaka vzorca	K19HSJG351	K19HSJG951	
IZOTOP			
SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	3,2E-02 ± 1E-01 ‡	1,5E-01 ± 1E-01	9,0E-02 ± 8E-02
Ra-226	1,5E-01 ± 9E-02	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,3E-01 ± 7E-02
Pb-210	4,7E-02 ± 2E-01 ‡	4,2E-02 ± 2E-01 ‡	4,5E-02 ± 2E-01
Ra-228		5,8E-02 ± 3E-02	2,9E-02 ± 1E-02
Th-228	2,5E-02 ± 9E-03	3,7E-02 ± 1E-02	3,1E-02 ± 7E-03
Th-230			
K-40	3,8E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 8E-01
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-89/Sr-90	1,6E-02 ± 2E-03	2,1E-02 ± 2E-03	1,9E-02 ± 1E-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.

LETO 2019 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo grozdje ter šipek in bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Leskovec		Vrbina	
Vrsta vzorca	Grozdje - rdeče	Grozdje - belo	Šipek	Bezeg
Datum vzor.	30. 9. 2019	30. 9. 2019	2. 9. 2019	2. 9. 2019
Kol. vzorca (kg)	0,42	2,37	0,08	0,09
Odstotek suhe snovi	19,20	20,60	50,10	55,00
Oznaka vzorca	K19HSGR191	K19HSGR291	K19HSSP291	K19HSBZ391
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,1E-01 ± 1E-01 ‡		7,9E-01 ± 7E-01 ‡	7,5E-01 ± 2E+00 ‡
Ra-226				1,1E+00 ± 8E-01 ‡
Pb-210	1,8E-01 ± 9E-02 ‡	1,8E-01 †	1,9E+00 ± 6E-01 ‡	2,0E+00 ± 2E+00 ‡
Ra-228				1,8E-01 ± 4E-01 ‡
Th-228	3,2E-03 ± 1E-02 ‡		1,0E-01 ± 8E-02 ‡	8,7E-02 ± 8E-02 ‡
Th-230				
K-40	7,1E+01 ± 3E+00 ‡	7,0E+01 ± 3E+00 ‡	1,9E+02 ± 1E+01 ‡	1,8E+02 ± 6E+00 ‡
Be-7	7,3E-01 ± 1E-01 ‡	1,7E+00 ± 3E-01 ‡	8,6E+00 ± 1E+00 ‡	2,3E+01 ± 1E+00 ‡
I-131				
Cs-134				
Cs-137			6,8E-02 ± 8E-02 ‡	
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,3E-02 ± 4E-03 ‡	4,5E-02 ± 3E-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 2019 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – solata, blitva, paradižnik, fižol

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Dolenje Skopice	Vihre	Spodnji Stari grad	Trnje
Vrsta vzorca	solata	blitva	paradižnik	fižol
Datum vzor.	26. 6. 2019	26. 6. 2019	3. 8. 2019	3. 8. 2019
Oznaka vzorca	SZNEK010619	SZNEK020619	SZNEK030819	SZNEK040819
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	5,7E-1 ± 2E-01 ‡	2,1E-1 ± 1E-01 ‡	1,7E-1 ± 8E-02 ‡	
Ra-226	2,5E-1 ± 2E-02 ‡	1,9E-1 ± 1E-02 ‡	6,9E-2 ± 5E-02 ‡	
Pb-210	1,5E+0 ± 2E-01 ‡	1,3E+0 ± 1E-01 ‡		
Ra-228	2,1E-1 ± 3E-02 ‡	2,0E-1 ± 3E-02 ‡	4,7E-2 ± 2E-02 ‡	
Th-228	1,9E-1 ± 3E-02 ‡	7,9E-2 ± 3E-02 ‡		
Th-230				
K-40	1,3E+2 ± 7E+00 ‡	1,3E+2 ± 7E+00 ‡	5,5E+1 ± 3E+00 ‡	2,5E+2 ± 1E+01 ‡
Be-7	1,4E+1 ± 4E-01 ‡	1,1E+1 ± 3E-01 ‡		
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,3E-2 ± 1E-02 ‡	7,5E-2 ± 7E-03 ‡	1,2E-2 †	4,8E-2 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,2E-1 ± 3E-02 ‡	9,3E-2 ± 3E-02 ‡	3,4E-3 †	7,2E-3 †

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2019 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – peteršilj, bučke, kumare, čebula

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Vihre	Dolenje Skopice	Žadovinek
Vrsta vzorca	peteršilj	bučke	kumare	čebula
Datum vzor.	3. 8. 2019	3. 8. 2019	3. 8. 2019	3. 8. 2019
Oznaka vzorca	SZNEK050819	SZNEK060819	SZNEK070819	SZNEK080819
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	3,3E-1 ± 2E-01			
Ra-226	3,4E-1 ± 2E-02	2,9E-2 ± 6E-03	7,0E-2 ± 1E-02	4,3E-2 ± 2E-02
Pb-210	2,5E+0 ± 3E-01			2,8E-1 ± 1E-01
Ra-228	4,1E-1 ± 4E-02		3,3E-2 ± 2E-02	
Th-228	2,2E-1 ± 4E-02	1,6E-1 ± 6E-02		
Th-230				
K-40	2,0E+2 ± 9E+00	5,8E+1 ± 3E+00	5,0E+1 ± 3E+00	5,1E+1 ± 3E+00
Be-7	1,8E+1 ± 6E-01	5,0E-2 ± 2E-02	4,6E-1 ± 6E-02	2,7E-1 ± 8E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,3E-1 ± 1E-02	6,8E-3 †	1,9E-2 ± 5E-03	2,2E-2 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	5,3E-1 ± 1E-02	1,5E-2 ± 1E-02	4,3E-2 ± 1E-02	7,8E-3 †

(***) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2019 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – korenje, krompir, rdeča pesa, grah

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Spodnji grad	Trnje	Žadovinek
Vrsta vzorca	korenje	krompir	rdeča pesa	grah
Datum vzor.	13. 8. 2019	13. 8. 2019	13. 8. 2019	13. 8. 2019
Oznaka vzorca	SZNEK090819	SZNEK100819	SZNEK110819	SZNEK120819
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238			1,3E-01 ± 1E-01 ‡	
Ra-226	1,1E-1 ± 1E-02		5,0E-02 ± 2E-02	4,4E-2 ± 2E-02
Pb-210	1,3E-1 ± 1E-01 ‡	1,1E-1 ± 8E-02		1,5E-1 ± 1E-01 ‡
Ra-228	2,5E-1 ± 4E-02	1,8E-2 ± 2E-02 ‡		8,3E-2 ± 4E-02
Th-228		2,4E-2 ± 1E-02		5,9E-2 ± 4E-02
Th-230				
K-40	1,2E+2 ± 7E+00	1,3E+2 ± 6E+00	1,2E+02 ± 7E+00	1,1E+2 ± 6E+00
Be-7	2,0E-1 ± 6E-02		1,3E+00 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,9E-2 †	4,6E-2 ± 5E-03	8,5E-02 ± 1E-02	2,6E-2 ± 7E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	3,4E-1 ± 7E-02	2,7E-2 ± 2E-02	1,7E-01 ± 4E-02	7,5E-2 ± 6E-02

(***) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2019 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – por, paprika, feferoni, zelje

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege			Žadovinek
	por	paprika	feferoni	zelje
Datum vzor.	16. 9. 2019	16. 9. 2019	16. 9. 2019	23. 9. 2019
Oznaka vzorca	SZNEK130919	SZNEK140919	SZNEK150919	SZNEK160919
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238			6,6E-1 ± 2E-01	
Ra-226	7,7E-2 ± 2E-02	2,0E-2 ± 2E-02 ‡	3,0E-2 ± 2E-02	
Pb-210	9,9E-1 ± 2E-01		1,6E-1 ± 1E-01 ‡	
Ra-228				1,1E-1 ± 8E-02
Th-228	4,6E-2 ± 4E-02 ‡			
Th-230				
K-40	7,9E+1 ± 4E+00	5,7E+1 ± 3E+00	7,8E+1 ± 4E+00	8,3E+1 ± 5E+00
Be-7	6,0E+0 ± 3E-01	9,4E-1 ± 9E-02	2,4E+0 ± 2E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,5E-2 †	1,5E-2 †	2,8E-2 †	2,6E-2 ± 8E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,6E-1 ± 3E-02	2,5E-2 ± 2E-02 ‡	1,5E-1 ± 4E-02	5,6E-2 ± 2E-02

(***) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2019 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – pšenica, ječmen, koruza, repa

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vrbina			Trnje
	pšenica	ječmen	koruza	repa
Datum vzor.	19. 10. 2019	19. 10. 2019	19. 10. 2019	19. 10. 2019
Oznaka vzorca	SZNEK171019	SZNEK181019	SZNEK191019	SZNEK201019
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	6,4E-1 ± 4E-01		3,6E-1 ± 2E-01	7,6E-2 ± 6E-02 ‡
Ra-226	1,2E-1 ± 4E-02	3,6E-1 ± 8E-02	9,3E-2 ± 2E-02	2,2E-2 ± 6E-03
Pb-210		4,4E+0 ± 8E-01	4,5E-1 ± 1E-01	
Ra-228		2,8E-1 ± 2E-01		3,6E-2 ± 2E-02
Th-228		6,1E-1 ± 2E-01		
Th-230				
K-40	1,6E+2 ± 9E+00	1,6E+2 ± 7E+00	1,4E+2 ± 7E+00	8,9E+1 ± 5E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,0E-2 †	1,5E-1 ± 4E-02	1,8E-2 †	1,1E-1 ± 6E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,2E-2 †	9,0E-1 ± 2E-01	1,1E-2 †	1,8E-2 †

(***) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2019 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 (*)	Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kokošja jajca	Kokošja jajca		
Datum vzor.	9. 1. 2019	10. 4. 2019		9. 1. 2019
Kol. vzorca (kg)	0,24	0,27		0,10
Odstotek suhe snovi	23,50	24,50		25,20
Oznaka vzorca	K19HJ111	K19HJ341		K19HMK111
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	3,2E-01 ± 5E-01 ‡	6,5E-02 ± 3E-01 ‡	1,9E-01 ± 3E-01	
Ra-226	2,6E-02 ± 4E-01 ‡		1,3E-02 ± 2E-01	
Pb-210	2,3E-01 †	1,3E-01 †	1,8E-01 ± 5E-02 x	4,0E-01 †
Ra-228		1,4E-01 ± 7E-02	7,1E-02 ± 3E-02	
Th-228		6,0E-02 ± 3E-02	3,0E-02 ± 1E-02	1,9E-01 ± 1E-01
Th-230				
K-40	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	9,6E+01 ± 9E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137				1,3E-01 ± 6E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	4,8E-03 †	1,5E-02 ± 3E-03	9,8E-03 ± 5E-03 x	1,1E-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 2019 T - 75
13. HRANILA – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Brege	Leskovec	Povprečje - svinjsko meso (*)	Leskovec	
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso		Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	23. 1. 2019	9. 1. 2019	9. 1. 2019	9. 1. 2019	
Kol. vzorca (kg)	0,51	0,38	0,32	0,32	
Odstotek suhe snovi	37,60	29,00	22,80	26,90	
Oznaka vzorca	K19HMS211	K19HMS811	K19HMG811	K19HMD811	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	7,7E-01 ± 4E-01		3,9E-01 ± 2E-01		
Ra-226					
Pb-210	3,1E-01 †	2,7E-01 †	2,9E-01 ± 2E-02 x	2,3E-01 †	1,6E-01 †
Ra-228	7,5E-03 ± 1E-01 ‡		3,7E-03 ± 6E-02		
Th-228	5,0E-02 ± 2E-02	1,4E-02 ± 6E-02 ‡	3,2E-02 ± 3E-02	2,1E-02 ± 6E-02 ‡	2,7E-03 ± 3E-02 ‡
Th-230					1,8E+00 ± 4E+00 ‡
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7		1,9E-01 ± 3E-01 ‡	9,5E-02 ± 1E-01		
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-02	3,9E-02 ± 4E-02 ‡	7,5E-02 ± 2E-02	8,1E-02 ± 3E-02	5,5E-02 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	4,1E-03 †	3,9E-03 †	4,0E-03 ± 1E-04 x	3,5E-03 †	5,1E-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 – POSAMIČNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

3. PODTALNICA

VODA - POSAMIČNI VZORCI

LETO 2019 T – HE 1a
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						
	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	47,90	43,10	47,85	44,9	49,4	46,30	
Kol. vzorca (L)	47,90	43,10	47,85	44,9	49,4	46,30	
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0119	NEKVHEJ0219	NEKVHEJ0319	NEKVHEJ0419	NEKVHEJ0519	NEKVHEJ0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		4,1E+00 ± 2E+00		4,9E+00 ± 2E+00		2,8E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 5E-01
Ra-226	2,5E+00 ± 2E-01	8,5E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 4E-01 ‡	7,4E-01 ± 2E-01		2,0E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 9E-02
Pb-210	6,1E+00 ± 2E+00		1,6E+01 ± 2E+00	3,8E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 6E-01
Ra-228	1,4E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 4E-01	7,9E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 7E-01		1,9E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Th-228	8,6E-01 ± 5E-01	8,9E-01 ± 4E-01	3,9E-01 ± 3E-01	5,1E-01 ± 4E-01 ‡			4,4E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 1E+00
Be-7	4,7E+01 ± 2E+00	3,8E+00 ± 1E+00	1,4E+02 ± 4E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 5E+00	2,7E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 1E+00
I-131			1,4E+01 ± 2E+00				2,4E+00 ± 3E-01
Cs-134							
Cs-137	2,0E-01 †	2,0E-01 †	1,4E-01 †	2,1E-01 †	3,8E-01 †	3,0E-01 †	2,4E-01 ± 4E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,5E-01 †	2,5E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 3E-01 x
H-3	8,9E+02 ± 1E+02	5,3E+02 ± 6E+01	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 9E+01	1,1E+03 ± 8E+01	1,0E+03 ± 8E+01	9,9E+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 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 aposteriornomo negotovostjo.

LETO 2019 T – HE 2a
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						
	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	115,9	109,1	130,4	111,7	117,8	92,8	
Kol. vzorca (L)	115,9	109,1	130,4	111,7	117,8	92,8	
Susp. snov (g)	0,8	1,0	0,5	0,5	0,9	0,6	
Oznaka vzorca	NEKFHEJ0119	NEKFHEJ0219	NEKFHEJ0319	NEKFHEJ0419	NEKFHEJ0519	NEKFHEJ0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		1,3E+00 ± 7E-01		9,8E-01 ± 7E-01		5,6E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01
Ra-226	2,2E-01 ± 2E-01 ‡	4,5E-01 ± 9E-02	2,8E-01 ± 9E-02	1,6E-01 ± 1E-01			2,8E-01 ± 5E-02
Pb-210	1,1E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 8E-01				5,8E-01 ± 2E-01
Ra-228	8,9E-01 ± 3E-01	5,3E-01 ± 2E-01			5,5E-01 ± 3E-01		3,3E-01 ± 8E-02
Th-228	4,0E-01 ± 3E-01	5,0E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 2E-01		3,2E-01 ± 8E-02
Th-230		5,8E+00 ± 5E+00 ‡					9,7E-01 ± 8E-01
K-40		6,1E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00 ‡	3,3E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 5E-01
Be-7				7,6E-01 ± 7E-01 ‡			1,3E-01 ± 1E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-01 †	2,1E-01 ± 9,6E-02	9,0E-02 †	1,1E-01 †	1,5E-01 †	9,8E-02 †	1,3E-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 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 aposteriornomo negotovostjo.

LETO 2019 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							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor.	avgust	september	oktober	november	december		
Kol. vzorca (L)	48,1	48,3	48,3	48,4	47,6	48,2		
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0719	NEKVHEJ0819	NEKVHEJ0919	NEKVHEJ1019	NEKVHEJ1119	NEKVHEJ1219		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238	3,2E-01 ± 2E-01	3,2E+01 ± 7E-01	4,2E-01 ± 2E-01	3,3E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 3E-01	
Ra-226	5,0E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	4,0E-01 ± 3E-01	1,5E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 5E+00	3,9E+00 ± 1E-01	
Pb-210	7,9E-01 ± 5E-01	8,2E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,7E+01 ± 2E+00	1,5E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 8E-01	1,1E+01 ± 6E-01	
Ra-228		1,2E+00 ± 5E-01		6,6E-01 ± 4E-01		1,2E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 2E-01	
Th-228							4,2E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 1E+00	
Be-7	8,0E+00 ± 1E+00	5,8E+01 ± 3E+00	4,2E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 5E+00	3,5E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+00	
I-131			3,6E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 6E-01			1,7E+00 ± 1E-01	
Cs-134								
Cs-137	2,8E-01 †	2,8E-01 †	1,3E-01 †	1,9E-01 †	3,8E-01 †	4,2E-01 †	2,6E-01 ± 3E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	4,3E-01 †	1,6E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 2E-01 x	
H-3*	8,6E+02 ± 7E+01	2,1E+03 ± 1E+02	2,2E+04 ± 8E+02	9,9E+03 ± 4E+02	5,8E+02 ± 7E+01	6,0E+02 ± 7E+01	3,5E+03 ± 8E+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.

LETO 2019 T – HE 2b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	datum vzor.	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	99,8	100,6	98,7	105,5	96,5	98,0	
Susp. snov (g)	0,7	1,3	0,7	0,6	1,4	0,6	
Oznaka vzorca	NEKPFHEJ0719	NEKPFHEJ0819	NEKPFHEJ0919	NEKPFHEJ1019	NEKPFHEJ1119	NEKPFHEJ1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238		8,5E-01 ± 7E-01 ‡			2,0E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00	7,8E-01 ± 3E-01
Ra-226	4,0E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 2E-01		5,7E-01 ± 1E-01	9,9E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 5E-02
Pb-210				1,5E+00 ± 8E-01			3,2E-01 ± 1E-01
Ra-228	7,8E-01 ± 4E-01	5,5E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 2E-01			3,3E-01 ± 5E-02
Th-228		5,1E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 2E-01	6,4E-01 ± 3E-01		4,4E-01 ± 1E-01
Th-230							1,6E-01 ± 4E-02
K-40			2,1E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00 ‡	1,2E+00 ± 3E-01
Be-7							4,8E-01 ± 4E-01
I-131							1,5E+00 ± 3E-01
Cs-134							6,3E-02 ± 6E-02
Cs-137	1,3E-01 †	8,8E-02 †	8,5E-02 †	1,6E-01 ± 3,3E-02	1,8E-01 †	1,9E-01 †	7,0E-02 ± 2E-02 x
Co-58							
Co-60							6,5E-02 ± 1E-02
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							
	Datum vzor.	3. 1. 2019	1. 2. 2019	1. 3. 2019	2. 4. 2019	30. 4. 2019	4. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	42,40	41,70	42,75	41,65	43,00	42,60		
Oznaka vzorca	RSHEL0119	RSHEL0219	RSHEL0319	RSHEL0419	RSHEL0519	RSHEL0619		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,2E+00 ± 2E+00	7,9E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00 ‡	5,7E-01 ± 5E-01 ‡	2,3E+00 ± 6E-01	
Ra-226	9,2E+00 ± 2E+00	5,2E-01 ± 2E-01	4,3E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	1,2E+00 ± 3E-01	7,8E+00 ± 3E+00	1,1E+00 ± 2E-01	
Pb-210	1,7E+00 ± 5E-01	1,0E+01 ± 1E+00	1,8E+00 ± 9E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	1,4E+00 ± 7E-01	6,0E+00 ± 7E-01	
Ra-228	8,1E-01 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	6,4E-01 ± 5E-01	6,0E-01 ± 5E-01			1,6E+00 ± 3E-01	
Th-228		5,1E-01 ± 4E-01					4,3E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	4,2E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	
Be-7	5,2E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00		1,7E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 8E-01	
I-131	1,2E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 7E-01	1,2E+01 ± 1E+00		2,9E+00 ± 5E-01	3,6E+00 ± 2E-01	
Cs-134								
Cs-137	2,2E-01 †	1,7E-01 †	2,5E-01 †	2,2E-01 †	4,5E-01 †	3,0E-01 †	2,7E-01 ± 4E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	5,5E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E+00 ‡	2,3E+00 ± 3E-01	
H-3	6,2E+02 ± 9E+01	3,9E+02 ± 8E+01	5,7E+02 ± 6E+01	5,3E+02 ± 8E+01	5,3E+02 ± 7E+01	7,0E+02 ± 7E+01	5,6E+02 ± 3E+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 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.

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg							
	Datum vzor.	1. 7. 2019	1. 8. 2019	3. 9. 2019	2. 10. 2019	4. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	43,6	42,4	43,8	41,9	41,7	41,8		
Oznaka vzorca	RSHEL0719	RSHEL0819	RSHEL0919	RSHEL1019	RSHEL1119	RSHEL1219		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,9E+00 ± 2E+00		3,8E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00 ‡			2,0E+00 ± 4E-01	
Ra-226	1,9E+00 ± 3E-01	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01		2,3E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Pb-210	2,8E+00 ± 2E+00 ‡	3,2E+00 ± 3E+00 ‡	1,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 3E+00	5,1E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 3E+00	8,5E+00 ± 6E-01	
Ra-228	3,6E+00 ± 7E-01		1,1E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 6E-01	1,7E+00 ± 2E-01	
Th-228	6,8E-01 ± 5E-01		9,4E-01 ± 5E-01	9,0E-01 ± 5E-01		3,1E+00 ± 6E-01	6,8E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	4,2E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,4E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 4E+00	6,4E+01 ± 2E+00	2,8E+02 ± 8E+00	4,1E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 9E-01	
I-131				1,1E+01 ± 6E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 1E-01	
Cs-134								
Cs-137	2,8E-01 †	3,0E-01 †	2,5E-01 †	2,3E-01 †	3,3E-01 †	3,3E-01 †	2,8E-01 ± 2E-02 x	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,0E+00 ± 4E-01	8,1E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 2E-01	
H-3	6,6E+02 ± 7E+01	7,1E+02 ± 7E+01	1,7E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 7E+01	5,7E+02 ± 7E+01	1,1E+03 ± 3E+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 aposteriornimi negotovostjo.

LETO 2019 T – HE 4a
1. REKA SAVA – VODA – posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
	Datum vzor.	3. 1. 2019	1. 2. 2019	1. 3. 2019	2. 4. 2019	30. 4. 2019	4. 6. 2019
Kol. vzorca (L)	43,40	42,10	41,65	42,90	42,90	43,90	
Oznaka vzorca	RSHE0119	RSHE0219	RSHE0319	RSHE0419	RSHE0519	RSHE0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	2,9E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 2E-01	8,6E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 3E-01	4,8E-01 ± 3E-01
Ra-226	4,7E-01 ± 2E-01	7,5E+00 ± 2E+00			4,0E+00 ± 3E+00	3,8E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 1E-01
Pb-210	7,6E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 7E-01	9,9E-01 ± 4E-01	3,5E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 6E-01	8,1E-01 ± 7E-01 ‡	3,8E+00 ± 7E-01
Ra-228	2,5E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 6E-01				1,2E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 2E-01
Th-228	5,3E-01 ± 4E-01						5,6E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	3,5E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Be-7	2,5E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 2E+00		2,9E+01 ± 2E+00		7,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 8E-01
I-131	2,6E+00 ± 4E-01		3,7E+00 ± 5E-01	4,1E+00 ± 6E-01		2,6E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 2E-01
Cs-134							
Cs-137	2,0E-01 †	3,3E-01 †	1,8E-01 †	3,0E-01 †	2,8E-01 †	4,3E-01 †	2,8E-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 ± 5E-01	2,1E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 6E-01	9,4E-01 ± 3E-01	3,0E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3	6,3E+02 ± 9E+01	4,6E+02 ± 9E+01	5,9E+02 ± 6E+01	5,8E+02 ± 8E+01	5,8E+02 ± 7E+01	6,3E+02 ± 7E+01	5,8E+02 ± 3E+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 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 2019 T – HE 4b
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifični analizi Sr-90 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
	Datum vzor.	1. 7. 2019	1. 8. 2019	3. 9. 2019	2. 10. 2019	4. 11. 2019	2. 12. 2019
Kol. vzorca (L)	43,0	42,6	43,0	41,1	43,0	43,2	
Oznaka vzorca	RSHE0719	RSHE0819	RSHE0919	RSHE1019	RSHE1119	RSHE1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		2,0E+00 ± 1E+00		1,9E+01 ± 8E+00			2,0E+00 ± 7E-01
Ra-226		1,7E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 4E-01	5,3E+00 ± 7E-01	7,1E-01 ± 7E-01 ‡	3,2E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Pb-210	6,6E+00 ± 2E+00		1,1E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 6E+00	9,9E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 2E+00	9,6E+00 ± 7E-01
Ra-228		1,2E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00	2,8E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 2E-01
Th-228	8,7E+00 ± 3E+00		2,3E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 2E+00			1,9E+00 ± 3E-01
Th-230							
K-40	4,2E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 6E+00	2,0E+02 ± 1E+01	5,7E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 2E+00
Be-7	1,8E+01 ± 2E+00	7,6E+00 ± 9E-01	3,1E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 9E+00	2,5E+01 ± 2E+00	8,4E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 9E-01
I-131		1,3E+00 ± 3E-01		2,0E+01 ± 1E+00	3,5E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137	3,4E-01 †	1,8E-01 †	4,3E-01 †	2,8E+00 ± 3,8E-01	3,8E-01 †	2,5E-01 †	5,1E-01 ± 2E-01 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 4E-01	5,8E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 2E-01
H-3	1,8E+03 ± 1E+02	6,4E+02 ± 7E+01	1,2E+04 ± 5E+02	2,2E+03 ± 1E+02	5,7E+02 ± 7E+01	5,4E+02 ± 7E+01	1,7E+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 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 specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	44,7	44,0	43,9	43,3	
Oznaka vzorca	RSHEJK119	RSHEJK219	RSHEJK319	RSHEJK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238		3,2E+00 ± 2E+00			8,0E-01 ± 4E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 3E-01		1,1E+00 ± 3E-01		6,8E-01 ± 1E-01
Pb-210	3,3E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	8,9E+00 ± 8E-01
Ra-228	8,8E-01 ± 7E-01	1,0E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Th-228	1,5E+00 ± 5E-01	5,1E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01	7,7E-01 ± 5E-01	2,1E+00 ± 4E-01
Th-230					
K-40	3,0E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7	6,2E+00 ± 9E-01	6,8E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 7E-01
I-131	1,2E+01 ± 5E-01	4,8E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 4E-01	4,0E+00 ± 2E-01	5,7E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	2,3E-01 ± 9,5E-02	9,5E-02 †	2,5E-02 †	2,6E-01 ± 2,0E-01	1,5E-01 ± 6E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,8E+00 ± 5E-01	7,7E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 2E-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.

Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat NH1				
Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	50,2	48,4	48,7	45,4	
Oznaka vzorca	RSNHN119	RSNHN219	RSNHN319	RSNHN419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	4,0E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 2E+00		3,5E+00 ± 9E-01
Ra-226	8,1E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	8,9E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210	3,3E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 9E-01
Ra-228	1,2E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 7E-01	1,6E+01 ± 4E-01	5,3E+00 ± 3E-01
Th-228		1,0E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 6E-01		5,0E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	3,3E+01 ± 3E+00	5,6E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 2E+00
Be-7	7,9E+00 ± 9E-01	2,0E+01 ± 3E+00	7,3E+00 ± 2E+00	5,6E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 9E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,5E-01 †	3,8E-01 †	3,8E-01 †	1,3E-01 †	2,6E-01 ± 7E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E+00 ± 5E-01	4,9E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 3E-01	7,5E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-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 2019 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)	355,4	322,3	312,3	325,8	
Susp. snov (g)	2,3	2,0	2,9	3,2	
Oznaka vzorca	NEKFHEJK119	NEKFHEJK219	NEKFHEJK319	NEKFHEJK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	6,7E-03 †	1,4E-02 †	1,5E-02 †	8,3E-03 †	1,1E-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 2019 T – HE 2d

1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzorčevanja	18. 2. 2019 - 18. 2. 2019	24. 4. 2019 - 24. 4. 2019	12. 9. 2019 - 12. 9. 2019	22. 10. 2019 - 22. 10. 2019	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum meritve	7. 4. 2019	13. 6. 2019	30. 10. 2019	13. 12. 2019	
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	RSHEJK119	RSHEJK219	RSHEJK319	RSHEJK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
H-3	7,6E+02 ± 9E+01	6,6E+02 ± 9E+01	8,2E+02 ± 1E+02	3,9E+04 5E+03	1,0E+04 ± 1E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2019 T – HE 6b

1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat NH1				
Datum vzorčevanja	18. 2. 2019 - 18. 2. 2019	24. 4. 2019 - 24. 4. 2019	12. 9. 2019 - 12. 9. 2019	22. 10. 2019 - 22. 10. 2019	Četrletno povprečje za leto 2019
Datum meritve	7. 4. 2019	13. 6. 2019	30. 10. 2019	13. 12. 2019	
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	RSNHK119	RSNHK219	RSNHK319	RSNHK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+04 ± 1E+03	1,2E+04 ± 2E+03	7,0E+03 ± 5E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).

LETO 2019 T – HE 7
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezo				
	Datum vzor.	18. 2. 2019	24. 4. 2019	12. 9. 2019	22. 10. 2019
Kol. vzor. (g)	56,2	43,6	71,5	37,7	
Oznaka vzorca	SDHEJK119	SDHEJK219	SDHEJK319	SDHEJK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,4E+01 ± 1E+01	2,1E+01 ± 9E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 9E+00	2,5E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E-01	2,0E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 6E-01
Pb-210	6,6E+01 ± 1E+01	8,3E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 1E+01	8,2E+01 ± 5E+00
Ra-228	2,5E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Th-228	2,4E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	3,6E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 1E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 1E+01
Be-7	1,7E+01 ± 4E+00	8,4E+01 ± 8E+00	8,3E+01 ± 5E+00	8,0E+01 ± 7E+01 ‡	6,6E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,1E+00 ± 7E-01	7,7E+00 ± 8E-01	2,8E-01 †	9,1E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 2E+00 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	7,9E+00 ± 2E+00	1,3E-01 †	7,9E-02 †	1,0E-02 †	2,0E+00 ± 2E+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 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 2019 T – HE 8a
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	3. 1. 2019	1. 2. 2019	1. 3. 2019	18. 4. 2019	30. 4. 2019	4. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (g)	73,2	35,4	65,6	0,0	35,8	59,5	
Oznaka vzorca	SDHEL0119	SDHEL0219	SDHEL0319	SDHEL0419	SDHEL0519	SDHEL0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	2,0E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 1E+01	2,3E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 8E+00	1,5E+01 ± 9E+00	4,3E+01 ± 1E+01	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 5E-01	3,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 7E-01	3,7E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 4E-01
Pb-210	3,6E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 1E+01	5,5E+01 ± 6E+00	9,5E+01 ± 8E+00	1,4E+02 ± 1E+01	6,4E+01 ± 1E+01	8,2E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,6E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 8E-01
Th-228	2,5E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 9E-01
Th-230							
K-40	3,2E+02 ± 2E+01	4,6E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01	5,5E+02 ± 3E+01	4,3E+02 ± 3E+01	4,1E+02 ± 3E+01	4,1E+02 ± 1E+01
Be-7	5,6E+00 ± 1E+00	6,5E+01 ± 3E+01	1,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 8E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 5E+00
I-131				1,3E+00 ± 5E-01			2,1E-01 ± 9E-02
Cs-134							
Cs-137	1,9E+00 ± 1E-01	1,4E+01 ± 1E+00	3,9E+00 ± 4E-01	1,5E+01 ± 6E-01	1,2E+01 ± 1E+00	5,5E+00 ± 7E-01	8,8E+00 ± 3E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	5,7E-02 †	9,7E-02 †	1,4E-01 †	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	8,3E-02 †	3,6E-02 †	1,1E-01 ± 3E-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 2019 T – HE 8b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	1. 7. 2019	1. 8. 2019	3. 9. 2019	2. 10. 2019	4. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	51,7	71,3	63,5	39,1	58,6	39,6	
Oznaka vzorca	SDHEL0719	SDHEL0819	SDHEL0919	SDHEL1019	SDHEL1119	SDHEL1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,3E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 8E+00	2,6E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 6E-01	4,4E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 3E-01
Pb-210	8,7E+01 ± 8E+00	4,1E+01 ± 7E+00	6,5E+01 ± 7E+00	1,0E+02 ± 9E+00	7,8E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 1E+01	8,2E+01 ± 3E+00
Ra-228	3,2E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 5E-01
Th-228	2,9E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 6E-01
Th-230							
K-40	3,9E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 7E+00
Be-7	7,9E+01 ± 4E+00	7,7E+01 ± 6E+00	1,5E+02 ± 6E+00	1,2E+02 ± 6E+00	1,3E+02 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	6,7E+01 ± 3E+00
I-131							1,0E-01 ± 4E-02
Cs-134							
Cs-137	8,1E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 3E-01	9,3E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 2E-01	9,2E+00 ± 7E-01	7,3E+00 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	8,6E-02 †	8,1E-02 †	1,7E-01 †	1,2E+00 ± 5E-01	1,0E-01 †	7,6E-01 ± 5E-01	2,6E-01 ± 1E-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 2019 T – HE 9a
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	3. 1. 2019	1. 2. 2019	1. 3. 2019	2. 4. 2019	30. 4. 2019	4. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (g)	66,2	58,2	54,3	55,2	38,0	41,6	
Oznaka vzorca	SDHED0119	SDHED0219	SDHED0319	SDHED0419	SDHED0519	SDHED0619	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	2,8E+01 ± 6E+00	2,6E+01 ± 9E+00	2,5E+01 ± 6E+00	3,3E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 9E+00	1,2E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,9E+01 ± 6E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 8E-01	3,6E+01 ± 7E-01	2,9E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 4E-01
Pb-210	8,2E+01 ± 7E+00	9,6E+01 ± 1E+01	9,4E+01 ± 9E+00	6,7E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 9E-01	2,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 6E-01
Th-228	2,5E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 7E-01
Th-230							
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 9E+00
Be-7	2,8E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 5E+00		1,1E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 6E+00	6,0E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,3E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 7E-01	5,6E+00 ± 4E-01	9,3E+00 ± 3E-01	1,1E+01 ± 8E-01	7,8E+00 ± 5E-01	7,8E+00 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	6,0E-02 †	8,1E-02 †	2,1E-01 †	8,5E-02 †	4,0E-01 ± 5E-01 ‡	2,7E+00 ± 8E-01	5,9E-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 2019 T – HE 9b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama (***) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	1. 7. 2019	1. 8. 2019	3. 9. 2019	2. 10. 2019	4. 11. 2019	2. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	61,3	64,1	55,4	38,0	79,1	35,2	
Oznaka vzorca	SDHED0719	SDHED0819	SDHED0919	SDHED1019	SDHED1119	SDHED1219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	2,2E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 6E+00	1,5E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,1E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 6E-01	2,1E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E-01
Pb-210	1,7E+02 ± 1E+01	5,9E+01 ± 9E+00	1,0E+02 ± 9E+00	9,3E+01 ± 9E+00	3,8E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 4E-01
Th-228	2,6E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	3,2E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 1E+01	2,7E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 6E+00
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00	2,0E+02 ± 9E+00	2,2E+02 ± 8E+00	1,5E+02 ± 6E+00	4,6E+01 ± 3E+00	7,7E+01 ± 6E+00	8,1E+01 ± 2E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,0E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 4E-01	5,2E+00 ± 4E-01	8,1E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E-01	8,6E+00 ± 8E-01	6,5E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	7,7E-02 †	1,1E-01 †	1,5E-01 †	1,2E+00 ± 5E-01	7,3E-02 †	8,9E-01 ± 5E-01	5,0E-01 ± 2E-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 2019 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	podust	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	30. 3. 2019	28. 6. 2019	14. 8. 2019	11. 10. 2019	
Oznaka vzorca	RIHEJK119	RIHEJK219	RIHEJK319	RIHEJK419	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				2,9E-01 ± 2E-01	7,3E-02 ± 6E-02
Ra-226		3,3E-02 ± 3E-02 ‡		9,4E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 9E-03
Pb-210		4,9E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 3E-01		3,0E-01 ± 9E-02
Ra-228	2,9E-01 ± 9E-02	2,5E-01 ± 6E-02		1,3E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 3E-02
Th-228	8,3E-02 ± 7E-02 ‡	8,9E-02 ± 6E-02		9,5E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 7E-02
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 7E+00	9,3E+01 ± 6E+00	9,6E+01 ± 6E+00	9,6E+01 ± 7E+00	9,7E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,8E-02 †	5,1E-02 ± 1E-02	4,4E-02 ± 2E-02	4,8E-02 ± 1E-02	4,8E-02 ± 8E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	9,4E-02 ± 5E-02	4,0E-01 ± 3E-02	5,9E-02 ± 6E-02 ‡	1,2E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 3E-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 2019 T – HE 11
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško		
Vrsta vzorca	krap	klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	28. 6. 2019	14. 8. 2019	
Oznaka vzorca	RIHEAP119	RIHEAP219	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)		
U-238	3,8E-01 ± 3E-01 ‡	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 3E-01
Ra-226	1,8E-01 ± 4E-02	1,1E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 4E-02
Pb-210		2,7E-01 ± 2E-01 ‡	1,4E-01 ± 2E-01
Ra-228		1,6E-01 ± 7E-02	8,0E-02 ± 7E-02
Th-228		2,1E-01 ± 7E-02	1,1E-01 ± 7E-02
Th-230			
K-40	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00
Be-7			
I-131			
Cs-134			
Cs-137	5,0E-02 †	4,5E-02 †	4,8E-02 x
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-90	1,4E-01 ± 4E-02	8,4E-03 †	7,4E-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 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 2019 T – HE 12
3. VRTINA VOP-1 – posamični vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	16. 1. 2019	18. 2. 2019	18. 3. 2019	16. 4. 2019	16. 5. 2019	17. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP111	K19VRP121	K19VRP131	K19VRP141	K19VRP151	K19VRP161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	7,4E+02 ± 9E+01	6,4E+02 ± 7E+01	6,7E+02 ± 9E+01	7,9E+02 ± 9E+01	7,8E+02 ± 9E+01	8,2E+02 ± 9E+01	7,4E+02 ± 4E+01

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	16. 7. 2019	19. 8. 2019	16. 9. 2019	16. 10. 2019	18. 11. 2019	16. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP171	K19VRP181	K19VRP191	K19VRP1A1	K19VRP1B1	K19VRP1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	8,3E+02 ± 7E+01	8,3E+02 ± 8E+01	6,9E+02 ± 7E+01	7,9E+02 ± 1E+02	8,5E+02 ± 1E+02	7,9E+02 ± 1E+02	7,7E+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 2019 T – HE 13
3. VRTINA V-12/77 – posamični vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	16. 1. 2019	18. 2. 2019	18. 3. 2019	16. 4. 2019	16. 5. 2019	17. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP127711	K19VRP127721	K19VRP127731	K19VRP127741	K19VRP127751	K19VRP127761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 6E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	16. 7. 2019	19. 8. 2019	16. 9. 2019	16. 10. 2019	18. 11. 2019	16. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP127771	K19VRP127781	K19VRP127791	K19VRP1277A1	K19VRP1277B1	K19VRP1277C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	9,6E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+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 2019 T – HE 14
3. VRTINA V-7/77 – posamični vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	16. 1. 2019	18. 2. 2019	18. 3. 2019	16. 4. 2019	16. 5. 2019	17. 6. 2019	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP77711	K19VRP77721	K19VRP77731	K19VRP77741	K19VRP77751	K19VRP77761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	9,6E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 1E+02	8,8E+02 ± 1E+02	9,6E+02 ± 1E+02	9,6E+02 ± 1E+02	8,0E+02 ± 9E+01	9,3E+02 ± 4E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	16. 7. 2019	19. 8. 2019	16. 9. 2019	16. 10. 2019	18. 11. 2019	16. 12. 2019	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Koř. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K19VRP77771	K19VRP77781	K19VRP77791	K19VRP777A1	K19VRP777B1	K19VRP777C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	9,8E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	5,1E+03 ± 7E+02	7,8E+03 ± 1E+03	7,8E+03 ± 7E+02	2,4E+03 ± 1E+02

(*) 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 MEDNARODNE PRIMERJAVE

IAEA-TEL-2019-04 ALMERA proficiency test on the determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, shrimp and simulated aerosol filter samples, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2019 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec rakcev in 3 vzorce simuliranih aerosolnih filtrov za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. V tej primerjavi smo sodelovali pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli oktobra 2019 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 91 (IJS, Odsek F-2) for the ALMERA Proficiency Test IAEA-TEL-2019-04, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2019*].

V tabelah v prilogi 1 so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 91 za Odsek F-2) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni vzorec z vnaprej podanimi vrednostmi za vse radionuklide, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec. ζ -preskus in relativno odstopanje za ta vzorec smo določili sami. Vzorec vode št. 2 in vzorec rakcev št. 4 sta vsebovala umetne in naravne radionuklide v nizkih koncentracijah.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila z določitvijo relativnega odstopanja *Odmik (Bias)*:

$$\text{Odmik} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\text{Value}_{\text{target}}} \cdot 100 \%$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odstopanjem (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezni radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odstopanja manjša ali enaka *MARB*, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{target}}}{\text{Value}_{\text{target}}}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{reported}}}{\text{Value}_{\text{reported}}}\right)^2} \cdot 100 \%$$

$$|\text{Bias}| \leq k \cdot P, \quad k = 2,58$$

kjer je *k* je faktor pokritja, enak 2,58 za interval zaupanja 99 %. Če je $|\text{Bias}| \leq k \cdot P$ in $P \leq \text{MARB}$, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na natančnost (precision).

Dodaten kriterij, ki ga IAEA uporablja za primerjavo rezultatov, je *Z*-preskus:

$$\text{Z-preskus} = \left| \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\text{roboustSD}} \right|$$

kjer je *roboustSD* standardna deviacija rezultatov primerjave brez ubežnikov (outlierjev). Kriteriji za ovrednotenje so:

$Z < 2$: acceptable (A), $2 \leq Z \leq 3$: warning (W), $Z > 3$: not acceptable (N)

Poleg tega smo sami naredili še ζ -preskus:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\sqrt{u_{\text{reported}}^2 + u_{\text{target}}^2}}$$

Če je ζ -preskus < 2 , je rezultat sprejemljiv.

Glavni namen te interkomparacije je možnost, da bi sodelujoči laboratoriji odkrili neravnovesje pri radionuklidih iz torijevega razpadnega niza in bi pri izračunih uporabili ustrezne korekcije. To informacijo smo sodelujoči laboratoriji prejeli po poročanju rezultatov in sicer ko smo prejeli individualne rezultate interkomparacije. Neravnovesje v torijevem razpadnem nizu so dosegli tako, da so pri pripravi vzorcev dodali radionuklida Ra-228 in Ra-224, ki so ju kemijsko izločili iz naravnega torija. Takoj po separaciji Th-228 ni bilo v vzorcu. Zaradi dodanega Ra-224 radionuklidi iz torijeve razpadne verige niso bili v ravnovesju.

Vsebnost Th-228 je v tem vzorcu naraščala zaradi razpada Ac-228 v Th-228 z razpadnim časom 5,75 let, kar pomeni, da bo v ravnovesju z Ra-228 okoli 20 let po separaciji. V času, ko smo prejeli vzorec, je kratkoživi Ra-224, ki je bil dodan, skoraj v celoti razpadel in Th-228 je bil v ravnovesju s svojimi potomci. V tem primeru velja, da sta Ra-228 in Ac-228 v sekularnem ravnovesju in razpadata skladno z razpadnim časom Ra-228, kar pa ne velja za Th-228 in njegove kratkožive potomce, kjer pride do dodane aktivnosti (in-growing) zaradi razmerja razpadnih časov Th-228 in Ra-228.

Tako kot skoraj vsi sodelujoči laboratoriji (le en laboratorij je pri tej interkomparaciji imel sprejemljive rezultate za Tl-208, Pb-212 in Bi-212 v vzorcu vode št. 1) v IJS neravnovesja v torijeви razpadni verigi nismo opazili in zato nismo opravili pričakovanih korekcij. Tako neravnovesje radionuklidov ni značilno za okoljske vzorce, zato v analizo proceduro niso vgrajene varovalne kontrole.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-TEL-2019-04 Sample 01, Spiked Water analize IJS opravljene <i>maja, junija, avgusta in septembra 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-134	9,3 ± 0,3	9,6 ± 0,3	3,23	0,71	0,46	A
Cs-137	8,92 ± 0,25	8,7 ± 0,3	-2,47	-0,56	0,55	A
Tl-208	0,29 ± 0,07	1,4 ± 0,1*	382,8	9,06	3,08	N
Pb-212	0,8 ± 0,2	3,7 ± 0,2**	362,8	10,25	2,82	N
Pb-214	7,5 ± 0,25	8,2 ± 0,5	9,33	1,25	0,30	A
Bi-214	7,5 ± 0,25	7,8 ± 0,8	4,00	0,36	0,12	A
Ra-226	7,5 ± 0,25	8,2 ± 0,9	9,33	0,75	0,47	A
Ra-228	22,08 ± 1,0	21,6 ± 0,7	-2,17	-0,39	0,38	A

IAEA-TEL-2019-04 Sample 02, Spiked Water analize IJS opravljene <i>junija in avgusta 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-134	5,05 ± 0,15	4,7 ± 0,2	-6,93	-1,40	1,00	A
Cs-137	4,19 ± 0,12	4,3 ± 0,2	2,63	0,47	0,50	A
Pb-214	1,4 ± 0,07	1,6 ± 0,2	14,29	0,97	0,20	A
Bi-214	1,4 ± 0,07	1,6 ± 0,2	14,29	0,97	0,17	A
Ra-226	1,40 ± 0,07	1,6 ± 0,2	14,29	0,97	0,36	A
Ra-228	3,98 ± 0,12	4,1 ± 0,2	3,02	0,51	0,33	A

IAEA-TEL-2019-04 Sample 04, Shrimp sample analize IJS opravljene <i>maja in junija 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
K-40	335 ± 12	340 ± 10	1,49	0,32	0,15	A
Cs-137	0,21 ± 0,04	0,25 ± 0,1	19,05	0,37	0,25	A
Tl-208	2,40 ± 0,14	3,1 ± 0,1	29,17	4,07	0,91	W
Pb-210	1,6 ± 0,1	2,6 ± 0,8	62,5	1,24	0,23	N
Pb-214	6,0 ± 0,6	14,2 ± 2,1	136,7	3,75	5,70	N
Bi-214	6,0 ± 0,6	14 ± 2	133,3	3,83	4,62	N
Ra-228	17,7 ± 0,9	18,1 ± 0,5	2,26	0,39	0,19	A

IAEA-TEL-2019-04 Sample 05, Simulated aerosol filter analize IJS opravljene <i>od maja do julija 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-134	10,71 ± 0,32	10,5 ± 0,3	-1,96	-0,48	0,15	A
Cs-137	13,25 ± 0,4	13,1 ± 0,4	-1,13	-0,27	0,10	A

IAEA-TEL-2019-04 Sample 06, Simulated aerosol filter analize IJS opravljene <i>od maja do julija 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/filter)					
Cs-134	20,28 ± 0,61	20,1 ± 0,6	-0,89	-0,21	0,07	A
Cs-137	13,02 ± 0,4	13,0 ± 0,4	-0,15	-0,04	0,01	A

IAEA-TEL-2019-04 Sample 07, Simulated aerosol filter analize IJS opravljene <i>maja in junija 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 91	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/filter)					
Cs-134	6,37 ± 0,25	6,4 ± 0,2	0,47	0,09	0,03	A
Cs-137	24,93 ± 0,75	25,4 ± 0,8	1,89	0,43	0,17	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

IAEA-TEL-2019-03 World-wide open proficiency test on the determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, shrimp and simulated aerosol filter samples, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2019 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec rakcev in 3 vzorce simuliranih aerosolnih filtrov za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju sta sodelovala IJS, Odsek O-2 pri določitvi vsebnosti Sr-90 v dveh vzorcih vod ter IRB pa pri določitvi sevalcev gama in Sr-90 v vzorcih vode in rakcev. Končne individualne rezultate sta IJS in IRB prejela oktobra 2019 [Individual Evaluation Report for Laboratory No. 132 (IJS, Odsek O-2) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2019-03 in Individual Evaluation Report for Laboratory No. 2 (IRB) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2019-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2019].

V prvih dveh tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 132), v naslednjih šestih pa rezultati IRB (koda laboratorija 2). V vseh tabelah so tudi 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. Glavni namen te interkomparacije je bil, da bi sodelujoči laboratoriji odkrili neravnovesje pri radionuklidih iz torijevega razpadnega niza ter bi pri izračunih uporabili ustrezne korekcije. To informacijo smo sodelujoči laboratoriji prejeli po poročanju rezultatov in sicer ko smo prejeli individualne rezultate interkomparacije. Dodatna razlaga je pri predhodni interkomparaciji IAEA-TEL-2019-04.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odstopanja *Bias*, točnosti *P* in *Z-preskusa*. Opis kriterijev je pri rezultatih mednarodne primerjave IAEA-TEL-2019-04.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2019-03 Sample 01, Spiked Water					
analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od julija do avgusta 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 132	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Sr-90	9,4 ± 0,31	9,40 ± 0,55	0,00	0,00	A

IAEA-TEL-2019-03 Sample 02, Spiked Water					
analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od julija do avgusta 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 132	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Sr-90	2,7 ± 0,13	2,66 ± 0,15	-1,48	0,11	A

REZULTATI IRB:

IAEA-TEL-2019-03 Sample 01, Spiked Water analize IRB opravljene <i>od junija do septembra 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	9,3 ± 0,3	9,54 ± 0,63	2,58	0,37	A
Cs-137	8,92 ± 0,25	9,46 ± 0,66	6,05	1,35	A
Ra-226	7,5 ± 0,25	7,30 ± 0,56	-2,67	0,13	A
Ra-228	22,08 ± 1,0	23,69 ± 1,78	7,29	1,29	A
Sr-90	9,4 ± 0,31	9,94 ± 0,52	5,74	0,59	A

IAEA-TEL-2019-03 Sample 02, Spiked Water analize IRB opravljene <i>od junija do septembra 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	5,05 ± 0,15	4,81 ± 0,31	-4,75	0,69	A
Cs-137	4,19 ± 0,12	4,27 ± 0,31	1,91	0,36	A
Ra-226	1,40 ± 0,07	1,14 ± 0,22	-18,57	0,46	A
Ra-228	3,98 ± 0,12	3,99 ± 0,57	0,25	0,03	A
Sr-90	2,7 ± 0,13	2,97 ± 0,72	10,00	0,73	A

IAEA-TEL-2019-03 Sample 04, Shrimp sample analize IRB opravljene <i>od junija do avgusta 2019</i> , individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-137	0,21 ± 0,04	0,36 ± 0,12	71,43	0,94	N
K-40	335 ± 12	358 ± 17	6,87	0,68	A
Pb-210	1,6 ± 0,1	3,44 ± 1,07	115,00	0,43	N
Ra-226	6 ± 0,6	5,97 ± 0,79	-0,50	0,07	A
Ra-228	17,7 ± 0,9	17,88 ± 1,4	0,56	0,05	A

<p align="center">IAEA-TEL-2019-03 Sample 05, Simulated aerosol filter analize IRB opravljene <i>od junija do avgusta 2019</i>, individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i></p>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	10,71 ± 0,32	10,26 ± 0,71	-4,20	0,32	A
Cs-137	13,25 ± 0,4	12,92 ± 0,85	-2,49	0,22	A

<p align="center">IAEA-TEL-2019-03 Sample 06, Simulated aerosol filter analize IRB opravljene <i>od junija do avgusta 2019</i>, individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i></p>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	20,28 ± 0,61	18,69 ± 1,01	-7,84	0,63	A
Cs-137	13,02 ± 0,4	12,32 ± 0,68	-5,38	0,51	A

<p align="center">IAEA-TEL-2019-03 Sample 07, Simulated aerosol filter analize IRB opravljene <i>od junija do avgusta 2019</i>, individualni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i></p>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 2	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Cs-134	6,37 ± 0,25	6,04 ± 0,37	-5,18	0,37	A
Cs-137	24,93 ± 0,75	23,61 ± 1,12	-5,29	0,47	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
IAEA Proficiency Test for Tritium, Cobalt, Strontium and
Caesium Isotopes in Seawater 2018,
IAEA-RML-2018-01
IAEA, NAEL, Environmental laboratories, Monaco

Novembra 2018 je IAEA (Environmental Laboratories, Monaco) razposlala vzorec vode iz Sredozemskega morja, kontaminirane s H-3, Sr-90, Co-60, Cs-134 in Cs-137. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 opravil meritve vsebnosti kobalta in cezijevih radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter meritve tritija s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, Odsek O-2 pa je določil vsebnosti stroncija Sr-90 in tritija H-3.

Preliminarno poročilo smo prejeli marca 2019.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odstopanja *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100 \%$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odstopanjem (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezen radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odstopanja manjša ali enaka *MARB*, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100 \%$$

$$|Bias| \leq k \cdot P, \quad k = 2,58$$

Če je $|Bias| \leq k \cdot P$ in $P \leq MARB$, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision).

Poleg tega je Odsek F-2 naredil še ζ -preskus:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{u_{reported}^2 + u_{target}^2}}$$

Rezultati so ustrezni, če je $|\zeta\text{-preskus}| \leq 2$.

V naslednjih dveh tabelah so prikazani rezultati analiz IJS, Odsek F-2 (koda vzorca S18N080) in Odsek O-2 (koda vzorca S18N073) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-RML-2018-01 Spiked Mediterranean Seawater analize IJS, opravljene <i>novembra in decembra 2018</i> , preliminarni rezultati objavljeni <i>marca 2019</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS (koda vzorca S18N080)	Odmik (%)	P (%)	ζ-preskus	Končna ocena
Co-60	0,3396 ± 0,0034	0,33 ± 0,04	-2,8	12,2	-0,24	A
Cs-134	0,3121 ± 0,0031	0,33 ± 0,03	5,7	9,1	0,59	A
Cs-137	0,2594 ± 0,0026	0,30 ± 0,03	15,6	10,1	1,35	A
H-3	4,43 ± 0,09	4,50 ± 0,34	1,8	7,8	0,29	A

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-RML-2018-01 Spiked Mediterranean Seawater analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>med novembrom 2018 in januarjem 2019</i> , preliminarni rezultati objavljeni <i>marca 2019</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (koda vzorca S18N073)	Odmik (%)	P (%)	Končna ocena
H-3	4,43 ± 0,09	4,10 ± 0,30	-7,4	7,6	A
Sr-90	0,5316 ± 0,0053	0,520 ± 0,030	-2,2	5,9	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

TRIC 2018

H-3 intercomparison test, IAEA, Isotope Hydrology Laboratory

Julija 2018 je Isotope Hydrology Laboratory z IAEA priredil primerjalne meritve za določitev vsebnosti tritija v vodi. Razposlali so 7 vzorcev vod.

Končne individualne rezultate sta oba laboratorija na IJS prejela marca 2019 [TRIC 2018 ³H intercomparison test laboratory report, IAEA, Isotope Hydrology Laboratory, L. Copia, Vienna, March 2018]. V tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija KOAO) in IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija IBRT) ter primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-TRIC 2018 H-3 Intercomparison, water samples analize IJS, Odsek F-2, opravljene <i>od julija do septembra 2018</i> , individualni rezultati objavljeni <i>marca 2019</i>						
SAMPLE	IAEA	IJS, Odsek F-2 Lab. token KOAO	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
T28	0,000	below MDA	–	–	–	–
T29	0,499 ± 0,002	0,63 ± 0,1	26,15	1,31	1,31	A
T30	2,001 ± 0,008	2,28 ± 0,24	13,95	1,16	2,79	W
T31	7,007 ± 0,027	6,96 ± 0,58	–0,66	–0,08	–0,22	A
T32	40,82 ± 0,16	40,3 ± 3,2	–1,28	–0,16	–0,26	A
T33	120,04 ± 0,46	121 ± 3,8	0,80	0,25	0,27	A
T34	499,75 ± 1,81	489 ± 15	2,15	–0,71	–1,43	A

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TRIC 2018 H-3 Intercomparison, water samples analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>med oktobrom in decembrom 2018</i> , individualni rezultati objavljeni <i>marca 2019</i>						
SAMPLE	IAEA	IJS, Odsek O-2 Lab. token IBRT	Odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
T28	0,000	<2,1	–	–	–	–
T29	0,499 ± 0,002	<2,2	–	–	–	–
T30	2,001 ± 0,008	<2,2	–	–	–	–
T31	7,007 ± 0,027	6,5 ± 1,1	–7,23	–0,46	–2,41	W
T32	40,82 ± 0,16	52 ± 11	27,38	1,02	5,48	N
T33	120,04 ± 0,46	125 ± 7	4,13	0,71	1,38	A
T34	499,75 ± 1,81	503 ± 19	0,65	0,17	0,43	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2018
NPL – Velika Britanija

AB, B1 – kontaminirani vodni raztopini

V avgustu 2019 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2018" [NPL REPORT IR 56, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2018 – Final Report, J. Dean, S. Collins, E. van Es, L. Keightley, B. Russell, R. Shearman and S. Woods, August 2019], 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 zbrani v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$\text{odmik} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\text{Value}_{\text{target}}} \cdot 100 \%$$

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\sqrt{u_{\text{reported}}^2 + u_{\text{target}}^2}}$$

$$z\text{-preskus} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{0,05823 \cdot \text{Value}_{\text{target}}}$$

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – AB / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od februarja do aprila 2019</i> končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2019</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	Odmik (%)	ζ-preskus	z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	10,47 ± 0,13	10,50 ± 0,20	0,3	0,13	0,05
Sr-90	8,291 ± 0,021	8,19 ± 0,41	-1,2	-0,25	-0,21

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od februarja do aprila 2019</i> končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2019</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	Odmik (%)	ζ-preskus	z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	1,336 ± 0,017	1,300 ± 0,010	-2,7	-1,83	-0,46
C-14	0,4212 ± 0,0019	0,390 ± 0,025	-7,4	-1,24	-1,27

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

NORM COMPARISON

NPL – Velika Britanija

Blast furnace slag / žlindra iz plavža

V januarju 2020 bilo izdano preliminarno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "NORM Comparison Exercise 2019" NORM Comparison Exercise 2019, [Draft NORM Comparison Report 2019, Version 1, E. Braysher, B. Russell, R. Shearman, E. van Es, S. Collins, S. Woods and D. Read, January 2020], kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 13) pri meritvi vzorca žlindre, kjer so določili vsebnosti Ra-226, Th-232 in K-40. preliminarni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednji tabeli. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$\text{odmik} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\text{Value}_{\text{target}}} \cdot 100 \%$$

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{\sqrt{u_{\text{reported}}^2 + u_{\text{target}}^2}}$$

$$z\text{-preskus} = \frac{\text{Value}_{\text{reported}} - \text{Value}_{\text{target}}}{0,05823 \cdot \text{Value}_{\text{target}}}$$

REZULTATI ZVD:

NPL – Blast furnace slag					
analize ZVD opravljene <i>julija 2019</i> preliminarno poročilo objavljeno <i>januarja 2020</i>					
IZOTOP	NPL (consensus value)	ZVD (koda 103)	Odmik (%)	ζ-preskus	z-preskus
	(Bq/g)				
Ra-226	0,1063 ± 0,0019	0,1042 ± 0,0031	-2,0	-0,59	-0,34
Th-232	0,1300 ± 0,0026	0,1317 ± 0,0054	1,3	0,29	0,22
K-40	0,1607 ± 0,0057	0,1502 ± 0,0091	-6,5	-0,98	-1,1

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

IARMA ERAD-PT-2019

Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Seaweed and Water International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2019 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, organizirala primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 3 vzorcih umetno kontaminirane vode in enem vzorcu morskih alg določiti vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama v vzorcih vod in morskih alg z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Individualno poročilo so prejeli oktobra 2019 [IARMA ERAD-PT-2019, *Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Seaweed and Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 010, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, oktober 2019*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 10 za Odsek F-2), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za umetne in naravne radionuklide v 3 vzorcih kontaminirane vode in enem vzorcu morskih alg.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ERAD-PT-2019					
Sample IARMA-082, Water Sample					
analize IJS opravljene <i>julija 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 10	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
Ba-133	1,35 ± 0,04	1,31 ± 0,06	-3,0	-0,3	A
Cs-137	0,90 ± 0,03	0,91 ± 0,04	1,1	0,1	A
Eu-152	3,26 ± 0,10	3,29 ± 0,10	0,9	0,1	A
Th-232	2,36 ± 0,07	2,56 ± 0,11	8,5	0,8	A
U-238	2,30 ± 0,10	2,80 ± 0,60	21,7	2,2	W
Am-241	1,80 ± 0,05	1,81 ± 0,10	0,6	0,1	A

IARMA ERAD-PT-2019 Sample IARMA-083, Water Sample analize IJS opravljene <i>julija 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 10	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Ba-133	3,13 ± 0,10	3,11 ± 0,15	-0,6	-0,1	A
Cs-137	1,69 ± 0,05	1,69 ± 0,05	0,0	0,0	A
Eu-152	6,46 ± 0,20	6,44 ± 0,22	-0,3	0,0	A
Th-232	7,68 ± 0,23	8,12 ± 0,24	5,7	0,6	A
U-238	7,20 ± 0,30	7,50 ± 1,00	4,2	0,4	A
Am-241	1,80 ± 0,05	1,91 ± 0,15	6,1	0,6	A

IARMA ERAD-PT-2019 Sample IARMA-084, Water Sample analize IJS opravljene <i>julija 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 10	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Ba-133	7,76 ± 0,23	7,69 ± 0,23	-0,9	-0,1	A
Cs-137	5,50 ± 0,16	5,60 ± 0,17	1,8	0,2	A
Eu-152	13,49 ± 0,40	13,20 ± 0,40	-2,1	-0,2	A
Th-232	7,66 ± 0,23	7,90 ± 0,27	3,1	0,3	A
U-238	9,00 ± 0,50	7,70 ± 1,70	-14,4	-1,4	A
Am-241	5,91 ± 0,18	6,27 ± 0,30	6,1	0,6	A

IARMA ERAD-PT-2019 Sample IARMA-081, Seaweed Sample analize IJS opravljene <i>junija in julija 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
K-40	1420 ± 40	1420 ± 40	0,0	0,0	A
Ba-133	8,70 ± 0,40	8,98 ± 0,27	3,2	0,3	A
Cs-137	3,27 ± 0,15	3,88 ± 0,20	18,7	1,9	A
Eu-152	5,84 ± 0,25	6,09 ± 0,25	4,3	0,4	A
Am-241	3,28 ± 0,15	3,31 ± 0,25	0,9	0,1	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
IARMA ETRIT-PT-2019
Environmental Radioactivity Proficiency Test on
the Determination of Tritium in Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA),
Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2019 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 oktobra 2019 [IARMA ETRIT-PT-2019, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 022, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, oktober 2019].

V naslednji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 022 za *Odsek F-2*), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za določitev vsebnosti tritija v šestih vzorcih kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ETRIT-PT-2019 Tritium in Water					
analize IJS, opravljene <i>julija in avgusta 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2019</i>					
VZOREC	IARMA	IJS Lab. No. 022	Odmik (%)	Z-preskus	Končna Ocean
	(TU)				
IARMA-091	<0,4	<1,21	–	–	A
IARMA-092	4,10 ± 0,20	4,18 ± 0,39	2,0	0,20	A
IARMA-093	18,90 ± 0,70	21,6 ± 1,45	11,4	1,14	A
IARMA-094	38,0 ± 1,0	41,15 ± 2,16	8,3	0,83	A
IARMA-095	84,0 ± 3,0	84,13 ± 5,45	0,2	0,02	A
IARMA-096	84,0 ± 3,0	84,39 ± 7,72	0,5	0,05	A

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJALNE MERITVE

Study MRAD-30 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V maju 2019 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-30 [*Study MRAD-30, proficiency testing performance report, Multi-media Radiochemistry PT Scheme, Round 30, May 2019, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), ZDA*], ki jih je organizirala ERA, Environmental Resource Associates, ZDA. 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 celokupne 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-30					
Soil Radionuclides					
analize opravljene <i>od marca do maja 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2019</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	Performance Evaluation IRB	z-preskus
	(pCi/kg)				
Ac-228	3 280 ± 82	2 550–3 700	3 389	Satisfactory	0,914
Am-241	474 ± 4,3	295–605	454	Satisfactory	0,0489
Bi-214	1 370 ± 34	1 090–1 520	1 430	Satisfactory	1,17
Cs-134	9 280 ± 84	5 850–10 900	9 041	Satisfactory	0,553
Cs-137	1 030 ± 10	763–1 280	1 001	Satisfactory	–0,164
Co-60	5 880 ± 35	4 290–7 290	5 652	Satisfactory	–0,185
K-40	24 300 ± 610	21 500–28 700	25 422	Satisfactory	0,18
Sr-90	1 350 ± 14	798–1 790	1 354	Satisfactory	0,253
Th-234	1 470 ± 37	715–1 960	1 401	Satisfactory	0,199
U-238	1 030 ± 26	252–1 610	1 052	Satisfactory	0,365
Zn-65	1 460 ± 13	1 120–1 810	1 310	Satisfactory	–0,888

**ERA, Study MRAD-30
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *od marca do maja 2019*, končni rezultati objavljeni *maja 2019*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	Performance Evaluation IRB	z-preskus
	(pCi/kg)				
Am-241	1 680 ± 15	1 570–2 240	1 984	Satisfactory	0,477
Cs-134	1 640 ± 15	1 470–2 080	1 992	Satisfactory	1,4
Cs-137	1 410 ± 14	1 370–1 880	1 719	Satisfactory	0,736
Co-60	1 000 ± 6	1 050–1 310	1 212	Satisfactory	0,513
K-40	34 500 ± 1 730	35 300–43 300	40 223	Satisfactory	0,458
Sr-90	3 530 ± 35	2 380–5 800	3 851	Satisfactory	–0,279
U-238	953 ± 10	906–1 360	1 200	Satisfactory	0,585
Zn-65	527 ± 5	547–802	681	Satisfactory	0,109

**ERA, Study MRAD-30
Water Radionuclides**

analize opravljene *od marca do maja 2019*, končni rezultati objavljeni *maja 2019*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	Performance Evaluation IRB	z-preskus
	(pCi/L)				
Am-241	168 ± 2	130–195	185	Satisfactory	1,38
Cs-134	123 ± 1,1	94,0–131	124	Satisfactory	1,25
Cs-137	125 ± 1,3	114–139	126	Satisfactory	–0,138
Co-60	1 100 ± 7	1 020–1 230	1 128	Satisfactory	0,0728
Fe-55	1 320 ± 26	1 020–1 680	1 347	Satisfactory	–0,0255
Sr-90	315 ± 3	275–359	301	Satisfactory	–0,744
Zn-65	1 780 ± 16	1 730–2 060	1 828	Satisfactory	–0,784

**ERA, Study MRAD-30
Water Tritium**

analize opravljene *od marca do maja 2019*, končni rezultati objavljeni *maja 2019*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	Performance Evaluation IRB	z-preskus
	(pCi/L)				
H-3	23 700 ± 356	20 100–26 900	24 851	Unsatisfactory	0,793

REZULTATI
MEDNARODNE PRIMERJALNE MERITVE
Radiochemistry PT Scheme, Round 116
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V februarju 2019 so bili objavljeni končni rezultati radiokemijske primerjave RAD-116 za določitev vsebnosti stroncija in tritija v vodnih vzorcih [Radiochemistry PT Scheme, Round 116 ERA, Environmental Resource Associates, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), ZDA, February 2019]: za en vzorec vode, ki ga je razposlala ERA, Environmental Resource Associates, ZDA.

V IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti stroncija po dveh metodah ter vsebnost H-3 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrani v naslednji preglednici.

REZULTATI IRB:

ERA, RAD-115					
Water Radionuclides					
analize opravljene <i>januarja in februarja 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>februarja 2019</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	Performance Evaluation IRB	z-preskus
	(pCi/L)				
Sr-89*	66,9 ± 7,0	55,1–77,6	65,4	Satisfactory	–0,169
Sr-90*	41,0 ± 4,1	30,0–48,9	39,2	Satisfactory	–0,0536
Sr-89**	66,9 ± 7,0	55,1–77,6	66,0	Satisfactory	–0,0617
Sr-90**	41,0 ± 4,1	30,0–48,9	40,6	Satisfactory	0,243
H-3	2 110 ± 32	1 860–2 410	2 161	Satisfactory	0,169

* Meritve opravljene po doma razviti metodi s proporcionalnim števcem (s silicijevim detektorjem), opisani v postopku *Određivanje* ^{89,90}Sr (PS 5.4/2) in v delovnem navodilu *Određivanje* ^{89,90}Sr (RU 5.4/1-1).

** Meritve opravljene po doma razviti metodi s Čerenkovim štetjem na scintilacijskem števcu, opisani v postopku *Određivanje* ^{89,90}Sr (PS 5.4/2) in v delovnem navodilu *Određivanje* ^{89,90}Sr (RU 5.4/1-1).

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

RINGVERSUCH 1/2018

Ringversuch 1/2018 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Septembra 2019 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 75) [Ringversuch 1/2018 zur Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasserproben, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, september 2019]. Meritve so bile opravljene od oktobra do decembra 2018. 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>od oktobra do decembra 2018</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2019</i>				
IZOTOP	Gesamt- mittelwert	IJS, Odsek O-2 * (koda laboratorija 75)	z-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)			
H-3	445	429	0,184	A

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

RINGVERSUCH 3/2018

Ringversuch 3/2018 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Septembra 2019 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu kontaminirane vode, kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 3) [Ringversuch 3/2018 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, september 2019]. Meritve so bile opravljene oktobra in novembra 2018. Rezultati meritev ZVD in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

Probe 1 – Model Wasser				
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2018</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2019</i>				
IZOTOP	Sollwert	ZVD * (koda laboratorija 3)	z-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)			
Co-57	5,87	5,75	0,204	A
Co-60	8,42	8,25	0,202	A
Cd-109	36,9	38,2	0,330	A
Cs-134	22,8	22,2	0,281	A
Cs-137	12,6	12,4	0,175	A
Eu-152	10,6	10,3	0,294	A
Am-241	3,29	3,15	0,426	A

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

"Fortluft 2018" sevalci gama v aerosolnem filtru BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V letu 2018 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft) [40. Ringversuch "Fortluft 2018", UR 3 – 03/2019, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, julij 2019]*, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 60. Končni rezultati so bili objavljeni julija 2019. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

BfS - "Fortluft 2018", ZVD				
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama				
analize (ZVD), opravljene <i>decembra 2018 in januarja 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2019</i>				
IZOTOP	BfS PTB-Sollwert	ZVD *		Odmik (%)
	(Bq/g)*	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) ²	
Na-22	3,10 ± 0,07	3,019	0,01694	-2,61
Mn-54	3,18 ± 0,07	3,142	0,00977	-1,19
Co-60	2,06 ± 0,05	1,960	0,01033	4,86
Sr-85	3,14 ± 0,08	3,660	0,00551	16,56

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča varianca

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

Ringversuch Milch 2019

**MRI, Max Rubner-Institut,
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Kiel, Nemčija**

V letu 2019 je MRI, Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel iz Kiela, Nemčija, organiziral primerjalne meritve, kjer je bilo treba v vzorcu mleka določiti vsebnost umetnih radionuklidov. Rezultati teh primerjalnih meritev so bili objavljeni januarja 2020 [Vorauswertung Ringversuch Milch 2019, G. Haase, F. Ober, T. Vagt, Max-Rubner-Institut (MRI), Kiel, Nemčija, januar 2020].

Pri tem preverjanju je ZVD je poročal o treh ponovitvah meritev sevalcev gama v vzorcu mleka s spektrometrijo gama s tremi spektrometri ter o po eni ponovitvi meritev vsebnosti stroncijev Sr-89 in Sr-90. Koda laboratorija ZVD je bila 50.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati analiz ZVD ter primerjave s povprečji sodelujočih laboratorijev, ki imajo sprejemljive rezultate. Kriterij za ustreznost rezultatov je z-preskus in ζ -preskus. Rezultati so ustrezni, če je z-preskus < 2 . Ovrednotenje je izračunano glede na robustno povprečje sodelujočih laboratorijev.

REZULTATI ZVD:

Ringversuch Milk 2018					
analize ZVD opravljene <i>junija 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2020</i>					
IZOTOP	ZVD Laborcode 50	Robustno povprečje sodelujočih laboratorijev in standardna deviacija povprečja	Odmik (%)	z-preskus	ζ -preskus
(Bq/L)					
K-40	51,0 ± 3,8	50,3 ± 2,7	1,4	0,3	0,2
	50,5 ± 3,7		0,6	0,1	0,2
	50,7 ± 3,7		0,8	0,2	0,1
I-131	92,5 ± 5,8	90,4 ± 4,2	2,4	0,5	0,4
	92,8 ± 5,8		2,6	0,6	0,4
	92,0 ± 5,8		1,8	0,4	0,3
Ba-133	13,0 ± 1,0	14,0 ± 0,7	-7,0	-1,4	-0,9
	14,0 ± 1,1		-0,1	0,0	0,0
	13,8 ± 1,1		-0,3	-0,3	-0,2
Cs-134	11,4 ± 0,5	10,8 ± 0,5	6,0	1,4	1,2
	11,2 ± 0,5		3,9	0,9	0,8
	11,4 ± 0,5		6,3	1,4	1,3
Cs-137	8,8 ± 0,6	8,6 ± 0,3	2,5	0,8	0,3
	8,4 ± 0,6		-1,8	-0,5	-0,2
	8,7 ± 0,6		2,1	0,6	0,3
Sr-89	17,3 ± 3,1	17,9 ± 2,7	-3,2	-0,2	-0,2
Sr-90	5,0 ± 0,9	5,4 ± 0,8	-8,1	-0,5	-0,5

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

Ringversuch Boden 2019

MRI, Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Kiel, Nemčija

V letu 2019 je MRI, Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel iz Kiela, Nemčija, organiziral primerjalne meritve, kjer je bilo treba v vzorcu zemlje določiti vsebnost umetnih radionuklidov. Rezultati teh primerjalnih meritev so bili objavljeni septembra 2019 [Vorauswertung Ringversuch Boden 2019, G. Haase, F. Ober, T. Vagt, Max-Rubner-Institut (MRI), Kiel, Nemčija, september 2019].

Pri tem preverjanju je IJS, Odsek F-2, poročal o treh ponovitvah meritev sevalcev gama v vzorcu zemlje s spektrometrijo gama s tremi spektrometri ter o dveh meritvah vsebnosti Am-241. Koda IJS je bila 39.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS ter primerjave z robustnim povprečjem sodelujočih laboratorijev, ki imajo sprejemljive rezultate. Rezultati IJS so povprečja poročanih rezultatov, kot jih je določil organizator interkomparacije. Poročane merilne negotovosti IJS ni upošteval. Kriterij za ustreznost rezultatov je z-preskus, ki je definiran kot

$$z\text{-preskus} = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

kjer je x_i rezultat sodelujočega laboratorija za posamezen radionuklid, \bar{x} povprečna vrednost vseh sodelujočih laboratorijev za ta radionuklid in σ standardna deviacija povprečja ($k = 1$). Rezultati so sprejemljivi, če je $|z| \leq 2$, vprašljivi, če je $2 < |z| \leq 3$ in nesprejemljivi, če je $|z| \geq 3$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

Ringversuch Boden 2019				
analize IJS opravljene <i>maja 2019</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2019</i>				
IZOTOP	IJS Laborcode 39	Robustno povprečje sodelujočih laboratorijev in standardna deviacija povprečja	Odmik (%)	z-preskus
K-40	516,1	486,8 ± 26,1	6,0	1,1
	503,3		3,4	0,6
	515,3		5,8	1,1
Co-60	58,2	53,9 ± 2,6	7,9	1,7
	56,2		4,2	0,9
	57,9		7,4	1,6
Ba-133	24,9	23,2 ± 1,6	7,2	1,0
	24,8		7,1	1,0
	25,1		8,4	1,2
Cs-137	49,7	47,6 ± 2,3	4,4	0,9
	49,6		4,3	0,9
	49,7		4,3	0,9
Am-241	12,1	11,9 ± 1,6	1,6	0,1
	11,9		-0,1	0,0

REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

Preparedness Intercomparison of Passive $H^*(10)$ Area Photon Dosimeters in 2017/ 2018 PTB, Nemčija

V letih 2017 in 2018 je PTB iz Nemčije izvedel primerjavo pasivnih dozimetrov za meritve $H^*(10)$, ki so bili obsevani daljši čas v znanem sevalnem okolju. Ti dozimetri so bili izpostavljeni v obdobju od oktobra 2017 do aprila 2018 v 3 različnih naravnih okoljih – naravno okolje, okolje, kjer prevladuje sekundarno kozmično sevanje in kombinirano okolje z obema prispevkoma. Poleg tega je bila ena serija dozimetrov obsevana s kalibriranim virom Cs-137 pod dvema različnima kotoma.

Pri tej interkomparaciji je sodeloval IJS, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo. Koda laboratorija TLD je bila K. Končno poročilo v projektu Preparedness z naslovom *Report on the Preparedness Intercomparison of Passive $H^*(10)$ Area Photon Dosimeters in 2017/ 2018* je bilo končano oktobra 2018.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati meritev IJS (Odsek F-2, TLD), primerjave z referenčnimi vrednostmi in ovrednotenja.

REZULTATI IJS (Odsek F-2, Laboratorij za TLD)

Sevalno polje	Povprečna energija	$H^*(10)$ (mSv)	\bar{M}_d (mSv)	$U_{\bar{M}}$ (%)	r_H	U_r
	dozimetri, obsevani <i>od oktobra 2017 do aprila 2018</i> , rezultati objavljeni <i>marca 2018</i>					
Cs-137 pri 0°	0,650	30,0	33,0	2,8	1,10	3,3
Cs-137 pri 90°	0,650	30,0	30,4	7,3	1,01	7,5

Sevalno polje	Povprečna energija	$H^*(10)$ (mSv)	\bar{M}_d (mSv)	$U_{\bar{M}}$ (%)	r_E	U_r
	dozimetri, obsevani <i>od oktobra 2017 do aprila 2018</i> , rezultati objavljeni <i>marca 2018</i>					
Kombinirano sevanje iz tal in kozmično sevanje	n/a	0,293	0,285	11	0,97	13
Kozmično sevanje	n/a	0,140	0,160	7,7	1,28	11
Naravno sevanje iz tal	ca. 1,2	0,153	0,110	29	0,71	31

Pojasnila:

$H^*(10)$ okoljska ekvivalentna doza (referenčna vrednost);

\bar{M}_d povprečna vrednost 4 obsevanih dozimetrov med interkomparacijo;

$U_{\bar{M}}$ statistična negotovost povprečne vrednosti, ki vključuje negotovost izmerjenih vrednosti z upoštevanjem t -statistike in standardne negotovosti referenčne vrednosti, oboje s faktorjem pokritja $k = 2$;

r_H faktor odziva za okoljsko ekvivalentno dozo glede na sevanje gama radionuklida Cs-137

r_E faktor odziva, ki upošteva energijsko odvisnost odčitkov

U_r ocenjena relativna razširjena negotovost faktorja odziva ($k = 2$)

