

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2012

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2012



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11245
marec 2013

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2012

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Matej Lipoglavšek

Koordinator za IJS: 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 strani 3 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2012, IJS-DP-11246*, ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: dr. Jože Gasperič;

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

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič - Cindro

Likovno in grafično uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Fotografije: dr. Benjamin Zorko

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: 31. marec 2013

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

Pogodba št.: POG-3644

Št. delovnega poročila: IJS-DP-11245

Redakcija je bila končana marca 2013.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012 ter obeh prilog k poročilu: *Poročanje in ovrednotenje zračnih in tekočinskih imisij ter meritev zunanje sevanja v okolici NEK* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne – Poročilo za leto 2012*, 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 ©.

Naklada: 50 izvodov



NASLOV:

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško

IJS-DP-11245

marec 2013

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozijskih prenosnih poteh so podani z ocenami učinkovitih doz. Konzervativne ocene doznih obremenitev posameznikov zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2012 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,3 μSv na leto in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* manj kot 0,02 μSv na leto. Ta vrednost (0,3 μSv na leto) je 0,6 % avtorizirane mejne letne doze (50 μSv ; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh) za prebivalca na robu ožje varstvene cone. Iz meritev so bile ocenjene tudi izpostavitve naravnemu sevanju in prispevki zaradi splošne radioaktivne onesnaženosti okolja, ki so jo povzročile poskusne jedrske eksplozije in černobilska nesreča. ***Ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne učinkovite doze) NEK-a na prebivalstvo v neposredni okolici jedrske elektrarne je približno 0,009 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

KLJUČNE BESEDE:

poročanje rezultatov 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 zunanega sevanja, ocena učinkovitih doz, razredčitveni faktor, referenčna skupina prebivalstva, primerjalne meritve

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-11245

March 2013

ABSTRACT:

Summarised results of radioactivity measurements of anthropogenic and natural occurring radionuclides are presented by different transfer media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated dose burdens received by members of general public as the result of NPP emissions amount in the year 2012 to a value of the *effective dose* of 0,3 μSv per year for atmospheric discharges and it is smaller than 0,02 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. This value, 0,3 μSv per year, presents 0,6 % of the authorized dose limit (50 μSv ; the sum of the contributions from all exposure pathways) to the member of the public received at the boundary of the exclusion area. 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 NPP to the member of the public in its vicinity is 0.009 % of the characteristic unavoidable natural background radiation.***

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





IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (odsek F2)

D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, 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, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

Koordinator projekta za IRB - ZIMO: dr. Željko Grahek

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

dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, Gorana Karanović, dipl. inž. T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, I. Milanović, dipl. inž., M. Nodilo, dipl. inž. I. Panjkret, Matea Rogić, dipl. inž., dr. M. Rožmarić – Mačefat

Izvajalci na IRB - Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti- Zavod za eksperimentalnu fiziku:

dr. J. Barešić, dr. N. Horvantičić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić

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

mag. B. Vekić, dipl. inž., dr. Ž. Knežević

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., dr. L. Mikelić, 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

Izvajalci v MEIS, d. o. o.:

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





VSEBINA

Uvod in upravne podlage	ix / lii
Izveček	xiii / lii
Summary	xxix / lii
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	xliv / lii

AVTORJI

Poročilo	mag. Denis Glavič - Cindro doc. dr. Matej Lipoglavšek dr. Benjamin Zorko
Izveček	dr. Benjamin Zorko
Angleški prevod izvlečka	MultiLingual - prevajalska agencija Slovenska cesta 19, Ljubljana
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič - Cindro

**Poročanje in ovrednotenje zračnih in tekočinskih imisij ter meritev zunanjega sevanja v okolici NEK,
ISBN 978-961-264-049-1**

**Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2012, IJS-DP-11246**

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-112
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-89 / M-112

Poročilo Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2012, IJS-DP-11246 je na priloženi zgoščenki.





LETNO POROČILO

Po pogodbi POG-3644 z NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško obravnavamo v poročilu radiološko sliko v okolici NEK in širše. V ta namen v uvodu povzemamo ovrednotenja po posameznih sklopih, kot to zahtevata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [7]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije "*Poročanje in ovrednotenje zračnih in tekočinskih imisij ter meritev zunanjega sevanja v okolici NEK*", kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2012.

Odgovorni za izdajo:

doc. dr. Matej Lipoglavšek





UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega vpliva majhnih količin radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna Krško. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [7]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2008, 2009 in 2010 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 15/2007, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, poglavje 3.12, stran 43 do 60.

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 dosega sevanja, ki ga povzroča elektrarna. Za izračun doz so avtorji uporabili znanstveno potrjene modele in načine. Ovrednotenje se nanaša na imisijske meritve v okolju ter povzetek programa emisijskih meritev. Za evalvacijo merskih podatkov in oceno doznih obremenitev so bili kot dopolnilni ali vzporedni podatki uporabljeni tudi:

- mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2012;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2012;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS, d. o. o., za okolico NEK v letu 2012;
- 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 ocenjujemo dozne obremenitve prebivalstva v okolici objektov. Po drugi strani pa z neposrednimi meritvami ugotavljamo vnos radioaktivnih snovi v okolje, kar omogoča neposredno ocenjevanje izpostavljenosti prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi ocenjevanje 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 iz Zagreba, Republika Hrvaška. Emisijske meritve znotraj ograje Nuklearne elektrarne Krško so izvedli sodelavci NEK.

Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) sta pooblaščenca za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 123. in 124. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 in 70/08) ter 11. in 12. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 20/07) s pooblastiloma št. 35400-4/2009/4 z dne 4. 6. 2009 (IJS) in 3916-4/2007/8 z dne 4. 3. 2009 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSVJ)



v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

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

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

- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-10/2012-3 z dne 15. 6. 2012
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-1/2013-3 z dne 26. 2. 2013
- doc. dr. Mateja Lipoglavška z odločbo 1846-10/2010-5-04103 z dne 2. 9. 2010
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 1864-17/2011-3 z dne 10. 8. 2011
- mag. Matjaža Stepišnika z odločbo 1864-2/2012-3 z dne 8. 5. 2012 ter
- dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-10/2008-3-04103 z dne 1. 8. 2008

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-6/2012-7 z dne 22. 5. 2012 na podlagi 30. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04, 70/08 – ZVO-1B in 60/11) 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. 1864-15/2012-3 z dne 26. 10. 2012, 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, 70/08 – ZVO-1B in 60/11) 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 3906-1/2007/8 z dne 9. 3. 2007 in 3571-3/2012/6 z dne 13. 3. 2012 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 radiološke merilne sisteme in 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 radiološke merilne sisteme in 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 tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je akreditiran za določanje tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in po metodi z elektrolitsko obogatitvijo. Z akreditacijsko listino št. LP-022 jim Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda SIST



EN ISO/IEC 17025:2005 pri teh dejavnostih. Odsek za znanosti v okolju, v okviru katerega deluje Laboratorij za radiokemijo, ima ravno tako izdelan sistem kakovosti, ki je skladen z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005. Metodi za določanje vsebnosti stroncija in tritija v vzorcih iz okolja sta od junija 2009 dalje akreditirani pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-090.

Na Institutu Ruđer Bošković ima Laboratorij za radioekologijo akreditacijo Hrvatske akreditacijske agencije za meritve določanja vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

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





IZVLEČEK

UVOD

Podobno kot v svetu, je prebivalstvo Slovenije izpostavljeno naravnemu ionizirajočemu sevanju in nekaterim antropogenim virom ionizirajočega sevanja, predvsem zaradi uporabe ionizirajočega sevanja v medicini in vpliva preostale černobilske kontaminacije in atmosferskih jedrskih poskusov. Pri prebivalstvu okolice Nuklearne elektrarne Krško (NEK) so dodatno mogoče izpostavitve zaradi atmosferskih in tekočinskih izpustov radioaktivnih snovi iz NEK in zaradi neposrednega sevanja iz objektov znotraj njene ograje.

Omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva je bila določena že v lokacijski dokumentaciji NEK leta 1974, kjer je navedena zahteva, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje ne sme presegati 50 μSv . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 μSv na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Mejne vrednosti so naslednje:

- a) za atmosferske izpuste:
 - I-131: 18,5 GBq na leto;
 - aerosoli (radionuklidi s $T_{1/2} > 8$ d): 18,5 GBq na leto.
- b) za tekočinske izpuste:
 - vsi radionuklidi razen H-3, C-14 in raztopljenih žlahtnih plinov: 100 GBq na leto, 40 GBq na trimesečje;
 - H-3: 45 TBq na leto.

Navedene mejne vrednosti za tekočinske izpuste so v veljavi od leta 2007, ko je prišlo do spremembe v povezavi s prehodom NEK na 18-mesečni gorivni cikel. Pred tem so veljale prvotne omejitve, ki so bile nižje za H-3 (20 TBq na leto, 8 TBq na trimesečje) in višje za vse druge radionuklide, razen za C-14 in raztopljene žlahtne pline (200 GBq na leto in 80 GBq na trimesečje).

NEK mora upoštevati navedene *avtorizirane meje* in druge mejne vrednosti, ki se nanašajo na izpuste, ter druge sevalne vplive na okolje in prebivalstvo. Izpolnjevanje zahtev dokazuje NEK z *obratovalnim nadzorom radioaktivnosti*, katerega obseg in način izvajanja določata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS, št. 20/2007) in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS, št. 97/2009) [7]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Obseg nadzora radioaktivnosti določa priloga 4 omenjenega pravilnika (Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti jedrske elektrarne). Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizno 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 2012. V poročilu niso obravnavane izpostavitve prebivalstva ionizirajočem sevanju zaradi medicinskih diagnostičnih preiskav, ki so v razvitem svetu in tudi pri nas za naravnim sevanjem drugi najpomembnejši vzrok izpostavitvev.



ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje in meritve so v letu 2012 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 trendov. Značilnosti so naslednje:

1) Reka Sava:

- a) kontinuirno vzorčevanje na treh lokacijah: (Krško – 3,2 km vzvodno, Brežice – 8,2 km nizvodno in Jesenice na Dolenjskem – 17,5 km nizvodno) za dolgožive radionuklide in enkratni vzorci nefiltrirane vode v Krškem, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Podsusedu pri Zagrebu (HR, okrog 30 km nizvodno od NEK) za kratkožive radionuklide;
- b) vzorčevanje sedimentov na šestih lokacijah (Krško vzvodno, pod jezom NEK, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused - HR nizvodno);
- c) vzorci rib: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR).

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

2) Vodovodi in črpališča:

- a) enkratni četrletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem, Brežicah in Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Drnovem, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- c) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrletni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtina Medsave in črpališče Šibice).

Meritve so potekale na enak način, kot pri vzorcih reke Save.

3) Padavinski in suhi usedi:

- a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) mesečna menjava vazelinskih zbiralnikov suhega useda na osmih lokacijah v ožji in širši okolici NEK ter Ljubljani (referenčna lokacija).

Pri vzorcih padavin so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama, določena je bila še koncentracija tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in koncentracija Sr-90/Sr-89 z radiokemično analizo. Na vazelinskih vzorcih so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

4) Zrak:

- a) vzorčevanje aerosolov se opravlja s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre, ki se menjajo vsakih 15 dni; črpalke so postavljene na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in Dobova) ter na kontrolni lokaciji v Ljubljani;
- b) vzorčevanje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčevanje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebnimi črpalkami v Dobovi in Ljubljani;



- č) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvezemajo vzorci za meritev joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO₂ je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2012 bilo skupno zbranih šestnajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu.

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

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 okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov sevanja, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 61 kontinuirnih merilnikov.

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

Zemlja:

- a) vzorce zemlje se zbira na štirih lokacijah nizvodno od NEK na poplavnih območjih (Amerika – 3,5 km od NEK, Gmajnice – 2,5 km od NEK, Gmajnice – 3,6 km od NEK in Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK); tri lokacije so na neobdelani zemlji, ena na obdelani; vzorčevanje poteka dvakrat letno, in sicer ločeno po globinah do 30 cm na neobdelani zemlji in do 50 cm na obdelani zemlji.

Meritve sevalcev gama se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, koncentracija stroncija pa se določa z radiokemijsko analizo.

6) Hrana:

- a) vzorčevanje poteka na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, žito), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, divjačina, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava, žito), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava, sadje), Žadovinec (zelenjava), Trnje (zelenjava, žito), Pečice (sadje), Pleterje pri Zdolah (meso), Vinska klet Leskovec (vino);
- b) pogostost vzorčevanja je odvisna od vrste živila: mleko mesečno oz. trimesečno (za specifično meritev Sr-90/Sr-89), meso, jajca in žito letno, povrtnine, poljščine in sadje sezonsko;
- c) vzorčevanje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje vsebnosti C-14 je potekalo v letu 2012 dvakrat (junij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi;
- č) specifične aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, vsebnost Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo.



REZULTATI MERITEV

1) Reka Sava

Meritve v savski vodi so, tako kot v preteklih letih, pokazale prirastek koncentracije H-3 zaradi tekočinskih izpustov NEK. Povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($5,4 \pm 2,0$) kBq/m³ je 8-krat višja kot na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,70 \pm 0,03$) kBq/m³ in višja kot v letu 2011, ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m³. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje ($3,1 \pm 1$) kBq/m³, ki pa je tudi višje kot v letu 2011. Na referenčnem mestu v Krškem je bila povprečna letna koncentracija H-3 v okviru negotovosti in stresanja podatkov enaka kot v letu 2011, to je 0,75 kBq/m³.

Najvišja vrednost mesečnih povprečij H-3 v Brežicah je bila v marcu (29 ± 3) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju vrednost na referenčnem odvzemu Krško ($0,66 \pm 0,08$) kBq/m³. Tudi najvišja izmerjena koncentracija v Brežicah je bila bistveno višja kot v letu 2011, vendar primerljiva z letom 2010, ko je bila v mesecu juniju 2010 koncentracija (20 ± 2) kBq/m³. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale največjo vrednost (16 ± 1) kBq/m³ prav tako v mesecu marcu.

Letno povprečje v Brežicah je od letnega povprečja v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju višje za faktor 1,7, kar je posledica dodatnega razredčenja vode reke Save zaradi pritokov Krke in Sotle, za katere predpostavljamo, da imata približno enako koncentracijo tritija kot Sava v Krškem oz. druge reke v Sloveniji (okoli 1 kBq/m³).

Izračunano vsebnosti I-131, ki sicer ni bil zaznan v tekočinskih izpustih NEK in je posledica uporabe v medicinskih ustanovah, izrazito nihajo v enkratnih vzorcih in so večkrat tudi pod mejo detekcije. Povprečna letna vsebnost I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od ($7,1 \pm 3,0$) Bq/m³ do ($3,9 \pm 3,0$) Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Izmerjene povprečne letne vsebnosti v drugih rekah po Sloveniji so bile večinoma pod 5 Bq/m³.

V letu 2012 je bil I-131 v talnem sedimentu zaznan v zadnjem kvartalu le na referenčni lokaciji Krško, kjer je bila izmerjena vsebnost ($0,8 \pm 0,2$) Bq/kg. V vzorcih rib I-131 ni bil poročan.

Cs-137 in Sr-90 sta v vzorcih vode, v filtrskih ostankih in sedimentih prisotna kot posledica globalne kontaminacije, sta pa tudi v tekočinskih izpustih iz NEK. Letno povprečje meritev vode v Brežicah (Cs-137: $<0,6$ Bq/m³, Sr-90: ($2,2 \pm 0,2$) Bq/m³) je podobno kot na referenčni lokaciji v Krškem (Cs-137: $<0,3$ Bq/m³, Sr-90: ($1,8 \pm 0,07$) Bq/m³). V Jesenicah na Dolenjskem je bila letna povprečna koncentracija Cs-137 pod mejo detekcije, Sr-90 pa ($2,8 \pm 0,2$) Bq/m³.

Izmerjeno letno povprečje vsebnosti Cs-137 je v filtrskem ostanku v Brežicah $<0,4$ Bq/m³ in je nižje kot na referenčnem mestu Krško $<0,64$ Bq/m³. Izmerjene vrednosti v Jesenicah na Dolenjskem so bile $<0,2$ Bq/m³, pri čemer je bila koncentracija v filtrskem ostanku le enkrat nad mejo detekcije (november). Izmerjeno letno povprečje Sr-90 v filtrskem ostanku v Savi pri Brežicah je bilo pod mejo kvantifikacije $<0,01$ Bq/m³, medtem ko je bila povprečna letna koncentracija v Krškem $<0,5$ Bq/m³ z najvišjo izmerjeno koncentracijo v prvem kvartalu leta 2012 ($0,9 \pm 0,1$) Bq/m³. Tudi v Jesenicah na Dolenjskem je bila koncentracija Sr-90 v filtrskem ostanku pod mejo detekcije.

Povprečne vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v vodi drugih rek po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija Cs-137 v drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri ($1,2 \pm 0,2$) Bq/m³, Sr-90 pa na lokaciji Laze pri Ljubljani ($3,1 \pm 0,9$) Bq/m³.

Meritve radioaktivnosti talnih sedimentov dajo najvišjo letno povprečno vrednost za Cs-137 na lokaciji pod jezom NEK ($2,2 \pm 0,3$) Bq/kg, kar je nižje kot na referenčni točki v Krškem pod mostom, ($4,2 \pm 0,3$) Bq/kg. Na drugih lokacijah (Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem) se povprečna letna koncentracija Cs-137 v talnem sedimentu giblje od 1,6 Bq/kg v Pesju do 2,4 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem.

Pri meritvah IRB stroncij v talnih sedimentih ni bil merjen, razen na lokaciji Podsused pri Zagrebu,



kjer je bila povprečna vrednost $<0,5$ Bq/kg. Povprečne vrednosti, ki jih je izmeril ZVD, pa so bile $<0,2$ Bq/kg. Vsebnosti stroncija v talnem sedimentu so tako primerljive z rezultati meritev iz predhodnih let. Vsebnosti stroncija v talnih sedimentih so značilno 10-krat nižje kot vsebnosti cezija. Povprečne letne koncentracije Cs-137 v ribah so od 0,03 Bq/kg do 0,06 Bq/kg, povprečne letne koncentracije Sr-90 v ribah pa so bile od 0,06 Bq/kg do 0,15 Bq/kg, kar je podobno kot v preteklih letih.

Drugi umetni radionuklidi, ki so prisotni v tekočinskih izpustih NEK (Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133), v letu 2012 v okolju niso bil zaznani na nobeni lokaciji.

Izmed naravnih radionuklidov smo v letu 2012 izmerili radionuklide K-40 in izotope iz uranove (U-238, Ra-226, Pb-210) in torijeve razpadne verige (Ra-228 in Th-228). Vsebnosti U-238 v nefiltrirani vodi v letu 2012 so bile okrog 10 Bq/m³ (v letu 2010 5 Bq/m³, v letu 2011 20 Bq/m³) in Ra-228 okrog 1 Bq/m³. Povprečne letne koncentracije K-40 v Savi so bile 47 Bq/m³ v Krškem, 46 Bq/m³ v Brežicah in 58 Bq/m³ v Jesenicah na Dolenjskem. V Savi je bil izmerjen tudi kozmogeni Be-7.

2) Vodovodi in črpališča

Najvišje vrednosti H-3 so bile v letu 2012, podobno kot v prejšnjih letih, izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad – krško vodno oskrbovalno območje. Letno povprečje v črpališču Brege je bilo (928 ± 34) Bq/m³, najvišja mesečna vrednost pa je bila izmerjena decembra $(1\ 082 \pm 102)$ Bq/m³ (v letu 2011 januarja $(1\ 872 \pm 163)$ Bq/m³). Izmerjeni letni povprečji tritija v črpališčih Drnovo in Spodnji Stari Grad sta bili (888 ± 33) Bq/m³ in (941 ± 37) Bq/m³. Povprečna letna koncentracija tritija v krškem vodovodu je tudi do 70 % nižja kot v črpališčih, podobno kot v letu 2011.

Letno povprečje tritija v vodovodu Brežice je bilo (131 ± 28) Bq/m³, v okviru negotovosti in stresanja podatkov, enako kot v letu 2011, v črpališču Brežice – Glogov Brod pa (89 ± 17) Bq/m³. V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izmerjena povprečna vrednost (850 ± 100) Bq/m³, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila vrednost manjša od meje detekcije (<125) Bq/m³. Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije tritija v ljubljanskem vodovodu, $(1\ 105 \pm 510)$ Bq/m³, ki se meri v okviru republiškega radiološkega nadzora pitne vode. V letu 2012 je bila izmerjena koncentracija H-3 v ljubljanskem vodovodu (627 ± 78) Bq/m³.

Letno povprečje koncentracije H-3 v vrtini E1 je bilo $(1\ 285 \pm 104)$ Bq/m³, v vrtini VOP-4 v Vrbini pa $(6\ 000 \pm 2\ 500)$ Bq/m³, pri čemer so bile v vrtini E1 izmerjene najvišje vrednosti $(1\ 510 \pm 210)$ Bq/m³ v tretji četrtini leta, v vrtini VOP-4 pa aprila in novembra, in sicer $(32\ 165 \pm 2\ 530)$ Bq/m³, in $(10\ 611 \pm 1\ 530)$ Bq/m³. Največji tekočinski izpust H-3 iz NEK v letu 2012 je bil marca (43 % letnega izpusta), manjši pa oktobra in novembra. Celotni letni izpust H-3 v letu 2012 pa je bil 37 % letne omejitve 45 TBq.

Primerjava z podatki iz leta 2011 pokaže, da je izmerjeno povprečje v vrtini E1 v okviru merske negotovosti enako, vendar nižje za 19 % kot v letu 2010, 23 % kot v letu 2009 in 10 % kot v letu 2008. Po drugi strani koncentracija H-3 v vrtini VOP-4 kaže odmike od povprečne vrednosti v mesecih največjih izpustov, v drugih mesecih pa je v okviru merske negotovosti enaka kot v vrtini E1 po posameznih mesecih. Vrtina Medsave kaže enaka nihanja v koncentraciji H-3 po mesecih kot vrtina VOP-4, le povprečna koncentracija tritija v Medsavah je nižja, $(3\ 115 \pm 900)$ Bq/m³. Povprečna letna koncentracija H-3 v vodi iz črpališča Šibice na Hrvaškem je bila $(1\ 055 \pm 232)$ Bq/m³.

Letno povprečje stroncija v krških črpališčih in vodovodu je bilo $(0,7 \pm 0,3)$ Bq/m³, v brežiškem vodovodnem sistemu pa $<0,3$ Bq/m³. Izmerjena vsebnost Sr-90 v ljubljanskem vodovodu je bila $(0,48 \pm 0,1)$ Bq/m³, medtem ko je koncentracija Sr-90 v ljubljanskem vodovodu od leta 2002 od $0,4$ Bq/m³ do $1,5$ Bq/m³.



Nekoliko višja vrednost letnega povprečja Sr-90 v primerjavi z vrednostmi v krških in brežiških črpališčih je bila izmerjena v vrtini E1 (znotraj ograje NEK) ($2,9 \pm 0,6$) Bq/m³, vrtini v Medsave na Hrvaškem ($2,6 \pm 0,1$) Bq/m³ in tudi v črpališču Šibice na Hrvaškem ($3,0 \pm 0,1$) Bq/m³. Nobena od teh vrednosti se bistveno ne odmika od podatkov iz leta 2011 ali prejšnjih let.

V mesečnih ali četrtletnih vzorcih Cs-137 na vseh vzorčevalnih mestih v Krškem in Brežicah ter tudi na Hrvaškem ni bil zaznan v pitni vodi ali pa je bil določen pod mejo kvantifikacije.

Podobno kot v prejšnjih letih, radioaktivni izotop joda, I-131 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovodnega sistema, kot tudi ne v vzorcih vrtin E1 v NEK ali Medsave na Hrvaškem.

Vsebnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. V krških črpališčih in vodovodu Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad je bila letna povprečna koncentracija K-40 (61 ± 18) Bq/m³, v brežiškem vodno oskrbovalnem sistemu pa (24 ± 2) Bq/m³. V vrtini E1 je letno povprečje okrog 131 Bq/m³.

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda ter vrtino E1 NEK velja, da so letna povprečja naravnega U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v vrtini E1, in sicer (4 ± 1) Bq/m³. Povprečne letne koncentracije Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od 0,8 Bq/m³ (vodovod Brežice) do 3,4 Bq/m³ (vodovod Krško). Koncentracija Pb-210 je bila od 0,8 Bq/m³ v vodovodu Brežice do 4,8 Bq/m³ v vodi iz črpališča Brežice. V Ljubljani je bila koncentracija Pb-210 pod mejo kvantifikacije. Za Ra-228 se letna povprečja gibljejo med 0,5 Bq/m³ (črpališče Brežice) do 1,6 Bq/m³ (vrtina E1 NEK). Koncentracije Th-228 se gibljejo med 0,2 Bq/m³ (Spodnji Stari Grad) in 0,6 Bq/m³ (vrtina E1 NEK). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Koncentracija Be-7 je bila od 1 do 2 Bq/m³.

3) Padavinski in suhi usedi

Padavinski režimi v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so si med seboj podobni; po pričakovanjih se nekoliko razlikuje le ljubljanski padavinski vzorec. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1 339 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padla zelo podobna količina padavin, v povprečju 1 054 mm. Razlika med njimi je največ 6 %. Največ dežja je padlo jeseni, najmanj v marcu. Leto 2012 je bilo sicer glede letne količine padavin povprečno leto. Letne padavine v Ljubljani so bile le 2 % nižje od tridesetletnega povprečja.

Koncentracije tritija v padavinskih vzorcih so se v letu 2012 gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo 444 Bq/m³ v Ljubljani in najvišjo vrednostjo 2 610 Bq/m³ v Bregah. Letne povprečne vsebnost H-3 v padavinah v Bregah in Krškem so bile 1,7 kBq/m³ in 1,3 kBq/m³, v Dobovi in Ljubljani (referenčna lokacija) pa 1,0 kBq/m³ in 0,71 kBq/m³, kar so približno enake vrednosti, kot jih izmerijo v drugih državah. Najvišje mesečne koncentracije so bile izmerjene v Bregah in Krškem maja ($2,6 \pm 0,2$) kBq/m³ in aprila ($1,8 \pm 0,1$) kBq/m³, v Ljubljani pa v juliju ($1,1 \pm 0,1$) kBq/m³.

V letu 2012 so bili zračni izpusti tritija nekoliko višji kot leto poprej zaradi remonta v aprilu in maju 2012. Celoletna izpuščena aktivnost H-3 v letu 2012 je bila 9 TBq, v letu 2011 pa 5 TBq. Koncentracije tritija v padavinah se vseeno niso povečale: povprečna koncentracija tritija v 2011 je bila 1 970 Bq/m³, v 2012 pa 1 673 Bq/m³. Maksimumi padavin namreč se skladajo z največjimi zračnimi izpusti.

Najvišja koncentracija Sr-90 v padavinah je bila izmerjena v vzorcu iz Dobove v januarju 3,7 Bq/m³, v 21 vzorcih oziroma v 58 % primerov so bile izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije. V Krškem je bilo takih vzorcev kar devet. Vrednosti celotnega mesečnega padavinskega useda Sr-90 na posameznih lokacijah se gibljejo med nič in ($0,12 \pm 0,02$) Bq/m² in ne kažejo korelacije s količino padavin.

Najvišja koncentracija Cs-137 je bila ugotovljena za marčni vzorec v Bregah, ($8,1 \pm 3,0$) Bq/m³, vendar je treba poudariti, da je tudi negotovost meritve zelo visoka zaradi majhne količine vzorca. Visoko koncentracijo lahko najverjetneje pripišemo resuspenziji prašnih delcev s tal. Tudi zračni



izpusti Cs-137 so bili v prvi polovici leta komaj zaznavni. Podobni rezultati so bili poročani skoraj vsako leto od leta 2002 naprej, navadno ob majhnih količinah vzorcev. Za kar 37 vzorcev oziroma 77 % primerov so bile izmerjene vrednosti pod mejo detekcije.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile izmerjene v februarju 2012 na vseh treh lokacijah v okolici NEK od 0,05 Bq/m² v Krškem do 0,12 Bq/m² v Dobovi. Podatki o plinskih izpustih za Cs-137 iz NEK v tem času so skoraj desetkrat manjši kot maja, ko v padavinskem usedu cezija ni bilo mogoče zaznati na nobeni lokaciji. Najvišji letni used je bil zaznan v Dobovi, kjer se pojavi tudi drugi lokalni maksimum v septembru, obremenjen z veliko mersko negotovostjo. Usedi so bili za vsaj red velikosti nižji kot v letu 2011 zaradi globalnega onesnaženja po nesreči v jedrski elektrarni v Fukušimi na Japonskem.

4) Zrak

Od umetnih radionuklidov sta bila v letu 2012 v aerosolih zaznana le Cs-137 in Sr-90, ki sta v okolju posledica globalne kontaminacije, medtem ko je prispevek NEK nemerljiv glede na modelne ocene. Izmerjene povprečne vsebnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK so na ravni večletnega povprečja (1 μBq/m³). Izmerjene vrednosti Cs-137 so primerljive z vrednostmi na lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Specifične meritve Sr-90 so potekale le v Dobovi, izmerjene specifične aktivnosti pa so nizke, med 0,41 in 0,68 μBq/m³. Koncentracija radioaktivnega joda I-131 v zraku je bila v letu 2012 pod mejo detekcije v vseh vzorcih ogleh (plin) in aerosolnih filtrov (delci).

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih v vzorcih iz okolice NEK, kažejo prisotnost radionuklidov, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev tudi na drugih mestih v Sloveniji. Pri tem velja, da se vrednosti Be-7 in Pb-210 dobro ujemajo na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani, ki je referenčno mesto, ter delno tudi z drugimi lokacijami po Sloveniji. Pri drugih naravnih radionuklidih (izotopi uranove in torijeve razpadne verige ter radioaktivni kalij) so 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

Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, ki je bil izmerjen s TL-dozimetri, se giblje med 0,600 mSv in 1,036 mSv, pri čemer je bila povprečna vrednost $(0,806 \pm 0,094)$ mSv na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,508 mSv in 0,616 mSv na leto in povprečna vrednost $(0,580 \pm 0,033)$ mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta $(0,881 \pm 0,152)$ mSv na leto. Letni dozni ekvivalent zaradi zunanjega sevanja v zadnjem desetletju v okolici NEK v povprečju statistično fluktuirata za ± 10 % v okviru merske negotovosti. Dozimetri na Hrvaškem so v okviru natančnosti dali enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK $(0,845 \pm 0,134)$ mSv.

Meritev $H^*(10)$ s kontinuirnimi merilniki MFM je v letu 2012 dala povprečno vrednost $(0,69 \pm 0,08)$ mSv na leto, kar je 14 % pod vrednostjo, dobljeno s TL-dozimetri. Primerjava povprečij rezultatov meritev na lokacijah Brege, Gornji Lenart, Krško, Leskovec, Pesje, Spodnji Stari Grad, Vihre in NEK, kjer se opravljajo meritve s TLD in MFM, pokaže veliko boljše ujemanje: v letu 2012 je bil povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ za te lokacije, izmerjen s TLD, $(0,73 \pm 0,07)$ mSv v razponu od 0,58 mSv do 0,80 mSv, medtem ko je bil povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen z MFM, $(0,71 \pm 0,05)$ mSv v razponu od 0,65 mSv do 0,80 mSv. Za TLD in MFM, ki sta pri meteorološki postaji Rektorskega centra IJS v Brinju, smo ugotovili zelo dobro ujemanje med mesečnimi izmerki. Tako je u -preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM med 0,73 in 1,31, Pearsonov korelacijski koeficient pa 0,73, kar pomeni dobro ujemanje oziroma korelacijo.



Zemlja

Meritve vzorcev zemlje so pokazale le prisotnost globalnih izotopov Cs-137 in Sr-90. Koncentracije Sr-90 v letu 2012 so v razponu od 0,47 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 15–30 cm do 2,2 Bq/kg v globini 10–15 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. V Kusovi Vrbini in Ameriki je globinski profil za leto 2012 kvalitativno in kvantitativno zelo podoben profilu, ki je bil izmerjen v prejšnjih letih.

Koncentracije Cs-137 v zemlji so od 2,2 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 120 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na lokaciji Amerika je opazen premik maksimuma k večjim globinam, na lokaciji Kusova Vrbina pa je koncentracija v globini 15–30 cm precej nižja kot je bila izmerjena prejšnja leta. To je lahko posledica premika Cs-137 v globlje plasti ali drugačne porazdelitve depozita na mikrolokaciji, kar bo mogoče ugotoviti na podlagi meritev v naslednjih letih.

Povprečni usedi Cs-137 (do globine 15 cm), izmerjeni v letu 2012 v Gmajnicah, Trnju in Ameriki, so bili $(8,2 \pm 0,3)$ kBq/m², $(0,66 \pm 0,03)$ kBq/m² in $(4,7 \pm 0,2)$ kBq/m². Te vrednosti so primerljive z usedom do globine 15 cm, ki se določa v okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Sloveniji v letu 2012 (od 2 kBq/m² v Murski Soboti do 10,4 kBq/m² v Kobaridu). Tudi izračunani usedi Sr-90 za lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK, ki so od 0,08 kBq/m² v Kusovi Vrbini do 0,21 kBq/m² v Gmajnicah, so primerljivi z rezultati, dobljenimi drugod po Sloveniji, in so med 0,06 kBq/m² v Murski Soboti do 0,38 kBq/m² v Kobaridu. Izmerjene vrednosti povprečnih usedov v okolici NEK in po Sloveniji v zadnjih treh letih ne nihajo zaznavno.

Rezultati meritev koncentracij naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) se ujemajo s povprečnimi koncentracijami, ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [38]. Meritve tudi niso pokazale odvisnosti koncentracij radionuklidov od globine, razen za Pb-210 (višja koncentracija na površini je posledica spiranja iz atmosfere). Podobno velja za Be-7.

6) Hrana

Cs-137 in Sr-90 sta edina umetna radionuklida, ki sta bila izmerjena v vzorcih hrane. Cs-137 je bil v letu 2012 detektiran v mesu in mleku, v hrani rastlinskega izvora pa v korenju, kolerabi, rdeči pesi, redkvicah, zeleni solati, zelju, blitvi, peteršilju, brokoliju, pšenici, koruzi, hruškah, jagodah, jabolkih, rdečem in belem vinu. V letu 2012 je bila poskusno vzorčevana tudi divjačina. Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v divjačini je bila $(6,1 \pm 0,3)$ Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v hrani v letu 2012 je z upoštevanjem divjačine $<2,0$ Bq/kg, brez upoštevanja divjačine pa $<0,1$ Bq/kg, kar je primerljivo z vrednostjo v letu 2011, $(0,025 \pm 0,007)$ Bq/kg. Najvišja koncentracija Cs-137 v vzorcih hrane živalskega izvora, brez upoštevanja divjačine, je bila detektirana v svinjskem mesu $(0,13 \pm 0,05)$ Bq/kg, v hrani rastlinskega izvora je bila v letu 2012 najvišja vsebnosti Cs-137 izmerjena v pšenici $(0,12 \pm 0,09)$ Bq/kg.

Povprečna izračunana specifična aktivnost sevalca beta Sr-90 v hrani je bila v letu 2012 $<0,4$ Bq/kg. Najvišje specifične aktivnosti Sr-90 so bile izmerjene v zelenjavi, in sicer v repi $(0,61 \pm 0,05)$ Bq/kg.

V hrani je bila določena tudi specifična aktivnost naravnih radionuklidov, pri čemer so bile dobljene naslednje vrednosti: za K-40 (89 ± 36) Bq/kg z najvišjo vrednostjo v blitvi (159 ± 4) Bq/kg, za Pb-210 $<1,5$ Bq/kg z najvišjo izmerjeno koncentracijo v peteršilju $(2,3 \pm 0,2)$ Bq/kg, za U-238 $<1,2$ Bq/kg z najvišjima izmerjenima koncentracijama v feferonih $(2,3 \pm 0,3)$ Bq/kg in črni redkvi $(2,0 \pm 0,2)$ Bq/kg, za Ra-226 $<0,4$ Bq/kg z najvišjo koncentracijo detektirano v bezgu $(0,9 \pm 0,3)$ Bq/kg, za Ra-228 $<0,2$ Bq/kg z najvišjo vrednostjo v peteršilju $(0,19 \pm 0,02)$ Bq/kg, za Th-228 $<0,14$ Bq/kg, z najvišjo koncentracijo izmerjeno v peteršilju $(0,27 \pm 0,03)$ Bq/kg in Be-7 $6,3$ Bq/kg z najvišjo vrednostjo $(25 \pm 0,8)$ Bq/kg.

Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, koruzi, oljni repici, kodrolistem ohrovtu (raštika), ječmenu in pšenici, in sicer v juniju (po remontu) in v septembru. V juniju so bile povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v notranjem krogu, (275 ± 12) Bq na kilogram ogljika, v zunanjem krogu (263 ± 13) Bq na kilogram ogljika ter na kontrolni točki v



Dobovi (236 ± 3) Bq na kilogram ogljika. V septembru pa so bile vrednosti na vseh točkah nižje, in sicer v notranjem krogu za 5,4 %, v zunanjem krogu za 10,4 % in na kontrolni točki za 3.4 %.

DISKUSIJA

H-3

Podobno kot v preteklih letih, je v tekočinskih izpustih v reko Savo po aktivnostih prevladoval H-3. Podatki o meritvah tekočih efluentov kažejo, da so tekoči izpusti H-3 v letu 2012 (16,6 TBq) bili 4-krat višji kot v letu 2011, a podobni kot v letu 2010, ko je bila izpuščena aktivnost H-3 v reko Savo 22 TBq. Najvišji mesečni izpust H-3 je bil 7,1 TBq v marcu. Izmerjene vrednosti drugih umetnih radionuklidov (Cs-137, Sr-90 in drugi) v tekočinskih izpustih so bile vsaj za pet velikostnih redov nižje.

Izračuni prirastka koncentracije H-3, ki so bili narejeni na osnovi podatkov o količini H-3 v tekočih efluentih, kažejo dobro ujemanje z merskimi podatki iz Brežic, tako po velikosti kot tudi časovni odvisnosti, pri čemer je bil izmerjeni povprečni letni prispevek koncentracije H-3 zaradi vpliva NEK na odvzemnem mestu v Brežicah ($4,7 \pm 2$) kBq/m³, kar je bistveno več kot v letu 2011 in podobno letom 2005, 2007 in 2010. Ocenjeno razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah je $1,6 \pm 0,7$.

Neposredna povezava med izpusti H-3 in koncentracijo H-3 v podtalnici je razvidna pri podatkih iz vrtine VOP-4 in vrtine Medsave, kjer se najvišje izmerjene vrednosti časovno ujemajo z večjimi izpusti iz NEK. Letno povprečje koncentracije H-3 v vrtini VOP-4 je bilo (6 ± 3) kBq/m³. V času remonta v mesecu aprilu je bila tudi najbolj povišana koncentracija tritija v VOP-4 32 kBq/m³. Opazno je bila povišana tudi koncentracija H-3 v vrtini Medsave na Hrvaškem, kjer je bila največja izmerjena koncentracija ($9,3 \pm 0,8$) kBq/m³ tudi v mesecu marcu. Izmerjene povprečne letne koncentracije H-3 v vodi iz drugih črpališč, vodovodov in zajetij so neposredno primerljive z letom 2011 oz. preteklimi leti, kar pomeni, da je vpliv NEK-a na pitno vodo zanemarljivo majhen.

I-131

Kratkoživi I-131 je občasno prisoten v tekočih izpustih NEK, vendar v tekočih izpustih v zadnjih dveh letih ni bil zaznan. Zato lahko izmerjene koncentracije v reki Savi, ki so podobne tistim v drugih rekah v Sloveniji, pripišemo uporabi I-131 v medicini.

Cs-137, Sr-90/Sr-89, Cs-134

Aktivnosti Cs-137, Sr-90/Sr-89 so bile v letu 2012 v tekočih izpustih nižje (dejansko Sr-90, ker Sr-89 v izpustih ni bil zaznan) oziroma približno enake (Cs-137) kot v letu 2011. Ker gre za radionuklida, ki sta del globalne kontaminacije, sta povsod prisotna in ne moremo direktno dokazati njihovega porekla.

Tako iz meritev na reki Savi ne moremo ugotoviti prisotnosti Cs-137 ali Sr-90, ki bi izviral iz NEK. Meritve zadnjih let kažejo težnjo zmanjševanja vsebnosti, kar je naravna posledica radioaktivnega razpada radionuklidov.

Vpliva tekočinskih emisij Cs-137 in Sr-90 v letu 2012 na pitno vodo v okolici NEK ni bilo zaznati.

Tako so bile najvišje vsebnosti Sr-90 v vodi od 1,2 Bq/m³ v Drnovem do 1,9 Bq/m³ v Spodnjem Starem Gradu.

Korelacija padavinskega useda za H-3 s količinami padavin je dobra, medtem ko za koncentracije in količine padavin ni ujemanja. Trend padanja koncentracije H-3 se nadaljuje, kar se lepo vidi predvsem za referenčno lokacijo v Ljubljani. Zmanjševanje koncentracije tritija v ozračju je posledica razpada antropogenega tritija iz obdobja nadzemnih jedrskih poskusov in njegovega odlaganja v oceane in površinske vode. Vrednosti in trend so primerljivi z rezultati za Dunaj, Zagreb in druga bližnja mesta. Medtem ko Dobova dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim, v Krškem in Bregah pa opazimo nepravilen vzorec.



Korelacija med izpusti H-3 in okoljskimi vrednostmi je v 2012 izrazita za zimsko-jesensko obdobje za vsa tri vzorčevalna mesta, če od padavinskega useda odštejemo referenčni ljubljanski used. Prispevek tritija iz elektrarne je namreč istega velikostnega reda kot tritij, ki je že v zraku od prej in je potrebno upoštevati njegovo sezonsko variabilnost in ga obravnavati kot ozadje. Za spomladansko-poletno obdobje povezave ni videti. Situacija v letu 2011 je bila nekoliko drugačna in kaže na to, da so te korelacije močno odvisne od padavinskega režima oziroma časovne odvisnosti izpustov in padavin.

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

Modelni izračun pokaže, da so izračunane povprečne koncentracije Cs-137 tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo (približno $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$), ki jo dosežemo pri meritvah aerosolov. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije Cs-137, nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na aerosolnih filtrih v okolici NEK niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje, kar je posledica černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega stoletja.

Za meritve zunanjega sevanja v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letnega okoljskega ekvivalenta, predvsem v prvih letih po černobilski nesreči (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 le še Cs-137, lahko upadanje pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto). Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu dozemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,13 mSv, kar se dobro ujema z oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu dozemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Gmajnice in je 0,05 mSv.

Od 1992 do 2012 so bili povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti v Sloveniji višji od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za tretjino višji od tistega na ograji NEK. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih izotopov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv.

Vrednosti letnih doz TLD na Hrvaškem so bile v preteklosti sistematično višje od tistih v Sloveniji. Predlanskim pa je prišlo do zamenjave izvajalca meritev, v letu 2010 pa so se po večini spremenile tudi mikrolokacije ali pa so bili dozimetri prestavljeni na ustrežnejša mesta. Tako se od leta 2010 povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK, in se sistematsko ne odmika od doz, izmerjenih po Sloveniji.

Vzorčevanje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčevanja. Nekoliko višja vrednost useda Cs-137 do globine 30 cm pri pomladanskem vzorcu v Gmajnicah in nižji vrednosti v pomladanskem in jesenskem vzorcu iz Kusove Vrbine glede na trend iz prejšnjih let kažejo na posebnosti mikrolokacije, kjer je potekalo vzorčevanje. Razlog za to bi lahko bil bolj zapleten mehanizem migracije nanosa na mikrolokaciji, saj očitno ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja. Eden izmed mogočih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah. Dodaten argument za takšno sklepanje je potek globinske porazdelitve za leto 2012 pri Sr-90, ki kaže podobne značilnosti.

Vsebnost Cs-137 in Sr-90/Sr-89 v hrani je posledica prisotnosti omenjenih radionuklidov v zemlji in delno useda na vegetacijo med rastjo. Koncentracije z leti sicer nihajo, vendar se po černobilski nesreči zmanjšujejo in so pri nekaterih vrstah hrane (npr. mleko) že na ravni pred nesrečo. Primerjava vrednosti iz okolice NEK s tistimi iz drugih krajev Slovenije pokaže, da so koncentracije tako Cs-137 kot Sr-90 v hrani živalskega porekla v nekaterih krajih tudi za velikostni red višje kot v okolici NEK. To velja na



primer za mleko iz okolice NEK, ki ima podobno koncentracijo Cs-137 kot mleko v Ljubljani in za velikostni red nižjo kot v Kobaridu. Vsebnost Sr-90 v svinjskem mesu iz okolice NEK so pod mejo detekcije, ki pa je presežena v Dutovljah.

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.

C-14

C-14 je sicer kozmogeni radionuklid, vendar je prisoten tudi v plinastih efluentih NEK-a in prispeva k povečanju koncentracije C-14 v zraku. Od leta 2006 potekajo na ograji NEK meritve C-14 v atmosferskem CO₂, ki so pokazale, da je predvsem med remontom vsebnost C-14 lahko višja tudi za več kot 200 % od običajne vrednosti.

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrambno verigo. Meritve v vzorcih hrane so v preteklih letih pokazale (primerjava vzorcev iz okolice NEK in Dobove), da dodatni C-14 iz NEK poveča koncentracijo C-14 v rastlinah predvsem takrat, ko remont (večji izpusti) poteka neposredno pred oziroma med vegetacijo. Ker je remont 2010 potekal v oktobru, v letu 2011 pa ga ni bilo, tudi na vzorcih, pridobljenih v prvi polovici leta 2011, ni mogoče z zanesljivostjo ugotoviti pomembnejših razlik v vsebnosti C-14 med neposredno okolico NEK in kontrolno lokacijo v Dobovi. V juniju leta 2012 so bile izmerjene koncentracije C-14 v rastlinstvu, vzorčevanem v notranjem krogu NEK, za 14,3 % večje od vrednosti, izmerjene v Dobovi, v septembru pa za 12,6 %, kar kaže na povečanje vsebnosti C-14 v rastlinstvu, kadar se remont opravlja v vegetacijski sezoni. V letu 2012 je bil remont v aprilu in maju.

Izredne meritve v preteklih letih so potrdile tudi prisotnost C-14 v tekočinskih efluentih. Aktivnost C-14 je vsaj 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Vpliva C-14, ki je posledica tekočih efluentov NEK, na referenčno skupino prebivalstva ne moremo ovrednotiti, ker se meritve C-14 v okviru obratovalnega nadzora izvajajo samo v plinastih efluentih.

OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

Ob normalnem delovanju jedrske elektrarne so koncentracije izpuščenih radionuklidov v okolju znatno pod detekcijskimi mejami. 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.

Za tekočinske izpuste je bil razvit model, ki kot referenčno skupino prebivalstva upošteva ribiče in njihove otroke, ki lovijo 350 m nizvodno od jeza NEK, preživijo določen čas na obrežju in uživajo savske ribe. Modelni izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevač značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da najvišja učinkovita doza zaradi izpustov v reko Savo v letu 2012 ni presegla 0,2 μSv na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Pri tem so najpomembnejši prispevki Co-58 in Co-60 (zunanja izpostavitve, 98 %) ter H-3 in Cs-137 (ingestija rib, predvsem H-3 73 %). Pri pitju savske vode, kar je malo verjetna prenosna pot, bi bil dominanten prispevek H-3.



Atmosferski izpusti

Pri ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov upoštevamo naslednje skupine radionuklidov:

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

Tabela A prikazuje ovrednotenje emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2012 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti. Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom (ki je bolj realističen, saj upošteva značilnosti terena in večji nabor meteoroloških spremenljivk). Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen z Gaussovimi modelom, po letu 2011 pa prav tako z Lagrangeevim modelom.

Ocena za imerzijo v letu 2012 je višja kot v letu 2011 zaradi večjih emisij Ar-41 in ksenonovih izotopov (remont), ocena za inhalacijo pa prav tako nekoliko višja (doza je predvsem posledica izpustov H-3).

Meritve C-14 so bile v letu 2012 izvedene na vzorcih jabolk, koruze, oljne repice, kodrolistnega ohrovt (rašika), ječmena in pšenice na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je bila 0,29 μSv , kar lahko pripišemo zračnim izpustom iz NEK po remontu, ki je bil ravno med vegetacijo.

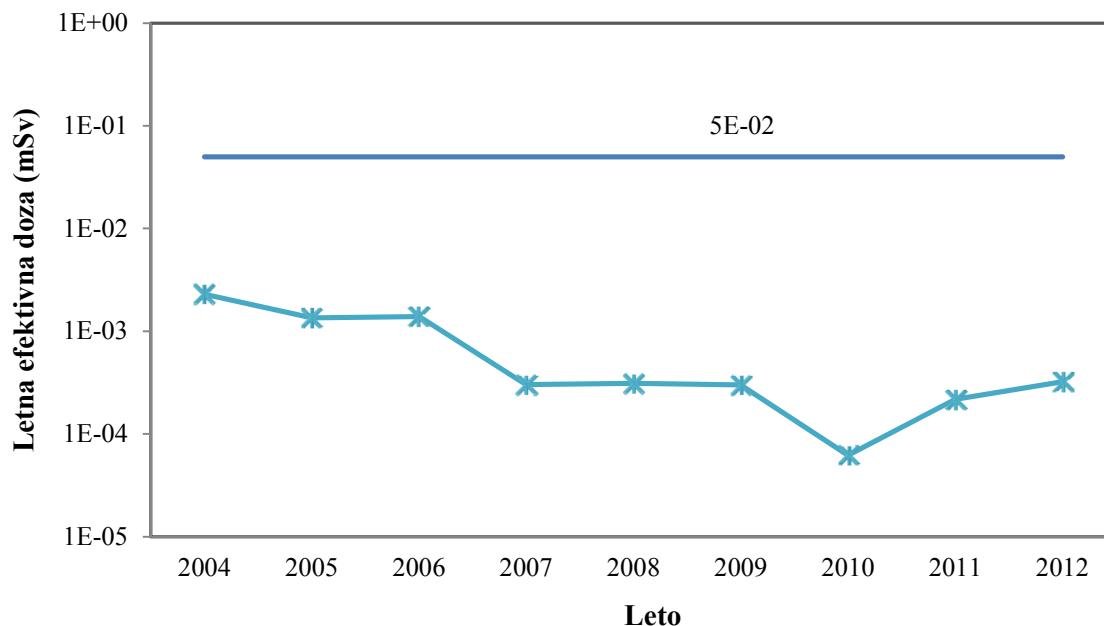
Ugotavljamo, da so bili vsi načini izpostavitve prebivalstva zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.

Tabela A: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2012

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, Xe-131m) – aerosoli (Cs-137, Co-58, Co-60)	7,0E-6 <2E-12
inhalacija	oblak	H-3	5,4E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	2,9E-4

Primerjava s preteklimi leti

Na sliki A je predstavljen seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK od leta 2004 do leta 2012. Posebej je označena avtorizirana letna meja 50 μSv . Posamezni prispevki so predstavljeni v tabeli C, pri čemer je treba poudariti, da gre za različne skupine prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze. S slike A pa je razvidno, da se vpliv izpustov iz NEK na prebivalstvo z leti znižuje, v letu 2012 pa je bil nekoliko višji zaradi izpustov pred remontom in po njem ter vpliva na prehransko verigo med vegetacijo (C-14), vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati, 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 ingestije C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn.



Slika A: Seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK od leta 2004 do leta 2012. Označena je tudi avtorizirana letna meja (50 µSv).

Tabela B: Efektivne doze zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2012

Vir	Letna efektivna doza (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#]	0,68
– kozmični nevtroni [38]	0,1
ingestija (K, U, Th) ([38], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,35

Opomba.[#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoliškega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za 600 keV fotone (Radiation Protection 106, EC, 1999). 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).


Tabela C: Povzetek letnih izpostavitv prebivalstva v okolici NEK za leto 2012

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	gama in ionizirajoče kozmično sevanje kozmični nevtroni	0,68** 0,1
	ingestija (K, U, Th)	0,27
	inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	skupaj	2,35
NEK – neposredno sevanje	neposredno sevanje iz objektov NEK	zanemarljivo
NEK atmosferski izpusti*	zunanje sevanje iz oblaka	7,0E-6
	zunanje sevanje iz useda (Cs-137, Co-60, Co-58)	<2E-12
	inhalacija iz oblaka (H-3)	5,4E-6
	ingestija (C-14)	2,9E-4
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	referenčna skupina	<2 E-5
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje**	<0,05***
	ingestija	1,0E-3
	inhalacija	1E-6

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

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

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

Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2012 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 0,81 mSv, za zaprte prostore pa je bila leta 1998 letna efektivna doza ocenjena na 0,83 mSv. K temu je treba dodati še prispevek $H^*(10)$ nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,1 mSv na leto. Tako je bila skupna doza zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2012 v okolici NEK 0,91 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbene faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,76 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritev vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani kaže vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [38].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,35 mSv, kar je zelo blizu svetovnega povprečja 2,4 mSv na leto [38].



Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije in nesreča v Fukušimi

V letu 2012 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. Drugih izotopov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi, v letu 2012 ni bilo več zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na 0,005 mSv do 0,05 mSv na leto, kar je manj kot 5 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva s tistimi v preteklih letih.

Predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije radionuklidov, ki so posledica globalne kontaminacije je za odraslega posameznika ocenjena na $(1,1 \pm 0,1)$ nSv na leto.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledih v posameznih vrstah hrane. Učinkovita doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2012 ocenjena na $(0,35 \pm 0,03)$ μ Sv na leto za Cs-137 in $(0,67 \pm 0,05)$ μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 1,5 % letne učinkovite doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2012 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij.

- **v letu 2012 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,3 μ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je zanemarljiva v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (učinkovita doza 50 μ Sv na leto na razdalji 500 m za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanjega sevanja 200 μ Sv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a je približno 0,009 % 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 certain anthropogenic sources of ionizing radiation, which come primarily from the use of such radiation 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 (NPP), we could additionally highlight the releases of atmospheric and liquid radioactive substances from the NPP and the direct radiation emanating from the buildings inside the power plant's fenced perimeter.

The limitation of additional exposure of the population was laid down already in the site plan documentation for the NPP from 1974, which required the total annual effective dose from all exposure pathways to the reference person on the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond not to exceed 50 μSv . After the commissioning and start of operation, this limit was supplemented with the requirement that the annual effective dose from external radiation at the Krško NPP perimeter fence shall not exceed 200 μSv per year, and additional restrictions regarding radionuclide activity in liquid and atmospheric effluents were imposed. The dose limits are as follows:

- a) For atmospheric releases:
 - I-131: 18.5 GBq per year;
 - aerosols (radionuclides with $T_{1/2} > 8$ d): 18.5 GBq per year.
- b) For liquid effluents:
 - all radionuclides except H-3, C-14 and dissolved noble gases: 100 GBq per year, 40 GBq per trimester;
 - H-3: 45 TBq per year.

The above limits for liquid effluents have been in force since 2007 when the change was made in connection to the transition of the NPP to an 18-month fuel cycle. Original limits applied prior to this, which were lower for H-3 (20 TBq per year, 8 TBq per trimester) and higher for all other radionuclides except H-3, C-14 and dissolved noble gases (200 GBq per year and 80 GBq per trimester).

The Krško NPP is required to comply with listed *authorised limits* and other dose limits relating to releases, as well as other radiation impacts on the environment and population. The Krško NPP is required to provide evidence of compliance by performing *operational radioactivity monitoring*, the scope and method of which are prescribed by the *Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 20/2007) or the *Rules amending the Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 97/2009) [7]. Operational radioactivity monitoring includes measurements of *emissions* on the premises, measurements of *imissions* in the surroundings, measurements of external radiation in the environment, evaluation of measurement results and dose estimation. The scope of monitoring is defined in Annex 4 of the above Rules (Design of the operational radioactivity monitoring programme for the nuclear power plant). The Rules also define requirements that must be met by the providers of radioactivity monitoring, technical requirements for measurement and analysis equipment as well as the methods and exposure pathways that must be considered in dose evaluation. Apart from the Krško NPP, which is in charge of emission measurements, radioactivity monitoring is performed by various *authorised monitoring providers*.

This Report presents the results of radioactivity monitoring that was performed in 2012 by the Krško NPP – as the entity liable for monitoring, and by the authorised radioactivity monitoring providers. The Report does not deal with the exposure of the population to ionizing radiation caused by diagnostic medical examinations, which represents the second main source of exposure after natural radiation in the developed world as well as in Slovenia.



CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2012, the scope and method of sampling and measurements was the same as in previous years, which enables comparison of the monitoring results with the results from previous years as well as the determination of trends. The characteristics are as follows:

1) Sava River:

- a) Continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, Brežice – 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.5 km downstream) for long-lived radionuclides and single samples of unfiltered water at Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (CRO, around 30 km downstream from the Krško NPP) for short-lived radionuclides;
- b) sediment sampling at six locations (Krško upstream and under the Krško NPP dam, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – downstream of the Krško NPP dam);
- c) fish samples: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (CRO) and Otok (CRO).

Sample measurements involved the determination of the concentration of gamma emitters using high resolution gamma-ray spectrometry (HRGS), tritium (H-3) concentration 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) quarterly water samples from the waterworks in Krško, Brežice and Ljubljana (reference location);
- b) monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Drnovo, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice;
- c) sampling of groundwater in the immediate vicinity of the NPP (quarterly samples from the E1 borehole inside the Krško NPP perimeter fence and monthly samples from the VOP-4 borehole in Vrbina) and two locations in Croatia (the Medsave borehole and the Šibice pumping station).

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

3) Precipitation and dry fallout:

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

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

4) Air:

- a) aerosol sampling comprised of continuously pumping air through aerosol filters, which were exchanged every fifteen days. Pumps are located at eight locations in the surroundings of the Krško NPP (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna and 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 and Ljubljana;
- d) emission measurements were performed at the Krško NPP's main vent, whereby samples for the measurement of iodine, tritium (H-3), carbon (C-14), aerosols and noble gases were collected;
- e) sampling of airborne C-14 in CO₂ was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2012, a total of sixteen samples were collected. Control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

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

5) External Exposure to Radiation

External radiation:

- a) The external radiation dose (gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation) was measured using 57 TL dosimeters in the vicinity of the Krško NPP (the locations surround the plant up to a 10 km distance) and 9 TL dosimeters on the NPP perimeter fence. Data was collected from the dosimeters every six months. Ljubljana was the reference dosimeter location for all external radiation measurements. Additional 10 dosimeters were located in Croatia.
- b) Measurements using 50 TL dosimeters at 50 locations distributed throughout Slovenia were performed in parallel with the measurements in the vicinity of the Krško NPP.
- c) 14 continuous radiation detectors operate in the vicinity of the Krško NPP as part of the Early Warning Network. In addition to these, 61 other continuous detectors are in operation at other locations in Slovenia, also as a part of the Early Warning Network.

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

Soil:

- a) Soil samples were collected at four locations on the flood plains downstream of the Krško NPP (Amerika – 3.5 km from the NPP, Gmajnice – 2.5 km from the NPP, Gmajnice – 3.6 km from the NPP, and Kusova Vrbina-Trnje – 8.5 km from the NPP). One location is on cultivated land, while three are on non-cultivated land. Sampling was performed twice a year with samples taken in layers from different depths (down to 30 cm on non-cultivated land and down to 50 cm on cultivated land).

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

6) Food

- a) The sampling of food was performed in the following locations: orchard next to the Krško NPP (fruit), Pesje (milk, vegetables, cereals), Spodnja in Zgornja Pohanca (fruit), Brege (meat, venison, milk, vegetables), Vihre (milk, vegetables, cereals), Vrbina (eggs, vegetables), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables, fruit), Žadovinek (vegetables), Trnje (vegetables, cereals), Pečice (fruit), Pleterje pri Zdolah (meat), Leskovec wine cellar (wine).
- b) Sampling frequency depends on the food category: milk was sampled monthly or quarterly (for the Sr 90/Sr-89-specific measurements); meat, eggs and cereals were sampled annually; vegetables, crops and fruits once per season;



- c) the sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 concentration determination took place twice in 2012 (June and September) at 16 locations in the surroundings of the Krško NPP and in Dobova.
- a) Measurements of the specific activity of gamma emitters were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while Sr-90/Sr-89 concentration determination was performed using radiochemical analysis.

MEASUREMENT RESULTS:

1) Sava River:

As in previous years, Sava River water measurements have shown an increase in H-3 concentration due to liquid effluents from the Krško NPP. The average annual concentration of H-3 at Brežice was (5.4 ± 2.0) kBq/m³, which is eight times higher than the concentration measured at the reference location in Krško (before the paper mill) (0.70 ± 0.03) kBq/m³ and higher than in 2011, (1.4 ± 0.2) kBq/m³. IRB measurements at Jesenice na Dolenjskem yielded an annual average of (3.1 ± 1) kBq/m³, which is also higher than in 2011. At the reference location in Krško, the average annual concentration of H-3 was within the data uncertainty and scatter range, which was the same as in 2011, i.e. 0.75 kBq/m³.

The highest value of monthly averages of H-3 in Brežice in March was (29 ± 3) kBq/m³, while the value at the reference sampling location at Krško in the same period was (0.66 ± 0.08) kBq/m³. The highest measured concentration at Brežice was also significantly higher than in 2011, but was comparable to 2010 when it reached (20 ± 2) kBq/m³ in June of 2010. IRB measurements at Jesenice na Dolenjskem yielded the highest value of (16 ± 1) kBq/m³, which also occurred in March.

The annual average at Brežice is higher than the annual average at Jesenice na Dolenjskem by a factor of 1.7, which is the consequence of additional dilution of the water in the Sava River by the water from the rivers Krka and Sotla, for which we presume to have approximately the same concentration of tritium as the Sava at Krško or as other rivers in Slovenia (around 1 kBq/m³).

The measured values of I-131 concentrations – whereby I-131 was not detected in the liquid effluent from the Krško NPP and is the result of use in medical applications – fluctuate significantly in one-time samples and are frequently below the detection limit. The average annual I-131 concentration in one-time samples taken at sampling locations was between (7.1 ± 3.0) Bq/m³ and (3.9 ± 3.0) Bq/m³, with the highest value recorded at the sampling location at Brežice. The average annual concentrations measured in other rivers around Slovenia were mostly below 5 Bq/m³.

I-131 was detected in river sediments in the last quarter of 2012 only at the reference location at Krško where the measured concentration was (0.8 ± 0.2) Bq/kg. I-131 was not reported in fish samples.

Cs-137 and Sr-90 were present in the samples of water, filter residues and sediments as a result of global contamination. They were also present in the liquid effluents of the Krško NPP. The annual average of water measurements at Brežice (Cs-137: <0.6 Bq/m³, Sr-90: (2.2 ± 0.2) Bq/m³) were similar to the results at the reference location in Krško (Cs-137: <0.3 Bq/m³, Sr-90: (1.8 ± 0.07) Bq/m³). The average concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was below the detection limit, while that of Sr-90 was (2.8 ± 0.2) Bq/m³.

The calculated annual average of Sr-90 concentrations in filter residues at Brežice was <0.4 Bq/m³ and lower than at the reference location in Krško where it was <0.64 Bq/m³. The measured values at Jesenice na Dolenjskem were <0.2 Bq/m³, whereby the concentration in filter residue was above the detection level only once (November). The measured annual average of Sr-90 in filter residue in the Sava River at Brežice was below the quantification limit (<0.01 Bq/m³), while the average annual concentration at Krško was <0.5 Bq/m³ with the highest measured concentration occurring in the



first quarter of 2012 – $(0.9 \pm 0.1) \text{ Bq/m}^3$. The concentration of Sr-90 in filter residue at Jesenice na Dolenjskem is also below the detection limit.

The average concentrations of Cs-137 and Sr-90 in the water of other rivers around Slovenia are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the NPP. The highest average concentration of Cs-137 in other rivers was measured in the Mura River $(1.2 \pm 0.2) \text{ Bq/m}^3$, while such a concentration of Sr-90 was measured at the Ljubljana Laze location $(3.1 \pm 0.9) \text{ Bq/m}^3$.

Measurements of the radioactivity in river sediments indicated the highest annual average value for Cs-137 at the location downstream from the NPP dam $(2.2 \pm 0.3) \text{ Bq/kg}$, which is lower than at the reference point under the bridge at Krško, $(4.2 \pm 0.3) \text{ Bq/kg}$. At other locations (Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem), the average annual concentration of Cs-137 in river sediment ranges from 1.6 Bq/kg at Pesje to 2.4 Bq/kg at Jesenice na Dolenjskem.

Strontium concentrations were not measured within the scope of IRB measurements of river sediments, with the exception of the Podsused location near Zagreb where the average value was $<0.5 \text{ Bq/kg}$. Average values measured by ZVD (Institute of Occupational Safety) were $<0.2 \text{ Bq/kg}$. Strontium concentrations in river sediment are thus comparable to the measurement results obtained in previous years. Strontium concentrations in river sediment are characteristically 10-times lower than caesium concentrations. Average annual concentrations of Cs-137 in fish range from 0.03 Bq/kg to 0.06 Bq/kg . Average annual concentrations of Sr-90 in fish ranged from 0.06 Bq/kg to 0.15 Bq/kg , which is similar to the ranges from previous years.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of the Krško NPP (Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133) were not detected on any sampling location in 2012.

Of the naturally occurring radionuclides, we measured K-40 and the representatives of the uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and thorium decay series (Ra-228 and Th-228) in 2012. The concentrations of U-238 in unfiltered water in 2012 were around 10 Bq/m^3 (in 2010, they were 5 Bq/m^3 , while they were 20 Bq/m^3 in 2011) and those of Ra-228 were around 1 Bq/m^3 . The average annual concentrations of K-40 in the Sava River were around 47 Bq/m^3 at Krško, 46 Bq/m^3 at Brežice and 58 Bq/m^3 at Jesenice na Dolenjskem. Cosmogenic Be-7 was measured in the Sava River.

2) Waterworks and pumping stations

Similarly as in previous years, the highest H-3 concentrations in 2012 were measured at the pumping stations Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad – the Krško water supply area. The annual average value at the Brege pumping station was $(928 \pm 34) \text{ Bq/m}^3$, while the highest monthly average of $(1082 \pm 102) \text{ Bq/m}^3$ was measured in December (in 2011, the highest average of $(1872 \pm 163) \text{ Bq/m}^3$ was measured in January). The annual averages of tritium measurements at the pumping stations of Drnovo and Spodnji Stari Grad were $(888 \pm 33) \text{ Bq/m}^3$ and $(941 \pm 37) \text{ Bq/m}^3$ respectively. The average annual tritium concentration in the Krško waterworks was up to 70 % lower than in the pumping stations, which was similar as in 2011.

The annual average for tritium in the Brežice waterworks was $(131 \pm 28) \text{ Bq/m}^3$, which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station – was $(89 \pm 17) \text{ Bq/m}^3$. The measured average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was $(850 \pm 100) \text{ Bq/m}^3$, while the average at the Petrol gas station in Brežice was lower than the detection limit, namely $<125) \text{ Bq/m}^3$. The assumed reference value can be the multi-annual mean value for tritium in the Ljubljana waterworks of $(1105 \pm 510) \text{ Bq/m}^3$, which is measured within the scope of the national radiological monitoring of drinking water. In 2012, the measured H-3 concentration in the Ljubljana waterworks was $(627 \pm 78) \text{ Bq/m}^3$.

The annual average H-3 concentration in the E1 borehole was $(1285 \pm 104) \text{ Bq/m}^3$. In the VOP-4 borehole in Vrbinja, the annual average was $(6000 \pm 2500) \text{ Bq/m}^3$, with the highest values in the E1 borehole in the third quarter of the year, $(1510 \pm 210) \text{ Bq/m}^3$, while the highest values in the VOP-4 borehole were recorded in April and November, namely $(32165 \pm 2530) \text{ Bq/m}^3$ and (10611 ± 1530)



Bq/m³ respectively. The largest liquid release of H-3 from the Krško NPP in 2012 occurred in March (43 % of the annual release), while smaller releases occurred in October and November. The total annual release of H-3 in 2012 was 37 % of the annual limit of 45 TBq.

A comparison with the 2011 data shows that – within the range of measurement uncertainty – the measured average of H-3 in the E1 borehole was the same, but lower by 19 % than in 2010, 23 % than in 2009 and 10 % lower than in 2008. The concentration of H-3 in the VOP-4 borehole on the other hand shows deviations from the average value during the months of the largest releases, while in other months it is the same – within the range of measurement uncertainty – as in the E1 borehole by individual months. The Medsave borehole exhibits the same fluctuations in H-3 concentrations by individual months as the VOP-4 borehole, whereby only the average concentration of tritium at Medsave is lower at (3115 ± 900) Bq/m³. The average annual concentration of H-3 in the water of the Šibice pumping station in Croatia was (1055 ± 232) Bq/m³.

The annual average for strontium in the Krško pumping stations and the waterworks was (0.7 ± 0.3) Bq/m³, while it was <0.3 Bq/m³ in the Brežice waterworks system. The measured concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks was (0.48 ± 0.1) Bq/m³, while since 2002 it was between 0.4 Bq/m³ and 1.5 Bq/m³.

A slightly higher annual average concentration of Sr-90 in comparison with Krško and Brežice waterworks system was measured in the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) at (2.9 ± 0.6) Bq/m³, (2.6 ± 0.1) Bq/m³ at Medsave in Croatia and (3.0 ± 0.1) Bq/m³ at the Šibice pumping station in Croatia. None of the presented values deviates significantly from the data for 2011 or prior years.

Cs-137 was not detected in drinking water in any monthly and quarterly samples at any of the sampling points in Krško and Brežice as well as in Croatia.

Similarly as in previous years, the I-131 radioactive isotope of iodine was not detected in any of the samples from the Krško and Brežice waterworks systems and neither was it detected in the samples from the E1 borehole at the Krško NPP or in Medsave in Croatia.

Concentrations of the naturally occurring K-40 isotope were measured at all sampling points. At the Krško pumping station and in the waterworks of Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad, the average annual concentration of K-40 was (61 ± 18) Bq/m³, while it was (24 ± 2) Bq/m³ in the Brežice water supply system. In the E1 borehole, the annual average was around 131 Bq/m³.

The annual averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks and the E1 borehole at the Krško NPP, whereby the highest annual average was measured in the E1 borehole at (4 ± 1) Bq/m³. The average annual concentrations of Ra-226 in the same locations range from 0.8 Bq/m³ (Brežice waterworks) to 3.4 Bq/m³ (Krško waterworks). The concentration of Pb-210 ranged from 0.8 Bq/m³ in the Brežice waterworks to 4.8 Bq/m³ in the water from the Brežice pumping station. The concentration of Pb-210 in Ljubljana was below the quantification limit. The annual average for Ra-228 ranged from 0.5 Bq/m³ (Brežice pumping station) to 1.6 Bq/m³ (E1 borehole at the Krško NPP). The concentrations of Th-228 range from 0.2 Bq/m³ (Spodnji Stari Grad) to 0.6 Bq/m³ (E1 borehole at the Krško NPP). Be-7 was occasionally detected at all pumping stations and waterworks in Krško and Brežice. The concentration of Be-7 ranged from 1 to 2 Bq/m³.

3) Precipitation and dry fallout

The precipitation regimes in Krško, Brege, Dobova and Ljubljana are all similar; as can be expected, only the precipitation regime of Ljubljana differs slightly. The most precipitation occurred in Ljubljana (1339 mm). Krško, Brege and Dobova had similar amounts of precipitation with an average of 1054 mm. The difference between is them 6 % at the most. 2012 was an average year in terms of annual precipitation quantities. Annual precipitation in Ljubljana was by only 2 % lower than the thirty-year average.

The concentrations of tritium in precipitation samples in 2012 ranged from the lowest measured



value of 444 Bq/m³ in Ljubljana to the highest one of 2610 Bq/m³ that was measured at Brege. The average annual H-3 concentrations in precipitation at Brege and Krško were 1.7 kBq/m³ and 1.3 kBq/m³, respectively, while at Dobova and Ljubljana (reference location) they were 1.0 kBq/m³ and 0.71 kBq/m³, which is approximately the same as those measured in other countries. The highest monthly concentrations were measured at Brege and Krško in May (2.6 ± 0.2) kBq/m³ and in April (1.8 ± 0.1) kBq/m³, while in Ljubljana these were measured in July (1.1 ± 0.1) kBq/m³.

The highest atmospheric releases of tritium in 2012 were slightly higher than the year before because of the NPP overhaul in April and May of 2012. The total released activity of H-3 in 2012 was 9 TBq, while it was 5 TBq in 2011. Nevertheless, the concentrations of tritium in precipitation did not increase: the average tritium concentration in 2011 was 1970 Bq/m³, and 1673 Bq/m³ in 2012. Precipitation maxima namely coincide with the highest atmospheric releases.

The highest concentrations of Sr-90 in precipitation were measured in the sample from Dobova in January with 3.7 Bq/m³, while the measured values were below the quantification limit in 21 samples or 58 % of the cases. There were as many as nine such samples taken at Krško. The values of the total monthly precipitation fallout of Sr-90 in individual locations range between zero and (0.12 ± 0.02) Bq/m² and do not indicate a correlation with the quantity of precipitation.

The highest Cs-137 concentration was found in the March sample from Brege, 8.1 kBq/m³, but it has to be emphasised that the measurement uncertainty is very high because of the small sample quantity. The high concentration can be attributed with a high level of probability to the resuspension of particles from the soil. Atmospheric releases of Cs-137 were also barely detectable in the first half of the year. Similar results were reported almost every year since 2002, usually when samples were small. For as many as 37 samples or 77 % of the cases, the measured values were below the detection limit.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured in February of 2012 on all three locations in the surroundings of the Krško NPP, namely from 0.05 Bq/m² at Krško to 0.12 Bq/m² at Dobova. The data on gaseous releases of Cs-137 from the Krško NPP during this period are almost ten times lower than in May when the precipitation fallout of caesium could not be detected in any of the locations. The highest annual fallout was detected at Dobova where the second local maximum occurs in September, which, however, features a high measurement uncertainty. Fallouts were by at least one order of magnitude lower than in 2011 because of global pollution following the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan.

4) Air

Of the artificial radionuclides, only Cs-137 and Sr-90 were detected in aerosols in 2012, whereby these two are present in the environment as a result of global contamination, while the contribution of the Krško NPP cannot be measured with respect to the model estimates. The measured average concentrations of Cs-137 at individual measurements locations in the surroundings of the Krško NPP were at the level of the multi-annual mean (1 µBq/m³). The measured values of Cs-137 are comparable to the values obtained from locations within the scope of radioactivity monitoring in the Republic of Slovenia. Specific Sr-90 measurements took place only at Dobova, while the measured specific activities are low, namely between 0.41 and 0.68 µBq/m³. The concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2012 in all samples from carbon filters (gas) and aerosol filters (particles).

The measurement results of aerosols samples from the surroundings of the Krško NPP indicate the presence of naturally occurring radionuclides, as the same as the measurement results within the scope of the monitoring assessment at other locations in Slovenia. The values for Be-7 and Pb-210 correlate well at all measurement points in the surroundings of the Krško NPP and in Ljubljana, which is the reference location, and partly also at other locations in Slovenia. In the case of other naturally occurring radionuclides (isotopes from the uranium and thorium decay chains and the radioactive potassium), the differences between the individual measurement points in the



surroundings of the Krško NPP are slightly greater, but nevertheless within the range of measurement uncertainty and expected variances, which is the result of resuspension on cultivated agricultural surfaces.

5) External Exposure to Radiation

External radiation

The annual ambient equivalent dose of $H^*(10)$ in the surroundings of the Krško NPP, which was measured using TL-dosimeters, ranges between 0.600 mSv and 1.036 mSv, whereby the average value was (0.806 ± 0.094) mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.508 mSv and 0.616 mSv per year, whereby the average value was (0.580 ± 0.033) mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient equivalent dose of (0.881 ± 0.152) mSv per year. The annual equivalent dose of external radiation in the last decade in the surroundings of the Krško NPP has on average statistically fluctuated by $\pm 10\%$ within the scope of measurement uncertainty. Dosimeters in Croatia have in terms of precision yielded the same average value as those in the surroundings of the Krško NPP (0.845 ± 0.134) mSv.

The measurements of $H^*(10)$ using continuous MFM radiation monitors in 2012 yielded an average value of (0.69 ± 0.08) mSv per year, which is 14 % below the value obtained using TL-dosimeters. A comparison of the measurement result averages at the locations of Brege, Gornji Lenart, Krško, Leskovec, Pesje, Spodnji Stari Grad, Vihre and the Krško NPP where measurements are performed using TLD and MFM shows much better correlation: in 2012, the average annual environmental equivalent dose of $H^*(10)$ for these locations measured using the TLD was (0.73 ± 0.07) mSv, while the average annual ambient equivalent dose of $H^*(10)$ measured using MFM was (0.71 ± 0.05) mSv which is in the range from 0.65 mSv to 0.80 mSv. We found good correlation between the monthly measured values from the TLD and MFM located at the meteorological station of the Jožef Stefan Institute Reactor Centre in Brinje. The u -test for the monthly measured values using TLD and MFM was between 0.73 and 1.31, while the Pearson's correlation coefficient was 0.73, which implies good correlation.

Soil

The measurements of soil samples have shown only the presence of globally spread artificial isotopes of Cs-137 and Sr-90. The concentrations of Sr-90 in 2012 are within the range from 0.47 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 15–30 cm to 2.2 Bq/kg at the depth of 10–15 cm in uncultivated soil at Gmajnice. At Kusova Vrbina and Amerika, the depth profile for 2012 was similar qualitatively and quantitatively to the profile measured in previous years.

The concentrations of Cs-137 in soil range from 2.2 Bq/kg at the depth of 5–10 cm at Kusova Vrbina to 120 Bq/kg at the depth of 5–10 cm in uncultivated soil at Gmajnice. At the Amerika location, a movement of the maximum to greater depths could be observed, while the concentration at the Kusova Vrbina location at the depth of 15–30 cm was much lower than the concentration measured in previous years. This could be the result of the movement of Cs-137 to deeper layers or a different distribution of the deposit at the microlocation. The distinction between these two processes will only be possible based on the measurements in the coming years.

The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 15 cm) measured in 2012 at Gmajnice, Trnje and Amerika was (8.2 ± 0.3) kBq/m², (0.66 ± 0.03) kBq/m² and (4.7 ± 0.2) kBq/m² respectively. These values are comparable to the fallout down to the depth of 15 cm, which is determined within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2012 (from 2 kBq/m² in Murska Sobota to 10.4 kBq/m² in Kobarid). The calculated Sr-90 fallout values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from 0.08 kBq/m² at Kusova Vrbina to 0.21 kBq/m² at Gmajnice are comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.06 kBq/m² at Murska Sobota to 0.38 kBq/m² at Kobarid. The measured values of



average fallout in the surroundings of the Krško NPP and around Slovenia have not fluctuated significantly over the last three years.

The results of measurements of the concentrations of naturally occurring radionuclides in the soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, and Th-228) correspond to the average concentrations listed by the UNSCEAR [38] for the countries in Southern Europe. The measurements have also not shown in dependency between radionuclide concentrations and the depth, with the exception of Pb-210 (higher concentration at the surface is the result of atmospheric washout). Similar is true of Be-7.

6) Food

The only artificial radionuclides detected in the food samples were Cs-137 and Sr-90. Cs-137 was detected in meat and milk samples in 2012 as well as in plants used as foodstuffs, carrots, kohlrabi, red beet, radishes, lettuce, cabbage, swiss chard, parsley, broccoli, wheat, corn, pears, strawberries, apples, red and white wine. A test sampling of venison was also performed in 2012. The measured specific activity of Cs-137 in venison was (6.1 ± 0.3) Bq/kg. The average specific activity of Cs-137 in the food in 2012 – with venison results included – was <2.0 Bq/kg, while without the venison results it was <0.1 Bq/kg, which is comparable to the value from 2011 of (0.025 ± 0.007) Bq/kg. The highest Cs-137 concentration in the samples of food of animal origin without the data for venison was detected in pork (0.13 ± 0.05) Bq/kg, while in the food of plant origin, the highest Cs-137 concentration in 2012 was measured in wheat with (0.12 ± 0.09) Bq/kg.

The average calculated specific activity of the Sr-90 beta emitter in food in 2012 was <0.4 Bq/kg. The highest measured specific activity of Sr-90 was measured in vegetables, namely beets with (0.61 ± 0.05) Bq/kg.

The specific activity of naturally occurring radionuclides was determined for food, whereby the values obtained were as follows: 89 Bq/kg for K-40, whereby the highest value was found in beets – (159 ± 4) Bq/kg, <1.5 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest concentration was found in parsley (2.3 ± 0.2) Bq/kg; <1.2 Bq/kg for U-238, whereby the highest concentration was found in peppers (2.3 ± 0.3) Bq/kg and black radishes with (2.0 ± 0.2) Bq/kg; <0.4 Bq/kg for Ra-226, whereby the highest concentration was detected in elder (0.9 ± 0.3) Bq/kg; <0.2 Bq/kg for Ra-228, whereby the highest value was found in parsley (0.19 ± 0.02) Bq/kg; <0.14 Bq/kg for Th-228, whereby the highest concentration was found in parsley (0.27 ± 0.03) Bq/kg; and 2.0 Bq/kg for Be-7, whereby the highest concentration was (25 ± 0.8) Bq/kg.

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, corn, rape, kale, barley and wheat, namely in June (following the NPP refuelling outage) and in September. The average value of C-14 in June in the foodstuffs sampled in the inside perimeter was (275 ± 12) Bq/kgC and (263 ± 13) Bq/kgC in the outer perimeter, while it was (236 ± 3) Bq/kgC at the control point in Dobova. The values in September were lower at all locations, namely by 5.4 % in the inside perimeter, 10.4 % in the outer perimeter and by 3.4 % at the control point.

DISCUSSION

H-3

Similarly as in previous years, the H-3 prevailed in terms of activity in the liquid releases into the Sava River. The data from liquid effluent measurements show that liquid H-3 effluents in 2012 (16.6 TBq) were four times higher than in 2011 and similar to those in 2010 when the H-3 activity released into the Sava River was at 22 TBq. The highest monthly release of H-3 was 7.1 TBq, which occurred in March. The measured values for other artificial radionuclides (Cs-137, Sr-90 and other) in liquid effluent were at least five orders of magnitude lower.

The calculations of the incremental increase of H-3 concentration based on the data on the releases of H-3



in liquid effluent show good correlation with the measurement data from the Sava river in Brežice both in terms of magnitude and time dependence, whereby the measured average annual H-3 concentration increment at the Brežice sampling location due to the Krško NPP influence was (4.7 ± 2) kBq/m³, which is substantially higher than in 2011 and comparable to 2005, 2007 and 2010. The estimated dilution ratio in Brežice was 1.6 ± 0.7 .

The direct correlation between H-3 releases and H-3 concentration in the groundwater is evident in the data from the VOP-4 borehole and Medsave borehole, where the highest measured values coincide with the more extensive releases from Krško NPP. The annual average H-3 concentration in the VOP-4 borehole was (6 ± 3) kBq/m³. During the NPP refuelling outage in April, the concentration of tritium in the VOP-4 borehole was highest, namely 32 kBq/m³. The concentration of H-3 in the Medsave borehole in Croatia was also noticeably elevated, whereby the highest measured concentration of (9.3 ± 0.8) kBq/m³ was measured in March. The measured average annual concentrations of H-3 in the water from other pumping stations, waterworks and boreholes were directly comparable with 2011 or prior years, meaning that the effect of the Krško NPP on drinking water was negligibly low.

I-131

Short-lived I-131 is occasionally present in the liquid effluents from the Krško NPP, but was not detected in the last two years. The measured concentrations in the Sava River that are similar to those measured in other rivers in Slovenia can be attributed to the medical use of I-131.

Cs-137, Sr-90/Sr-89, Cs-134

In 2012, the activity of Cs-137 and Sr-90/Sr-89 in liquid effluents were lower (for Sr-90, namely Sr-89 was not detected in the releases) or approximately equal (Cs-137) to the released activities in 2011. Since these radionuclides are part of the global contamination, they are present everywhere on Earth's surface and we cannot directly prove their origin.

Therefore, our measurements in the Sava River cannot establish the presence of Cs-137 or Sr-90 that originate from the Krško NPP. Measurements in recent years have shown a trend of decreasing values, which is simply the consequence of radioactive decay of radionuclides.

The effects of liquid Cs-137 and Sr-90 emissions in 2012 on drinking water in the surroundings of the Krško NPP could not be detected.

The highest concentrations of Sr-90 in water were from 1.2 Bq/m³ at Drnovo to 1.9 Bq/m³ at Spodnji Stari Grad.

The correlation between the precipitation fallout of H-3 and the quantity of precipitation is good, while there is no correlation between the concentration and the quantity of precipitation. The trend of diminishing H-3 concentration continues which is particularly evident for the reference location in Ljubljana. The decreasing concentration of tritium in the atmosphere is the result of the decay of anthropogenic tritium from the period of above-ground nuclear tests and its deposition in the oceans and surface-running waters. The values and trends are comparable with the results from Vienna, Zagreb and other nearby cities. While Dobova follows the reference values rather well, we are observing an irregular pattern at Krško and Brege.

The correlation between H-3 releases and environmental values in 2012 is pronounced for the winter–autumn period for all three sampling locations if we subtract the reference fallout in Ljubljana from the precipitation fallout. The contribution of tritium from the power plant is namely of the same order of magnitude as the tritium that has been in the air from the past, whereby its seasonal variability needs to be taken into account and it needs to be treated as background. No correlation can be observed for the spring–summer period. The situation in 2011 was slightly different and indicates that these correlations are highly dependent on the precipitation regime or the temporal dependence of releases and precipitation.

While tritium is practically the only radionuclide that can – in the surroundings of the Krško NPP – be attributed partly to the releases from the nuclear power plant, we (still) do not have (reproducible) stable



natural values again on the global scale and the situation in terms of other radionuclides is slightly different. In general, we can say that the situation in Ljubljana and in the surroundings of the Krško NPP is rather similar with the ratios between radionuclides being practically the same, which means that the measured radionuclides can in general not be attributed to the nuclear power plant.

A model calculation shows that, even in the case of the highest calculated monthly concentration, the calculated average concentrations of Cs-137 are several orders of magnitude beneath the guideline detection limit (approximately $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$), which is achieved in the aerosol measurements. We can conclude from the above that the measured average monthly concentrations of Cs-137 of a few $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP are not the result of releases from the Krško NPP but rather of the resuspension of Cs-137 from soil, which is the result of the Chernobyl accident and nuclear tests performed in the 50s and 60s of the previous century.

The external radiation measurements in Slovenia are in all cases characterised by pronounced decreases in the annual ambient dose equivalent, primarily in the initial years following the Chernobyl accident (1986). The cause is the decay of short-lived gamma emitters, which initially contributed the most to external radiation, as well as the penetration of Cs-137 deeper into the soil. Over the last ten years when there was only Cs-137 present in the environment, the decrease can be attributed to the radioactive decay of Cs-137 (its activity is decreasing by 2.3 % per year). The contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent can be estimated at 0.13 mSv, which corresponds well with the estimate of the contribution of Cs-137 annual ambient dose equivalent from soil for the location of Gmajnice, which is 0.05 mSv.

From 1992 to 2012, the average annual ambient dose equivalent in Slovenia were higher than those in the surroundings of the Krško NPP. The reason is most probably in the greater variety of locations in the radioactivity monitoring in the Republic of Slovenia, which also includes locations where the configuration of the land, composition of the soil and higher elevation leads us to expect higher radiation levels. The average annual ambient dose equivalent in the surroundings of the Krško NPP is currently by a third higher than the one at the perimeter fence of the Krško NPP. We attribute the difference to gravel surface (removed layer of soil) and the shielding effects of the buildings as well as the paved surfaces inside the Krško NPP perimeter fence, all of which mitigate the radiation of naturally occurring isotopes from the soil. The direct effect of radiation from the power plant facilities at the perimeter fence is not measurable.

The values of annual TLD doses in Croatia were systematically higher than those in Slovenia in the past. Two years ago, the measurement provider was replaced, while in 2010 changes were made to the majority of microlocations, or the dosimeters were relocated to more suitable locations. The average annual ambient dose equivalent measured using the TLD in Croatia has thus since 2010 correlated with the one measured using the TLD in the surroundings of the Krško NPP, and is also not systematically deviating from the doses measured around Slovenia.

Soil sampling is carried out on flood plains, therefore deposition from air and flooding are possible exposure pathways by way of which the releases from the Krško NPP can reach sampling locations. A slightly higher value of the Cs-137 deposition down to the depth of 30 cm in the spring sample at Gmajnice and the lower values in the spring and autumn samples from Kusova Vrbina with respect to the trend from previous years thus indicate special features of the microlocation where the sampling took place. The reason for this could be the more complex mechanism of deposited material migration at the microlocation as there is obviously no correlation even in sampling locations that are very close to one another. One of the possible causes is the effect of the direction of the water current in the soil that can significantly change the expected distribution of radionuclides in soil even in locations that are close to one another. An additional argument for such a conclusion is the course of the depth distribution for Sr-90 in 2012 that shows similar characteristics.

The presence of Cs-137 and Sr-90/Sr-89 in food is the result of the presence of the mentioned radionuclides in soil and partly of the fallout deposition on vegetation during growth. Concentrations fluctuate from year to year, however, following the Chernobyl accident, they are decreasing and are already at the level prior to the accident in certain types of food (e.g. milk). A comparison of values from



the Krško NPP surroundings and those from other parts of Slovenia shows that the concentrations of Cs-137 and Sr-90 in food of animal origin are in some places as much as an order of magnitude higher than in the Krško NPP surroundings. This applies to milk from the surroundings of the Krško NPP, which has a similar Cs-137 concentration as milk in Ljubljana, but by an order of magnitude lower concentration than the milk from Kobarid. This also applies to pork in the Krško NPP surroundings, where the concentration of Sr-90 is below the detection limit, while the limit was exceeded in Dutovlje. A similar conclusion applies to Cs-137 and Sr 90 in vegetables and feedingstuffs, where the concentrations in some cases, especially Cs-137 and even Sr-90, are on the detection limit.

Naturally occurring radionuclides

Measured activities of naturally occurring radionuclides (uranium and thorium decay series, K-40, Be-7) do not differ significantly from values measured in other parts of Slovenia and values provided in the literature. This applies for the Sava River, waterworks, fallout, air and food. Also, the measured values are comparable with values from previous years.

C-14

C-14 is a cosmogenic radionuclide, but is also present in the atmospheric releases of the Krško NPP and contributes to the increase in C-14 concentration in the air. Since 2006, measurements of C-14 in atmospheric CO₂ at the NPP perimeter fence have shown that it is primarily during NPP refuelling outages that the concentration of C-14 can increase over normal values by even more than 200 %.

C-14 is incorporated in vegetation and thus enters the food chain. Measurements of food samples (comparison of samples from the Krško NPP surroundings and samples from Dobova) have shown in the past years that the additional C-14 from the Krško NPP increases the concentration in vegetation primarily when the NPP refuelling outage takes place just before or during the vegetation period. Since the overhaul in 2010 was carried out in October, and there was no refuelling outage in 2011, it is impossible to reliably determine for the samples collected in the first half of 2011 any statistically significant differences of C-14 concentrations between the immediate vicinity of the Krško NPP and the control location at Dobova. In June of 2012, the measured concentrations of C-14 in vegetation sampled within the internal perimeter of the NPP were by 14.3 % higher than the values measured at Dobova, while they were by 12.6 % higher in September, which indicates an increase in the concentration of C-14 in vegetation when the refuelling outage is performed during the vegetation season. The refuelling outage in 2012 was performed in April and May.

Additional measurements in previous years have confirmed the presence of C-14 in liquid effluents. C-14 activity is by at least 4 orders of magnitude lower than that of tritium. The effect of C-14 resulting from the NPP liquid effluents on the reference population group cannot be evaluated because C-14 measurements within the scope of operational monitoring are carried out only on gaseous effluents.

DOSE ESTIMATE

Liquid effluents

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

A model has been developed for liquid effluents, which takes into account as a reference population group the fishermen (and their children) fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam, spending a certain amount of time at the riverbank and eating fish from the Sava River. The model calculation, which takes into account liquid effluents, the annual river discharges into the Sava River and other particularities



of the reference group, has shown that the highest effective dose due to the liquid effluents discharged into the Sava River in 2012 did not exceed $2E-5$ mSv per year (while spending time at the riverbank and ingestion of fish). The most important contributors are Co-58 and Co-60 (for external exposure, 92 % of the total dose) and H-3 and Cs-137 (for ingestion of fish, whereby H-3 is dominant with 73 % of the total dose). In case of drinking the water from Sava River, which is a highly improbable exposure pathway, the contribution of H-3 would be dominant.

Atmospheric releases

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

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

Table A shows the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2012 and for individual groups of radionuclides for the most important exposure pathways. Since 2007, the evaluation of dilution factors for external radiation from the radioactive cloud and inhalation is performed with the Lagrange model (more realistic, considers the terrain specifics and a larger number of meteorological variables). Up to 2010, the contribution of radiation from fallout was estimated using the Gauss model, while after 2011 the Lagrange model is also being used for the same purpose.

The estimate for immersion in 2012 is higher in comparison with 2011 due to the more extensive emissions of Ar-41 and xenon isotopes (refuelling outage), and the estimate for inhalation was also slightly higher (the dose is primarily the result of H-3 releases).

The measurements of C-14 in 2012 were carried out on samples of apples, corn, rape, kale, barley and wheat at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The estimated annual effective dose caused by ingestion of C-14 was $0.29 \mu\text{Sv}$, which can be attributed to atmospheric releases from the NPP following the refuelling outage which occurred during the vegetation period.

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

Table A: Exposure of the population to radiation (adult person) in the Spodnji Stari Grad locality due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2012

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – fallout exposure	– noble gases (Ar-41, Xe-131m) – aerosols (Cs-137, Co-58, Co-60)	$7.0E-6$ $<2E-12$
inhalation	radioactive cloud	H-3	$5.4E-6$
ingestion	vegetal food	C-14	$2.9E-4$



Comparison with previous years

Figure A provides the sum of estimated annual effective doses to individual reference groups due to the Krško NPP emissions from 2004 to 2012. Individual contributions are presented in Table C, whereby we must emphasise that contributions are related to different population groups and the sum is therefore only a rough estimate of the annual effective dose. It is evident from Figure A that the influence of the Krško NPP releases is decreasing over the years, while it was slightly higher in 2012 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 by two orders of magnitude below the authorised limit. When comparing contributions by individual years, it must be taken into account that, since 2007, the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and inhalation dose. The Lagrange model typically yields lower dose values. Also, until 2006, the contribution of the C-14 ingestion dose (from atmospheric releases) was estimated based on the releases and data from similar power plants.

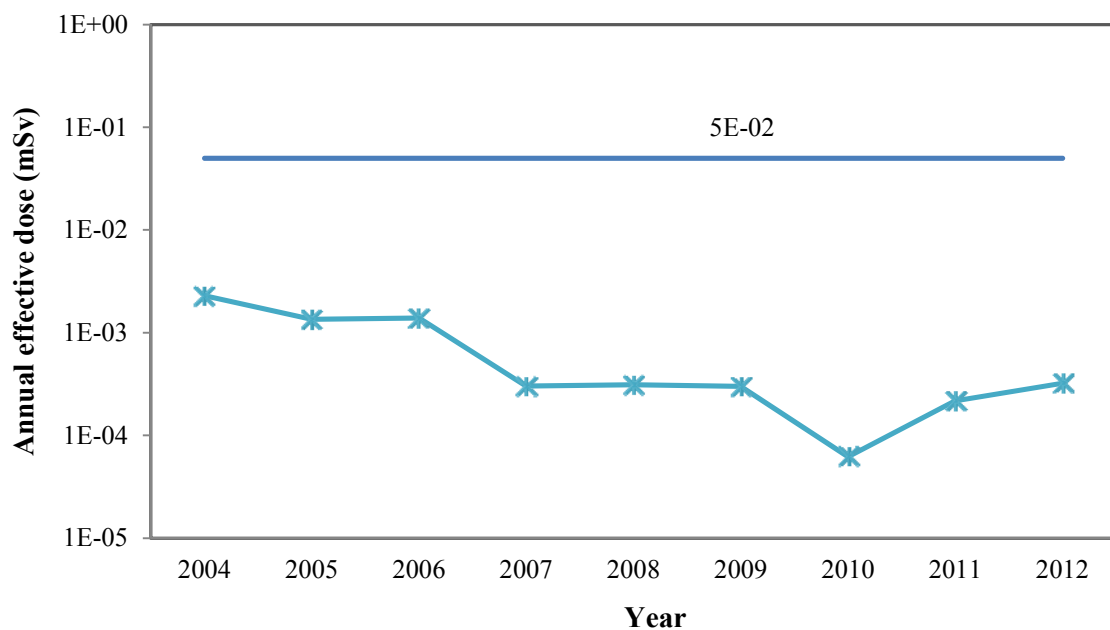


Figure A: The sum of estimated annual effective doses to individual reference groups due to Krško NPP emissions from 2004 to 2012. The authorised annual limit (50 μ Sv) is also marked.

Natural radiation

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2012 confirmed the findings from the past, that we are dealing with a typical natural environment present elsewhere in Slovenia and the world. The annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ due to gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted on average to 0.81 mSv per year in the open. In dwellings, the annual effective dose was estimated at 0.83 mSv per year. We need to add to this value the contribution of $H^*(10)$ of the neutron component of cosmic radiation, which amounts to 0.10 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 0.91 mSv per year in 2012. The corresponding annual effective dose (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.76 mSv per year, which is lower than the data for the average worldwide value.

The measurements of natural radionuclide concentrations in foodstuffs yielded values comparable to the average worldwide data, which is why the conclusions of UNSCEAR 2000 [38] 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 2.35 mSv per year, which is close to the average worldwide value of 2.4 mSv per year [38].

Chernobyl contamination, nuclear weapons tests and the Fukushima accident

In 2012, similarly as in previous years, Cs-137 and Sr-90 originating from the Chernobyl nuclear accident and nuclear test explosions were the only two anthropogenic radionuclides in soil that could be measured. Other isotopes that were emitted into the atmosphere after the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan could no longer be detected in 2012.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be between 0.005 mSv and 0.05 mSv per year, which is less than 5 % of the average annual external natural radiation dose in the vicinity of the Krško NPP. The values are comparable with previous estimates.

The committed effective dose to an adult due to the inhalation of radionuclides resulting from global contamination is estimated to be (1.1 ± 0.1) nSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 resulting from nuclear tests and the Chernobyl accident were measured in individual food categories. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at (0.35 ± 0.03) μ Sv per year for Cs-137 and at (0.67 ± 0.05) μ Sv per year for Sr-90 in 2012, which amounts in total to some 1.5 % 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.

Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2012

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.68
– neutron component of cosmic radiation [38]	0.1
Ingestion (K, U, Th) ([38], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daughters of Rn-222, effective dose) ^{##}	1.3
Total	2.35

Note: [#] Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient equivalent dose 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 2012

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.68**
	– neutron component of cosmic radiation	0.1
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	total	2.35
Krško NPP direct radiation	direct irradiation from the Krško NPP buildings	negligible
Krško NPP atmospheric releases*	external dose (immersion) deposition (Cs-137, Co-60, Co-58) inhalation (H-3) ingestion (C-14)	7.0E–6 <2E–12 5.4E–6 2.9E–4
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	reference group	<2 E–5
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	– external dose** – ingestion – inhalation	<0.05*** 1.0E–3 1E–6

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

** Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient equivalent dose 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.

CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP for 2012 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP, the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2012, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.3 μ Sv per year;**
- the estimated value is negligible 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 from the plant perimeter for all contributions via all exposure pathways and external radiation dose of 200 μ Sv per year at the perimeter fence of the Krško NPP);
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.009 % of the characteristic unavoidable background radiation.**



NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljen je bila ocena primerjave rezultatov meritev med laboratoriji NEK, IJS in ZVD neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora za leto 2012 za emisijske vzorce – tekočinski izpusti iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT in plinasti izpusti iz dimnika RM24, ter za vzorce iz okolja (imisije) – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov. Glede na kompleksnost postopkov vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času po različnih postopkih vzorčevanja, priprave vzorcev in 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 102/04, ZVISJV-UPB2) [6] in *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* (Ur. l. RS 20/07) [7] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško. Namen je zagotoviti neodvisno preverjanje obratovalnega nadzora, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSVJ). Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2012* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčevanja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). Program meritev v vseh treh sklopih je prikazan v tabelah 1–3.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2012

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

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2012

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



Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2012

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

Pri neodvisnem nadzoru emisij – tekočinskih izpustov NEK v letu 2012 sta sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Meritve vsebnosti tritija v teh vzorcih je meril IJS, Odsek F-2. V vnaprej dogovorjenih terminih je vzorčevalec ZVD odvezel vzorec istočasno kot vzorčevalec NEK, vzorčevanje je potekalo pod nadzorstvom predstavnika URSJV. Oba izvajalca sta hkrati odvzela vzorec in v laboratoriju opravila meritve po svojih postopkih.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov v letu 2012 sta 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 je izvajal neodvisni nadzor, pa je NEK poslal filtre najprej na ZVD. Ko so na ZVD opravili meritve, so filtre poslali na IJS. V tem primeru so bile meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v tem poročilu ni zajeta.

Pri neodvisnem nadzoru imisij – okoljskih vzorcev se istočasno vzorčujeta sediment in savska voda 2-krat letno na dveh lokacijah (Krško in Brežice). Vzorčevalca ZVD (izvajalec obratovalnega nadzora) in IJS (izvajalec neodvisnega nadzora) istočasno na lokacijah, kjer se vzorčuje pri rednih meritvah, vzorčujeta vsak po svojih postopkih, vzorčevanje pa nadzira predstavnik URSJV. Pri vzorcih rek in sedimentov so se primerjali rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama, ki so bile opravljene na IJS (Odsek F-2) in ZVD, medtem ko se pri rekah poleg rezultatov meritev sevalcev gama primerjajo rezultati meritev tritija, ki sta jih opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD. Za vzorce rek in sedimentov je ZVD v okviru rednega radiološkega nadzora v okolici NEK opravil in poročal tudi o analizah stroncija Sr-90, kar pa se pri neodvisnem nadzoru ne preverja, zato IJS (Odsek O-2) teh meritev ni opravil.

PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV

V tabelah od 5 do 10 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in neodvisnih meritev ter njihova medsebojna primerjava. Rezultate smo med seboj primerjali z ζ -preskusom, ki je definiran kot:

$$\zeta\text{-preskus} = (\text{rezultat LAB1} - \text{rezultat LAB2}) / [(\text{negotovost LAB1})^2 + (\text{negotovost LAB2})^2]^{1/2}$$

kjer je LAB1 okrajšava za prvi laboratorij in LAB2 za drugi laboratorij, ki sodeluje v primerjavi. Prednost ζ -preskusa je, da v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev upošteva tudi pripadajoče merilne negotovosti. Rezultate smo primerjali med seboj za vsak izotop posebej, pri čemer smo primerjali le tiste rezultate meritev, o katerih sta poročala oba laboratorija. V primeru, ko je bil en rezultat poročan kot meja kvantifikacije ali detekcije (< vrednost), ζ -preskusa nismo naredili. Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili ista merila, kot jih uporabljajo pri National Physical Laboratory (NPL) iz Velike Britanije za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev (tabela 4).


Tabela 4: Merila za ovrednotenje primerjave rezultatov meritev različnih izvajalcev

POGOJ	KOMENTAR
$ \zeta < 1,64$	rezultata se ne razlikujeta
$1,64 < \zeta < 1,96$	rezultata se najbrž ne razlikujeta, vendar so potrebni dodatni podatki za potrditev
$1,96 < \zeta < 2,58$	brez dodatnih podatkov ne moremo podati odločitve o tem, ali se rezultati razlikujejo
$2,58 < \zeta < 3,29$	rezultata se najbrž znatno razlikujeta, vendar so potrebni dodatni podatki za potrditev
$3,29 < \zeta $	rezultata se znatno razlikujeta

V naši primerjavi smo predpostavili, da so rezultati primerljivi, če je ζ -preskus $|\zeta| < 1,96$. V tabelah od 5 do 10 so z odebeljenim tiskom označene vse vrednosti ζ -preskusov, ki so po absolutni vrednosti večje od 1,96.

V tabeli 5 so podane primerjave med rezultati meritev vod iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT, poročani so bili le umetni radionuklidi, negotovosti pa so podane s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 2$). Obe inštituciji (NEK in ZVD, pri slednji je meritve tritija opravil IJS) sta poročala o Co-58, Co-60, Ag-110m in H-3, poleg teh radionuklidov pa je ZVD poročal še o Mn-54, Co-57 in Ru-106. Slednja dva radionuklida nista na seznamu poročenih radionuklidov pri NEK. Med rezultati, ki smo jih lahko primerjali, so se znatno razlikovali H-3 v prvem vzorcu ter Co-60 in Ag-110m v drugem vzorcu. V letu 2011 je pri neodvisnem nadzoru sodeloval IJS, kjer je bilo ujemanje boljše, saj se je malenkostno odmikal le en rezultat, in sicer Ag-110m v drugem vzorcu. Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD.

V tabeli 6 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz dimnika RM24. Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, negotovosti pa so podane z 67-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). Oba laboratorija (IJS in ZVD) sta poročala o Co-58, Co-60 in Cs-137, poleg teh radionuklidov pa je IJS poročal še o Ag-110m, Te-125m, Te-127m in Fe-55. Primerjali smo le rezultate za oba kobaltova izotopa, kjer sta se razlikovala rezultata za Co-58 v oktobrskem vzorcu in Co-60 v februarjem vzorcu.

Iz tabel 7 in 8, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce reke Save v Krškem in Brežicah, je bilo med seboj primerjanih 28 rezultatov, od katerih sta dva označena kot nesprejemljiva, in sicer Be-7 v septembrskem vzorcu na obeh lokacijah, kar je lahko posledica samega načina vzorčevanja (morda je pri vzorčevanju ZVD bolj zajemal zgornje plasti vode kot IJS) ali merske procedure. Razhajanje pri I-131 lahko pripišemo nehomogenosti vzorčevanega materiala, saj so lahko na različnih mikrolokacijah vsebnosti radionuklidov precej drugačne. Razhajanje pri K-40 v vzorcu septembrske vode v Brežicah je lahko posledica mikrolokacije vzorčevanja in plavajočih sedimentov v vodi, ki jih je lahko ZVD zajel več kot IJS. Pri U-238 so bile poročane nizke vrednosti z relativno velikimi negotovostmi. Nabor poročenih radionuklidov je pri obeh laboratorijih zelo podoben.

V tabelah 9 in 10 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčenih v Krškem in v Brežicah. Na obeh lokacijah je bilo med seboj primerjanih po 16 rezultatov. 10 rezultatov je imelo ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96, in sicer po 5 pri vsakem vzorčevanju in na vsaki lokaciji. Pri naravnih radionuklidih se razlikujejo med seboj U-238, Ra-226 in Th-228, vsi imajo nizke aktivnosti. Poleg tega so podobno kot pri savski vodi velike razlike pri Be-7 pri obeh krških vzorcih. Vsi rezultati za Cs-137 se med seboj znatno razlikujejo, kar je lahko posledica nizkih izmerjenih aktivnosti z relativno majhno negotovostjo.



Tabela 5: Primerjava rezultatov emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT *

Vzrč. mesto Pooblaščenca organizacija	WMT											
	ZVD (gama spektrometrija), IJS, Odsek F-2 (H-3)				NEK				ζ-preskus			
	22. 3. 2012	12. 6. 2012	27. 9. 2012	11. 12. 2012	22. 3. 2012	12. 6. 2012	27. 9. 2012	11. 12. 2012	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Datum vzor.	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0				
Kol. vzorca (L)	RV0590312	RV1520612	RV3220912	RV4251212	WMT_2_2012_03_22_1100	WMT_2_2012_06_12_1050	WMT_2_2012_09_27_1020	WMT_2_2012_12_11_1100				
Koda vzorca												
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54		1,0E+03 ± 4E+02	9,9E+02 ± 2E+02									
Fe-59												
Co-57			4,1E+02 ± 1E+02									
Co-58		8,4E+04 ± 1E+04	3,4E+04 ± 4E+03	3,2E+03 ± 5E+02		9,2E+04 ± 9E+04	3,8E+04 ± 4E+03	3,7E+03 ± 1E+03		-0,12	-0,94	-0,59
Co-60	5,2E+02 ± 1E+02	1,6E+04 ± 1E+03	7,0E+03 ± 5E+02	1,3E+03 ± 2E+02		2,8E+04 ± 3E+03						
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m		7,2E+03 ± 4E+03										
Sn-117m	7,1E+02 ± 1E+02	5,4E+04 5E+03	1,0E+04 ± 1E+03	1,8E+03 ± 3E+02		9,2E+04 ± 9E+03	1,3E+04 ± 2E+03			-5,11	-1,76	
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												
H-3	9,1E+09 ± 1E+09	5,2E+09 ± 6E+08	7,7E+09 ± 1E+09	1,5E+10 ± 2E+09	2,7E+10 ± 4E+09	5,6E+09 ± 7E+08	8,5E+09 ± 1E+09	1,6E+10 ± 2E+09	-6,89	-0,60	-0,76	-0,46

* Negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 2$ (interval s 95-odstotno zanesljivostjo), ζ-preskus je izračunan z negotovostmi s faktorjem pokritja $k = 1$.



Tabela 6: Primerjava rezultatov emisijskih meritev plinastih izpustov iz dimnika RM24 *

Vzroč. mesto Pooblaščenca organizacija Datum vzor. Kol. vzorca (m ³) Koda vzorca	RM24											
	IJS				ZVD				Č-preskus			
	31. 1. 2012 – 28. 2. 2012	1. 5. 2012 – 29. 5. 2012	31. 7. 2012 – 28. 8. 2012	2. 10. 2012 – 30. 10. 2012	31. 1. 2012 – 28. 2. 2012	1. 5. 2012 – 29. 5. 2012	31. 7. 2012 – 28. 8. 2012	2. 10. 2012 – 30. 10. 2012	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
	1426,0 K12AERM2421	1361,0 K12AERM2451	1443,0 K12AERM2481	1703,0 K12AERM24A1	1426 RV0580312	1361 RV1530612	1443 RV2830912	1703 RV3991112				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58		3,3E-04 ± 2E-05		7,7E-05 ± 8E-06		3,3E-4 ± 2E-5	< 3,2E-5	4,9E-5 ± 6E-6		-0,14		2,93
Co-60	1,9E-05 ± 3E-06	9,5E-05 ± 5E-06			7,8E-6 ± 3E-6	8,6E-5 ± 7,3E-6	< 3,7E-5	< 3,1E-5	2,31	0,99		
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		2,3E-05 ± 5E-06										
Sn-113												
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m			1,6E-06 ± 1E-06									
Te-127m	1,1E-05 ± 3E-06											
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137	2,4E-06 ± 2E-06	2,2E-05 ± 4E-06	1,1E-06 ± 1E-06		< 7,8E-6			< 2,8E-5				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55	6,5E-05 ± 3E-05		1,5E-04 ± 2E-05									

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



Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	29. 5. 2012		27. 9. 2012		29. 5. 2012	27. 9. 2012
	Kol. vzorca (L)				ζ-preskus	ζ-preskus
Datum vzorčevanja	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012
Kol. vzorca (L)	47,34	46,22	45,9	44,68	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI12SN151	KI12SN191	RSKRK212	RSKRK312	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	2,3E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 2E+00	-2,11	-2,13
Ra-226	2,3E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 2E+00		1,8E+00 ± 3E-01		0,83
Pb-210	2,0E+00 ± 1E+00	< 5E+00	2,2E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 3E+00	-0,09	
Ra-228	5,9E-01 ± 4E-01	9,8E-01 ± 4E-01		8,1E-01 ± 6E-01		0,22
Th-228	3,2E-01 ± 1E-01	8,5E-01 ± 3E-01	8,5E-01 ± 6E-01		-0,88	
Th-230						
K-40	3,4E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 6E+00	1,59	-0,79
Be-7	4,6E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 6E+00	-2,56	-23,64
I-131	7,5E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 3E-01	4,3E+00 ± 7E-01		3,23	
Cs-134						
Cs-137	< 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	< 1E+00	< 2E+00		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	7,4E+02 ± 2E+02	7,8E+02 ± 2E+02	8,1E+02 ± 1E+02	7,0E+02 ± 8E+01	-0,36	0,50
Sr-90	-----	-----	1,3E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01		

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	29. 5. 2012		27. 9. 2012		29. 5. 2012	27. 9. 2012
	Kol. vzorca (L)				ζ-preskus	ζ-preskus
Datum vzorčevanja	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012
Kol. vzorca (L)	47,98	46,66	43,8	44,25	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI12SN351	KI12SN391	RSBRK212	RSBRK312	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	3,5E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00	-0,09	-1,59
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	0,25	0,12
Pb-210	< 2E+00	2,0E+00 ± 1E+00	< 3E+00	9,2E+01 ± 1E+01		-7,00
Ra-228	1,0E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 4E-01		2,1E+00 ± 1E+00		-0,57
Th-228	3,7E-01 ± 2E-01	6,5E-01 ± 2E-01		1,1E+00 ± 9E-01		-0,47
Th-230						
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 5E+00	7,3E+01 ± 8E+00	1,01	-2,76
Be-7	1,8E+00 ± 7E-01	5,3E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 2E+00	3,0E+02 ± 2E+01	-2,80	-14,26
I-131	5,4E+00 ± 7E-01	3,9E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 5E-01	-0,25	-0,14
Cs-134						
Cs-137	< 3E-01	1,8E-01 ± 1E-01	< 2E+00	< 2E+00		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	7,2E+02 ± 2E+02	8,4E+02 ± 2E+02	7,4E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 6E+01	-0,09	1,32
Sr-90	-----	-----	2,8E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01		



Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzorč. mesto Pooblaščen organizacija Datum vzorčevanja Kol. vzorca (kg) Koda vzorca	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012
	0,48	0,48	0,0676	0,0765	ζ-preskus	ζ-preskus
	KI12SD151	KI12SD191	SDKRK212	SDKRK312		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	3,5E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	-1,37	-2,14
Ra-226	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 8E-01	0,76	1,61
Pb-210	6,5E+01 ± 2E+01	3,4E+01 ± 2E+01	5,5E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 5E+00	0,51	-0,55
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	-1,76	-0,85
Th-228	2,8E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,08	0,12
Th-230						
K-40	3,3E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	0,00	-1,21
Be-7	8,1E+00 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 3E+00	-2,80	-3,11
I-131						
Cs-134						
Cs-137	6,6E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 2E-01	9,5E+00 ± 4E-01	4,3E+00 ± 3E-01	-5,42	-3,60
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 2,E-01	3,3E-01 ± 1E-01		

Tabela 10: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzorč. mesto Pooblaščen organizacija Datum vzorčevanja Kol. vzorca (kg) Koda vzorca	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012
	0,49	0,41	0,0767	0,0649	ζ-preskus	ζ-preskus
	KI12SD351	KI12SD391	SDBRK212	SDBRK312		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,5E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 5E+00	-2,11	-0,92
Ra-226	2,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,00	0,80
Pb-210	1,6E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 1E+01	2,2E+01 ± 5E+00	7,2E+01 ± 7E+00	-0,59	-1,11
Ra-228	2,0E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	-0,48	-1,10
Th-228	2,0E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	1,54	-2,16
Th-230	3,7E+01 ± 2E+01					
K-40	2,5E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	-0,30	-0,81
Be-7	1,2E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00	-0,12	-0,43
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,8E+00 ± 1E-01	4,3E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	6,3E+00 ± 4E-01	-2,27	-4,18
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 2,E-01	1,8E-01 ± 1E-01		



DISKUSIJA

Pooblašчени laboratoriji redno sodelujejo na mednarodnih primerjalnih testih. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012, IJS-DP-11246, februar 2013* v poglavju "Tabele rezultatov primerjalnih meritev". Ob rezultatih so podana tudi ovrednotenja in ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2005, po katerem so vsi izvajalci akreditirani za svoje dejavnosti, morajo izvajalci primerjalnih meritev svoje rezultate ovrednotiti ter v primeru razhajanj poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise, kar strokovni ocenjevalci natančno pregledujejo ob obiskih akreditacijskih služb. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe in je pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

Vendar je med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah vzorčenja ni, laboratoriji dobijo v analizo pripravljene vzorce, kar pomeni, da so homogeni in da so referenčne vrednosti dobro definirane in izmerjene na neodvisen način. V laboratoriju opravijo le zadnjo fazo priprave vzorcev – skladno s svojimi postopki jih zapakirajo v ustrezne posodice, določijo podatke za analizo ter izmerijo in analizirajo 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 obratovalnega nadzora in ne le kakovosti meritev vzorcev.

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev je primerljivost rezultatov pri tekočinskih izpustih iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT slabša kot v letu 2011, pri plinastih izpustih v dimniku RM24 pa je bila vsebnost radionuklidov premajhna, da bi opravili kakovostno primerjavo. Pri teh vzorcih dodatne priprave ni bilo oziroma je bila minimalna. Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD. S tem bi pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov.

Na drugi strani je primerjava vzorcev iz okolja zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročenih rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni oziroma je matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčenju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčenja in priprave vzorcev za analizo različni v pooblaščenih laboratorijih, poleg tega uporabljajo laboratoriji različne analizne procedure, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati.

Glede na kompleksnost postopkov lahko kljub vsemu trdimo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, pri sedimentih je bila analizirana bistveno različna količina vzorca, priprava za analizo in postopki analize se ravno tako razlikujejo v obeh laboratorijih. Poleg tega je poznano, da vzorčenje navadno največ prispeva k merilni negotovosti in ni znano, če in kako laboratoriji ovrednotijo ta prispevek k merilni negotovosti.

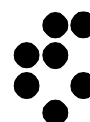
SKLEPI

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih in imisijskih meritev je število primerjanih vzorcev premajhno za zanesljivo statistično obdelavo primerjave rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev. V tem obsegu nam daje le grobo oceno sprejemljivosti poročenih rezultatov meritev. Kljub temu je neodvisni nadzor emisij pokazal, da je primerljivost rezultatov meritev radionuklidov v tekočinskih emisijah slabša kot leta 2011, pri plinastih emisijah pa je bila vsebnost radionuklidov prenizka, da bi lahko opravili kvalitetno primerjavo. Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju lahko v veliki meri pripišemo vzorčenju in nehomogenosti vzorčenega materiala. Tako kot v preteklih letih, sta tudi letos v diskusiji vzorčenje in obdelava vzorca poudarjena kot parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost. Poleg tega predlagamo, da bi v bodoče pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT) sodelovala oba laboratorija (IJS in ZVD), saj bi tako pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD na vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov.

POROČANJE IN OVREDNOTENJE ZRAČNIH IN TEKOČINSKIH IMISIJ TER MERITEV ZUNANJEGA SEVANJA V OKOLICI NEK



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





POROČANJE IN OVREDNOTENJE ZRAČNIH IN TEKOČINSKIH IMISIJ TER MERITEV ZUNANJEGA SEVANJA V OKOLICI NEK

Odgovorni za izdajo: dr. Benjamin Zorko

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

Recenzija: dr. Ines Krajcar Bronić, doc. mag. Matjaž Koželj, dr. Matej Lipoglavšek, mag. Borut Breznik

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

POGLAVJE

Poročanje o rezultatih meritev

Površinske vode

Pitna voda in podtalnica

Usedi

Zračne emisije in imisije

Izpostavljenost zunanjemu sevanju

Vnos radionuklidov v prehrambno verigo

AVTORJI

dr. Matjaž Korun

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

dr. Benjamin Zorko, IJS

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

dr. Gregor Omahen, ZVD

mag. Branko Vodenik in
Boštjan Črnič, dipl. inž. fiz., IJS

dr. Katarina Vogel - Mikuš, BF

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

Prva izdaja: marec 2013

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

539.16:502.175(497.4)
621.311.25(497.4Krško)

POROČANJE in ovrednotenje zračnih in tekočinskih imisij ter
meritev zunanjega sevanja v okolici NEK / [urednika Benjamin Zorko in
Denis Glavič-Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan,
2013

ISBN 978-961-264-049-1
1. Zorko, Benjamin
266253312

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 ©.

Naklada: 50 izvodov



VSEBINA

Predgovor urednika

1	Poročanje o rezultatih meritev	1 / 108
2	Površinske vode	5 / 108
3	Pitna voda in podtalnica	23 / 108
4	Usedi	37 / 108
5	Zračne emisije in imisije	55 / 108
6	Izpostavljenost zunanjemu sevanju	71 / 108
7	Vnos radionuklidov v prehrambno verigo	87 / 108
8	Reference	105 / 108





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Poročanje in ovrednotenje zračnih in tekočinskih imisij ter meritev zunanjega sevanja v okolici NEK* obravnava in razlaga rezultate meritev radioaktivnosti na merilnih postajah v okolici NEK in jih kritično primerja z rezultati meritev na izbrani referenčni lokaciji in drugod po Sloveniji. Na podlagi merskih podatkov in z uporabo prikladnih modelov se ovrednoti morebitni vpliv (letna efektivna doza ali okoljski dozni ekvivalent) zračnih in tekočinskih izpustov iz NEK na referenčno skupino ljudi po starostnih skupinah, ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne, in na splošno populacijo v Sloveniji.

Monografija je sestavljena iz 8 poglavij, v katerih obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, uživanju hrane in direktno zunanje sevanje. V prvem poglavju se posebej kritično razlaga načine poročanja merskih rezultatov in pravičnega poročanja letnih povprečij. Na podlagi povprečij je mogoče pokazati tudi časovne trende, kar je zelo pomembno pri kritični razlagi obremenitve prebivalstva zaradi umestitve jedrskega objekta v njihov življenjski prostor. Poglavja se vsebinsko nadaljujejo in prepletajo. Od drugega do sedmega poglavja se primerjajo merski podatki iz obratovalnega radiološkega nadzora NEK z radiološkim nadzorom življenjskega okolja v Republiki Sloveniji, radiološkim nadzorom krme v Republiki Sloveniji, neodvisnim preverjanjem obratovalnega nadzora NEK, nadzorom radioaktivnosti v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju in nadzorom pitne vode v Republiki Sloveniji. Pri tem so obdelane vse prenosne poti razširjanja umetnih radioaktivnih izotopov od izvira (NEK) do vnosa izotopov v telo. Za oceno celotne letne efektivne doze se obravnava tudi transport naravnih radionuklidov v okolju. Avtorji uporabljajo različne modele in izvirne načine ovrednotenja merskih podatkov, kar kritično komentirajo (primerjave, reference) in ocenjujejo mogoč vpliv na posameznika iz prebivalstva. V osmem poglavju so zbrane vse reference.

Tako se pokaže, da prebivalci, ki živijo v Krškem, Brežicah in vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Tu gre predvsem za prispevke naravnih radionuklidov uranove in torijeve razpadne verige, radioaktivnega kalija K-40 in kozmogonih Be-7 in H-3. Bistveno manjša sta prispevka Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz globalne kontaminacije zaradi črnobilske nesreče in testnih jedrskih poskusov. Pomemben delež je tudi prispevek medicinske diagnostike, vendar se ta v tej monografiji ne obravnava. Še manjši je prispevek NEK (H-3 in C-14), ki je zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika. Elektrarna ima tako večletni kontinuirni varni način obratovanja s kontroliranimi majhnimi izpusti v okolje.

Obravnava emisijskih in imisijskih rezultatov meritev in izračun letnih efektivnih doz izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju ima podlago v slovenski zakonodaji z vidika varstva pred sevanji, ki zahteva takšno ovrednotenje (pravilnik JV 10), in v znanstvenem izražanju, saj lahko le tako v realnih razmerah preverjamo različne znanstvene metode in načine ovrednotenja merskih podatkov. Avtorji obravnavajo problematiko izpustov iz jedrske elektrarne ter morebitne vplive na ljudi v bližnji in širši okolici NEK ter skladno z zakonodajo podajajo neodvisna in znanstveno utemeljena strokovna mnenja. Avtorji monografije so znanstveniki in strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega pa so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji.

Monografijo so neodvisno recenzirali ("peer review") dr. Ines Krajcar Bronić, mag. Matjaž Koželj in doc. dr. Matej Lipoglavšek.

Prva recenzentka, dr. Ines Krajcar Bronić, je mednarodno uveljavljena raziskovalka na področju fizike sevanja, meritev H-3, C-14 in stabilnih izotopov pri različnih interdisciplinarnih znanstvenih projektih (ekologija, arheologija, geologija itd.). Zaposlena je kot znanstvena svetnica na Institutu Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Doktorat znanosti iz fizike je pridobila leta 1993 na Univerzi v Zagrebu. Od leta 1982 dela v laboratoriju "Radiocarbon and Tritium Laboratory of the Department of Experimental Physics" na IRB. Bila je posebna svetovalka pri IAEA-projektu "Atomic and Molecular Data for Radiotherapy" in članica komiteja dveh poročil ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements): "Elastic Scattering of Electrons and Positrons", ICRU Report 77 in "Key Data for Measurement Standards in the Dosimetry of Ionizing Radiations". Bila je štipendistka sklada Alexander-von-Humboldt na PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) v Braunschweigu, Nemčija, specializirala pa se je še na



IJS v Ljubljani, na Argonne National Laboratory, ZDA, Univerzi Bern, Švica, v Veliki Britaniji, na Japonskem (Univerzi Waseda in Yamaguchi). Bila je "principal investigator" treh hrvaško-slovenskih projektov in koordinatorka projekta FP6 "AMS-14C" (2007–2008). Je članica "International Radiation Physics Society", "International Radiation Protection Association", "European Society for Isotope Research", "Croatian Physical Society", "Croatian Humboldtianer Club" in "Croatian Radiation Protection Association", katerega sekretarka je že od leta 2008. Dr. Ines Krajcar Bronić je avtorica 62 znanstvenih člankov v uglednih mednarodnih revijah in ima okoli 140 prispevkov v drugih revijah, knjigah itd.

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

Doc. dr. Matej Lipoglavšek je docent za področje fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Diplomiral je leta 1993 s področja varstva pred sevanji na Univerzi v Ljubljani, magistriral leta 1996 na Univerzi v Uppsali na Švedskem in doktoriral leta 1998 s področja jedrske fizike na Lund University na Švedskem. Podoktorsko se je usposabljal v Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, ZDA, in v iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika. Bil je predlagatelj in odgovorni raziskovalec pri več eksperimentih v Niels Bohr Institute, Kopenhagen, Danska, INFN-LNL, Legnaro, Italija, Argonne National Laboratory, Argonne, ZDA, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, ZDA in iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika. Z varstvom pred sevanji se ukvarja že več kot 20 let. Je soavtor 74 izvirnih znanstvenih člankov s področij jedrske fizike in varstva pred sevanji. Od leta 2004 do 2012 je bil vodja Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij na Institutu "Jožef Stefan", sedaj pa je zaposlen kot vodja Ekološkega laboratorija z mobilno enoto na Institutu "Jožef Stefan". Bil je član upravnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred sevanji, je član programskega odbora European Nuclear Physics Conference in In-kind Review Board v FAIR, Darmstadt, Nemčija. Je pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji od URSVS in odgovorni nosilec projekta "Nadzor radioaktivnosti v okolici nuklearne elektrarne Krško" od Instituta "Jožef Stefan".

dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik



1 POROČANJE O REZULTATIH MERITEV

POVZETEK

Interne doze, prejete v nekem časovnem obdobju, ocenimo iz povprečnih koncentracij radionuklidov v snoveh, ki jih pri dihanju, pitju in hranjenju vnesemo v telo. V okviru radioloških nadzornih meritev te snovi periodično vzorčimo, zato izračunamo povprečno koncentracijo posameznega radionuklida kot aritmetično sredino rezultatov, ki smo jih za ta radionuklid izmerili v vzorcih, zbranih v časovnem intervalu, za katerega ocenjujemo dozo. Nekateri radionuklidi imajo prenizke koncentracije, da bi jih zanesljivo izmerili, zato so njihove koncentracije podane v obliki zgornjih mej, če je bil radionuklid pri merjenju zaznan, lahko pa rezultat ni naveden, če radionuklid v vzorcu ni bil zaznan. Pri povprečenju take merske izide upoštevamo kot ničle in s tem uravnovesimo sistematske vplive, ki jih procedura za analizo spektrov vnese pri računanju majhnih koncentracij, to je takih z veliko relativno negotovostjo. Da bi izboljšali zanesljivost ocenjevanja, bomo omenjene sistematske vplive odpravili tako, da pri računanju doz namesto opaženih koncentracij uporabimo njihove najboljše ocene, pri katerih je upoštevan pogoj, da koncentracija ne more biti negativna. S temi izboljšavami bodo ocenjene doze nižje in bolj realno ocenjene.

UVOD

Programi radiološkega nadzora se izvajajo z namenom, da bi na podlagi merskih rezultatov ocenili doze oziroma njihove zgornje meje, ki jih prejme referenčna skupina. Doze zaradi izpustov v okolje lahko ocenimo na dva neodvisna načina: tako da ocenimo aktivnosti, izpuščene v okolje, ali pa tako, da merimo radioaktivnost v okolju na mestih in na načine, ki oceno doz omogočajo. Slabost prvega načina je v tem, da moramo poleg ocene aktivnosti uporabiti še računske modele, ki opisujejo razširjanje izpuščenih aktivnosti v okolju. Ti modeli le približno opisujejo transport snovi v okolju, zato imajo lahko njihovi rezultati velike negotovosti oziroma lahko kažejo sistematske odmike od pravih koncentracij. Slabost drugega načina pa je v tem, da so izpuščene aktivnosti v okolju lahko toliko razredčene, da so manjše od najmanjših koncentracij, ki jih še lahko izmerimo s spektrometrijskimi metodami. Zato navadno pri ocenjevanju doz uporabljamo kombinacijo obeh načinov, pri čemer z meritvami radioaktivnosti v okolju preverimo, ali so izmerjene koncentracije radionuklidov in koncentracije, ocenjene iz izpustov, skladne. Skladnost merskih rezultatov z rezultati modelnih računov ugotovimo tako, da primerjamo ujemanje rezultatov z merilnimi negotovostmi in s pričakovano natančnostjo modelnih računov. Dodatno pa dajejo meritve v okolju možnost, da izmerimo splošno raven radioaktivnosti v okolju in ne le radioaktivnost, ki je posledica izpustov. Iz primerjave doz zaradi splošne radioaktivnosti v okolju in doz zaradi izpustov v okolje sledi ocena pomembnosti izpustov glede na naravno radioaktivnost in splošno kontaminacijo okolja. Da bi to primerjavo omogočil, *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [7] predpisuje, da je treba pri meritvah s spektrometrijskimi metodami, pri katerih se z eno meritvijo določi koncentracije več radionuklidov, poročati o aktivnostih vseh radionuklidov, ki so zaznani v spektru.

Nekatere spektrometrijske metode, katerih uporaba je predpisana v programih radioloških nadzornih meritev okolja [7], pa niso dovolj občutljive, da bi z njimi zanesljivo izmerili koncentracije vseh radionuklidov, čeprav se za meritve uporabljajo vzorci, kjer so radionuklidi koncentrirani (na primer s filtriranjem, izparevanjem, obarjanjem). Če je aktivnost v vzorcu premajhna za zanesljivo določanje aktivnosti, so merski izidi dveh vrst:

- spektralna analiza ni zaznala radionuklida, zato v rezultatih ni informacij o njegovi aktivnosti;
- spektralna analiza je radionuklid zaznala in izračunala njegovo aktivnost, vendar je negotovost rezultata primerljiva ali večja kot izmerjena vrednost.



V drugem primeru lahko leži znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje porazdelitev prave vrednosti z merskim rezultatom, v območju negativnih aktivnosti. Poročanje o takšnih rezultatih ni smiselno, ker so negativne aktivnosti fizikalno nedopustne. Zato v tem primeru ne poročamo o opaženi vrednosti in njeni negotovosti, ampak o zgornji meji aktivnosti, ki je prava vrednost ne presega. Ta zgornja meja pa ni določena le z merskim rezultatom, ampak tudi z njegovo negotovostjo, ki pove, s kakšno verjetnostjo je prava vrednost ne presega.

Pri ocenjevanju doz moramo upoštevati poleg merskih rezultatov, ki so podani kot opažena vrednost in njena negotovost in ki ustrezajo meritvam, kjer je prava vrednost aktivnosti dovolj visoka za zanesljivo določanje aktivnosti, še izide meritev, kjer je aktivnost podana v obliki zgornje meje ali pa sploh ni podatka o aktivnosti. Ugodno je, če ocenjena doza ni odvisna od razmer pri vzorčevanju, priprave vzorcev in meritve, ampak le od opaženih vrednosti, njena negotovost pa mora biti odvisna od negotovosti opaženih vrednosti in občutljivosti meritev. Hkrati pa doza, skladno s *Pravilnikom o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5)* [9], ne sme biti podcenjena.

Pričujoči prispevek opisuje postopke za analizo spektrov in metodologijo za pripravljane podatkov, ki se uporabljajo pri ocenjevanju doz ter predlaga izboljšave te metodologije.

ZNAČILNOSTI SPEKTRALNIH ANALIZ

Analiza spektra sestoji iz dveh neodvisnih korakov: analize vrhov, ki iz spektra izračuna lastnosti vrhov, to je njihove pozicije, ploščine in širine, ter iz računa aktivnosti, kjer analiza odšteje prispevek ozadja od ploščin vrhov, izračuna aktivnosti, ki tem ploščinam ustrezajo, odluči prispevke prekrivajočih vrhov ter izračuna povprečne aktivnosti pri radionuklidih, ki imajo v spektru več vrhov.

Analiza vrhov večinoma preceni ploščine majhnih vrhov, to so tisti vrhovi, pri katerih relativna negotovost ploščine presega 30 % [19]. To se zgodi zato, ker statistične fluktuacije zveznega ozadja vplivajo na ploščine vrhov. Namreč, statistične fluktuacije v pozitivno smer, ki se pojavijo blizu spodnjega ali zgornjega roba vrha, povečajo njegovo ploščino, ker jih analiza vključi v vrh. Če se na robu vrha pojavi fluktuacija v negativno smer, analiza ravno tako poveča ploščino, zato ker tam zniža ozadje.

Če je aktivnost radionuklida, ki je tudi v ozadju spektrometra, v vzorcu majhna, ima ploščina vrha po odštevanju ozadja veliko relativno negotovost. Če radionuklida v vzorcu sploh ni, potem je verjetnost, da je razlika pozitivna, enaka verjetnosti, da je razlika negativna. Ker pa analizna procedura vrhov z negativno ploščino pri računanju aktivnosti ne upošteva, so tudi nizke aktivnosti radionuklidov, ki so v ozadju spektrometra, precenjene [20]. Tako sledi, da so sistematski vplivi v analizni proceduri takšni, da so majhne aktivnosti, ki imajo veliko statistično negotovost, precenjene.

Analizna procedura vključi radionuklid v seznam identificiranih radionuklidov, če vsota verjetnosti za emisijo najdenih vrhov, ki temu radionuklidu pripadajo, presega predpisan delež vsote verjetnosti za emisijo vseh vrhov, ki temu radionuklidu pripadajo. Ta predpisani delež se za razne radionuklide giblje med 30 % in 80 % in je odvisen od števila vrhov pri posameznem radionuklidu, od tega, kako težko je najti te vrhove v spektru, od radiotoksičnosti radionuklida ter od pomembnosti radionuklida v izpustih. Višji delež pomeni, da mora biti najdenih več vrhov in s tem je merilo za identifikacijo strožje. Pri analizni proceduri, ki jo uporabljamo, je ta delež postavljen nizko, da preprečimo, da bi procedura spregledala radionuklide, ki so v vzorcu [19].



ZNAČILNOSTI POROČANJA O REZULTATIH

Analizna procedura poteka tako, da ne obdeluje negativnih aktivnosti, zato so vse opažene vrednosti pozitivne, vendar se lahko intervali aktivnosti, ki opisujejo verjetnostno porazdelitev prave vrednosti, raztezajo v območje negativnih aktivnosti. Ker so negativne prave vrednosti nedopustne, pri rezultatih z relativno negotovostjo nad 80 %, to je pri $u(y)/y > 0,8$, poročamo o vrednosti zgornje meje, ki je izračunana z zanesljivostjo 95 %, to je $< q(y) = y + 1,65 \cdot u(y)$, kjer je y opažena vrednost, $u(y)$ pa njena negotovost. Tako se izognemo poročanju o širini verjetnostnih intervalov, ki imajo znaten delež verjetnosti v področju negativnih aktivnosti. Tak merski izid pomeni, da je verjetnost, da je prava vrednost manjša od aktivnosti, navedene za znakom "<", enaka 95 %. Omeniti je treba, da se pri tej pretvorbi nekaj informacije izgubi. Da bi bila izguba informacije manjša, pri poročanju uporabimo razmeroma visoko mejo za največjo relativno negotovost, pri kateri še poročamo o merskem rezultatu [21].

O koncentraciji radionuklidov, ki jih analizna procedura v spektru ni identificirala, ne poročamo, zato prazen prostor v tabelah z rezultati pomeni, da radionuklid v spektru ni bil najden. To velja za vse radionuklide, razen za Pb-210, ki ima največji dozni faktor za ingestijo. Da ne bi ingestijskih doz podcenili, v tabelah z rezultati navajamo mejo za odločitev [22], če Pb-210 v spektru ni bil zaznan. Pri tem radionuklidu je torej zgornja meja ali meja za odločitev ali zgornja meja prave vrednosti, ki ni presežena z verjetnostjo 95 %. Pri merskih rezultatih, ki imajo relativno negotovost manjšo od 80 %, poročamo o velikosti opažene vrednosti in njeni negotovosti v obliki intervala negotovosti $y \pm u(y)$. Pri teh rezultatih je verjetnostna porazdelitev prave vrednosti normalna porazdelitev s povprečno vrednostjo y in standardno deviacijo $u(y)$, zato je verjetnost, da je prava vrednost znotraj intervala, ki je naveden v tabelah z rezultati, 68 %.

Pri meritvah koncentracije I-131 v zraku z oglenimi filtri ravno tako poročamo o velikosti meje za odločitev v primeru, da I-131 v spektru ni bil zaznan. Pri teh spektrih določamo le I-131, zato je v primeru, ko I-131 ni bil zaznan, meja za odločitev edini podatek o meritvi in njen izid.

ZNAČILNOSTI OCENJEVANJA DOZ

Pri računanju efektivne doze za izbran časovni interval predpostavimo, da je vnos radionuklidov enakomeren v okviru tega intervala, kar pomeni, da so hitrosti uživanja hrane in vode ter hitrost dihanja konstantne ter da so koncentracije radionuklidov v hrani, vodi in zraku konstantne. Te predpostavke omogočajo, da pri ocenjevanju doz za vrednosti koncentracij radionuklidov v teh medijih uporabimo povprečne vrednosti, ki pripadajo vzorcem, zbranim v tem časovnem intervalu. Merski izidi, iz katerih povprečje računamo, so treh vrst: odsotnost podatka, kar pomeni, da radionuklid ni bil zaznan (razen v primeru Pb-210), enostranski interval, ki pomeni, da je bila aktivnost določena z negotovostjo, ki presega 80 % opažene vrednosti, ter dvostranski interval v primeru, ko je merski rezultat podan z negotovostjo manjšo od 80 %. Za računanje povprečij moramo te merske izide pretvoriti v vrednosti in njihove negotovosti, iz katerih lahko izračunamo aritmetično sredino in njeno negotovost. Ugodno je, če je ta pretvorba narejena tako, da povprečne vrednosti niso odvisne od merskih negotovosti, ker te ne opisujejo samo lastnosti vzorca, ampak tudi analitski proces (vzorčevanje, pripravo vzorca in meritev), s katerim je bil merski izid pridobljen. V tem primeru doze, ki so izračunane iz povprečij, niso odvisne od analitskega procesa. Od analitskega procesa so odvisne le negotovosti, ki določajo dozni interval, kjer je prava doza z verjetnostjo 68 %.

Pri ocenjevanju doz ne uporabljamo primarnih merskih rezultatov v obliki $y \pm u(y)$, ampak merske izide navedene v tabelah z rezultati. Pretvorba merskih izidov iz tabel v obliko, primerno za povprečenje, je v tabeli 1.1.



Tabela 1.1: Pretvorba merskih izidov v obliko, primerno za povprečenje

Merski izid	Navedba v tabelah z rezultati	Rezultat za povprečenje
Radionuklid ni identificiran	Prazen prostor	0 ± 0
$u(y)/y > 80 \%$	$< q(y)$	$0 \pm q(y)/1,65$
$u(y)/y < 80 \%$	$y \pm u(y)$	$y \pm u(y)$

Omeniti je treba, da je pretvorba izbrana tako, da so rezultati za povprečenje pri radionuklidih s koncentracijo blizu meje za odločitev manjši kot je njihova prava koncentracija: za radionuklide, ki v spektru niso bili najdeni, je privzeta koncentracija nič, čeprav je prava koncentracija med nič in mejo za odločitev, podobno je za radionuklide z relativno negotovostjo večjo od 80 %. S tem smo uravnovesili sistematske vplive, zaradi katerih so precejšnje plosčine šibkih črt [19] in nizke aktivnosti radionuklidov, ki se pojavljajo v ozadju spektrometra [20].

Da bi povečali zanesljivost ocenjevanja doz, je potrebno odpraviti sistematska vpliva, zaradi katerih so aktivnosti v bližini meje za odločitev precejšnje, in izračunati merski rezultat tako, da bo izpolnjena zahteva, da je izmerjena vrednost pozitivna. Navadno se namreč o merskih rezultatih poroča opažena vrednost in njena negotovost, kjer je ta zahteva upoštevana šele kasneje z navajanjem zgornje meje. Omenjene izboljšave zmanjšajo negotovosti merskih rezultatov in povečajo njihovo konsistentnost [23]. Poudariti je pa treba, da zahteva po pozitivnosti poveča rezultate, ker negativne rezultate nadomesti s pozitivnimi in zmanjša negotovosti merskih rezultatov, ker odreže dele verjetnostnih porazdelitev, ki opisujejo porazdelitev pravih vrednosti z opaženo vrednostjo in njeno negotovostjo in ki segajo v področje negativnih aktivnosti. Posledica tega je, da verjetnostni interval, ki vsebuje pravo vrednost, seže na področje negativnih aktivnosti šele takrat, ko relativna negotovost opažene vrednosti preseže 164 % [24].

SKLEPI

Pri računanju aktivnosti v bližini meje za odločitev se pri obstoječi proceduri za analizo spektrov gama in računanje aktivnosti pojavijo sistematski vplivi, zaradi katerih so opažene aktivnosti precejšnje. Te vplive uravnovesimo z interpretacijo merskih izidov, ki je taka, da podceni merske rezultate v tem območju. Zato je težavno zanesljivo oceniti, ali so prispevki k dozam zaradi radionuklidov, ki imajo aktivnosti v bližini meje za odločitev, precejšnji ali podceni, na vsak način pa prava vrednost doze leži v območju intervala negotovosti z verjetnostjo 68 %. Da bi izboljšali zanesljivost ocenjevanja doz, smo v analizo proceduro vpeljali izboljšave, ki upoštevajo omenjene sistematske vplive. Namesto sistematskih vplivov, ki izhajajo iz nedoslednosti v analizi proceduri, se pojavi nov sistematski vpliv zaradi zahteve, da morajo biti izmerjene aktivnosti pozitivne. Ta sistematski vpliv je manjši, pa tudi relativna negotovost opažene vrednosti, pri kateri se poroča o zgornji meji, se pomakne iz 80 % na 164 %. Zato se tudi zmanjša sistematski vpliv zaradi računanja časovnega povprečja aktivnosti pri pretvarjanju zgornjih mej v merske rezultate. Ker pričakujemo, da bodo omenjene izboljšave povečale zanesljivost ocenjevanja doz in znižale ocenjene doze, jih nameravamo vpeljati v ocenjevanje doz prihodnje leto.



2 POVRŠINSKE VODE

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi in ocena vplivov na prebivalstvo po savski prenosni poti na podlagi meritev tekočinskih izpustov in z uporabo modela. V letu 2012 so bili tekočinski izpusti v okolje nekoliko višji kot v letu 2011, vendar primerljivi z letom 2010. Najvišjo aktivnost je imel tritij, ki je edini umetni radionuklid, ki ga merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri vseh drugih umetnih radionuklidih je vpliv NEK v okolju nemerljiv. Vsebnosti cezija in stroncija nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju (zunanje sevanje) in ingestija rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti je manjša od 0,02 μSv na leto.

UVOD

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



Slika 2.1: Izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD)



NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z razmeroma niskimi aktivnostmi se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW - Essential Service Water), ki je nad jezom elektrarne (slika 2.1). Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na vzorčevalnih lokacijah, razen pri tritiju, večinoma 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 sta vedno berilij (Be-7), ki je kozmogena narave, in tritij (H-3), ki je tako kozmogena kot antropogene narave. Poleg naravnih izotopov so zaradi globalne kontaminacije in medicinske uporabe radioaktivnih snovi povsod v okolju tudi umetni radionuklidi: stroncij (Sr-90), cezij (Cs-137) in jod (I-131).

Vplive na okolje ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Izpostavitev referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo (IJS-DP-10114)* [27]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva. Ocena vpliva na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

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

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Kontinuirno vzorčevanje reke Save je potekalo na treh lokacijah, in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK na levem bregu), v Brežicah (8,2 km nizvodno od NEK in 400 m nizvodno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK na desnem bregu). Na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) deluje kontinuirni vzorčevalnik, meritve vzorcev s te lokacije pa se izvajajo kvartalno. Podobno poteka v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem kontinuirno vzorčevanje vode (slika 2.2), medtem ko se meritve vzorcev izvajajo mesečno. Vzorčevanje je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.



Slika 2.2: Kontinuirna vzorčevalna postaja reke Save pri Brežicah



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

Kontinuirno vzorčevanje ne omogoča ovrednotenja kratkoživih izotopov. Zato se neodvisno izvaja tudi vzorčevanje enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (50-litrski vzorci). Iz rezultatov teh meritev lahko natančneje ocenimo koncentracije kratkoživega joda (I-131). Tako je potekal ločen odvzem enkratnih vzorcev vode na štirih lokacijah, in sicer v Krškem pod mostom, v Brežicah pod starim mostom, v Jesenicah na Dolenjskem in v kraju Podsused pri Zagrebu (okrog 30 km nizvodno od NEK). Vzorčevanje in meritve enkratnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.

Za ovrednotenje vplivov preko savske prenosne poti se spremlja tudi radioaktivnost v sedimentih. Pri sedimentih so pomembni dolgoročni trendi, povezani z globalno kontaminacijo, in tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčevanje sedimentov je potekalo na šestih lokacijah, in sicer vzvodno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezom v NEK (desni breg), pri Pesju (na levem bregu), pri Brežicah (na levem bregu), pri Jesenicah na Dolenjskem (na desnem bregu) in na Hrvaškem v kraju Podsused pri Zagrebu.

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

Pri vzorcih vode, sedimentov in rib ločeno potekajo meritve sevalcev gama in čistih sevalcev beta razen C-14. Vsebnost sevalcev gama v vzorcih reke Save se je določala z visokoločljivostno spektrometrijo gama po postopku izvajalca meritev, ki vključuje pripravo vzorca s suhozračnim sušenjem in homogenizacijo. S tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je bila merjena vsebnost tritija (H-3) v vodnem destilatu savske vode, medtem ko se je vsebnost Sr-90 določala z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu po postopku izvajalca meritve. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja izotopov Sr-90 in Sr-89, zato se poroča o skupni vsebnosti Sr 90/Sr-89. Ker pa je bila koncentracija kratkoživega Sr-89 v tekočinskih izpustih NEK pod mejo detekcije, se vsebnost Sr-90/Sr-89 nanaša le na Sr-90.

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

- vzorčevanje vode skupaj s fino suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vode in filtrskega ostanka reke Save, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorčevanje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 180 g); vzorčevanje gibljivih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčevanje in meritve rib vrst mrena, klen, podust, som, sivi tolstolobik, ščuka in krap s povprečno maso okrog 400 g (izmerjenih je bilo 26 rib); pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib; dodatne meritve ribjih mladice in ločene meritve kosti in mišic odraslih rib se od leta 2006 ne izvajajo več;
- vzorčevanje pitne vode (glej poglavje "*Pitna voda in podtalnica*").

REZULTATI MERITEV V OKOLJU

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012, IJS-DP-11246, marec 2013*. 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). Tabele z merskimi podatki o ribah so: T-19, T-21, T-22 (ZVD); T-22/p1, T-24, T-25 (IRB).

Tritij (H-3) je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 2.3 so prikazane primerjave vsebnosti

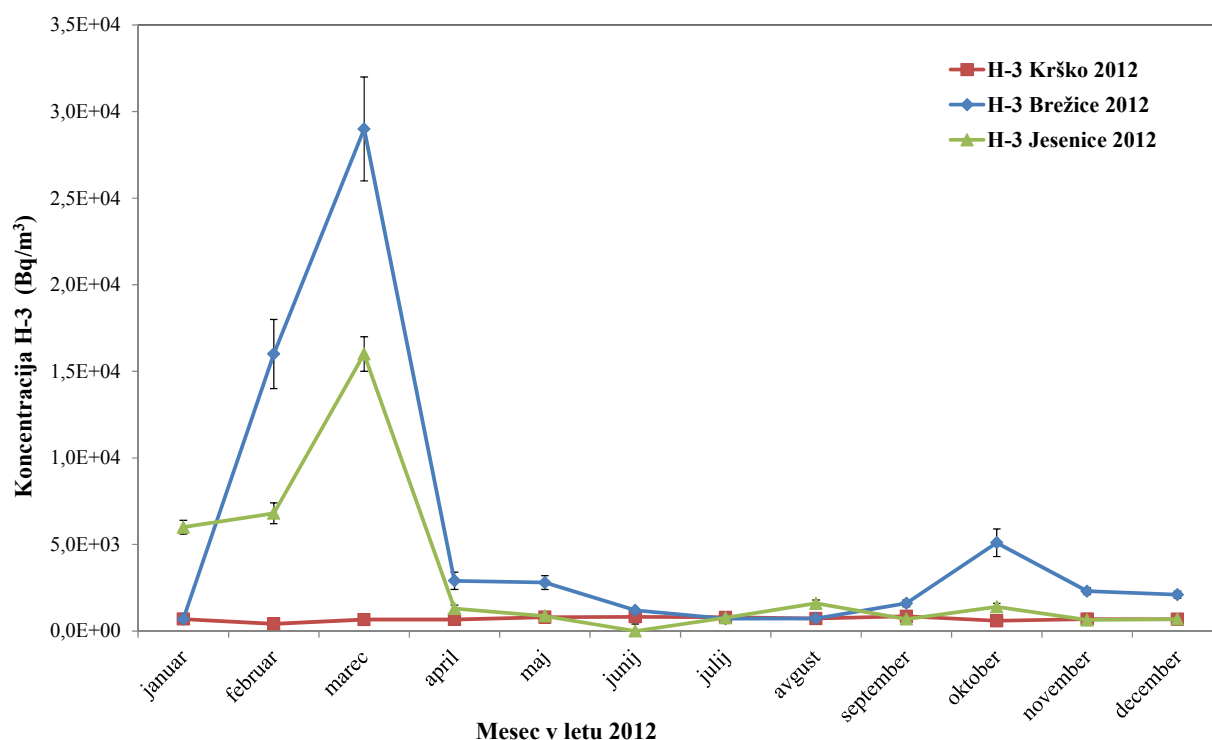


tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2012. Povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($5,4 \pm 2,0$) kBq/m³ je 8-krat višja kot je na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,70 \pm 0,03$) kBq/m³. Povprečna koncentracija je bila v letu 2012 znatno višja kot v letu 2011, vendar primerljiva z rezultati meritev v letu 2010.

Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v marcu (29 ± 3) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju vrednost na referenčnem odvzemu Krško ($0,66 \pm 0,08$) kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija v Brežicah je bila bistveno višja kot v predhodnem letu, vendar primerljiva z letom 2010, ko je bila v mesecu juniju 2010 koncentracija (20 ± 2) kBq/m³. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje ($3,1 \pm 1$) kBq/m³ z največjo vrednostjo (16 ± 1) kBq/m³, prav tako v mesecu marcu.

V letu 2012 so bile koncentracije H-3 v Brežicah v primerjavi s tistimi v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju višje za faktor 1,7. To je posledica dodatnega razredčenja vode zaradi pritokov Krke in Sotle, za kateri predpostavimo, da imata enako koncentracijo tritija kot Sava v Krškem. Pretok Save v Brežicah pred izlivom reke Krke je bil najvišji v mesecu novembru (553 m³/s) in najnižji v februarju in marcu (67 m³/s), letno povprečje je bilo 183 m³/s. Na obeh vzorčevalnih lokacijah pod NEK je bilo mogoče opaziti povišane koncentracije H-3. Podobno kot v letu 2010 lahko opazimo korelacijo med mesečnimi izpusti NEK, višino vodostaja reke in povečanjem koncentracije na lokacijah pod NEK.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije H-3 okrog 1 kBq/m³ [10].



Slika 2.3: Primerjava vsebnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Lokacija Krško je glede na tok Save pred elektrarno in je zato referenčna.

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno v tekočinskih efluentih NEK, v nekaterih rekah pa ga je mogoče najti zaradi aplikacije tega izotopa v medicini. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Realnejše ocene lahko temeljijo le na enkratnih odvzemih nefiltrirane vode (vzorčevanje na tri mesece) in ne na sestavljenih vzorcih, ki so bili zbrani v obdobju enega meseca ali v trimesečnem obdobju. Koncentracija joda zelo



niha in je večkrat tudi pod mejo detekcije. Povprečna letna vsebnost I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $(3,9 \pm 3,0)$ Bq/m³ do $(7,1 \pm 3,5)$ Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Najvišja posamična vrednost (18 ± 2) Bq/m³ je bila izmerjena v Krškem v prvem četrtletju. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije I-131 večinoma nižje od 5 Bq/m³ [10]. Jod je bil zaznan v večini rek, razen v reki Kolpi in Soči. V preteklosti so bile koncentracije joda višje predvsem v reki Savi pri Ljubljani, zaradi nekontroliranih izpustov iz Onkološkega inštituta Ljubljana, kjer se izvaja terapija z jodom.

V talnem sedimentu je I-131 zelo redko opažen, navadno v zelo nizkih koncentracijah. V tem letu je bil zaznan v zadnjem kvartalu le na referenčni lokaciji Krško, kjer je bila izmerjena vsebnost $(0,77 \pm 0,2)$ 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 joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 10 Bq/m³) bi pričakovali, da je izračunana koncentracija joda v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $Br = 0,02$ m³/kg) [27], kar je pod mejo detekcije.

Radioaktivni izotop cezij je kot posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu) povsod v okolju. Najti ga je tudi v tekočinskih efluentih NEK. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode na meji detekcije. Letna povprečna vrednost v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode je bila na referenčnem mestu v Krškem $<0,3$ Bq/m³, kar je podobno kot v Brežicah $<0,6$ Bq/m³.

Cs-137 se je v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah tako v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Rezultati meritev filtrskega ostanka so bili pri večini odvzemnih mest praviloma pod mejo kvantifikacije. Na sliki 2.4 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 v filtrskem ostanku na različnih odvzemnih mestih v letu 2012. Letna povprečna koncentracija Cs-137 $<0,4$ Bq/m³ v Brežicah je nižja kot na referenčnem mestu Krško $<0,6$ Bq/m³. Večina mesečnih izmerjenih koncentracij cezija v Jesenicah na Dolenjskem je bila pod mejo detekcije.

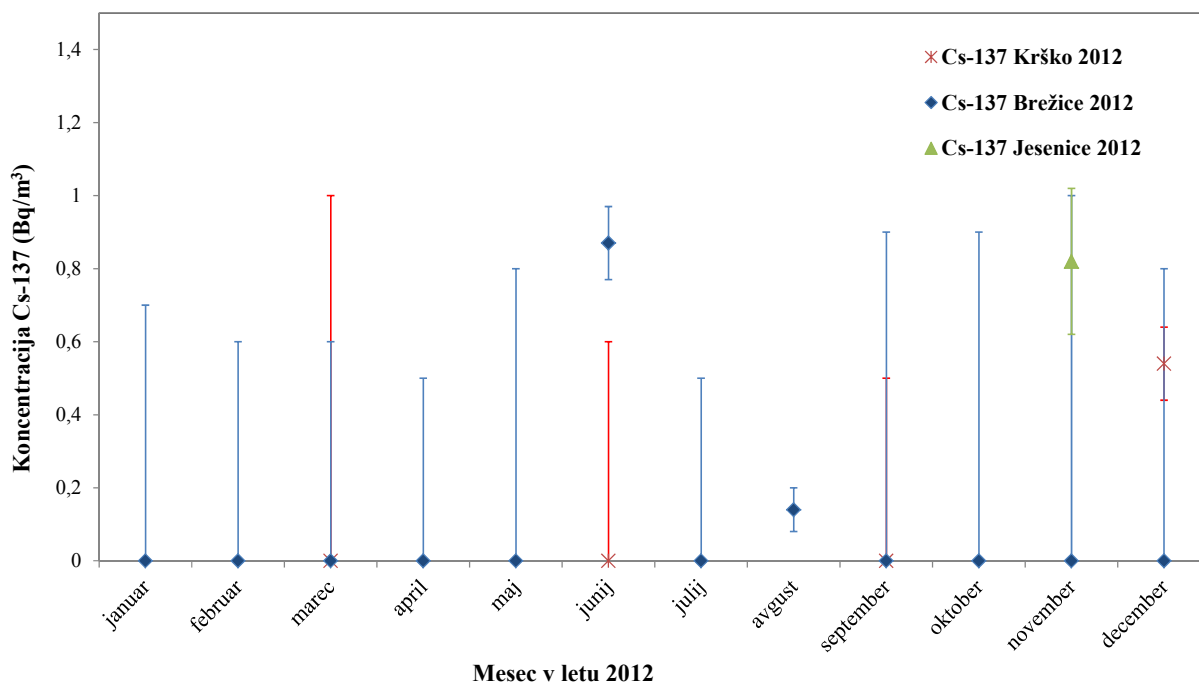
Podobno so bili skoraj vsi rezultati meritev enkratnih vzorcev nefiltrirane vode na vseh odvzemnih mestih pod mejo kvantifikacije: v Brežicah $<0,8$ Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem $<1,0$ Bq/m³, letna povprečna vrednost na referenčnem mestu v Krškem pa je bila $<1,1$ Bq/m³.

Povprečne koncentracije cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija na drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri $(1,2 \pm 0,2)$ Bq/m³ [10]. Primerjava vrednosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Povprečna koncentracija radioaktivnega cezija v talnih sedimentih, ki jih je določil IRB, je bila v Krškem (pod mostom) $(4,2 \pm 0,3)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(6,7 \pm 1)$ Bq/kg), pod jezom NEK $(2,2 \pm 0,3)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(3,2 \pm 0,5)$ Bq/kg), v Pesju $(1,6 \pm 0,4)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(2,5 \pm 0,6)$ Bq/kg), v Brežicah $(2,1 \pm 0,5)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(3,6 \pm 0,7)$ Bq/kg), v Jesenicah na Dolenjskem $(2,4 \pm 1,0)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(5,4 \pm 0,9)$ Bq/kg) in v Podsusedu $(0,5 \pm 0,2)$ Bq/kg (z največjo vrednostjo $(0,8 \pm 0,4)$ Bq/kg). Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru merske negotovosti primerljivi meritvam IRB. Najvišja povprečna koncentracija je bila izmerjena na referenčni lokaciji Krško.

Spektroskopske analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa nizvodno pod izpustom NEK, kažejo letne povprečne vsebnosti Cs-137 od $<0,11$ Bq/kg do $<0,16$ Bq/kg (meritve ZVD). IRB v ribah ni zaznal cezija.

Radioaktivni izotop stroncija Sr-90 je podobno kot radioaktivni izotop cezij Cs-137 povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. Delež stroncija v primerjavi s cezijem je bil zaradi vpliva Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja obeh izotopov (Sr-90 in Sr-89), zato se o njih poroča skupaj. Zaradi kratke razpolovne dobe je delež Sr-89, ki bi bil posledica globalne kontaminacije, zanemarljiv.



Slika 2.4: Primerjava mesečnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Meritve v Jesenicah na Dolenjskem so bile večino časa pod mejo detekcije.

Večina stroncija je raztopljen v sami vodi. V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 2.5 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odzemnih mestih v letu 2012.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji ($1,8 \pm 0,07$) Bq/m³ kot v nadzornem mestu v Brežicah ($2,2 \pm 0,2$) Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem ($2,8 \pm 0,2$) Bq/m³. V grobi suspendirani snovi (filtrskem ostanku) je vsebnost Sr-90 navadno vsaj 10-krat nižja kot v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in se giblje okrog 0,1 Bq/m³. Vsebnosti so podobne kot pri ceziju. Najvišja povprečna vsebnost stroncija v filtrskem ostanku je bila izmerjena v Krškem $<0,5$ Bq/m³.

Koncentracija Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Letna povprečja so od ($2,0 \pm 0,5$) Bq/m³ do ($2,4 \pm 0,3$) Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Brežicah ($3,1 \pm 0,3$) Bq/m³. Vrednosti so približno 10-krat višje, kot so koncentracije cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode.

Povprečne koncentracije stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija izmerjena na Savi, na lokaciji Laze pri Ljubljani ($3,1 \pm 0,9$) Bq/m³, drugod pa je nižja [10]. Primerjava meritev z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

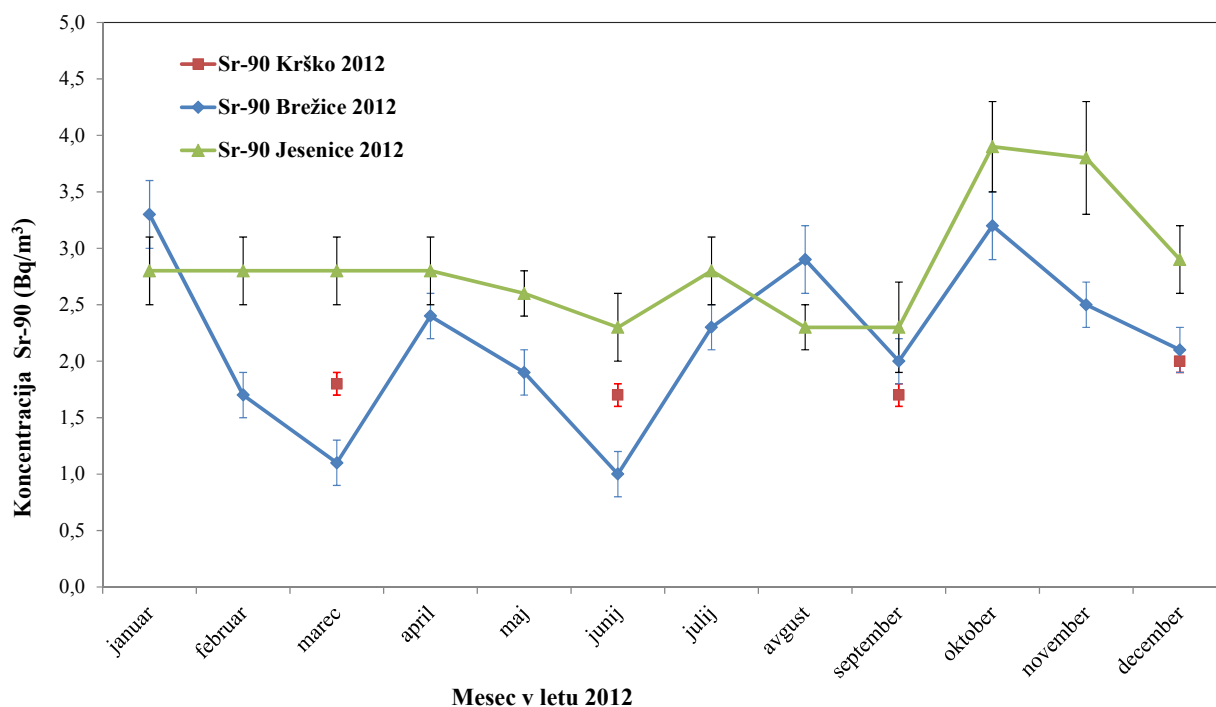
Pri meritvah IRB stroncij v talnih sedimentih ni bil merjen, razen na lokaciji Podsused pri Zagrebu, kjer je bila povprečna vrednost $<0,5$ Bq/kg. Povprečne vrednosti, ki jih je izmeril ZVD, pa so bile $<0,2$ Bq/kg. Vsebnosti stroncija v talnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let. Vsebnosti stroncija v talnih sedimentih so tipično 10-krat nižje kot vsebnosti cezija.



Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (cele ribe) se gibljejo letna povprečja po lokacijah od $(0,06 \pm 0,02)$ Bq/kg do $(0,15 \pm 0,08)$ Bq/kg, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti, ki so bili izmerjeni v emisijskih vzorcih izpustne vode, kot npr.: Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133, v letu 2012 niso bili detektirani na nobeni lokaciji v okolju.

V vseh vzocih vode so bili redno zaznani naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije U-238 okrog 10 Bq/m^3 in Ra-228 okrog 1 Bq/m^3 . Koncentracije K-40 so nekoliko višje okrog 50 Bq/m^3 . Največja izmerjena posamična vrednost K-40 je bila v Brežicah $(110 \pm 6) \text{ Bq/m}^3$. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije U-238 in Ra-228 okrog 25 Bq/kg . Koncentracije 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 K-40 je bila izmerjena v Savinji 107 Bq/m^3 [10].



Slika 2.5: Primerjava mesečnih vsebnosti Sr-90 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem

DISKUSIJA

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.

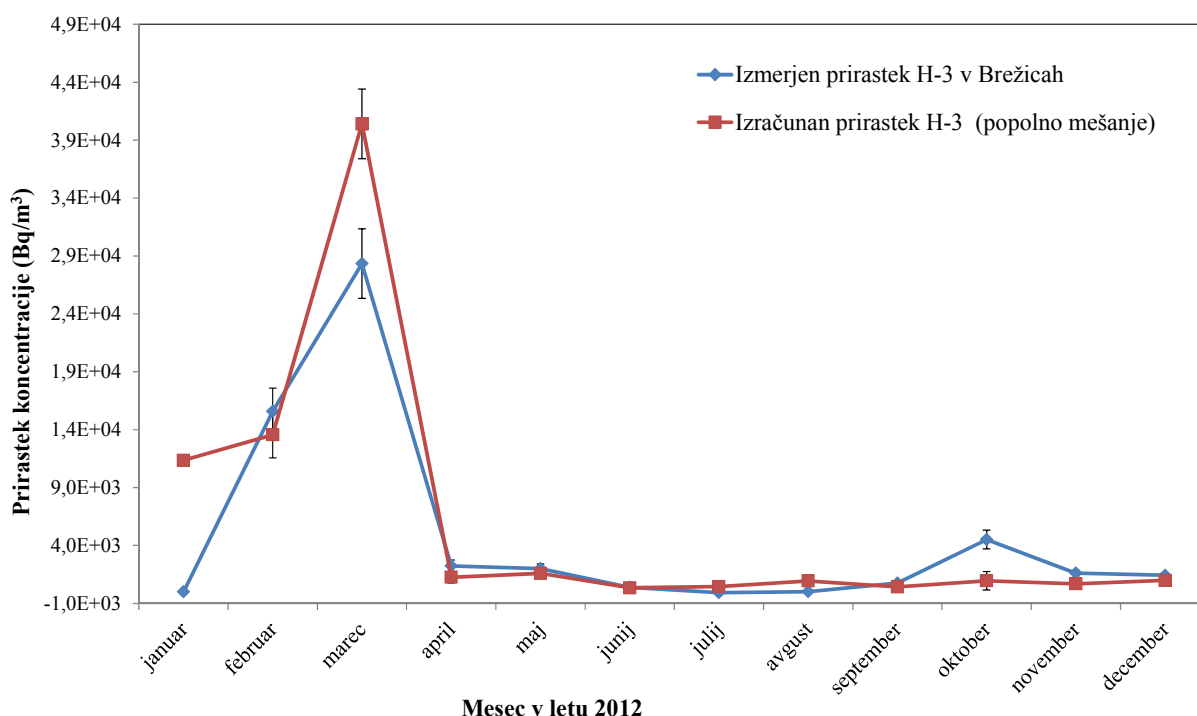
V vseh jedrskih elektrarnah je radioaktivni izotop vodika tritij (H-3) v tekočinskih in atmosferskih izpustih. Kot kozmogeni radionuklid nastaja tudi v zgornji plasti atmosfere pri jedrskih reakcijah visokoenergijskega kozmičnega sevanja na dušiku. Tritij se veže v molekulo vode (HTO) in z dežjem



pride do zemeljske površine. Večina tritija je razredčena v oceanih. Poskusne jedrske eksplozije v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja so naravni inventar tritija povečale za dva velikostna reda. Tako je njegova vsebnost v deževnici na severni polobli narasla z $0,6 \text{ kBq/m}^3$ na 150 kBq/m^3 v letu 1963. Do danes je zaradi radioaktivnega razpada in prehoda v oceanske vode vsebnost H-3 v deževnici padla na okrog 1 kBq/m^3 [25].

Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Po podatkih NEK so bili največji izpusti H-3 opravljeni v zimskih mesecih (posebej v marcu), ko je bil mesečni izpust H-3 okrog $7,1 \text{ TBq}$ (letni izpust $16,6 \text{ TBq}$). Izpusti so bili 4-krat večji kot v predhodnem letu vendar podobni kot v letu 2010, ko je bil letni izpust 22 TBq . V zimskih mesecih (v marcu) je bila izmerjena tudi najvišja koncentracija tritija v Savi v Brežicah ($29 \pm 3 \text{ kBq/m}^3$). Večino časa v letu 2012 je bila povišana tudi koncentracija tritija v vrtini VOP-4. Letno povprečje koncentracije H-3 v tej vrtini je bilo ($6 \pm 3 \text{ kBq/m}^3$). Najvišja izmerjena koncentracija tritija v VOP-4 je bila v mesecu aprilu ($32 \pm 3 \text{ kBq/m}^3$, verjetno zaradi izpustov pred remontom v marcu. Opazno je bila povišana tudi koncentracija H-3 v vrtini Medsave, kjer je bila največja izmerjena koncentracija ($9,3 \pm 0,8 \text{ kBq/m}^3$ tudi v mesecu marcu. Povišana koncentracija je posledica izpustov NEK. Vpliv reke Save na pitno vodo se podrobneje obravnava v poglavju "Pitna voda in podtalnica".

Tritij zato lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju [27]. Na sliki 2.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije H-3 in izračunanimi koncentracijami H-3 v Brežicah. Prirastek koncentracije tritija v Brežicah pomeni, da je bila odšteteta izmerjena koncentracija tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunane koncentracije smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Poleg tega predpostavimo, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji [27].



Slika 2.6: Primerjava med mesečnimi izmerjenimi prirastki koncentracije tritija v reki Savi v Brežicah in izračunanimi prirastki koncentracije. Izračunana koncentracija je dobljena iz mesečnih tekočinskih izpustov H-3 in pretoka Save (mesečni izpust / mesečna prostornina pretečene Save).



S slike 2.6 je razvidno, da obstaja dobro ujemanje med izpusti in prirastkom koncentracije H-3 v Savi v Brežicah. Enaka ugotovitev velja tudi za Jesenice na Dolenjskem. Do podobnih ugotovitev smo prihajali že v preteklih letih. Zelo dobro so vidni dejanski povečani izpusti v marcu. V aprilu je bil remont, zato tekočinski izpusti niso bili veliki.

Na sliki 2.7 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije in izračunanimi letnimi koncentracijami H-3 v Brežicah od leta 2002. Dolgoletni trendi kažejo, da na mestu vzorčevanja v Brežicah najverjetneje še ne pride do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. To je vidno na sliki 2.7, kjer so izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije tritija sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Iz meritev lahko ocenimo razredčitveno razmerje DR (*Dilution Ratio*) v Brežicah. Razredčitveno razmerje DR je razmerje med prirastkom koncentracije tritija na nekem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) in prirastkom koncentracije tritija na mestu s popolnim mešanjem vode:

$$DR = \frac{C_{w,L}}{C_{w,tot}} \quad (1)$$

kjer sta $C_{w,L}$ prirastek koncentracije tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{w,tot}$ prirastek koncentracije tritija na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3) [27]. Prirastek koncentracije na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (2):

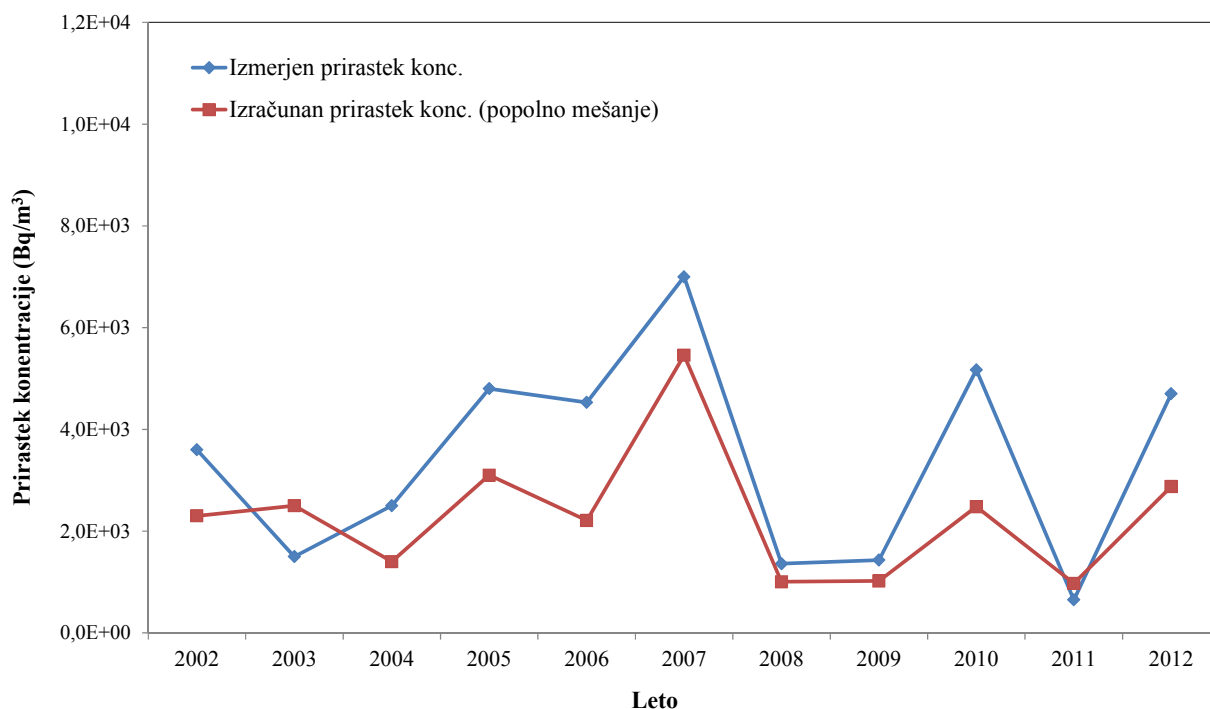
$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (2)$$

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

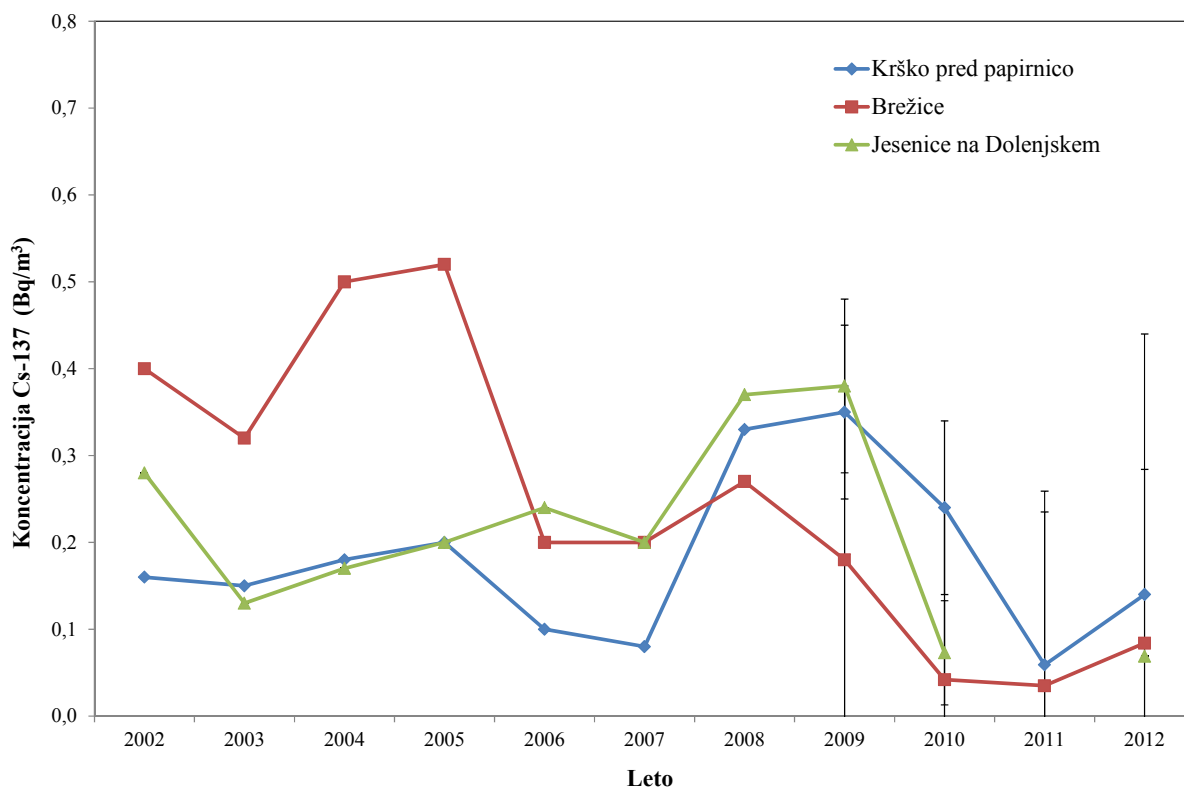
Vrednosti DR so lahko 0 na lokacijah, kjer še ni prišlo do mešanja, med 0 in 1 na lokacijah, kjer se čista voda le delno meša s kontaminirano (npr. na nasprotnem bregu pod izpustom) ali pa $DR > 1$ na lokacijah, kjer je mešanje kontaminirane vode s čisto nepopolno (npr. na istem bregu neposredno pod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

Iz razlike med povprečnima letnima koncentracijama tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili prirastek koncentracije v Brežicah $C_{w,L}$, ki je $(4,7 \pm 2)$ kBq/m^3 , kar je bistveno več kot v predhodnem letu (slika 2.7), vendar podobno kot v letu 2010. Izračunan prirastek koncentracije tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil $2,88$ kBq/m^3 . Tako je bilo v letu 2012 razredčitveno razmerje DR v Brežicah ocenjeno na $(1,6 \pm 0,7)$. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2002 do 2012) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,5 \pm 0,5)$.

Letni izpust cezija Cs-137 je bil $3,05$ MBq, kar je nekoliko manj kot v letu 2011. Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [27]. V primeru, da bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Cezij se je v večini vzorcev vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah, pod mejo kvantifikacije. Pri tem opazamo, da je bil cezij na kontinuirnem vzorčevalnem mestu v Jesenicah na Dolenjskem večino časa celo pod mejo detekcije, tako v vodi kot v filtrskem ostanku. V preteklih letih se je pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Zaradi velikih merskih negotovosti ni mogoče ovrednotiti dolgoročnih teženj (slika 2.8). Iz merskih rezultatov vode, kjer je bil Cs-137 detektiran, lahko povzamemo le, da je povprečna koncentracija v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih primerljiva in da je vpliv NEK nemerljiv.



Slika 2.7: Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije H-3 v reki Savi v Brežicah in izračunanimi koncentracijami, dobljenimi na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save (letni izpust / letna prostornina pretečene Save) ob predpostavki popolnega mešanja



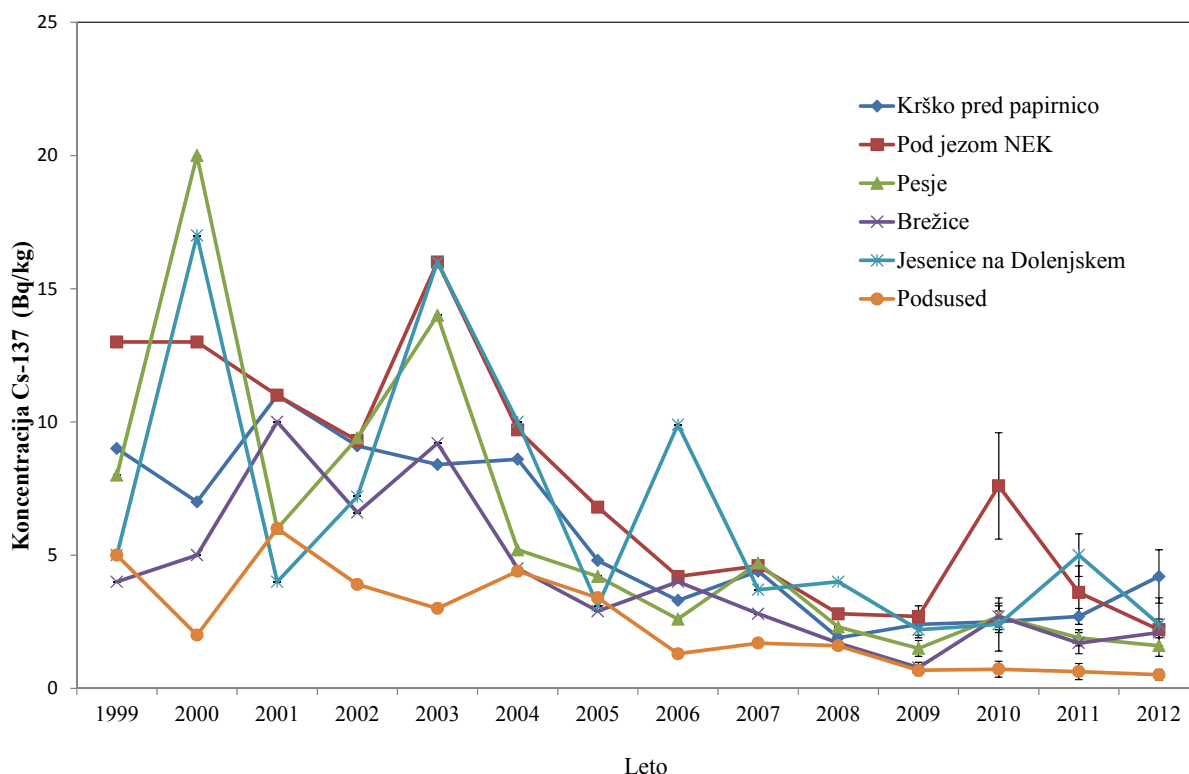
Slika 2.8: Primerjava povprečnih letnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Negotovosti povprečnih koncentracij so od 0,1 Bq/m³ do 0,3 Bq/m³.



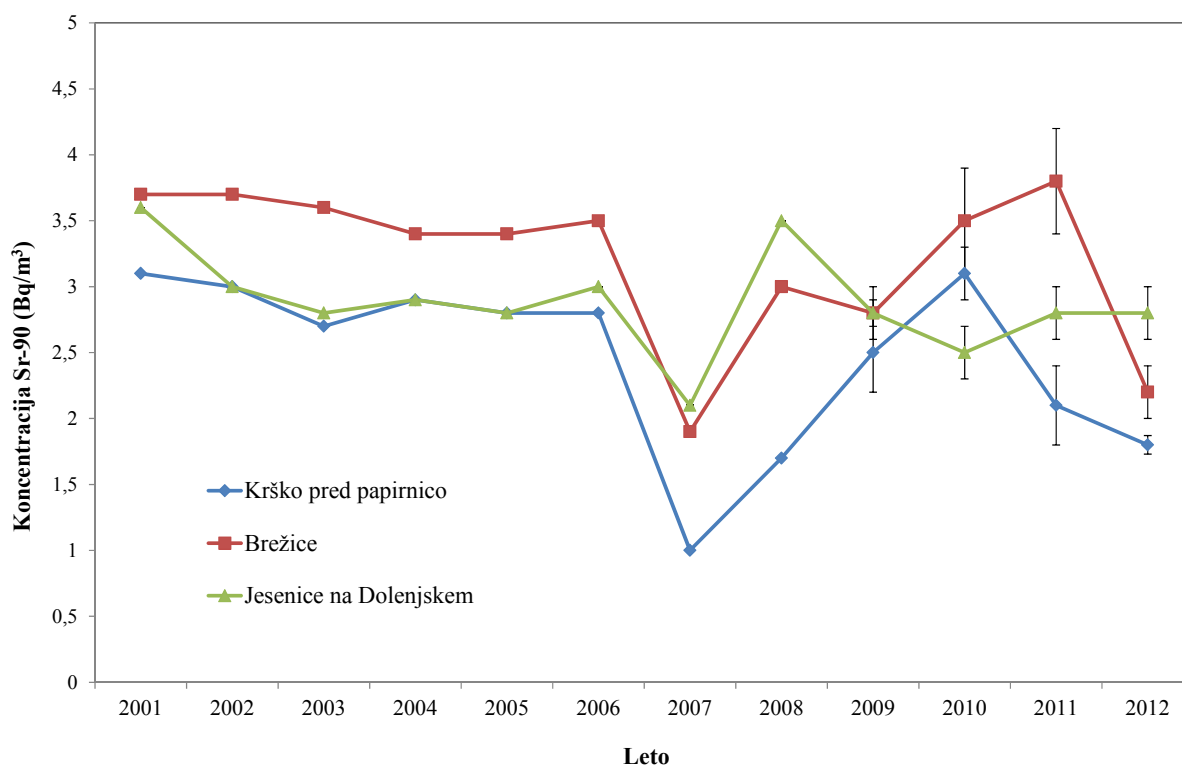
Vsebnosti cezija v sedimentih kažejo najvišje povprečne letne koncentracije v Krškem (slika 2.9). S slike je razvidno, da se vsebnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje, razen na lokaciji Krško pred papirnico in pod jezom v letu 2010. To je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Koncentracije umetnih radionuklidov so v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (običajna koncentracija cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti vpliva NEK v sedimentu ni mogoče ovrednotiti. Podobno lahko tudi ugotovimo, da je vsebnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK prav tako nemerljiva.

Stroncij je redno v tekočinskih izpustih NEK (0,03 MBq v letu 2012), vendar so aktivnosti izpustov okrog 100-krat nižje od izpustov cezija. Kot je razvidno iz meritev, je večina stroncija v sami vodi (vodni sušini). Koncentracije Sr-90 so v okviru merske negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 2.10). Ugotavljamo tudi, da je vsebnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi bila lahko posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med koncentracijami stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem zadržuje v kosteh, kjer so navadno vsebnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah.

Fisijski in aktivacijski produkti Co-58, Co-60, Sr-90, Ag-110m, Cs-137, Xe-133 se redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2012 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. V zadnjih nekaj letih razen Cs-137 in Sr-90, ki sta del globalne kontaminacije, ni bil noben izotop zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006.



Slika 2.9: Primerjava vsebnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save. Merske negotovosti so v zadnjih letih od 0,3 Bq/kg do 2 Bq/kg.



Slika 2.10: Primerjava povprečnih vsebnosti Sr-90 v vodi reke Save

Izredne meritve v preteklih letih so potrdile tudi C-14 v tekočinskih efluentih. Aktivnost C-14 je vsaj 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Vpliva C-14, ki je posledica tekočih efluentov NEK, na referenčno skupino prebivalstva ne moremo ovrednotiti, ker se meritve C-14 v okviru obratovalnega nadzora izvajajo samo v plinastih efluentih. Podobno prakso ima tudi večina drugih jedrskih elektrarn po Evropi razen Francije in Madžarske. Študija, ki bi pokazala na prisotnost C-14 v savski vodi in tudi v bioti, še ni izdelana.

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

Aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov so znatno pod izpeljanimi koncentracijami za pitno vodo, kot jih določa *Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [8].

OCENA VPLIVOV

Izpostavitve prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. V letu 2003 je bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [26]. V začetku leta 2009 je bila opravljena revizija tega modela z naslovom *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)* [27]. V metodologiji so identificirane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne skupine za Slovenijo in Hrvaško. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj prenosne poti, ki potekajo po Savi, je bila izbrana kot referenčna skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin (to je tista skupina, ki potencialno prejme najvišje doze). Za oceno vplivov izpuščenih radioaktivnosti v okolje ob normalnem obratovanju jedrskega objekta smo upoštevali tri starostne skupine: 1 leto, 7–12 let in odrasli >17 let, ki smo jih privzeli tudi v tej metodologiji. Metodologija računanja letne efektivne doze je uporabna le za celoletno vrednotenje vplivov, ne pa tudi pri ocenjevanju večletnega vpliva, saj večletni nanos in radioaktivni razpad nista



upoštevana v modelu. Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščenih radioaktivnosti v reko Savo. Kasnejša analiza v letu 2009 je ugotovila, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezom NEK), ki je prikazana na sliki 2.11. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [27] je ocenjeno, da je koncentracija izpuščenih radionuklidov na tem mestu trikrat večja $DR = (3 \pm 2)$ od koncentracije na mestu popolnega mešanja reke. Revizija modela je prav tako pokazala, da tudi na stari lokaciji v Brežicah še ne pride do popolnega mešanja Save, kjer naj bi bilo razredčitveno razmerje DR okrog 1,5.

V tabeli 2.1 je prikazan inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar so vhodni podatki pri oceni letne efektivne doze. V tabeli 2.1 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 izotop z vidika radiotoksičnosti malo pomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri ingestiji niso pomembni.

Za izračun letne efektivne doze v letu 2012 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- podatki o letnem izpustu radionuklidov iz poročil NEK (tabela 2.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($183 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na novi lokaciji (350 m nizvono od jeza NEK) je (3 ± 2) in v Brežicah ($1,5 \pm 0,5$); dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2012, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 2.7);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta ($0,02 \text{ kg}/\text{m}^3$);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK kot najverjetnejše evidentirane tiste, ki so navedene v tabeli 2.2. Analiza izpostavitve je pokazala, da do najvišjih izpostavitve pride zaradi zadrževanja na bregu (zunanje sevanje) in uživanja rečnih rib. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo podrobneje analizirali. Pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju "*Pitna voda in podtalnica*". Analizirana je tudi izpostavitve pri plavanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, saj je savski breg pod NEK težko dostopen in neprijazen, zato plavanje ni upoštevano v modelu. Mnogo verjetnejše je kopanje v reki Krki. V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Ta družina šteje 150 članov, od tega je bilo v letu 2002 aktivnih 120. Po informacijah gospodarja ribiške družine morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti ribiči so referenčna skupina, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 2.3 so podane značilnosti referenčne skupine ribičev, ki so bile uporabljene v metodologiji, kot so: čas, ki ga ribič in njegov otrok preživita na bregu, in letna poraba rib iz Save. Za oceno izpostavljenosti pri pitju savske vode (malo verjetna prenosna pot) so uporabljeni podatki za letno porabo Evropske unije in slovenske zakonodaje po starostnih skupinah: 260 L (1 leto), 350 L (otroci 7–12 let) in 750 L (odrasli >17 let).



Tabela 2.1: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2012 [5]; emisijske vrednosti so vzete iz meritev NEK in IRB; podatki IRB temeljijo na meritvi mesečnih kompozitov, medtem ko NEK poroča o rezultatih meritev posameznih izpustov; o aktivnostih Fe-55 in Sr-90 poroča le IRB, medtem ko so v tabeli prikazani podatki za H-3, ki so izmerjeni v NEK; za druge sevalce gama so vzete višje aktivnosti med poročanima rezultatoma meritev obeh laboratorijev (IRB ali NEK), kar je konzervativna ocena, čeprav merski podatki niso nujno primerljivi.

Radionuklid	2012 (Bq na leto)
H-3	1,66E+13
Na-24	-
Cr-51	-
Mn-54	-
Fe-55	5,45E+06
Fe-59	-
Co-57	-
Co-58	4,79E+07
Co-60	6,47E+06
Zn-65	-
Se-75	-
Sr-85	-
Sr-89	-
Sr-90	3,03E+04
Y-92	-
Zr-95	-
Nb-95	-
Nb-97	-
Mo-99	-
Tc-99m	-
Kr-85	-
Kr-85m	-
Kr-87	-
Kr-88	-
Rb-88	-
Ru-103	-
Ru-106	-
Ag-110m	3,99E+07
Sn-113	-
Sb-124	-
Sb-125	-
Te-123m	-
Te-125m	-
Te-127m	-
Te-129m	-
Te-132	-
I-129	-
I-131	-
I-132	-
I-133	-
I-134	-
Cs-134	-
Cs-137	3,05E+06
Cs-136	-
Cs-138	-
Xe-131m	-
Xe-133	7,39E+07
Xe-133m	-
Xe-135	-
Xe-135m	-
Ba-140	-
La-140	-
Ce-141	-
Ce-144	-
Hg-203	-



Slika 2.11: Nova in stara referenčna lokacija za ribolov. Stara lokacija je 7,7 km nizvodno od jezua NEK, nova pa 350 m od jezua.

Tabela 2.2: Načini in poti izpostavitve v okolici NEK – savska prenosna pot

Način izpostavitve	Pot izpostavitve	Verjetnost izpostavitve
zunanje obsevanje	zadrževanje na bregu plavanje	zelo verjetno malo verjetno
ingestija	ribe rečna voda napajanje živine (meso, mleko) zalivanje pridelkov	zelo verjetno malo verjetno ni značilnost področja ni značilnost področja

Tabela 2.3: Značilnosti referenčne skupine in maksimalno izpostavljenega posameznika za Slovenijo, uporabljene v metodologiji

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



Tabela 2.4: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva v Brežicah, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	Brežice	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (>17 let)	0,009 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,005 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,004 μSv	0,06 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,004 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,003 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,001 μSv	0,04 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,07 μSv

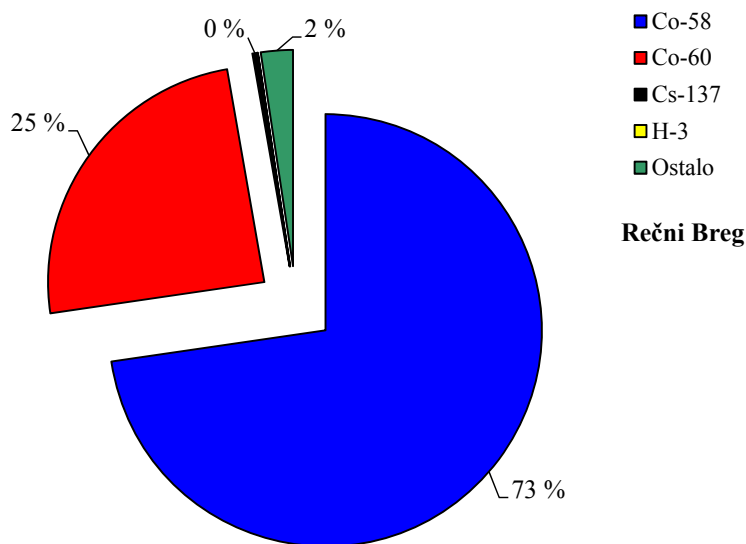
Tabela 2.5: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na novi referenčni lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (>17 let)	0,019 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,01 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,009 μSv	0,12 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,007 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,005 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,002 μSv	0,07 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,14 μSv

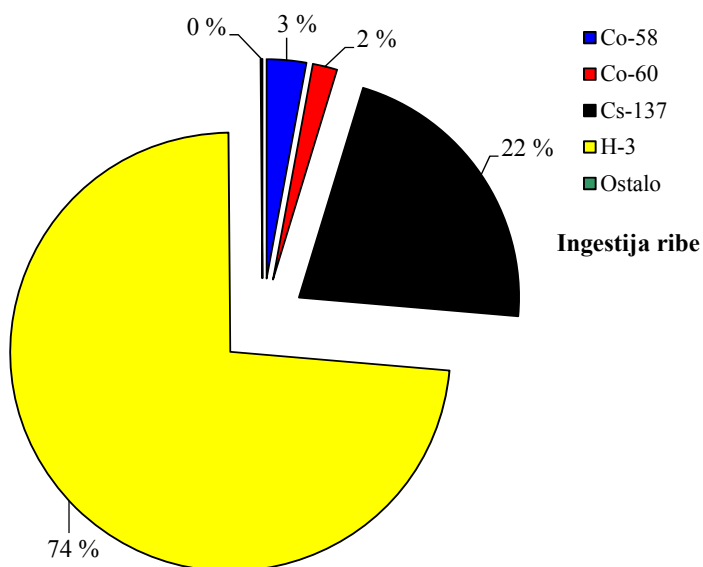
Ocena letnih efektivnih doz za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju), da za odraslo osebo ($0,009 \pm 0,003$) μSv na leto v Brežicah (tabela 2.4). Na novi lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo ($0,02 \pm 0,01$) μSv (tabela 2.5). Negotovosti izračunanih letnih efektivnih doz smo ocenili iz negotovosti razredčitvenega razmerja. Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) prejmejo še bistveno nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [27] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.



Letna efektivna doza za zelo verjetno prenosno pot je podobna, kot smo jo ocenili v preteklih letih. Na slikah 2.12 in 2.13 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib). Pri zadrževanju na bregu je praktično celotna obremenitev referenčne skupine zaradi Co-60 in Co-58 (98 %). K prejeti efektivni dozi pri ingestiji rib največ prispeva H-3 (73 %), medtem ko je prispevek Cs-137 v tem primeru 22 %. Pri pitju savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 (99 %).



Slika 2.12: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu. Največ prispevata Co-58 in Co-60.



Slika 2.13: Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi zaradi ingestije rib. Največ prispevata H-3 in Cs-137.



SKLEPI

Tritij se v okolju pojavlja kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s padavinami spira na tla, prav tako pa je tudi v izpustu iz NEK. V letu 2012 so bili izpusti tritija iz NEK večji kot v letu 2011 in primerljivi z letom 2010. Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi, in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih radionuklidov v reko Savo je v okolju nemerljiv. Glede na podatke o količini izpustov NEK bi takoj za tritijem morali zaznati v okoljskih vzorcih Co-58, Co-60 in Cs-137. Kobaltovih izotopov v letu 2012 nismo zaznali. Vsebnosti cezija in stroncija v vzorcih nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda v okolju je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2012 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da je izračunana efektivna doza referenčne skupine na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti nižja od $0,02 \mu\text{Sv}$ na leto.



3 PITNA VODA IN PODTALNICA

POVZETEK

V poglavju obravnavamo razširjanje radioaktivnosti v vodi, ki se lahko uporablja za pitje, namakanje ali druge gospodarske namene, kjer se posredno pozna vpliv savske prenosne poti. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2012 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo mogoč vpliv zaradi tekočinskih izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2012 je bila vzorčevana voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter podtalnica in pitna voda na Hrvaškem. V odvzetih vzorcih so bile določene vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila zaznana le H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil pod mejo kvantifikacije, I-131 pa v pitni vodi in podtalnici ni bil zaznan. Vpliv tritija iz NEK je bil zaznan predvsem v vrtinah VOP-4 blizu NEK in Medsavah na Hrvaškem. Na podlagi izmerjenih vrednosti je bila ocenjena letna učinkovita doza za tri referenčne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vodovodov in črpališč za pitje, poleg tega je bila ocenjena doza, če bi vodo iz vrtine E1 v NEK uporabljali kot pitno vodo. Izračunane letne učinkovite doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov k celotni izračunani letni dozi za odrasle, ki so podobne kot v prejšnjih letih, so 0,2 % v brežiškem in 3,2 % krškem vodovodu glede na celotno letno dozo zaradi pitja vode. Četudi bi za pitje uporabljali vodo iz podtalnice v neposredni okolici NEK, je letna doza zaradi prispevka umetnih radionuklidov približno 2,4 % celotne izračunane doze. Celotne izračunane doze zaradi uporabe teh vodnih virov za pitje so znatno pod mejnimi vrednostmi, kot jih navaja uredba UV2 [8]. Na podlagi opravljenih meritev in iz teh izračunanih povprečnih letnih vsebnosti umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2012 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.

UVOD

Namen vzorčevanja in analiz mesečnih sestavljenih vzorcev vode iz črpališč in zajetij je nadzor virov pitne vode v okolici NEK. V reaktorju Nuklearne elektrarne Krško prihaja do cepitve uranovih in plutonijevih jeder in zaradi zajetja nevtronov posledično tudi do aktivacije elementov v hladilni vodi. Ti se nato prenašajo po celotnem primarnem hladilnem krogu. Voda vsebuje produkte korozije, ki se lahko po aktivaciji odlagajo po cevovodih ter povzročajo, da se iz njih širi sevanje žarkov gama. Med svojim obratovanjem NEK nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v zrak in vodo. Z analizami ugotavljamo vsebnost naravnih in umetnih radionuklidov ter s tem sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni učinkoviti dozi zaradi obratovanja NEK. Študije vpliva NEK na pitno vodo in podtalnico v preteklih letih so pokazale, da lahko z naravnimi radionuklidi posredno opazujemo tudi zunanje vplive na okolje (prekomerno gnojenje kmetijskih površin nad vodonosniki, poplave, ...) [30].

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [7]. Vzorčevalna mesta so izbrana tako, da so vključena črpališča vodovodov, za katera ni izključena možnost, da se napajajo iz reke Save, v katero NEK izpušča tekoče izpuste. V okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [13] se redno analizira tudi vzorec vode na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno antropogenim virom, ki so zašli v okolje zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, černobilske kontaminacije in uporabe v medicini, tako da so umetni radionuklidi v našem okolju tudi brez vpliva NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [7] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo. Pri tem upoštevamo dozne pretvorbene faktorje (predvidena učinkovita doza na enoto vnosa zaradi zaužitja $h(g)_{j,ing}$ za posameznike iz prebivalstva) iz tabele 1 v uredbi UV2 [8] za starostne skupine do 1 leta, od 7 do 12 let ter starejše od 17 let. Pri izračunih upoštevamo, da odrasla oseba letno zaužije $0,75 \text{ m}^3$ vode, desetletni otrok $0,35 \text{ m}^3$ vode in enoletni otrok $0,26 \text{ m}^3$ vode.



ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Obseg, način in pogostost vzorčevanja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [7]. V prilogi, ki določa zasnovano letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi na vsebnost stroncija (Sr-90/Sr-89) in tritija (H-3).

Izpeljane vrednosti koncentracij (IK) posameznih radionuklidov v pitni vodi so navedene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [8], *Tabela 4*, in povzete v poročilu *Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008* (tabela 2.1) [4].

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [7], so metode vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je za sevalce beta in gama detekcijska meja pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo, ki so določene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [8]. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih: *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 štejetjem (SDN-O2-STC(01))*, *Vzorčevanje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Meritve, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice je v letu 2012 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. Enkratni četrtletni vzorci:

- vodovod Krško (bencinski servis Petrola, Krško)
- vodovod Brežice (bencinski servis Petrola, Brežice)
- vodovod Ljubljana (referenčna lokacija – enkratno vzorčevanje)

2. Mesečni sestavljeni vzorci črpališč vodovodov:

- črpališče Brege, 1,4 km od jeza NEK, 1,1 km od Save (globina vrtine je 17,5 m)
- črpališče Drnovo, 3,1 km od jeza NEK, 2,3 km od Save (globina vrtine je 18 m)
- vodovod Spodnji Stari Grad, levi breg Save, 2,8 km od Save
- vodovod Brežice, levi breg Save, 2,5 km od Save
- črpališče Brežice – Glogov Brod VT1, 3,2 km od Save (globina vrtine je 200 m)

V črpališčih Brege, Drnovo in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki (slika 3.1). Avtomatski vzorčevalniki na vsake tri ure dodajo približno 190 mL vzorca pitne vode v 50-litrski sod. Tako dobimo povprečno mešanico vzorca pitne vode, ki pomeni celotno mesečno obdobje. Vzorčevanje vode iz vodovoda Spodnji Stari Grad poteka iz hiše Spodnji Stari Grad 14. Dnevni nadzor so opravljali nadzorniki črpališč ali uporabniki pitne vode.

3. Podtalnica

- vrtina E1 znotraj vzhodne ograje NEK (četrtletni vzorci);
- vrtina VOP-4 na levem bregu Save, Vrbinja, približno 600 m nizvodno od jezua NEK in približno 50 m od struge Save (mesečno vzorčevanje, samo analiza tritija)

4. Podtalnica Hrvaška

- Medsave, vrtina, 22 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališčem;
- Šibice, črpališče, 22 km od NEK, 1 km od Save.

Vzorčevanje na Hrvaškem se opravlja na dveh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba (vzorčevanje in spektroskopske analize so opravili na IRB).



Sistem za oskrbo s pitno vodo v občini Krško ima 4711 vodovodnih priključkov, na katere je vezanih 14 888 uporabnikov pitne vode [28]. Voda se zagotavlja s področja Krškega polja in neposredne bližine reke Save, kjer so v delovanju trije vodni viri: črpališče Drnovo, črpališče Brege in vrtine v Rorah (R4, R6 in R7). Na območju Dolenje vasi je še manjši vir Črna mlaka. Največ vode na leto načrpajo v Rorah od 341 640 m³ na leto iz vrtine R4 do 735 840 m³/ na leto iz vrtine R7. V vodovodnem sistem Krško prihaja tudi do mešanja vode iz različnih vodnih virov, saj so vodni viri in objekti na sistemu povezani. Ugotovljeno je bilo, da so vsa črpališča občasno onesnažena s pesticidi (gnojenje kmetijskih površin) in drugim mikrobiološkim onesnaženjem. Nenaden pojav onesnaženja iz okolja je lahko tudi pokazatelj premikov podzemnih plasti, ki usmerjajo tok vode in njene pritoke.

Sistem za oskrbo vode v občini Brežice ima 7 624 priključkov in 19 249 uporabnikov pitne vode [29]. Voda se zagotavlja iz vrtin v Pišecah, Prilipah, Brezini, vrtine PE-1/90, Novašček in črpališča Glogov Brod (VT-1/84). Največ vode 3 200 m³ na dan načrpajo v črpališču Glogov Brod. Ni podatkov o morebitni mikrobiološki onesnaženosti omenjenih črpališč.



Slika 3.1 Avtomatski vzorčevalnik za vodo na enem izmed črpališč v okolici NEK

REZULTATI MERITEV

Rezultati meritev vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v enkratnih četrletnih vzorcih pitne vode v Krškem in Brežicah, v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v Krškem, razvrščenih po oddaljenosti od NEK, rezultati mesečnih sestavljenih vzorcev črpališč in vodovodov v Brežicah ter rezultati za podtalnico in pitno vodo na Hrvaškem so predstavljeni v tabelah od T-28 do T-36, ki so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013.



Pitna voda je del savske prenosne poti, saj Sava izmenjuje vodo s podtalnico in obratno. Ker se v Savi redno detektira H-3 zaradi tekočinskih izpustov iz NEK, je potrebno pogledati, ali se tritij ter morda še kakšen drug izotop zaznajo v pitni vodi oziroma podtalnici. Na sliki 3.2 so prikazane koncentracije H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov. Najvišje koncentracije H-3 so bile v letu 2012 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad. Letna povprečja so prikazana v tabeli 3.1. Letna povprečna koncentracija tritija v vodi iz črpališč Brege, Drnovo in vodovod Spodnji Stari Grad je v okviru negotovosti enaka $(920 \pm 30) \text{ Bq/m}^3$. Črpališči Brege in Drnovo sta nad istim vodonosnikom, ki ga napajata reki Sava in Krka. V letih 2010 in 2011 je bila koncentracija H-3 v Bregah višja kot v Drnovem, kar smo pripisali dejstvu, da je črpališče Brege bližje reki Savi in s tem večja možnost lokalnega mešanja Save z vodonosnikom na mikrolokaciji. V letu 2012 in pred letom 2010 (razen v posameznih mesecih) te razlike v koncentraciji tritija v vodi na omenjenih črpališčih ni bilo opaziti. Iz tabele 3.1. lahko še razberemo, da je bila tudi v letu 2012 koncentracija tritija v pitni vodi v brežiškem vodovodnem sistemu bistveno nižja od koncentracije tritija v krškem vodno oskrbovalnem območju. Letno povprečje H-3 v pitni vodi v brežiškem vodno oskrbnem območju je bila $(110 \pm 10) \text{ Bq/m}^3$. Kot je že bilo pojasnjeno [30], je manjša koncentracija H-3 posledica globlje vrtine na črpališču Brežice – Glogov Brod, ki je globoka okoli 200 metrov (vrtini Drnovo in Brege okoli 18 m), kar pomeni, da je vir v črpališču Brežice dobro ločen od reke Save, njen vpliv pa je mogoče le občasno zaznati. Vodovod Brežice ima podobno koncentracijo H-3, ker je večino časa napajanje ravno iz črpališča Brežice – Glogov Brod. Na podlagi podatkov iz tabele 3.1 lahko ugotovimo, da gre pri vrtini Glogov Brod za vodo, ki že dolgo ni imela stika s površjem. Verjetno je pod zemljo še iz časa pred antropogenim vnosom H-3 v okolje. Prav tako za črpališči Brege, Drnovo, in vodovod Spodnji Stari Grad ne moremo z gotovostjo trditi, da se pri njih pozna vpliv NEK. Zelo mogoče je, da gre za vodo, ki je pritekla pod zemljo v času višjega antropogenega vnosa H-3 in da ta voda sedaj prav tako nima stika s površjem. Popolnoma drugačno je stanje v vrtinah VOP-4 in Medsave, ki so v neposredni bližini Save in je izmenjava vode stalna, zato se tudi pozna vpliv tekočinskih izpustov iz NEK (H-3). Vrtini VOP-4 in Medsave nista namenjeni za črpanje pitne vode.

Tabela 3.1 Letna povprečna koncentracija H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK

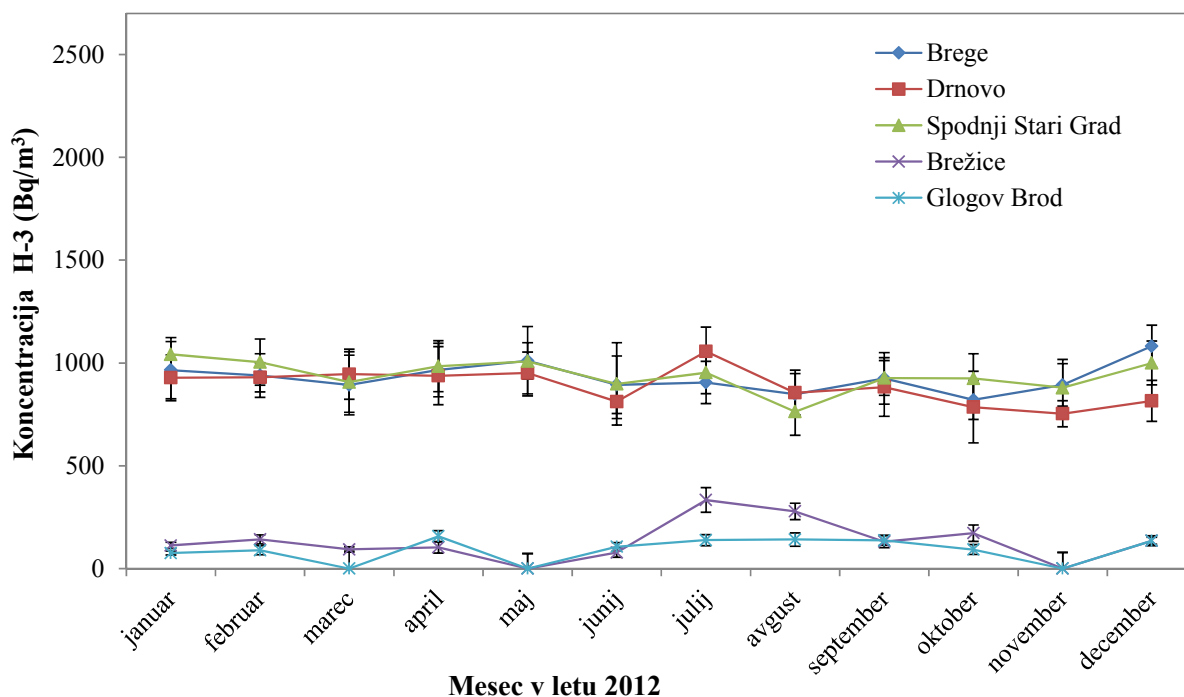
Lokacija	Letno povprečje	
	Bq/m^3	
Brege	928	± 34
Drnovo	888	± 33
Spodnji Stari Grad	941	± 37
Brežice	131	± 28
Glogov Brod	89	± 17

Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tako kot prejšnja leta analizirana tudi voda z enkratnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in Brežicah. Letna povprečna koncentracija tritija za enkratne odvzeme v Brežicah je bila pod mejo kvantifikacije $<125 \text{ Bq/m}^3$. Letno povprečje v Krškem pa je v okviru stresanja podatkov enako, kot je v črpališčih v krški občini $(850 \pm 100) \text{ Bq/m}^3$. Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije tritija v ljubljanskem vodovodu, $(1\,105 \pm 510) \text{ Bq/m}^3$, ki se meri v okviru republiškega radiološkega nadzora pitne vode [13]. Letno povprečje meritev H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je $(1\,285 \pm 104) \text{ Bq/m}^3$. Najvišja koncentracija H-3 je bila izmerjena v vzorcu iz druge četrtine leta $(1\,510 \pm 210) \text{ Bq/m}^3$.

Na sliki 3.3 so prikazane koncentracije H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK in vrtini Medsave na Hrvaškem v primerjavi z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 v Savo (mesečni izpusti so predstavljeni na desni osi). Vzorčevanje v vrtini VOP-4 in Medsavi je bilo opravljeno v začetku meseca, vzorčevanje sestavljenih vzorcev v črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah pa v sredini meseca. Na



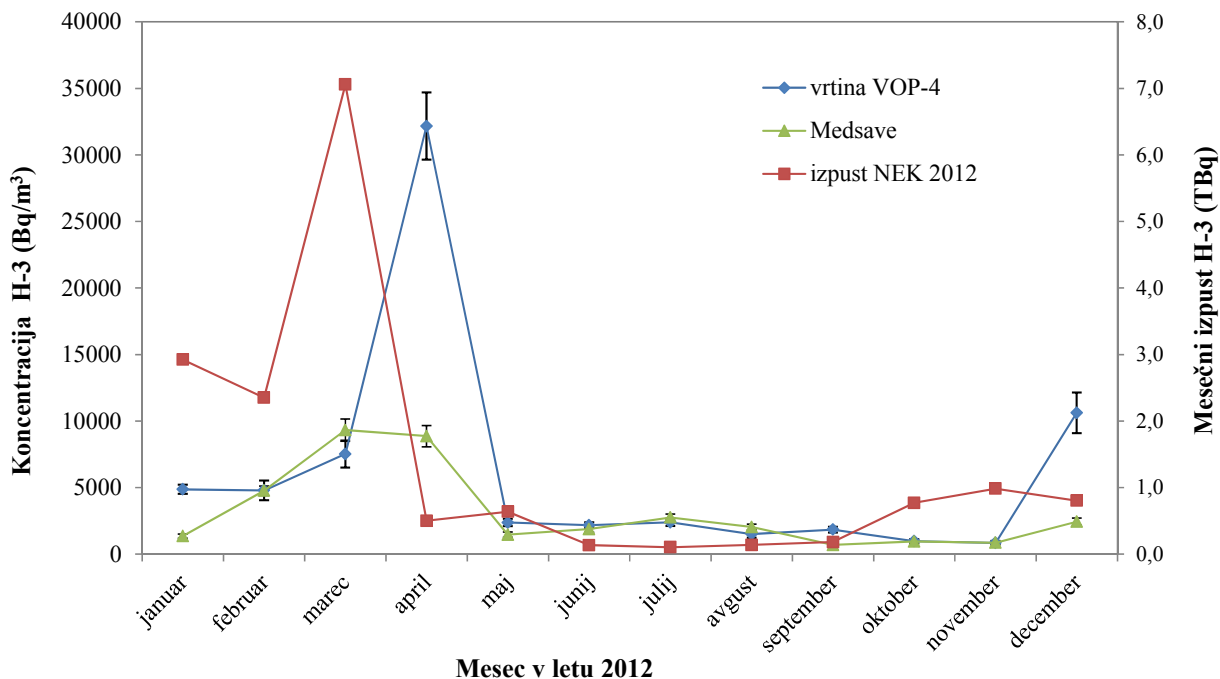
sliki 3.3 se opazi, da so koncentracije tritija v vrtinah ob večjih tekočinskih izpustih višje (marec–april, november–december). Pri tem je potrebno pri vrtinah upoštevati mesečni zamik, kajti vzorci iz vrtin so odvzeti v začetku meseca. Najvišja koncentracija H-3 v vrtini VOP-4 v Vrbini je bila izmerjena v aprilu ($32\,165 \pm 2\,530$) Bq/m³, kar je posledica večjih izpustov v marcu, mesec pred rednim remontom. Opazno višja koncentracija je bila tudi v decembru ($10\,611 \pm 1\,530$) Bq/m³. Letna povprečna koncentracija tritija v vrtini VOP-4 je bila ($6\,005 \pm 2\,500$) Bq/m³. V vrtini Medsave na Hrvaškem je bilo povišanje opazno že v marcu, ($9\,320 \pm 798$) Bq/m³, sicer pa je bilo letno povprečje ($3\,115 \pm 900$) Bq/m³. Ob tem poudarjamo, da se voda iz vrtin ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda.



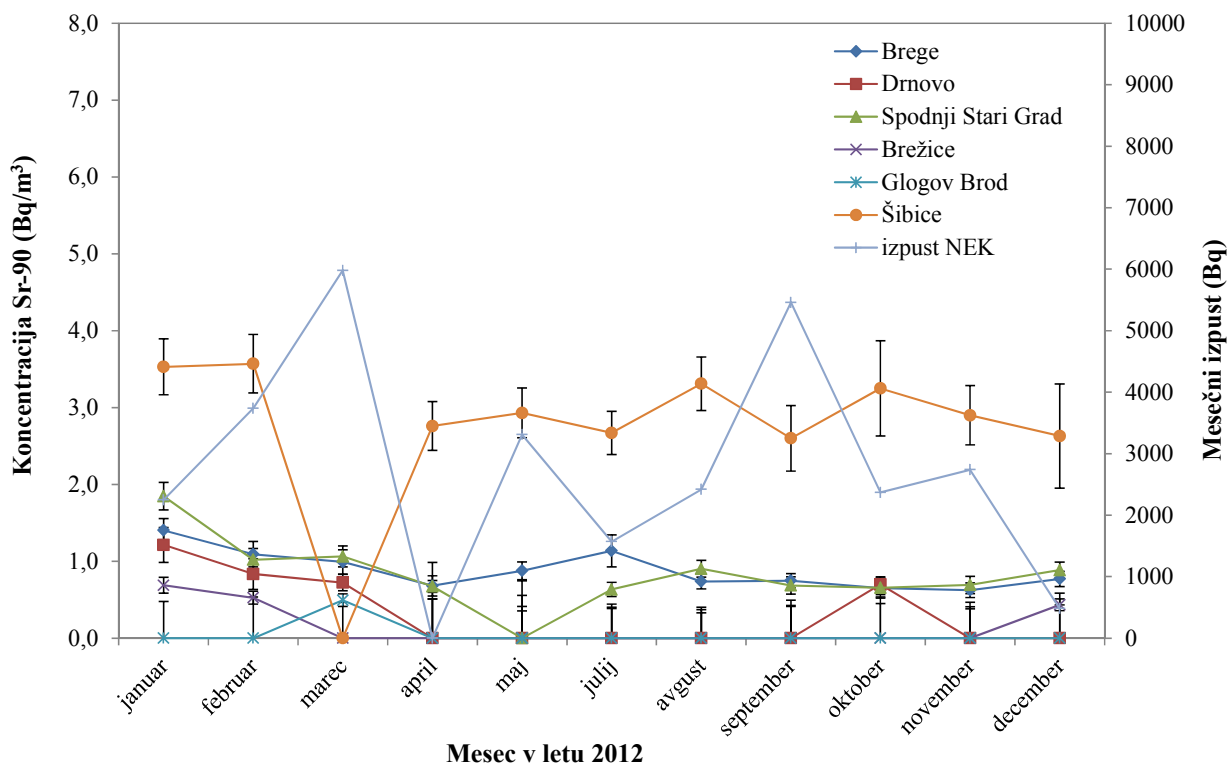
Slika 3.2: Mesečna koncentracija H-3 vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2012

V tabelah meritev T-28 do T-36 (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11245, marec 2013) se poročane specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 nanašajo na aktivnosti Sr-90, saj v poročanih izpustih iz NEK Sr-89 ni bil zaznan. Letno povprečje stroncija v krških črpališčih in vodovodu je bilo ($0,7 \pm 0,3$) Bq/m³, v brežiškem vodovodnem sistemu pa ($0,1 \pm 0,1$) Bq/m³. To razliko lahko pojasnimo s tem, da je brežiško črpališče globoko in je zaradi tega vpliv globalne kontaminacije, katere produkt je tudi stroncij, manjši kot v krških črpališčih. Za primeravo lahko povemo, da je v ljubljanskem vodovodu koncentracija stroncija od $0,4$ Bq/m³ do $1,5$ Bq/m³ [13]. Na sliki 3.4 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov ter mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK (slednji so predstavljeni na desni osi). Tu je najbolj očitno črpališče Šibice na Hrvaškem, kjer je bilo izračunano povprečje ($3,0 \pm 0,1$) Bq/m³, pri čemer se to ne odmiha od trenda prejšnjih let (glej tudi sliko 3.8 na strani 32). V drugih črpališčih in vodovodih je bila koncentracija Sr-90 v pitni vodi najvišja v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $1,8$ Bq/m³. V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bila izmerjena koncentracija Sr-90 največ ($0,65 \pm 0,10$) Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Brežicah, večkrat pa je bila pod mejo kvantifikacije. Nekoliko višje letno povprečje Sr-90 je bilo določeno v vzorcih iz vrtine E1 NEK ($2,9 \pm 0,6$) Bq/m³, kjer je bila najvišja koncentracija Sr-90 izmerjena v tretji četrtini leta ($3,9 \pm 0,3$) Bq/m³.

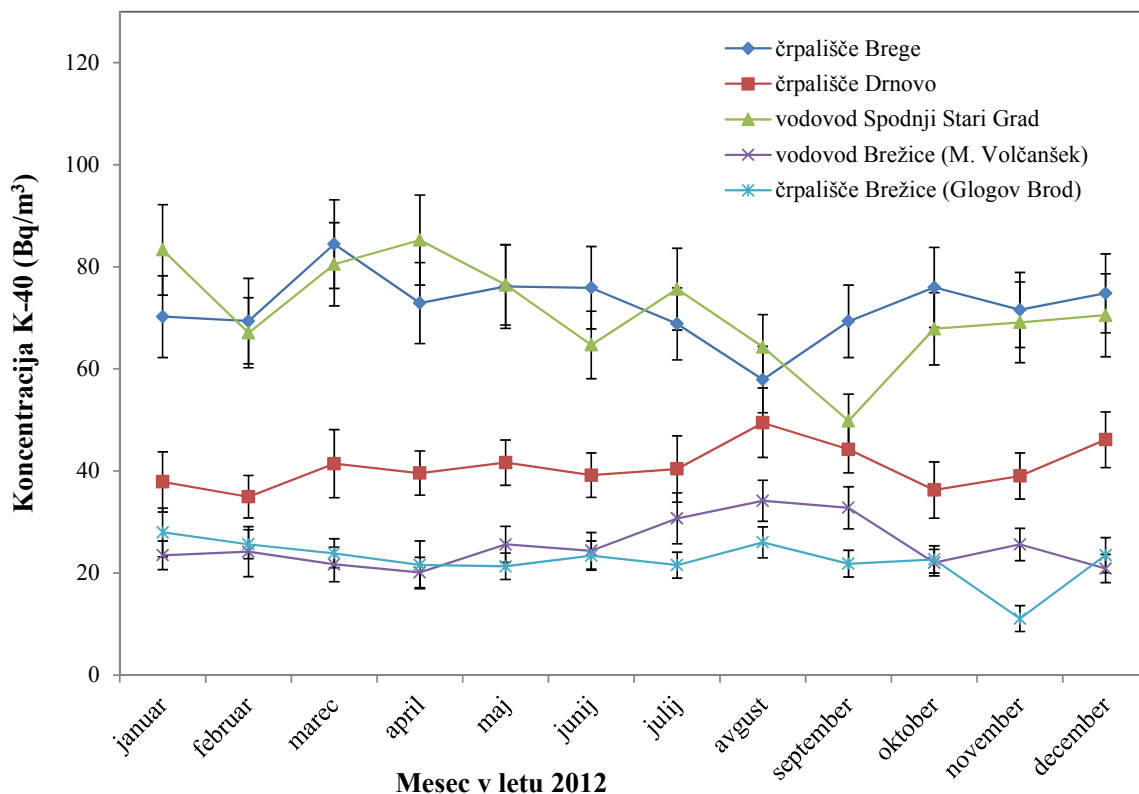
V mesečnih ali četrletnih vzorcih na vseh vzorčevalnih mestih pitne vode v Krškem in Brežicah in tudi na Hrvaškem Cs-137 ni bil zaznan ali pa je bil določen pod mejo kvantifikacije.



Slika 3.3: Koncentracija H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) in v vrtini Medsave na Hrvaškem ter aktivnost H-3 v mesečnem tekočinskem izpustu v Savo za leto 2012



Slika 3.4: Koncentracija Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov ter mesečni izpusti Sr-90 v Savo v letu 2012



Slika 3.5: Povprečne mesečne koncentracije K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2012

Podobno kot v prejšnjih letih radioaktivni izotop joda I-131 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovodnega sistema, kot tudi ne v vzorcih vrtin E1 v NEK ali Medsave na Hrvaškem.

Med naravnimi radionuklidi so bili zaznani izotopi uranove in torijeve razpadne verige, radioaktivni kalij K-40 ter kozmogeni Be-7, ki nastaja v zemeljski atmosferi in se spira na tla z deževnico. Prisotnost Be-7 v vzorcih lahko kaže na mešanje med padavinami in podtalnico oziroma vodo v vodonosniku.

Vsebnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. V krških črpališčih in vodovodu Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad je bila letna povprečna koncentracija K-40 (61 ± 18) Bq/m³, v brežiškem vodno oskrbovalnem sistemu pa (24 ± 2) Bq/m³. Mesečne koncentracije K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih pa so prikazane na sliki 3.5. Stabilnost trenda koncentracije K-40 nakazuje, da sta črpališči Brege in Drnovo bolj pod vplivom sprememb v okolju (poplave, močno deževje itd.) [30]. V evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [2] je bila izdelana karta koncentracije K-40 v podzemni in pitni vodi po Sloveniji. Večina meritev je bila opravljena v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti v pitni vodi po Sloveniji [13]. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija K-40 malo višja na območju krškega vodonosnika in dosti bolj povečana v predelu severovzhodne Slovenije. Višjo koncentracijo K-40 razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002].

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda ter vrtino E1 NEK velja, da so letna povprečja naravnega U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v vrtini E1, in sicer (4 ± 1) Bq/m³. Povprečne letne koncentracije Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od 0,8 Bq/m³ (vodovod Brežice) do 3,4 Bq/m³ (vodovod Krško). Koncentracija Pb-210 je bila od 0,8 Bq/m³ v vodovodu Brežice do 4,8 Bq/m³ v vodi iz črpališča Brežice. V Ljubljani je bila koncentracija Pb-210 pod mejo kvantifikacije. Za Ra-228



se letna povprečja gibljejo med $0,5 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Brežice) do $1,6 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,2 \text{ Bq/m}^3$ (Spodnji Stari Grad) in $0,6 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Koncentracija Be-7 je bila od 1 Bq/m^3 do 2 Bq/m^3 .

DISKUSIJA

Z analizami radionuklidov v pitnih in podzemnih vodah v okolici NEK ugotavljamo morebitni vpliv NEK na onesnaženje podzemne in posledično pitne vode v okolici NEK. Pri analizi vzorcev izmerimo koncentracije tako umetnih kot tudi naravnih radionuklidov. Pri tem ima pomembno vlogo tudi primerjava rezultatov meritev v enem letu z dolgoletnim povprečjem za izbrani radionuklid na isti lokaciji. Koncentracije naravnih radionuklidov uporabimo za izračun primerjave prispevka naravnih in umetnih radionuklidov k letni dozi. Poleg primerjave pa lahko naravne radionuklide uporabimo kot indikatorje nenadnih sprememb v okolju. V eni od šudij se je izkazalo, da je lahko naravni radionuklid K-40 indikator za prekomerno gnojenje kmetijskih površin, ki so nad vodonosniki [30] in s tem posledično tudi mogoč indikator za povečanje koncentracije nitratov v zemlji in podtalnici in s tem v pitni vodi. Za kvalitetnejšo rast pridelkov v kmetijstvu se kalij uporablja kot mineralno gnojilo kmetijskih površin, pri čemer je gnojenje eden izmed razlogov za povečanje koncentracije nitratov v podzemnih vodah.

Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici pa ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. V tekočih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. Inventar tekočinskih izpustov od 2003 do 2012 so zbrani v tabeli 2.1 v poglavju "Površinske vode". Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2012 v mesecu marcu (7,1 TBq), kar je skoraj 43 % letne vrednosti izpusta H-3 (16,6 TBq). Letni izpust H-3 v Savo je bil 37 % letne omejitve (45 TBq).

Na sliki 3.6 so prikazane povprečne mesečne koncentracije tritija v krškem in brežiškem vodovodnem sistemu od leta 2002 do 2012, mesečne koncentracije tritija v reki Savi v Brežicah ter izpusti H-3 v Savo. Če za primerjavo uporabimo vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [31], lahko ugotovimo, da je vrednost koeficienta za primerjavo koncentracije H-3 v Savi in črpališčih ali vodovodih manjša od 0,2, kar pomeni, da povezave ni ali pa je šibka. To lahko podkrepimo s pregledom izračunanih koeficientov za primerjavo koncentracije H-3 v pitni vodi ali podtalnici in izpustih v Savo. Tu so koeficienti blizu nič, kar pomeni, da je vpliv tekočinskih izpustov na vodovodna sistema v Krškem in Brežicah v zadnjih desetih letih zanemarljiv ali pa ga ni bilo. Le v primeru primerjave med koncentracijo tritija v Savi in izpustih lahko ugotovimo, da je povezava dobra (0,72), kar pa je tudi pričakovan rezultat in kaže na ustreznost vzorčevanja in meritev. Na sliki 3.6 je opazen tudi trend padanja koncentracije H-3 zaradi radioaktivnega razpada v krškem in brežiškem vodovodnem sistemu. Povišanje koncentracije tritija v Savi po izpustih iz NEK je lepo opazno.

Primerjave povprečnih letnih koncentracij H-3 in Sr-90 v vzorcih vode iz črpališč, vodovodov in podtalnice v okolici NEK od leta 2005 do 2012 so prikazane na slikah 3.7 in 3.8. Izračunane povprečne letne koncentracije umetnih radionuklidov tritija in stroncija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK so bile v letu 2012 v okviru negotovosti primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Očitne so le koncentracije tritija v Medsavah in pa presenetljivo v Šibicah na Hrvaškem.

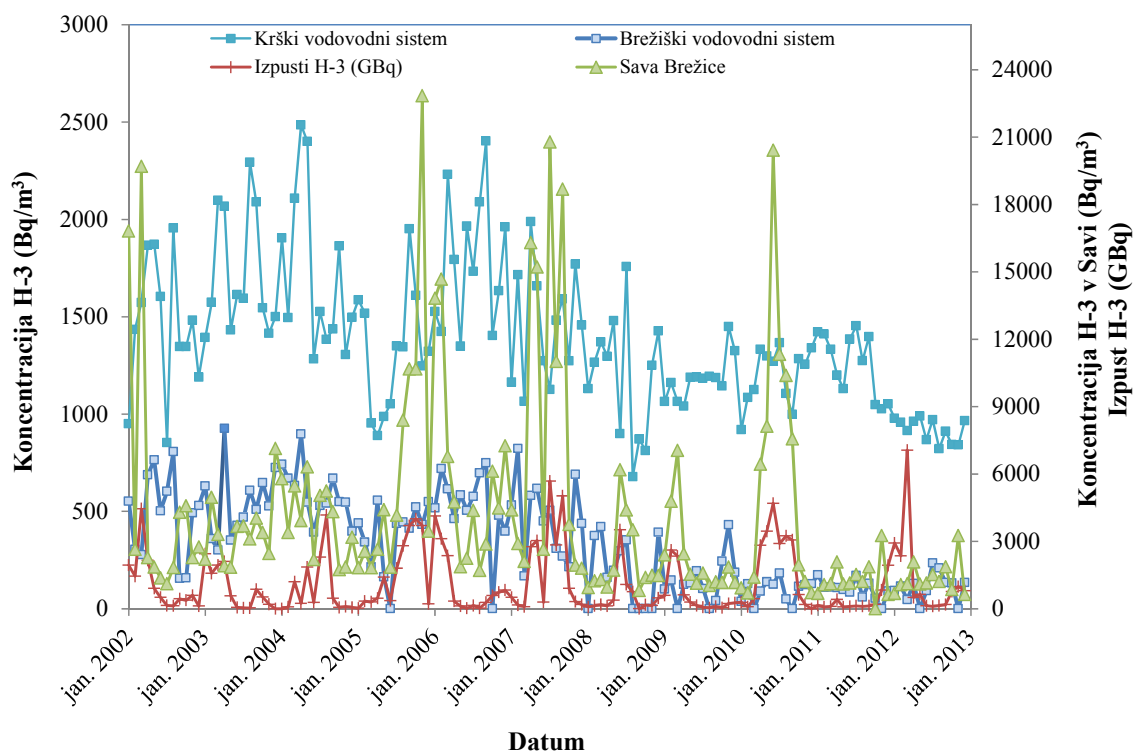
V krškem vodovodu je prispevek umetnih radionuklidov višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opazeno tudi v preteklih letih. Razlog za to je, da je krška pitna voda črpana iz vodonosnika, ki je delno napajana iz rek Save in Krke. V letu 2012 je bilo, podobno kot v letu 2011, mogoče zaslediti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4 in Medsave na Hrvaškem. Pri obravnavi je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčevanje vode pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca, vzorčevanje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) pa se opravi v začetku meseca. Posledica je navidezni časovni zamik med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtini VOP-4, zaradi česar smo pri izračunu korelacije za enkratno odvzete vzorce (VOP-4, Medsave) upoštevali enomesečni časovni zamik. V tabeli 3.2 so predstavljeni korelacijski koeficienti, izračunani za izmerjene mesečne koncentracije H-3



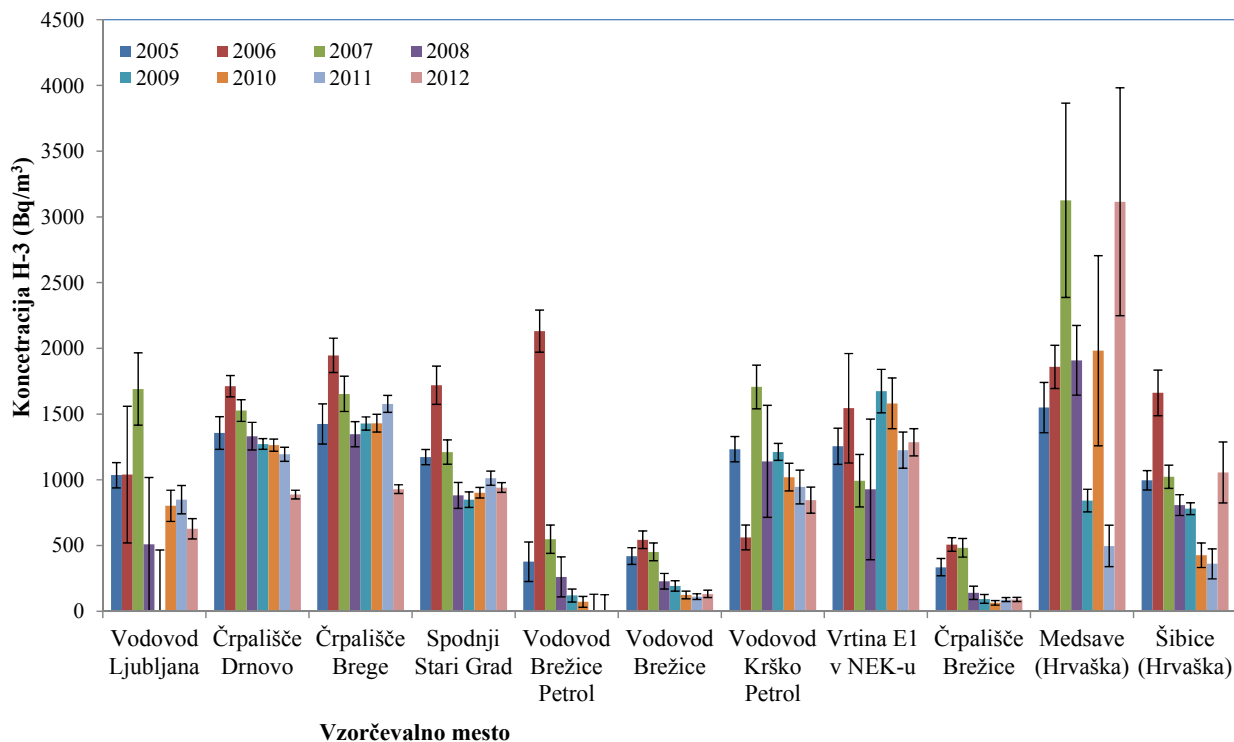
in Sr-90 v črpališčih in vodovodih v Sloveniji in na Hrvaškem in mesečnimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK. Iz tabele 3.2 je razvidno, da je korelacija za H-3 v črpališčih negativna ali pa šibka (korelacijski koeficient je manjši 0,5), kar pomeni, da ni direktnega stika med črpališči in izpusti iz NEK.

Pri VOP-4 in Medsavah je korelacijski koeficient večji kot 0,8, kar pomeni, da obstaja stik med Savo in omenjenima vrtinama. Vrtini VOP-4 in Medsave sta namenjeni za analizo podtalnice, kar pomeni, da se voda iz teh vrtin ne uporablja za pitje. Podobno kot za H-3, lahko ugotovimo tudi za Sr-90, da ni povezave med izpusti v Savo in pitno vodo. Izjema je korelacijski koeficient 0,6 za povezavo med izmerjenimi koncentracijami Sr-90 in izpusti za pitno vodo v Glogovem Brodu. Tu je potrebno upoštevati, da je bila koncentracija Sr-90 nad mejo detekcije le enkrat (v marcu) in pa dejstvo, ki je bilo že ugotovljeno iz koncentracije H-3, da je vrtina globoka in da ni povezave s Savo, zato lahko takšen rezultat pripišemo naključni fluktuaciji.

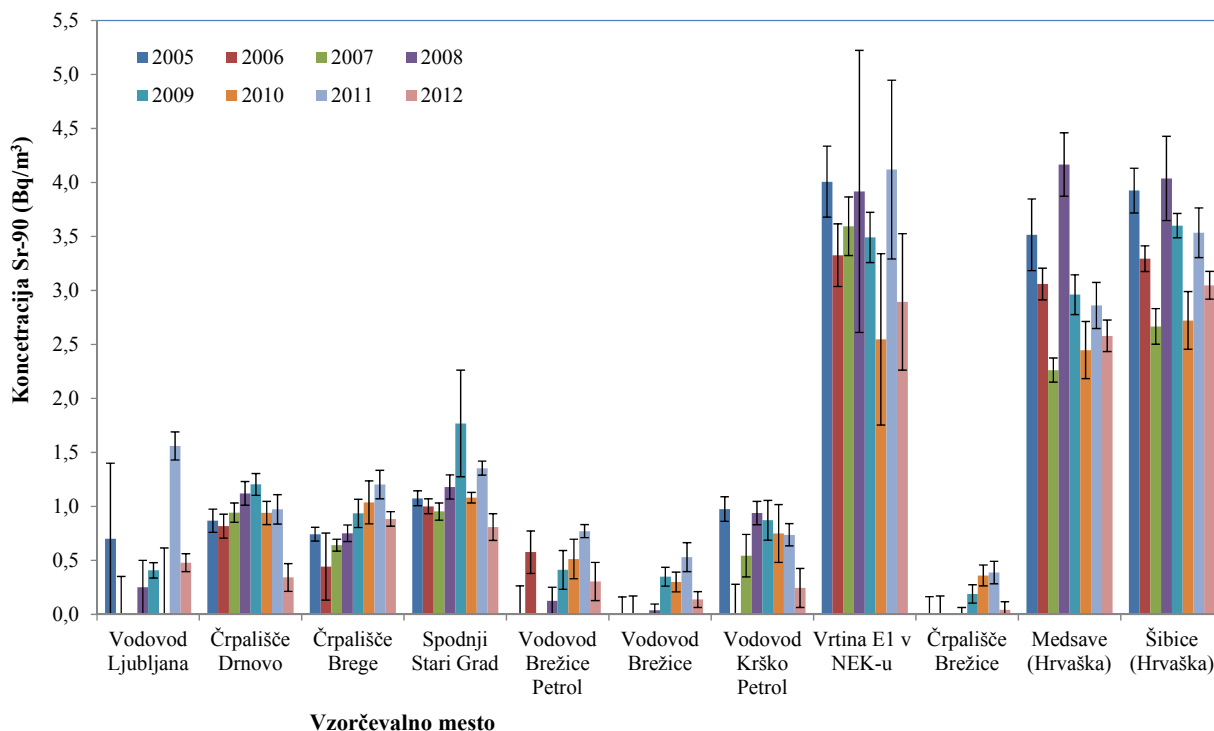
Letno povprečje H-3 v vrtini VOP-4 v letu 2012 je bilo $(6\ 000 \pm 3\ 000)$ Bq/m³ in je v okviru negotovosti enako kot v letih 2007 in 2010: (5170 ± 2400) Bq/m³ in $(6\ 080 \pm 1\ 960)$ Bq/m³, in višje kot v letih 2011, 2009 in 2008: $(1\ 450 \pm 90)$ Bq/m³, $(1\ 650 \pm 160)$ Bq/m³, $(3\ 200 \pm 390)$ Bq/m³. Vzrok lahko poiščemo v višjih izmerjenih letnih izpustih H-3 iz NEK. Vrtina VOP-4 leži približno 600 m nizvodno od jedrske elektrarne, na levem bregu približno 50 m od struge. Pri visokem vodostaju pronica rečna voda v podtalnico, pri nizkem vodostaju pa se podtalnica vrača v reko. Ker se vrtina VOP-4 vzorčuje na začetku vsakega meseca, je treba upoštevati zamik pri korelaciji in iz tega lahko ugotovimo, da je koncentracija H-3 korelirana z izpusti H-3. Povečani izpusti v novembru se kažejo v povečani koncentraciji H-3 v decembrskem izmerjenem vzorcu VOP-4. Vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4 je mogoče opaziti v aprilu in decembru, ko so bili tudi mesečni izpusti iz NEK veliko višji od letnega povprečja. Izpeljana vrednost koncentracije (IK) za H-3 v pitni vodi za odrasle osebe je 10⁵ Bq/m³, kar pomeni da je najvišja izmerjena koncentracija H-3 v VOP-4 pod predpisano mejo ($\approx 32\%$ IK), pri čemer pa je potrebno povedati, da ni verjetno, da bi vodo iz VOP-4 pili. V povprečju se v rekah po Sloveniji koncentracija H-3 v okviru merske negotovosti giblje okoli 1 000 Bq/m³ [10].



Slika 3.6: Primerjava med povprečnimi mesečnimi koncentracijami H-3 v pitni vodi (Krški vodovodni sistem in Brežiški vodovodni sistem), Savi in izpusti H-3 v Savo od leta 2002 do 2012



Slika 3.7: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2012 v Sloveniji in na Hrvaškem



Slika 3.8: Povprečne letne koncentracije Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2012 v Sloveniji in na Hrvaškem.



Tabela 3.2: Korelacijski koeficienti, izračunani med izmerjenimi mesečnimi koncentracijami H-3 in Sr-90 v črpališčih in vodovodih in mesečnimi koncentracijami H-3 v vrtinah VOP-4 in Medsave na Hrvaškem z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK

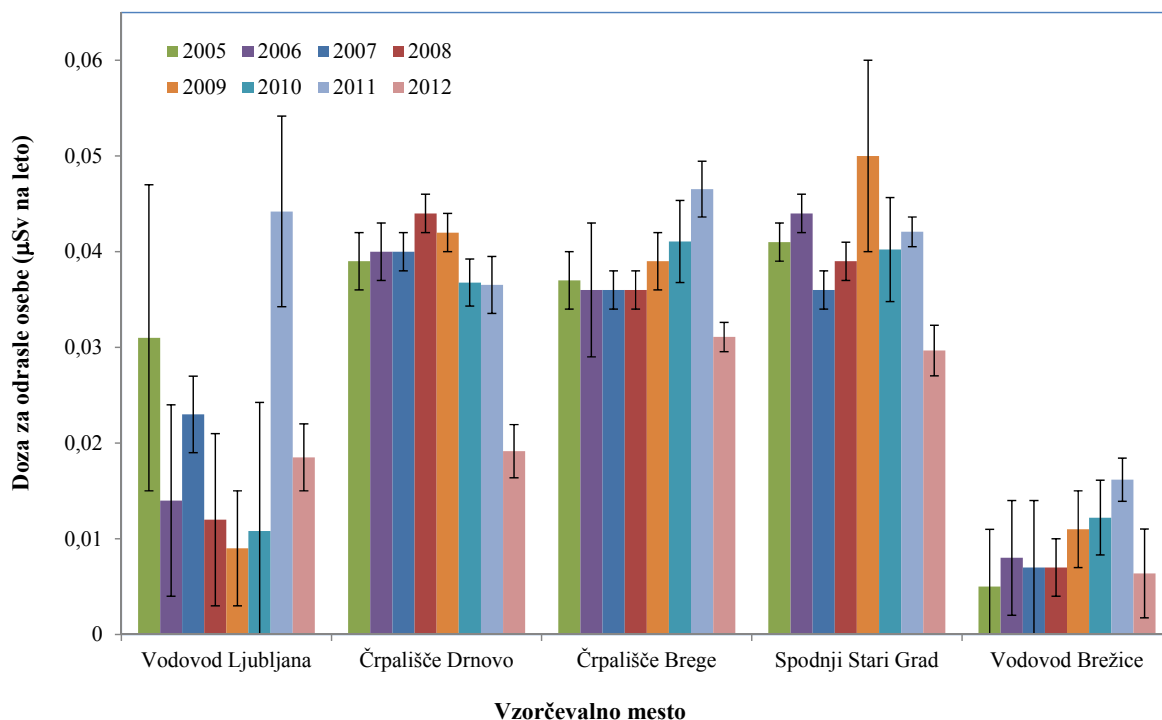
Korelacija z mesečnimi izpusti	Brege	Drnovo	Spodnji Stari Grad	VOP-4	Brežice	Glogov Brod	Medsave	Šibice
H-3	-0,04	0,22	0,13	0,93	-0,22	-0,55	0,81	-0,47
Sr-90	0,11	0,16	0,07	-	-0,08	0,57	-0,10	-0,13

Tekoči izpusti Sr-90 so bili v letu 2012 približno enaki kot v prejšnjem letu. Zato pa so po pričakovanju povprečne letne koncentracije Sr-90 v vzorcih vodovodov, črpališč in podtalnici primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Koncentracije Sr-90 v črpališčih in vodovodih Krško in Brežice so bile tudi v tem letu znatno nižje od izpeljane vrednosti koncentracije (IK) za Sr-90 v pitni vodi, ki je za odrasle osebe $4\ 800\ \text{Bq/m}^3$.

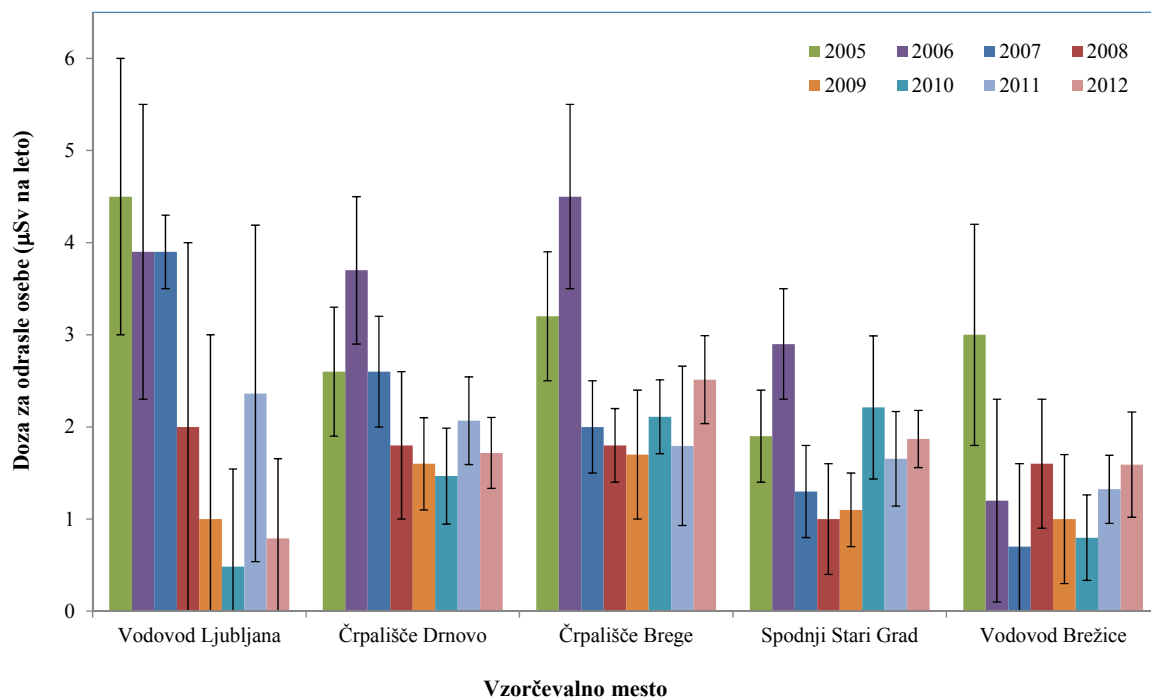
OCENA VPLIVOV

Na slikah 3.9 in 3.10 ter v tabeli 3.3 so grafično in tabelarično prikazane izračunane letne učinkovite doze umetnih radionuklidov za referenčne starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodovodno vodo za pitje. Za primerjavo so podane tudi vrednosti, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo v okviru republiškega nadzora pitne vode, in v Šibicah na Hrvaškem. Letne učinkovite doze so izračunane ob predpostavki, da referenčni odrasel človek popije na leto $0,75\ \text{m}^3$ vode, desetletni otrok $0,35\ \text{m}^3$ vode in enoletni otrok $0,26\ \text{m}^3$ vode na leto.

V letu 2012 je ocenjena letna učinkovita doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v brežiškem vodovodu ($0,003 \pm 0,002$) μSv , medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi ($2,5 \pm 1,1$) μSv . Od naravnih radionuklidov prispeva k dozi največ Pb-210 ($1,7 \pm 1,1$) μSv . Čeprav je v krškem vodovodu prispevek umetnih radionuklidov nekoliko višji kot v Brežicah, ni opaziti korelacije med ocenjeno letno dozo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov in razdaljo od točke tekočinskih izpustov iz NEK. Čeprav je črpališče Brege najbližje točki izpustov iz NEK oziroma Savi, je ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v Bregah v okviru negotovosti enaka kot ocenjena letna doza na Drnovem in v Spodnjem Starem Gradu. Doza zaradi umetnih radionuklidov na referenčnega človeka v krškem vodovodu je ($0,03 \pm 0,01$) μSv na leto, medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi pitja vode ($2,0 \pm 0,4$) μSv . Med naravnimi radionuklidi v krškem vodovodu prispeva k dozi največ Pb-210, in sicer ($0,8 \pm 0,3$) μSv . V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na ($0,02 \pm 0,003$) μSv na leto za odraslo osebo, kar je 2,3 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov $0,8\ \mu\text{Sv}$. Zanimivo je, da je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi za leto 2012 v Ljubljani višji oziroma primerljiv kot v okolici NEK, kar še dodatno dokazuje, da je vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolje zanemarljiv. Četudi bi za pitje uporabljali vodo iz podtalnice znotraj ograje NEK (vrtina E1 v NEK), bi bila prejeta doza zaradi prispevka umetnih radionuklidov ocenjena na ($0,08 \pm 0,01$) μSv na leto za odraslo osebo, medtem ko je celotna ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ($3,93 \pm 0,6$) μSv .



Slika 3.9: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih sedmih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 3.10: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih osmih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Tabela 3.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2012.

REFERENČNA SKUPINA	DOZA	ENKRATNI ČETRLETNI VZORCI			MESEČNI SESTAVLJENI VZORCI		
		VODOVOD LJUBLJANA	VODOVOD BREŽICE	VODOVOD KRŠKO	VODOVODNI SISTEM BREŽICE	VODOVODNI SISTEM KRŠKO	ŠIBICE (R Hrvška)
		Letna efektivna doza (μSv)			Letna efektivna doza (μSv) - povprečje po lokacijah		Letna efektivna doza (μSv)
ODRASLI	za umetne radionuklide	1,9E-02 \pm 3E-03	6,4E-03 \pm 5E-03	1,7E-02 \pm 4E-03	3,4E-03 \pm 2E-03	2,7E-02 \pm 7E-03	7,8E-02 \pm 4E-03
	za umetne in naravne radionuklide	< 2E+00	1,6E+00 \pm 6E-01	2,4E+00 \pm 5E-01	2,5E+00 \pm 1E+00	2,0E+00 \pm 4E-01	1,3E+00 \pm 2E-01
OTROCI	za umetne radionuklide	1,5E-02 \pm 2E-03	6,4E-03 \pm 4E-03	1,2E-02 \pm 4E-03	2,8E-03 \pm 2E-03	2,2E-02 \pm 6E-03	7,2E-02 \pm 3E-03
	za umetne in naravne radionuklide	1,8E+00 \pm 1E+00	2,5E+00 \pm 8E-01	3,7E+00 \pm 7E-01	3,6E+00 \pm 1E+00	3,1E+00 \pm 6E-01	2,3E+00 \pm 4E-01
DOJENČKI	za umetne radionuklide	3,9E-02 \pm 5E-03	1,8E-02 \pm 1E-02	2,9E-02 \pm 1E-02	7,2E-03 \pm 5E-03	5,6E-02 \pm 2E-02	2,0E-01 \pm 9E-03
	za umetne in naravne radionuklide	1,0E+01 \pm 7E+00	1,2E+01 \pm 4E+00	1,7E+01 \pm 3E+00	1,4E+01 \pm 4E+00	1,4E+01 \pm 3E+00	1,1E+01 \pm 2E+00

Na slikah 3.9 in 3.10 je prikazana primerjava ocenjenih letnih doz za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v črpališčih Brege in Drnovo ter vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih sedmih letih (ob ocenjeni porabi pitne vode $0,75 \text{ m}^3$ na leto). Čeprav so koncentracije naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Če podrobno pogledamo sliki 3.9 in 3.10, ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 3.9 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 3.10 za faktor sto manjša in je prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo zaradi izpustov NEK zanemarljiv v primerjavi s prispevkom k letni dozi zaradi naravnega sevanja v pitni vodi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevata k celotni ocenjeni dozi sevalca alfa Ra-226 ter sevalca beta Pb-210 in Ra-228. Izpeljane mejne vrednosti koncentracije naravnih radionuklidov v pitni vodi v tabeli 4 v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [8] so 480 Bq/m^3 za Ra-226, 190 Bq/m^3 za Pb-210 in 190 Bq/m^3 za Ra-228. Vse izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov v vzorcih črpališč, vodovodov in podtalnic so veliko nižje (za najmanj dva velikostna reda) od mejnih vrednosti.

SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2012 zaznana le H-3 in Sr-90. Prvi je naravnega in umetnega izvora (vključno z izpusti NEK), drugi pa je v okolje prišel po jedrskih poskusih (splošna kontaminacija), nekaj pa ga je zaznati tudi v izpustih NEK. Največja koncentracija tritija v pitni vodi je okrog $1\,000 \text{ Bq/m}^3$, kar je značilna vrednost v okolju po Sloveniji. Vpliv NEK na pitno vodo je zanemarljiv, v vrtinah blizu Save pa so bila opazna povečanja koncentracije H-3 po večjih izpustih iz NEK v reko Savo. Stroncij v pitni vodi domnevno izhaja iz splošne kontaminacije.

Celotna ocenjena letna doza v letu 2012 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodovodu za odraslo osebo je $(2,5 \pm 1,1) \mu\text{Sv}$. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz brežiškega vodovoda je 0,2 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo. Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je 0,1 %, za dojenčke pa prav tako 0,1 %.

Celotna ocenjena letna doza v krškem vodovodu v letu 2012 za odraslo osebo je $(2,0 \pm 0,4) \mu\text{Sv}$. Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno 3,2 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo.



Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je 2 %, za dojenčke pa 1,6 %.

Celotna ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2012 je 0,8 μSv za odraslo osebo. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je 2,3 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo ter 0,8 % za otroka in 0,4 % za dojenčka.

Celotne izračunane letne doze zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi so daleč pod letno mejno dozo 100 μSv oziroma avtorizirano mejno dozo, kot jo navaja uredba UV2 [8]. Delež doze v primerjavi z letno mejno dozo v brežiškem vodovodu je 2,5 %, v krškem vodovodu pa 2 %, pri čemer je v obeh primerih prispevek umetnih radionuklidov še veliko manjši.

Dozne obremenitve zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov ne vsebujejo prispevka Po-210, ki ga ne merimo, zato pričakujemo, da so dozne obremenitve zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov dejansko (a ne znatno) višje.

Po podatkih o prostornini načrpane vode v črpališčih v občinah Brežice in Krško, ki so bili pridobljeni v letih 2012 in 2013, bi bilo potrebno smiselno revidirati vzorčevalna mesta.



4 U S E D I

POVZETEK

V poglavju "Usedi" smo pregledali merske rezultate 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. V letu 2012 je bilo pomerenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analize tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda s štetjem sunkov vzorca na proporcionalnem števcu.

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

V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Izjema je tritij v jesensko-zimskem času, vendar le ta bistveno ne vpliva na dozo. V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni še Na-22, Cs-137, Sr-90 ter U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228, Th-230, K-40 in Be-7. Izmerjene vrednosti usedov se bistveno ne odmikajo od dolgoletnih povprečij.

Padavinski in suhi usedi vplivajo na dozno obremenitev po različnih prenosnih poteh: neposredno preko ingestije pridelkov, na katere se je odložil used in posredno na dva načina: preko zemlje, od koder rastline črpajo snovi za svojo rast, in preko padavinske vode, ki pronica do vodonosnikov, ki so vir pitne vode. Usedom smo izpostavljeni tudi med gibanjem na prostem.

Izračunali smo efektivno zunanjo in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki. 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

Zračni izpusti jedrske elektrarne imajo skupaj s tekočimi izpusti neposreden vpliv na okolje. Redno se jih nadzoruje, zajema in meri njihovo radioaktivnost še v elektrarni tik pred izpustom v okolje. Tako izmerjene vrednosti so vhodni podatki za modelne izračune, s katerimi se napoveduje njihova porazdelitev in aktivnost v okolju.

Modele lahko preverimo z neposrednimi meritvami v okolju. Za nadzor zračnih izpustov opravljamo meritve padavinskih in suhih usedov. Tako zajamemo vse sestavne dele ozračja: pline, aerosole in vodo, vse tri v različnih pojavnih oblikah in agregatnih stanjih. Te podatke uporabimo za določitev doznih obremenitev ljudi, ki živijo v okolici jedrskega objekta.

Radioaktivni elementi so sestavni del našega okolja tudi tam, kjer ni jedrskih objektov. Jedrska elektrarna namreč ni edini vir antropogenih izotopov. Ti nastajajo oziroma so izdelani zaradi uporabe v različnih vejah industrije, medicini, naravoslovnotehniških raziskavah. Prisotni so v kmetijstvu, nekateri pa sproti nastajajo po naravni poti v ozračju. Poleg tega so tu kot vir radioaktivnosti še v preteklosti izvajani nadzemni jedrski poskusi in jedrske nesreče. Nekateri radioaktivni elementi so v okolju od nastanka sveta. Če želimo torej oceniti vpliv jedrske elektrarne na okolje, moramo poznati tudi naravno ozadje in razumeti prenosne poti za vse radionuklide, tako naravne kot antropogene.

V letu 2012 so bili vsaj sporadično izmerjeni umetni radioizotopi Cs-137, Sr-90, kozmogeni H-3, Be-7 in Na-22 ter naravni radioizotopi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210. Izotop H-3 je tudi antropogenega izvora.

Tritij, radioaktivni izotop vodika, si zasluži še posebno pozornost. Je eden od redkih radionuklidov, ki jih elektrarna izpušča v takih količinah, da se jih da meriti tudi v okoljskih vzorcih. Vendar jedrska elektrarna še zdaleč ni edini vir tritija v okolju. Tritij je kozmogen element in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z



interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. Je tudi produkt pri redki ternarni fisiji in pri nekaterih jedrskih reakcijah v hladilu reaktorjev ter se pojavlja v izpustih jedrskih elektrarn. Proizvaja se ga zaradi jedrskega orožja, uporablja se ga v urarski industriji in drugih panogah, na primer pri izdelavi svetlečih oznak. Uporablja se v eksperimentalnih fuzijskih reaktorjih in kot radiosledilec v analitski kemiji in biokemiji. Tritijeva vsebnost v zraku se je na severni hemisferi v času nadzemnih jedrskih poskusov povečala za tri velikostne rede. Ko je že v ozračju, postane sestavni del vodne molekule in se vključi v globalni vodni krog, ki je bistvenega pomena za življenje na Zemlji.

Padavine so torej nepogrešljiv element pri kroženju vode in transportno sredstvo za pline in aerosole iz ozračja na površino Zemlje. Ker poznamo veliko virov radioaktivnih snovi v ozračju, so lovilniki postavljeni tako v bližini jedrskih objektov kot na referenčnih lokacijah.

Del aerosolov se predvsem zaradi gravitacije usede na Zemljino površino. To je suhi used. Zbiramo ga lahko na več načinov, v okviru nadzora NEK uporabljamo vazelinske plošče. Postavljene so v okolici jedrske elektrarne in na referenčni lokaciji v Ljubljani. Usedle radioaktivne snovi s sevanjem neposredno prispevajo k izpostavitvi ljudi, vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užjitimi deli v prehrabno verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju "*Vnos radionuklidov v prehrabno verigo*". Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, to pa potem uporabljamo kot pitno vodo (poglavje "*Pitna voda in podtalnica*"), zato igrajo padavine pomembno vlogo pri prenosu radioaktivnih onesnaževalcev iz zraka v živa bitja.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

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

Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (park IJS). Lovilnik padavin je sestavljen iz lijaka in neprozornega temnega 50-litrskega plastičnega soda, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Zbiralni sod se med obilnimi padavinami po potrebi pogosteje zamenja. 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 je vedno tudi merilnik količine padavin, ki se ga dnevno odčitava.

Zbrani tekočinski vzorec padavin se razdeli na dva dela: en liter za analizo tritija, iz preostalega vzorca se pripravi vodno sušino za analize sevalcev gama in stroncija po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*.

Vsebnost tritija določimo s tekočinskoscintilacijskim števcem po elektrolitski obogatitvi po postopku *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*. Za določitev specifičnih aktivnosti sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama. Analizo stroncija opravimo po radiokemičnem postopku *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*. Dodatna separacija in analiza itrija nista del rutinske procedure, zato je v vzorcu lahko prisoten tudi itrij.

Zbiralniki suhega useda – vazelinske plošče so na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK. Za vzorčevanje suhega useda je v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [7] predvideno 12 vzorčevalnih mest, vendar so bila štiri na ograji NEK leta 2005 opuščena. Preostala vzorčevalna mesta so združena takole: ožja okolica NEK (vzorčevalna mesta 1, 7 in 8 na razdalji ≈1 km), širša okolica NEK (vzorčevalna mesta od 2 do 5 na razdalji ≈3 km) in daljna okolica (vzorčevalno mesto 6, najdlje od NEK, na razdalji ≈4,5 km). Referenčno mesto za suhi used je v Ljubljani. Suhi talni used se zbira na vazelinskih ploščah površine 0,3 m² iz poliakrilata (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. Priprava vzorca je hitra in enostavna: postrgano vazelino s plošč se rahlo segreje, da se enakomerno porazdeli po merski posodici. Vazelino z osmih lokacij se združi v tri vzorce, v katerih se določi le sevalce gama s spektrometrijo gama.



REZULTATI MERITEV

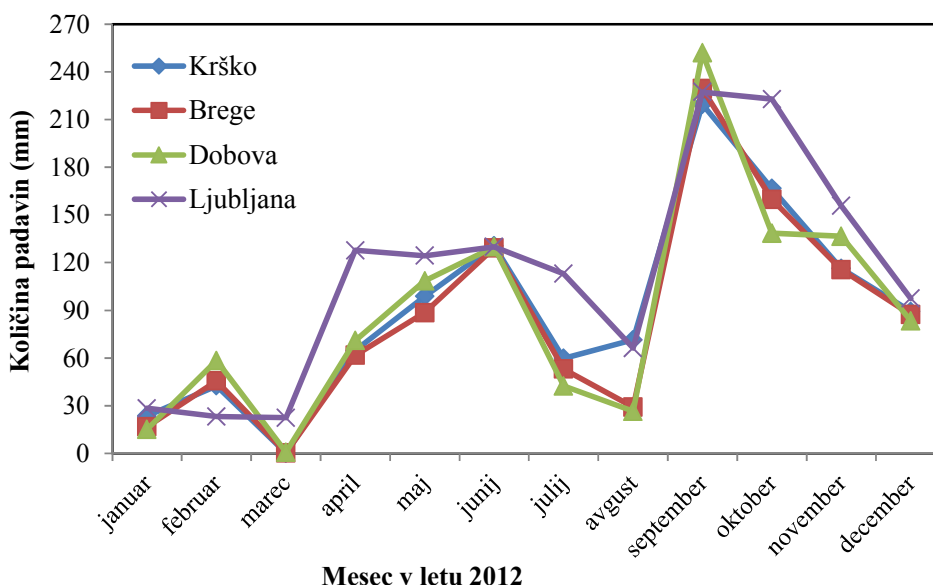
Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013. Rezultati meritev vzorcev padavin in suhih usedov so prikazani v tabelah T-37 (Padavine – Brege), T-38 (Padavine – Krško), T-39 (Padavine – Dobova), T-40 (Padavine – Ljubljana), T-42/1 (Vazelinske plošče – širša okolica NEK), T-42/2 (Vazelinske plošče –vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (Vazelinske plošče – ožja okolica NEK) in T-42/4 (Vazelinske plošče – Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS.

Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 4.1. Padavinski režimi so si med seboj podobni; po pričakovanjih se nekoliko razlikuje le ljubljanski padavinski vzorec. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1 339 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padla zelo podobna količina padavin, v povprečju 1 054 mm. Razlika med njimi je kvečjemu okrog 6 %. Največ dežja je padlo jeseni, najmanj v marcu.

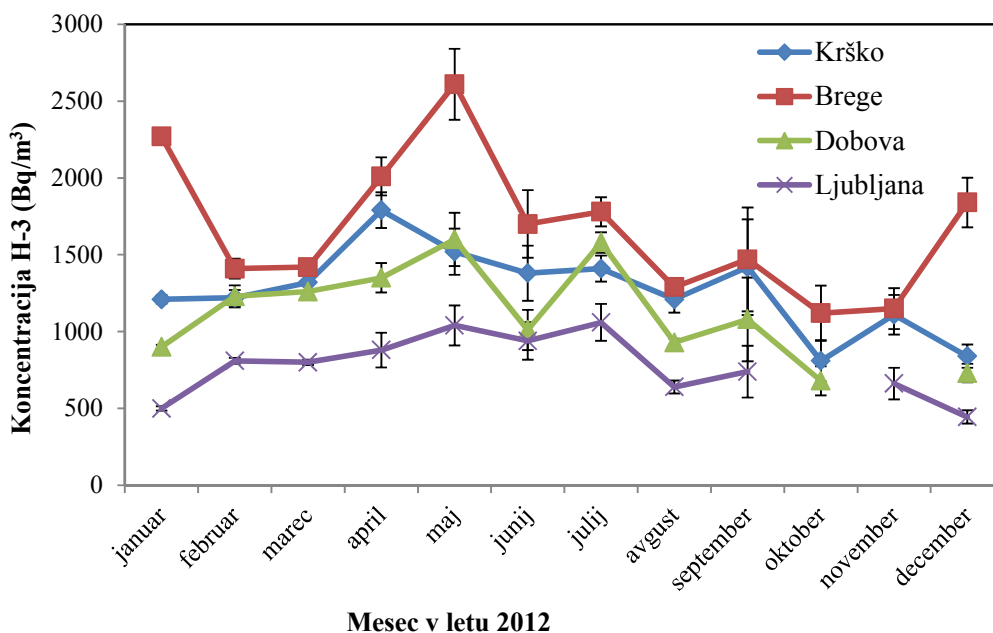
V vzorcih padavin so bili v letu 2012 prisotni le pričakovani in zato običajni radionuklidi: H-3, Be-7, Na-22, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. V merskih tabelah so podane koncentracije Sr-89/Sr-90, kar pomeni, da analiza Y-90 ni bila opravljena. Teoretično bi bilo torej mogoče, da bi bil v vzorcu tudi Sr-89, praktično pa ne, saj kratkoživi Sr-89 v izpustih NEK v letu 2012 in tudi v prejšnjih letih ni bil zaznan, Sr-89 iz černobilskega reaktorja pa je že zdavnaj razpadel.

V tabeli 4.1 so zbrani podatki o najvišjih izmerjenih specifičnih aktivnostih ter povprečna letna specifična aktivnost za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani. Koncentracije stroncija v ljubljanskih vzorcih padavin v skladu s predpisanim programom niso bile določene. Najvišje koncentracije Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 se najpogosteje pojavljajo v sušnih mesecih, kar je najverjetneje posledica resuspenzije prašnih delcev s tal.

Koncentracije tritija v padavinskih vzorcih so prikazane na sliki 4.2 in so se v letu 2012 gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo 444 Bq/m³ v Ljubljani in navišjo vrednostjo 2 610 Bq/m³ v Bregah. Povprečna letna koncentracija za leto 2012 je bila najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah. Relativna razlika med najvišjo in najnižjo vrednostjo se giblje med 1,9 v Ljubljani in 3 v Dobovi. Najvišja vrednost v Bregah se sklada z največjim izpustom iz NEK v maju v času remonta (slika 4.13). Padavinski minimum se ne sklada z maksimalnimi koncentracijami tritija.

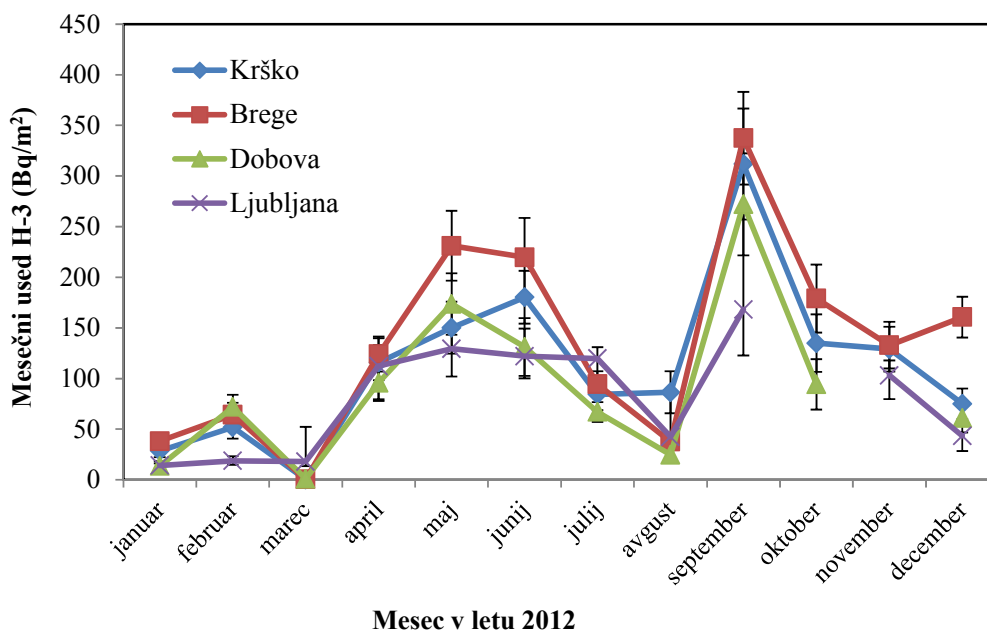


Slika 4.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani v letu 2012



Slika 4.2: Mesečne koncentracije tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

Na sliki 4.3 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta. Vrednosti izračunamo z množenjem koncentracij in količin padavin ter tako dobimo dejanske aktivnosti padavin na kvadratni meter površine. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah, najnižje pa so si zelo podobne na vseh treh lokacijah okrog NEK v najsušnejšem mesecu sušcu. Potek je podoben za vse štiri lokacije. Najvišje vrednosti se skladajo z največjimi količinami padavin.

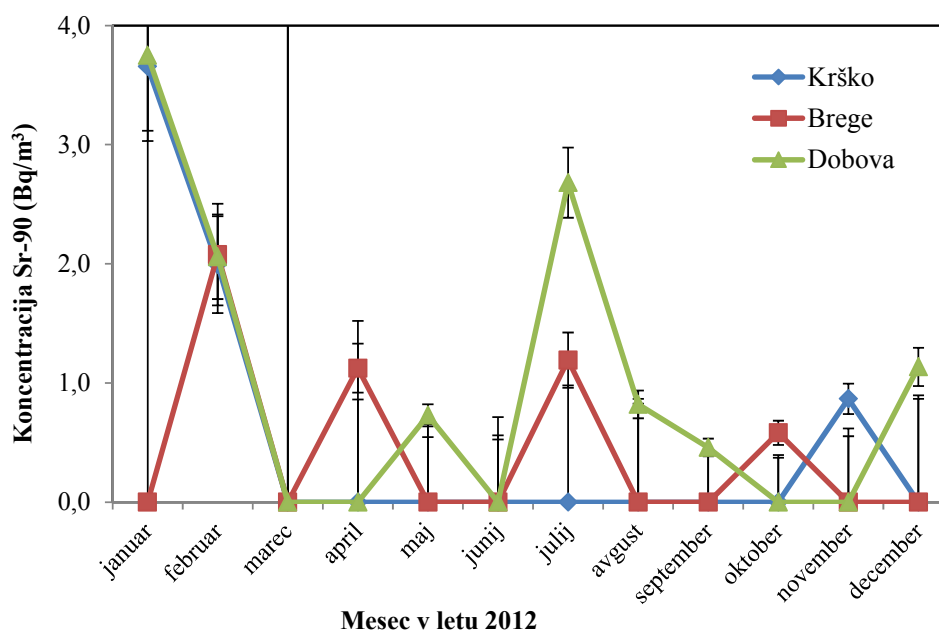


Slika 4.3: Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Tabela 4.1: Letne povprečne in najvišje izmerjene mesečne specifične aktivnosti za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2012. V oklepaju je letna količina padavin.

Radionuklid v padavinah	BREGE (1 017 mm)			KRŠKO (1 083 mm)		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo
H-3	1,7E+03 ± 1E+02	2,6E+03±2,3E+02	maj	1,3E+03 ± 8E+01	1,8E+03±1,2E+02	april
Sr-90	4,1E-01 ± 6E-01	2,1E+00± 4,3E-01	februar	5,4E-01 ± 5E-01	3,7E+00 ±6,3E-01	januar
Cs-137	1,1E+00 ± 7E-01	8,1E+00±2,8E+00	marec	9,2E-02 ±4 E-01	1,1E+00±6,7E-01	februar
Be-7	4,1E+02 ± 1E+02	1,2E+03± 6,2E+01	januar	4,5E+02 ± 5E+01	7,2E+02±5,8E+01	februar
K-40	1,3E+01 ± 9E+00	6,6E+01±3,0E+01	januar	1,5E+01 ± 6E+00	4,0E+01±4,4E+00	maj
Pb-210	1,5E+02 ± 6E+01	6,7E+02±4,7E+01	januar	1,1E+02 ± 3E+01	4,0E+02±3,7E+01	februar
	DOBOVA (1 063 mm)			LJUBLJANA (1 339 mm)		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	1,6E+03±1,7E+02	maj	7,1E+02 ± 9E+01	1,1E+03±1,2E+02	julij
Sr-90	9,7E-01 ± 9E-01	3,7E+00 ±6,3E-01	januar	–	–	–
Cs-137	3,3E-01 ± 8E-01	2,1E+00 ±3,8E-01	februar	6,5E-02 ± 2E-01	7,8E-01 ±1,3E-01	avgust
Be-7	8,9E+02 ± 1E+02	2,3E+03±1,2E+02	julij	5,9E+02 ± 2E+02	2,1E+03±1,0E+02	avgust
K-40	5,5E+00 ± 5E+00	2,9E+01±4,5E+00	februar	9,0E+00 ± 4E+00	4,3E+01±1,4E+01	marec
Pb-210	2,2E+02 ± 6E+01	6,8E+02±3,5E+01	februar	1,2E+02±4E+01	3,7E+02±1,9E+01	avgust

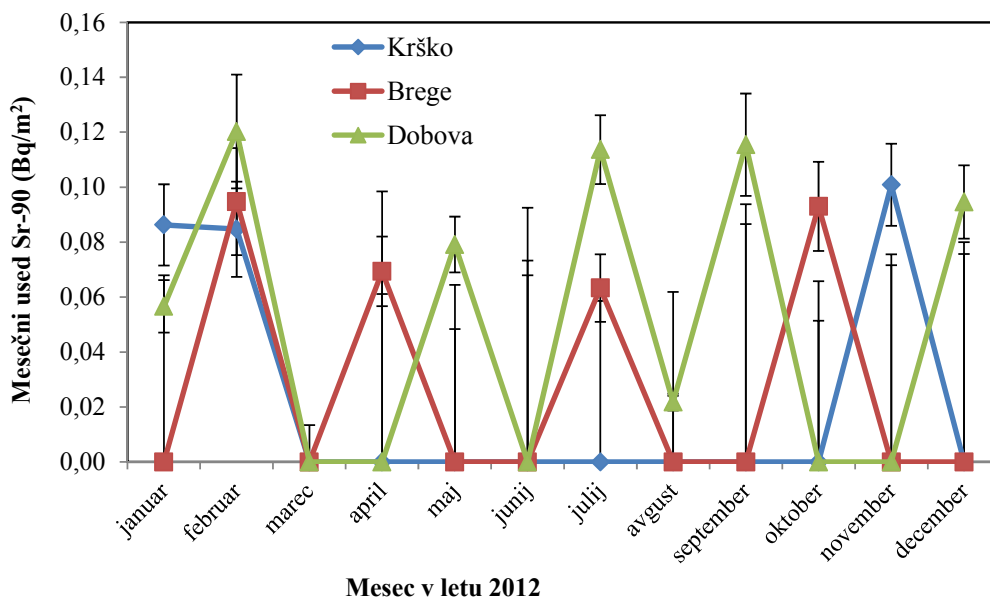


Slika 4.4: Mesečne koncentracije stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncija ne določa.

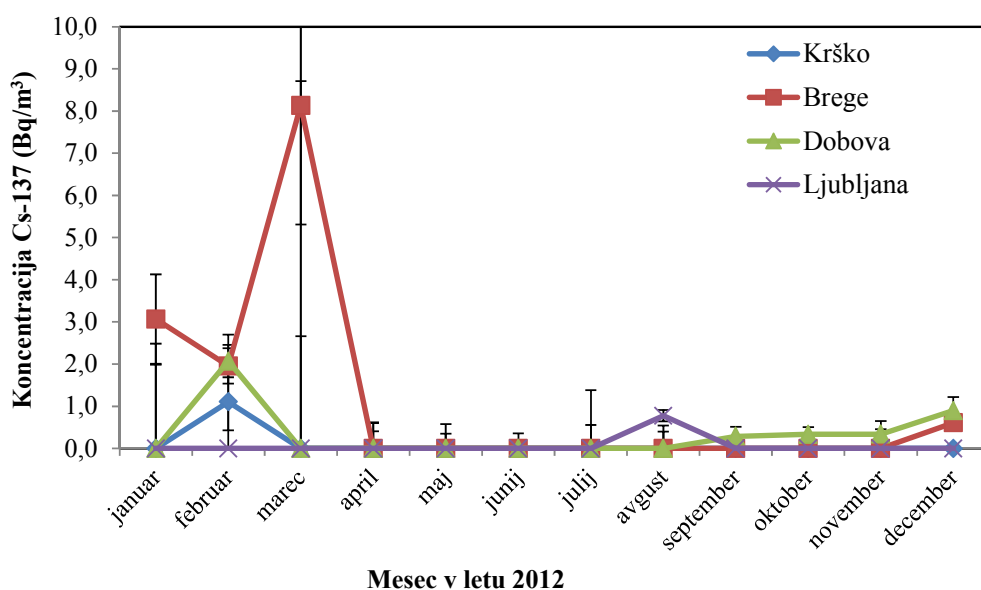


Slika 4.4 prikazuje mesečne koncentracije stroncija v padavinah. Najvišja vrednost je bila izmerjena v vzorcu iz Dobove, v 21 vzorcih oziroma v 58 % primerov so bile izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije. V Krškem je bilo takih vzorcev kar deset. Januarja, predvsem pa marca, so merske negotovosti oziroma meje kvantifikacije bistveno višje kot v preostalih mesecih, kar gre na račun količinsko pičlih vzorcev v sušnih mesecih.

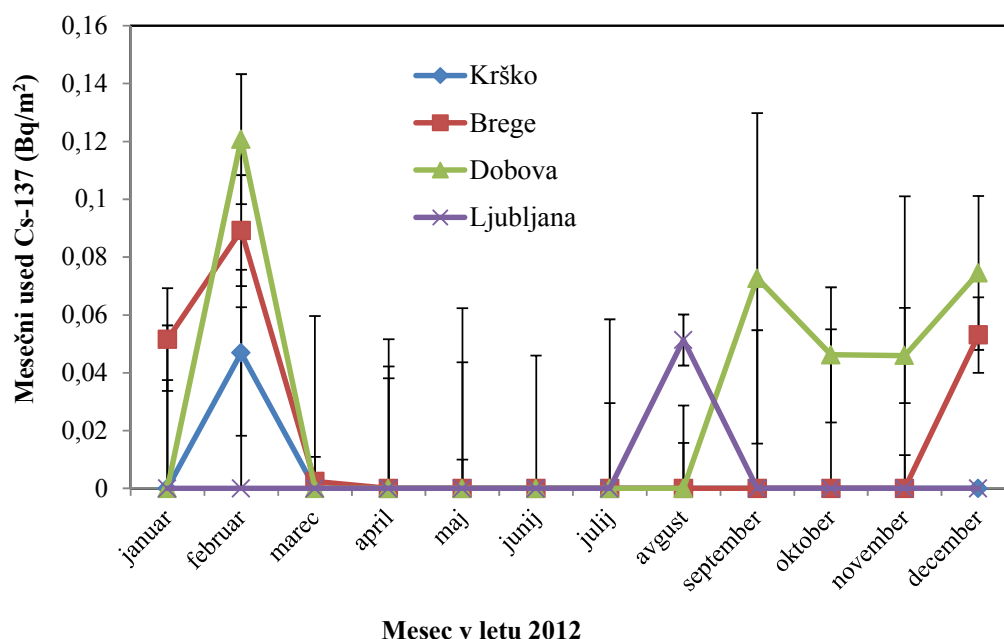
Na sliki 4.5 so predstavljeni padavinski usedi stroncija Sr-90. Nihanja so tu manjša kot pri koncentracijah in se gibljejo med nič in $(0,12 \pm 0,02)$ Bq/m². Najnižji povprečni letni used je bil izračunan za Krško, najvišji za Dobovo.



Slika 4.5: Mesečni padavinski used stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncija ne določa.



Slika 4.6: Mesečne koncentracije Cs-137 v letu 2012 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

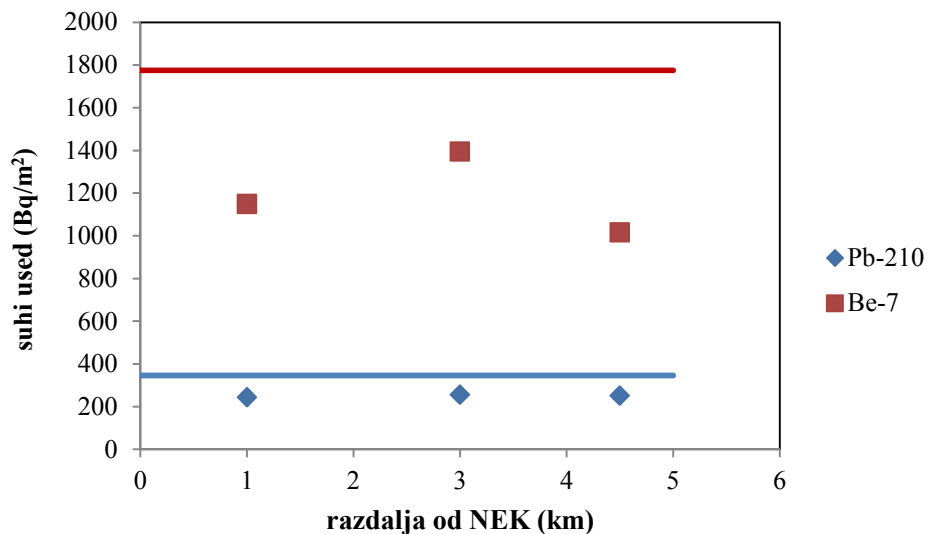


Slika 4.7: Padavinski used Cs-137 v letu 2012 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

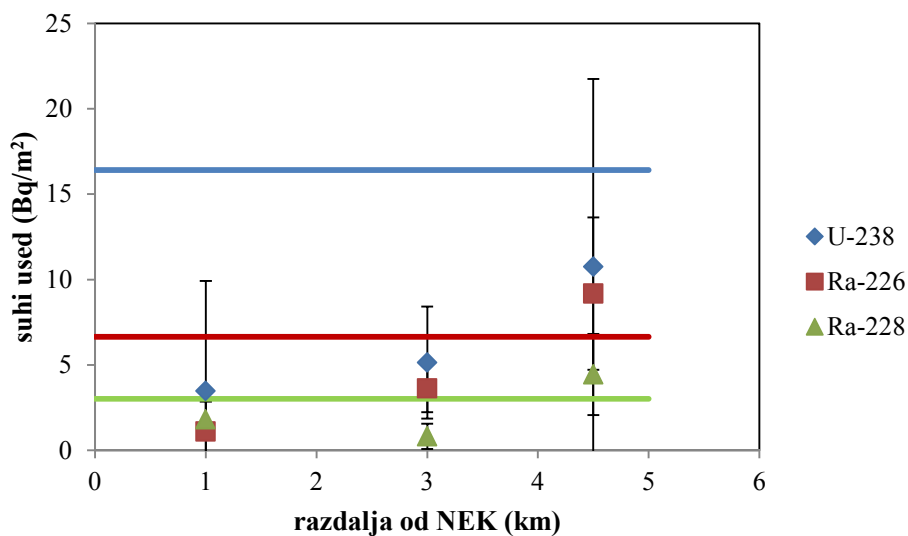
Mesečne koncentracije Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 4.6. Najvišja vrednost je bila ugotovljena za marčni vzorec v Bregah, vendar je treba poudariti, da je tudi negotovost meritve zelo visoka zaradi majhne količine vzorca. Za kar 37 vzorcev oziroma 77 % so bile izmerjene vrednosti pod mejo detekcije.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 (slika 4.7) so bile izmerjene v februarju 2012 na vseh treh lokacijah v okolici NEK. Podatki o plinskih izpustih iz NEK v tem času so skoraj desetkrat manjši kot maja [5], ko v padavinskem usedu cezija ni bilo mogoče zaznati na nobeni lokaciji. Najvišji letni used je bil zaznan v Dobovi, kjer se je pojavil tudi drugi lokalni maksimum v septembru, obremenjen z veliko mersko negotovostjo.

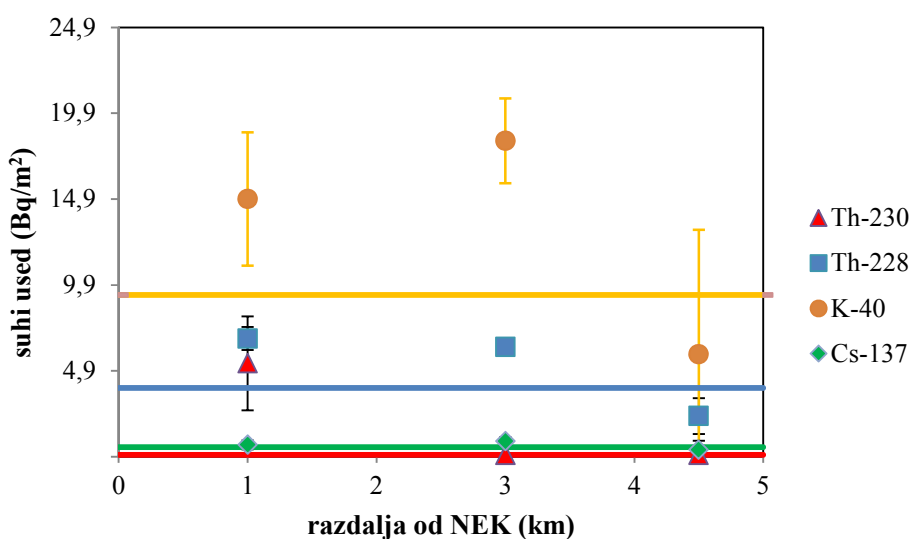
V vzorcih suhega useda so bili v letu 2012 Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Prikaz neposredno izmerjenih aktivnosti letnega useda je razdeljen na tri slike, in sicer glede na vedenje oziroma red velikosti. Absolutne vrednosti so najvišje za Pb-210 in Be-7 in so prikazane na sliki 4.8. Rezultati v okolici NEK, prikazani kot točke, so podobni za vse tri oddaljenosti in so nižji od vrednosti v Ljubljani, ki so ponazorjene s črto. Pri letnem usedu je bil upoštevan 20-odstotni izkoristek vazelinskih plošč. Na sliki 4.9 so predstavljeni trije radionuklidi: U-238, Ra-226 in Ra-228. Vrednosti za vse tri radionuklide rastejo z oddaljenostjo od NEK. Povprečna vrednost na osmih lokacijah je nižja od vrednosti za referenčno merilno mesto v Ljubljani (vrednosti, prikazane z ravnimi črtami). Vrednosti za Th-228, Th-230, K-40 in Cs-137 so zbrane na sliki 4.10. Za vse štiri radionuklide so vrednosti v ožji okolici NEK (1 km od NEK) višje kot na oddaljenosti 4,5 km. V primeru K-40 in Th-228 sta dve vrednosti višji od ljubljanske, za Th-230 to velja le za povprečje merilnih mest v oddaljenosti 1 km od NEK. Vrednosti za Cs-137 so najvišje za povprečje štirih lokacij v oddaljenosti približno 3 km od NEK, vendar je tudi ta vrednost statistično primerljiva z vrednostjo na ljubljanski referenčni točki, kar smo pokazali z vrednostjo ζ -preskusa, ki je za ta primer 0,3. ζ -preskus je statistično orodje za primerjavo dveh vrednosti. Pri izračunu se upoštevata tudi obe negotovosti. Zelo pogosto se uporablja pri vrednotenju rezultatov medlaboratorijskih primerjav. Pri najostrejšem merilu sprejememo obravnavani vrednosti za enaki, če je vrednost manjša ali enaka 1,64 (glej poglavje "Tabele rezultatov primerjalnih meritev" v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013).



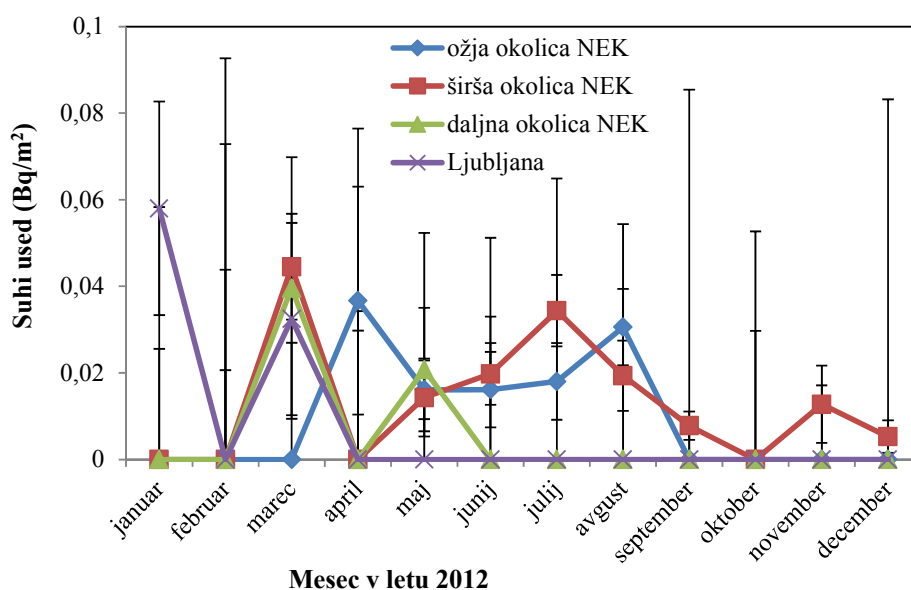
Slika 4.8: Letni suhi used za Pb-210 in Be-7 v ožji in širši okolici NEK. Črti prikazujeta ljubljansko vrednost, modra vrednost za Pb-210, rdeča za Be-7.



Slika 4.9: Letni suhi used za U-238, Ra-226 in Ra-228 v ožji in širši okolici NEK. Črte prikazujejo referenčno ljubljansko vrednost. Črte in točke enake barve pomenijo isti radionuklid.



Slika 4.10: Letni suhi used za T-228, Th-230, K-40 in Cs-137 v ožji in širši okolici NEK. Črte prikazujejo referenčne ljubljanske vrednosti. Črte in točke enake barve pomenijo isti radionuklid.



Slika 4.11: Mesečni suhi used Cs-137 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

Mesečni suhi usedi Cs-137 v Ljubljani in okolici NEK so prikazani na sliki 4.11. Največji used je bil izmerjen januarja v Ljubljani. Tudi najvišje vrednosti so nizke, reda velikosti $0,06 \text{ Bq/m}^2$, negotovosti so istega reda. Vrednosti so nižje kot leta 2011, ko je bil zaznan tudi Cs-137 iz Fukušime.

DISKUSIJA

Mesec marec je opravičil staroslovensko ime sušec, saj je na vseh štirih lokacijah padla minimalna količina padavin, v okolici NEK dežja v marcu praktično ni bilo. Leto 2012 je bilo sicer glede letne



količine padavin sorazmerno povprečno leto. Količina letnih padavin v Ljubljani je bila le 2 % nižja od tridesetletnega povprečja [32]. Tri lokacije v okolici NEK imajo zelo podoben padavinski režim. Tak padavinski režim v Ljubljani in v okolici NEK je imel v letu 2012 tri lokalne maksimume: februarja, junija in septembra.

Tudi za leto 2012 smo uporabili korelacijski koeficient R^2 za študij povezav med različnimi parametri. Uporabili smo enačbo:

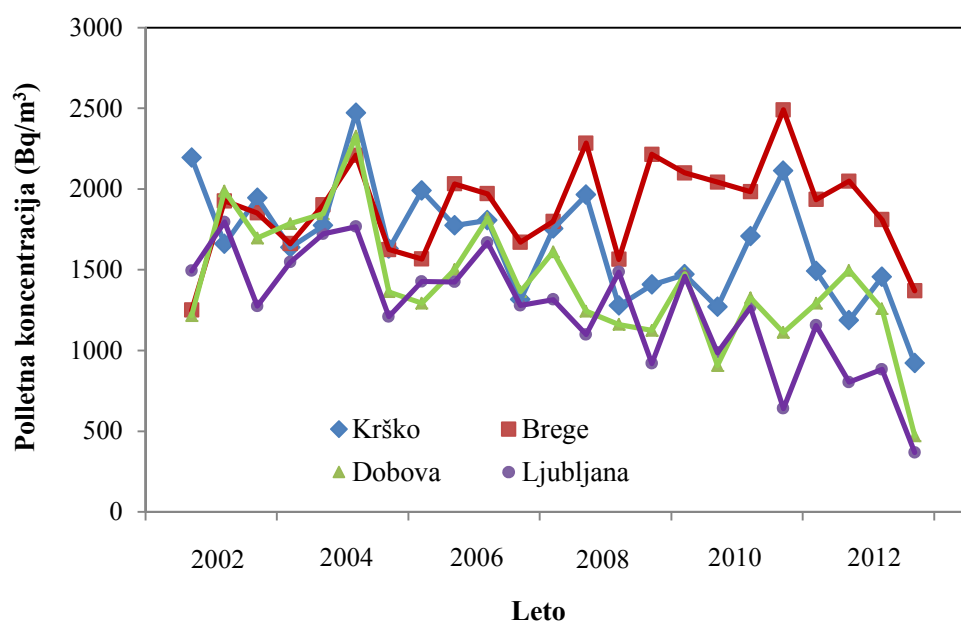
$$R^2(X, Y) = \left(\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

Vrednost blizu 1 pomeni, da je korelacija zelo dobra, medtem ko vrednost 0 pomeni, da korelacije oziroma linearne povezave med nizoma podatkov ni.

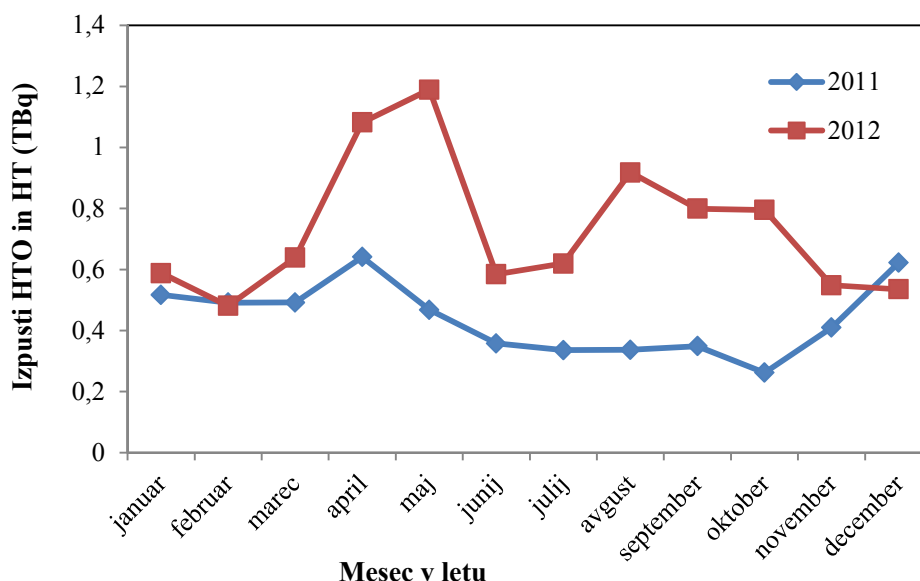
Korelacija padavinskega useda za H-3 s količinami padavin je dobra (tabela 4.2), medtem ko za koncentracije in količine padavin ni ujemanja. V primerjavi z letom 2011 je razlika med korelacijskimi koeficienti večja [1], jesensko-zimsko obdobje v 2012 v splošnem nima višjih korelacijskih koeficientov od pomladansko-poletnega. Najnižje ujemanje je v Dobovi za jesensko – zimsko obdobje.

Tabela 4.2: Korelacijski koeficienti R^2 za tritij med količino padavin in padavinskim usedom

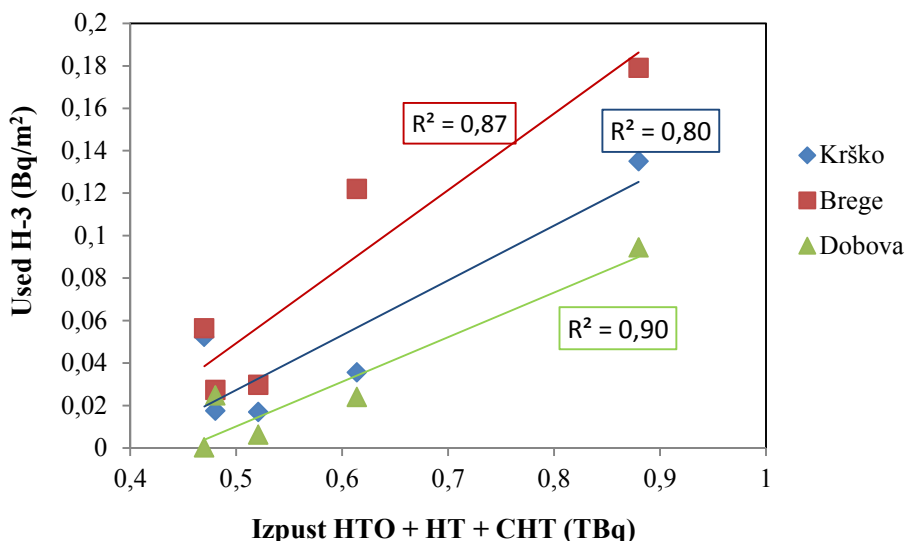
R^2	KRŠKO	BREGE	DOBOVA	LJUBLJANA
Celo leto	0,70	0,67	0,58	0,86
pomlad-poletje	0,79	0,73	0,73	0,94
jesen-zima	0,68	0,98	0,54	0,96



Slika 4.12: Polletne sezonske povprečne koncentracije H-3 za zadnjih 11 let (april–september; oktober–marec).



Slika 4.13: Mesečni atmosferski izpusti tritija iz NEK v letih 2011 in 2012



Slika 4.14: Korelacija med izpustom NEK in padavinskimi usedi za Krško, Brege in Dobovo za jesensko-zimsko obdobje. Od izmerjenih padavinskih usedov smo odšteli vrednosti na referenčni lokaciji Ljubljana.

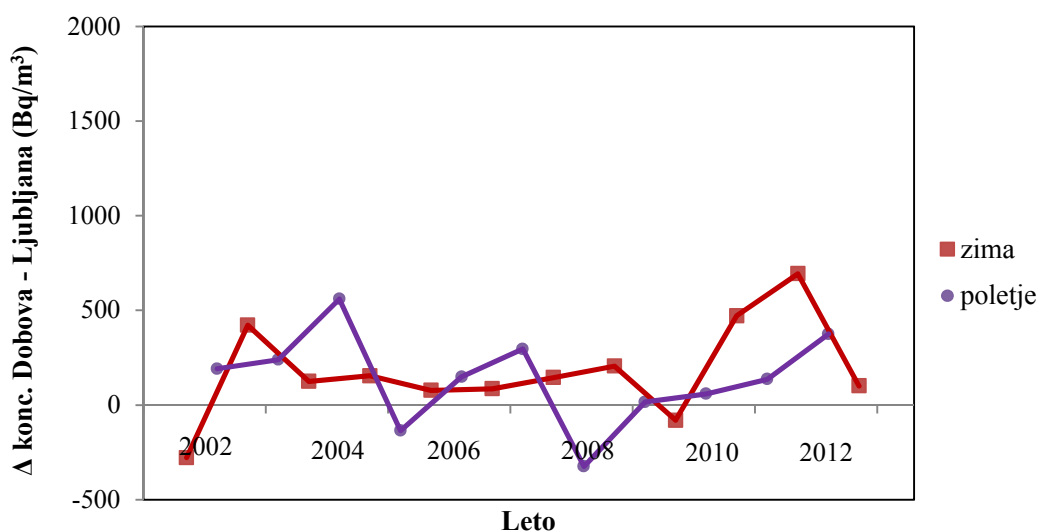
Precejšnja sezonska variabilnost tritija zaradi njegovega nastajanja v zgornjih plasteh atmosfere se izraža tudi v vrednostih za tritij v padavinah, kar je razvidno tudi s slike 4.12. Trend padanja koncentracije H-3 se nadaljuje, kar se lepo vidi predvsem za referenčno lokacijo v Ljubljani. Zmanjševanje koncentracije tritija v ozračju je posledica razpada antropogenega tritija iz obdobja nadzemnih jedrskih poskusov in njegovega odlaganja v oceane in površinske vode. Vrednosti in trend so primerljivi z rezultati za Dunaj, Zagreb in druga bližnja mesta [33]. Medtem ko Dobova dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim, v Krškem in Bregah opazimo nepravilen vzorec.

Edini v okolju merljivi izpust iz NEK, ki ga lahko primerjamo z radionuklidi, ki jih določamo tudi v usedih, je tritij v obliki HTO, HT in CHT. Na sliki 4.13 sta prikazana izpusta za leto 2011 in 2012. V letu 2012 so bili izpusti višji kot leto prej zaradi remonta v aprilu in maju 2012. Koncentracije tritija v

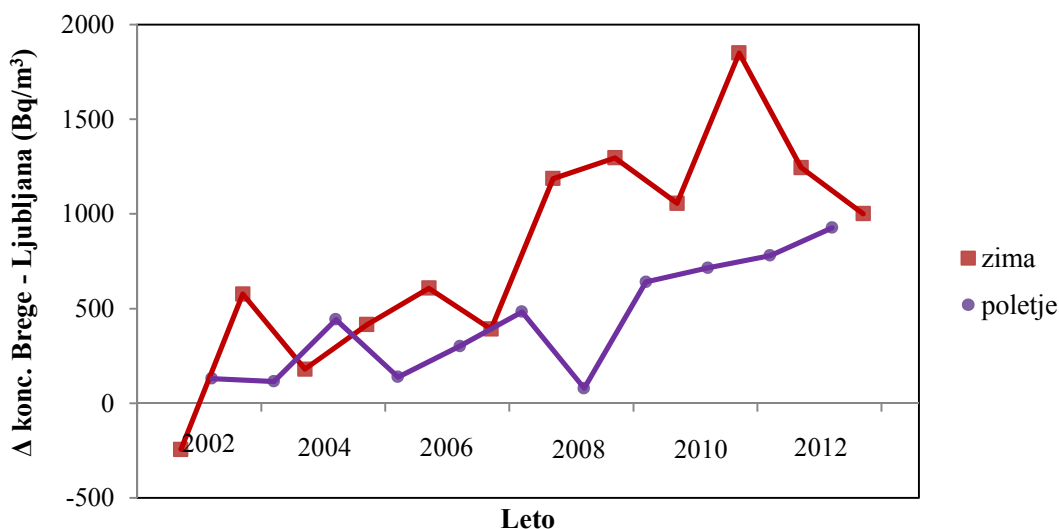


padavinah se vseeno niso povečale: povprečna koncentracija tritija v 2011 je bila $1\,970\text{ Bq/m}^3$ [2], v 2012 pa $1\,673\text{ Bq/m}^3$. Spomladi opažene nekoliko višje koncentracije tritija na vseh treh vzorčevalnih mestih v okolici NEK torej niso vplivale na povprečne vrednosti. Maksimumi padavin se namreč skladajo z največjimi zračnimi izpusti, pa tudi porazdelitev naravnega tritija ima v juniju svoj vrh. Raztros okrog povprečne vrednosti je seveda tako velik, da sta vrednosti za 2011 in 2012 statistično primerljivi.

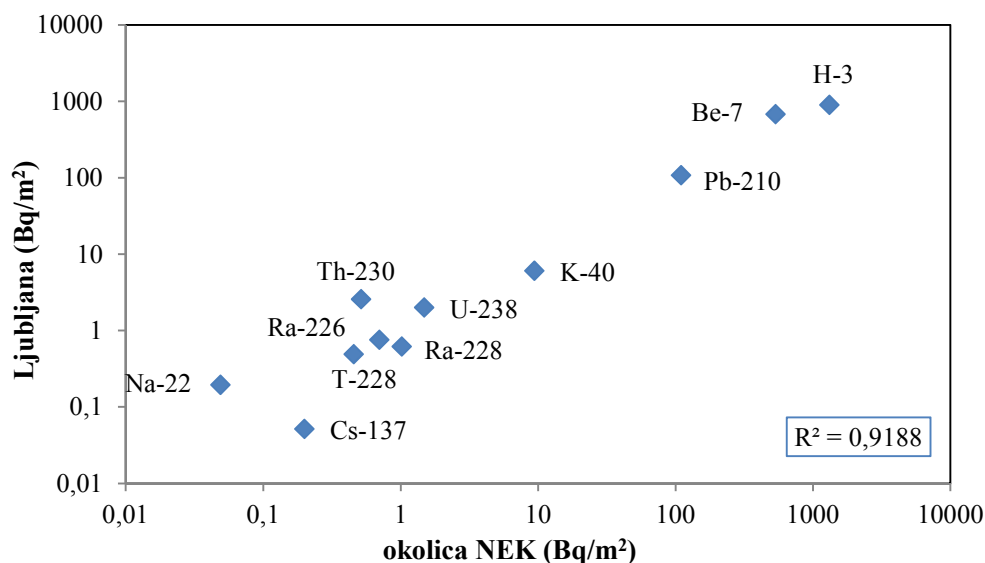
Korelacija med izpusti H-3 in okoljskimi vrednostmi je v 2012 izrazita za zimsko-jesensko obdobje za vsa tri vzorčevalna mesta, če od padavinskega useda odštejemo referenčni ljubljanski used (slika 4.14). Prispevek tritija iz elektrarne je namreč istega velikostnega reda kot tritij, ki je že itak v zraku in je treba upoštevati njegovo sezonsko variabilnost in ga obravnavati kot ozadje. Za spomladansko-poletno obdobje povezave ni videti. Situacija v letu 2011 je bila nekoliko drugačna [1] in kaže na to, da so te korelacije močno odvisne od padavinskega režima oziroma časovne odvisnosti izpustov in padavin.



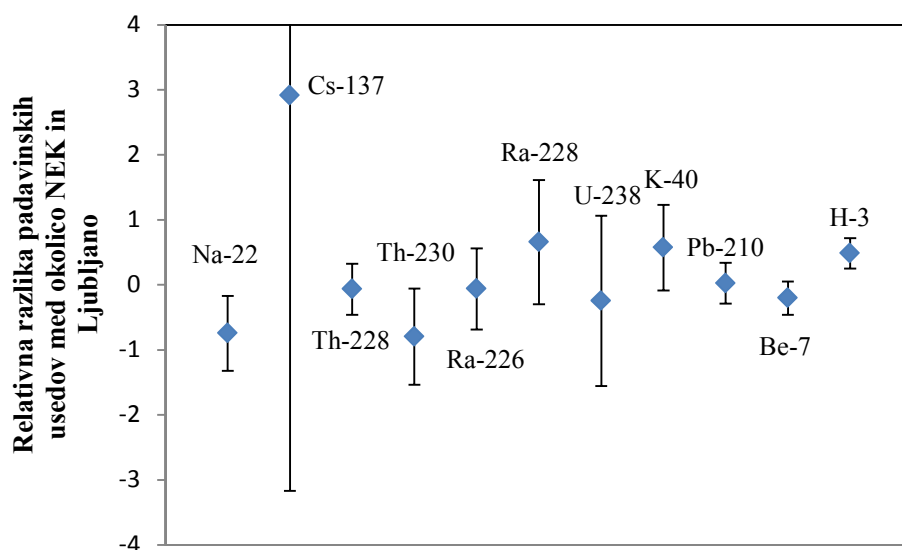
Slika 4.15: Časovni potek polletnih koncentracij tritija v Bregah, od katerih smo odšli vrednosti na referenčni lokaciji v Ljubljani, normirane na količino padavin v Bregah



Slika 4.16: Časovni potek razlik polletnih koncentracij med Dobovo in Ljubljano. Od izmerjenih koncentracij smo odšli normirane vrednosti na referenčni lokaciji Ljubljana.



Slika 4.17: Korelacija med padavinskim usedom v okolici NEK in Ljubljani. Posamezna točka pomeni vrednost določenega radionuklida.



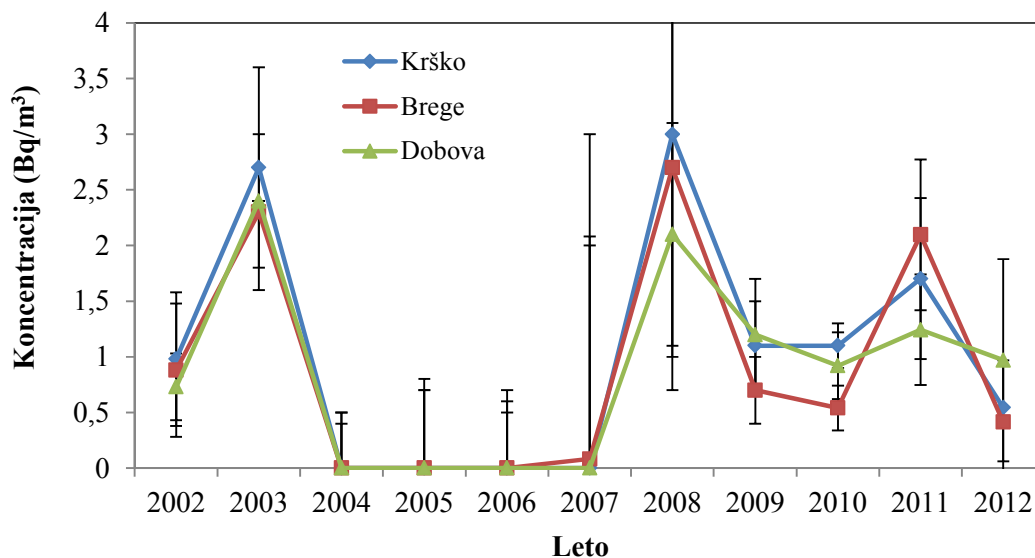
Slika 4.18: Kvocienti razlik povprečnih letnih padavinskih usedov na merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljane ter ljubljansko vrednostjo letnega padavinskega useda

S slik 4.15 in 4.16 je razvidno, da vplivno območje jedrske elektrarne glede tritija ne seže daleč. Sliki prikazujeta razlike polletnih koncentracij med Bregami in Ljubljano (slika 4.15) ter Dobovo in Ljubljano (slika 4.16). Medtem ko v Bregah lahko govorimo o trendu naraščanja v obdobju zadnjih 11 let, to ne drži za Dobovo.

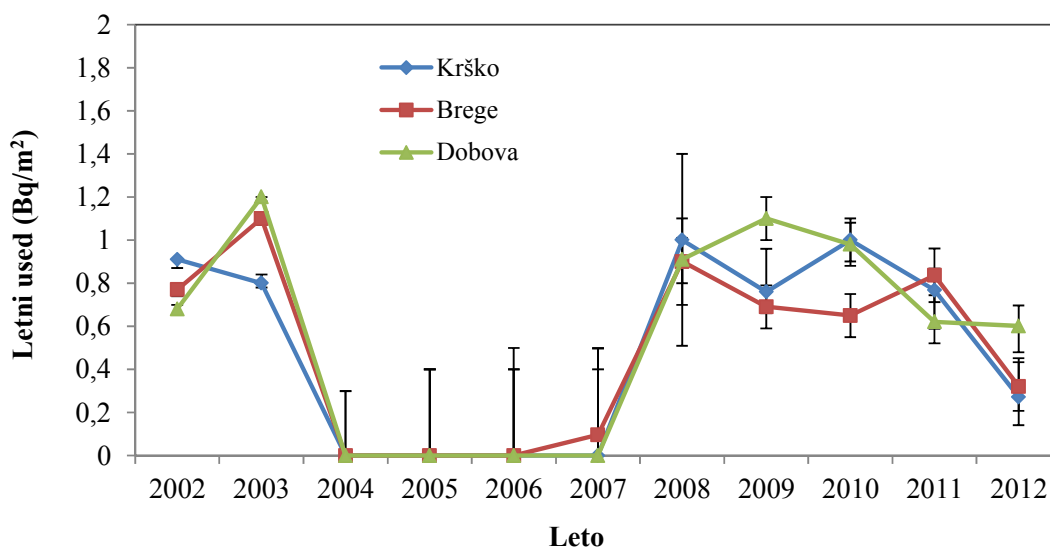
Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, obenem pa na globalni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. V splošnem lahko rečemo, da je stanje v Ljubljani in v okolici NEK precej podobno, razmerja med radionuklidi so praktično enaka (slika 4.17), kar pomeni, da izmerjenih radionuklidov v splošnem ne moremo pripisati jedrski elektrarni.



Potrditev za to izjavo je tudi na sliki 4.18, kjer so prikazani kvocienti razlik letnih padavinskih usedov povprečja merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani ter ljubljansko vrednostjo letnega padavinskega useda. Kvocient za Cs-137 je edini večji od 1, vendar je negotovost tako velika, da smemo tudi za ta radionuklid reči, da razlike med Ljubljano in okolico NEK ni. Porazdelitev koncentracije Cs-137 je namreč tako v okolju celotne Slovenije kot v okolici NEK neenakomerna. ζ -preskus je za vse radionuklide manjši od 1,3. Izjema je seveda spet in še vedno tritij. Relativna razlika med lokacijami je primerljiva z vrednostmi za druge radionuklide (0,49), ζ -preskus pa je za tritij edini večji od 2.



Slika 4.19: Letne povprečne koncentracije Sr-90 za zadnjih 11 let

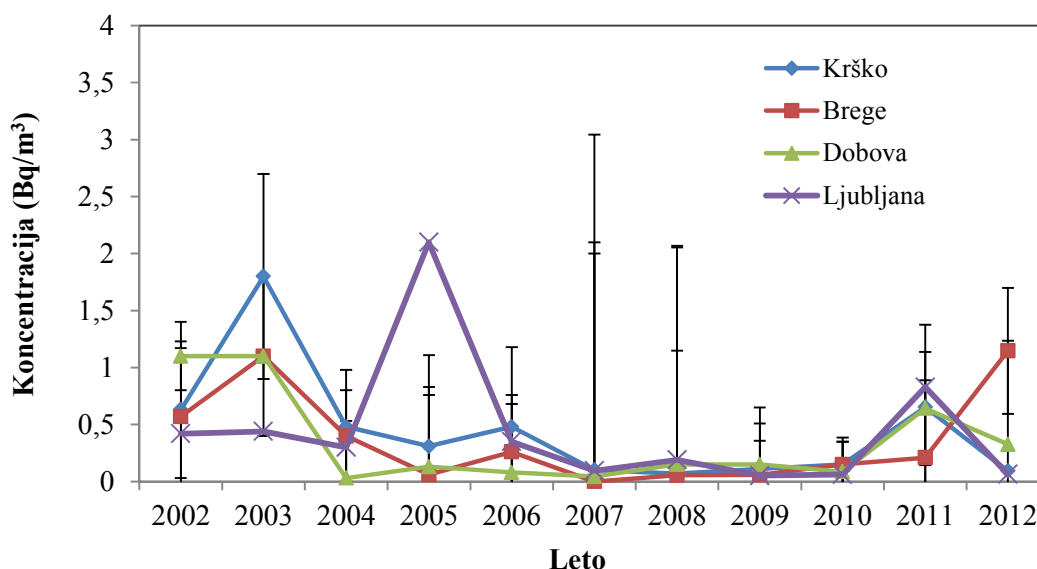


Slika 4.20: Letni padavinski used Sr-90 za zadnjih 11 let

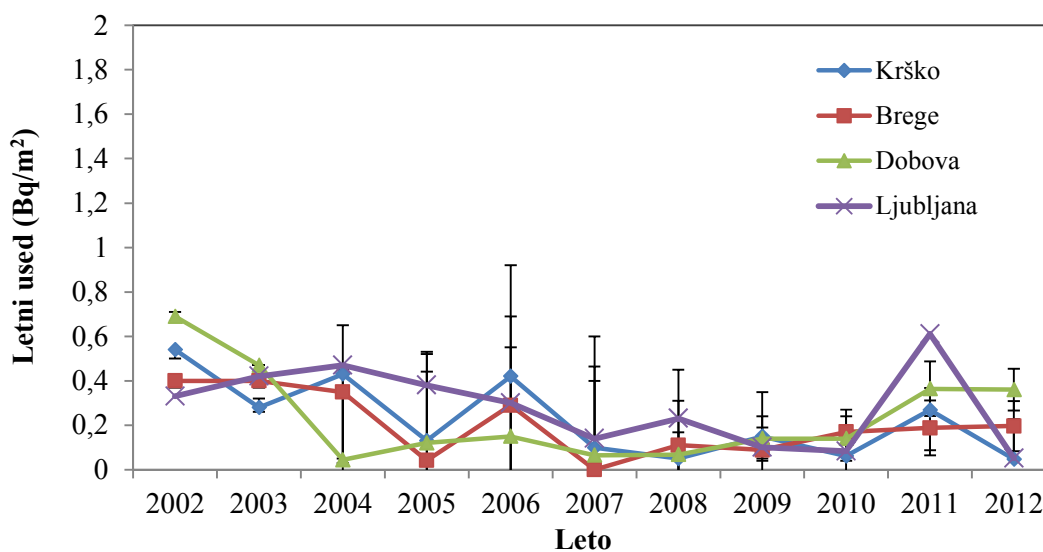


Slika 4.19 prikazuje letne povprečne koncentracije Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK, slika 4.20 pa letne padavinske usede za obdobje med 2001 in 2012. Krivulje za posamezne lokacije so si med seboj zelo podobne, vrednosti pa zelo nizke, vedno nižje od 3 Bq/m^3 . V letu 2012 je vrednost predvsem v Krškem in Bregah bistveno nižja od koncentracij v 2011. Nasploh velikih odmikov v zadnjih desetih letih ni bilo; pri večjih povprečnih koncentracijah leta 2003 in 2008 so bile tudi negotovosti oziroma raztrosi mesečnih vrednosti tako veliki, da ne moremo govoriti o statistično signifikantnih razlikah.

Na slikah 4.21 in 4.22 sta prikazana večletna poteka letnih koncentracij in padavinskih usedov za Cs-137. Sorazmerno visoka vrednost v Bregah gre na račun vzorca iz meseca marca, ko je bila izmerjena koncentracija $8,1 \text{ Bq/m}^3$ z negotovostjo $3,0 \text{ Bq/m}^3$. Ker je bil to najsušnejši mesec, lahko upravičeno podvomimo v reprezentativnost vzorca, saj ga je bilo zbranega le 2,3 L. Pri padavinskih usedih je vrednost na ravni prejšnjih let.



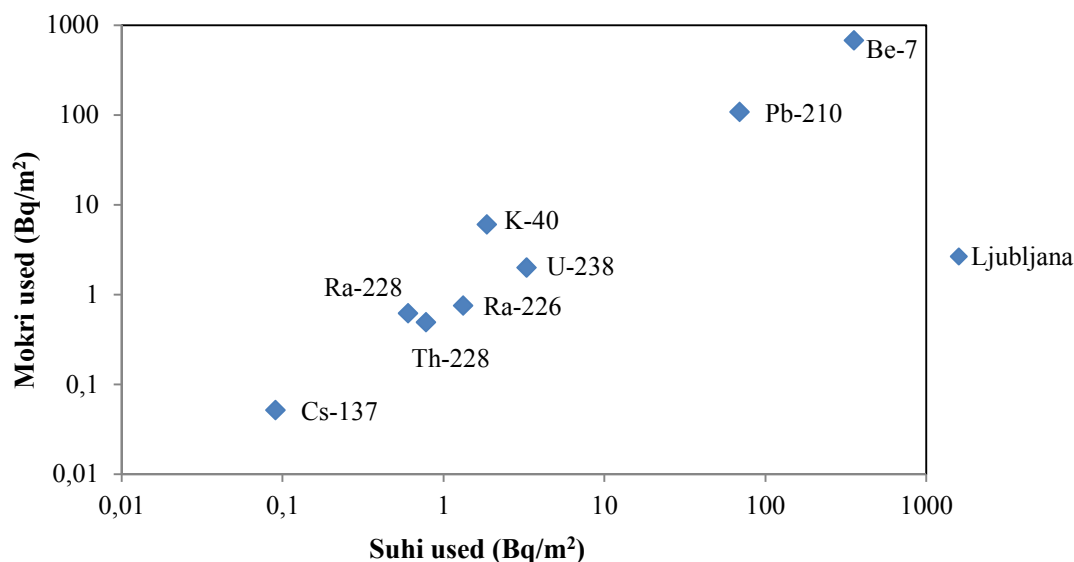
Slika 4.21: Letne povprečne koncentracije Cs-137 v padavinah za zadnjih 11 let



Slika 4.22: Letni padavinski used Cs-137 za zadnjih 11 let



Pogledali smo korelacijo letnih padavinskih in suhih usedov za Ljubljano in vse kombinacije vzorčevalnih mest v okolici Krškega. Ujemanje za Ljubljano je tako rekoč 100-odstotno, s korelacijskim koeficientom $R^2 = 0,9987$ (slika 4.23). Še boljše ujemanje ($R^2 > 0,999$) smo dobili za kombinacije povprečja letnega suhega useda štirih lokacij v širši okolici NEK in letnih padavinskih usedov za Krško in Dobovo. Korelacijski koeficient je višji od 0,99 tudi za vse druge kombinacije vzorčevalnih mest v okolici NEK, razen za dve: primerjava med vrednostmi suhega useda za ožjo okolico in padavinskega useda za Krško in Dobovo ne kaže nikakršnega ujemanja ($R^2 < 0,006$). Razmerja med suhim in padavinskim usedom so na letni ravni, torej enaka za vse radionuklide.



Slika 4.23: Korelacija med letnim padavinskim usedom in suhim usedom za Ljubljano. Posamezna točka predstavlja en radionuklid. ($R^2 = 0,9987$).

OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z zunanjo in ingestijsko dozo. Efektivne zunanje doze ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [8] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 4.4 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz.

Tabela 4.4: Zunanje doze zaradi letnega useda v letu 2012 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
		doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,000 3 \pm 0,000 1	0,000 078 \pm 0,000 1
	VSI	0,069 \pm 0,020	0,083 \pm 0,003



Zunanja doza za umetne radionuklide je bila v letu 2012 manjša kot v letu 2011: v okolici NEK za približno faktor 3, v Ljubljani pa kar za faktor 15. Skupna doza za vse radionuklide v letu 2012 se praktično ne razlikuje od vrednosti v letu 2011. To velja za okolico NEK in Ljubljano. V obeh primerih je nekoliko višja v letu 2012. Iz tabele 4.4 je razvidno, da je zunanja doza za umetne radionuklide višja v okolici NEK, skupna pa v Ljubljani. Zunanja doza zaradi umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK 0,4 %, v Ljubljani pa le 0,09 % k celotni zunanji dozi. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2012 zanemarljivi.

Predvidene efektivne ingestijske doze D zaradi useda radionuklidov na rastlinje ocenimo z naslednjim izrazom:

$$D = C_{v,d} \cdot h(g) \cdot m \quad (4)$$

kjer je $C_{v,d}$ koncentracija radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, $h(g)$ dozni faktor za posamezen radionuklid in m masa zaužitega rastlinja. Privzete vrednosti za maso letno zaužitega rastlinja, ki smo jih uporabili v izračunu ingestijske doze, so navedene v tabeli 4.6.

Vsebnost radionuklidov v rastlinju zaradi useda radionuklidov v primeru dolgotrajnega odlaganja ocenimo z izrazom [35]:

$$C_{v,d} = \frac{\dot{d} \cdot \alpha [1 - \exp(-\lambda_e \cdot t_e)]}{\lambda_e} \exp(-\lambda \cdot t_h) \quad (5)$$

kjer je \dot{d} hitrost nanosa, α delež površine, ki jo zavzema 1 kg pridelka, λ_e efektivna razpadna konstanta za zmanjševanje aktivnosti v pridelku, ki je enaka $\lambda_e = \lambda + \lambda_w$, λ razpadna konstanta izotopa, t_e čas izpostavitve rastline nanosu, λ_w hitrost zmanjševanja radioaktivnosti na površini zaradi raznih efektov in t_h čas med pobiranjem rastline in njenim zaužitjem. Izhodiščne vrednosti parametrov so podane v tabeli 4.5.

Rezultati ocenjenih ingestijskih doz zaradi usedov radionuklidov na rastlinje so zbrani v tabeli 4.6, iz katere je razvidno, da sta dozi za umetne radionuklide, ki ju odrasli in otroci v okolici NEK prejmejo zaradi uživanja rastlinske hrane, od 2,3 do trikrat višji od vrednosti za odrasle in otroke v Ljubljani, kar je primerljivo z letom 2011. V primerjavi z letom 2011 so vrednosti ingestijske doze za umetne radionuklide približno dvakrat nižje na vseh lokacijah in za vse tri kategorije prebivalcev. Ob tem je treba seveda upoštevati, da je bilo leto 2011 izjemno zaradi nesreče v Fukušimi. Delež, ki ga prispevajo umetni nuklidi, je zanemarljiv v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov.

Tabela 4.5: Izhodiščne vrednosti parametrov

Parameter	Vrednosti parametrov [35]	enote
α	0,3	m ² /kg
λ_w	0,05	d ⁻¹
t_e	60	d
t_h	14	d

Skupna ingestijska doza je 1,7 krat višja kot v letu 2011 za lokacije v okolici NEK in 1,3 krat višja za Ljubljančane. Pri tem se upošteva le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni upoštevan. Zajet je v poglavju "*Vnos radionuklidov v prehransko verigo*".

V skupni letni efektivni dozi, ki je vsota zunanje in ingestijske doze, je zunanja doza zanemarljiva.


Tabela 4.6: Ingestijske doze zaradi letnega useda v letu 2012 za odrasle, otroke in dojenčke

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
			doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI	25	UMETNI	$0,015 \pm 0,002$	$0,0065 \pm 0,0004$
		VSI	30 ± 9	$29 \pm 0,7$
OTROCI	15	UMETNI	$0,013 \pm 0,002$	$0,0049 \pm 0,0006$
		VSI	50 ± 10	49 ± 1
DOJENČKI	2,5	UMETNI	$0,042 \pm 0,006$	$0,014 \pm 0,002$
		VSI	230 ± 70	220 ± 6

SKLEPI

V poročilu NEK-a najdemo H-3, C-14, Co-58, Co-60, Fe-55, Na-22, Te-125m, T-127m, Cs-137 in Sr-90/89 med zračnimi izpusti. Količine izpustov Co-58, Co-60, Te-125m, T-127m so tako majhne, da jih tudi na najbližjih opazovalnih lokacijah ne zaznavamo in so vedno pod mejami detekcije. V okoljskih vzorcih so bili v letu 2012 izmerjeni H-3, Na-22, Cs-134, Cs-137, I-131, Sr-90 in naravni radionuklidi uranove in torijeve verige.

V letu 2012 je bil izrazito sušen mesec le marec, zato so zaradi majhne količine vzorca rezultati lahko popačeni. Razlogov je zato več: analizne metode ne dosegajo enake občutljivosti in natančnosti, koncentracija oziroma padavinski used sta korelirana s količino padavin, reprezentativnost vzorca zaradi majhne količine lahko postavimo pod vprašaj.

Z izpusti jedrske elektrarne so korelirane le meritve H-3. Trend globalnega upadanja koncentracij tritija v ozračju je tako v okolici NEK nekoliko zabrisan, sezonska nihanja pa so opazna. Tritij sicer po obče uporabljeni metodologiji praktično ne vpliva k dozni obremenitvi.

Na-22 je bil nekajkrat izmerjen oziroma zaznan v padavinskih vzorcih tako na lokacijah v okolici NEK kot na referenčni lokaciji. Časovne povezave med izpustom in pojavnostjo na opazovanih lokacijah ni. Podobno velja za Cs-137 in Sr-90, ki v letu 2012 ne kažeta posebnosti. C-14 in Fe-55 se v vzorcih padavin ne določata.

K zunanji in ingestijski dozi prispevajo predvsem naravni radionuklidi. Obremenitev prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki je tako primerljiva, vpliv NEK pa zanemarljiv.



5 ZRAČNE EMISIJE IN IMISIJE

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in evalvirani rezultati meritev plinskih in aerosolnih vzorcev v okolju (imisije) ter aerosolnih filtrov na glavnem dimniku NEK (emisije). Ocena vpliva na prebivalstvo po zračni prenosni poti je bila narejena na podlagi meritev zračnih izpustov in z uporabo modela. Lokacije vzorčevanja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2012 enake kot prejšnja leta.. Iz meritev ocenjene letne efektivne doze prebivalcev zaradi inhalacije in imerzije umetnih radionuklidov, ki so posledica izpustov iz NEK, so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi. Še največji prispevek k dozi lahko potencialno prejmejo prebivalci v okolici NEK zaradi izpustov C-14, ki se vgradi v rastline in ga zaužijejo s hrano. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je 0,29 μSv .

UVOD

Vzorčevanje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvaja v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 124. členom Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS št. 102/2004) zagotavljati upravljalec jedrskega objekta. Podobno kot spremljamo radioaktivnost v okolju v Sloveniji, jo spremljajo tudi v drugih državah članicah EU, saj to zahteva 35. člen pogodbe o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo [36].

Meritve radioaktivnosti zraka v okolici NEK se izvajajo z namenom, da se oceni doze na posameznika iz referenčne skupine prebivalstva po inhalacijski in imerzijski prenosni poti. Meritve se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh. Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, in da sta prevladujoči smeri vetra proti jugozahodu in proti jugovzhodu.

Aerosole smo vzorčevali na osmih mestih v okolici NEK, ki so v zračni oddaljenosti od 1,4 km do 12 km od glavnega izpuha NEK: Spodnji Stari Grad (1,8 km), Krško - Stara vas (1,8 km), Leskovec (3 km), Brege (2,3 km), Vihre (2,9 km), Gornji Lenart (5,9 km), Spodnja Libna (1,4 km) in Dobova (12 km). Na istih mestih kot vzorčevanje aerosolov je potekalo vzorčevanje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se je izvajalo le v Dobovi.

Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan".

Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odvzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2012 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evaluacij.

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



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

Vzorčevanje emisij NEK se opravlja na glavnem oddušniku z odvzemom reprezentativnega vzorca, ki se črpa skozi več merilnikov sevanja in vrača v oddušnik. Posebej se vzorčujejo tritij (H-3), ogljik (C-14), Sr-90/Sr-89 (specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta) ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama. Meritev žlahtnih plinov poteka kontinuirno v posebnem merilnem zbiralniku. Vzorčevanje in specifične analize tritija (H-3) in ogljika (C-14) je opravil IJS, meritve vzorcev filtrov za vzorčevanje aerosolov na ventilacijskem kanalu pa NEK in IJS. NEK je opravil tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

REZULTATI MERITEV

V letu 2012 je bil v NEK remont med 14. 4. in 27. 5. 2012. Navadno so izpusti med remontom večji kot med rednim obratovanjem, to predvsem velja za izpuste jodov in žlahtnih plinov. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11245, marec 2013.

Rezultati meritev I-131 (tabela T-43 (IJS)) v letu 2012 niso bili nad mejo detekcije 1E-4 Bq/m³. Zato lahko sklenemo, da jod, ki bi bil posledica izpustov iz NEK, ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani.

Rezultati meritev naravnih radionuklidov v aerosolih (tabele od T-44 do T-51 in T-52 (IJS - program nadzora radioaktivnosti v RS) na posameznih mestih kažejo dokaj dobro ujemanje, kar velja še posebej za kozmogeni Be-7, za katerega ugotavljamo, da je bila v okviru merilne negotovosti na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK in Ljubljani izmerjena enaka vrednost. Podobno velja tudi za meritve Pb-210 v okolici NEK. Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov. Izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v aerosolih so zelo podobne vrednostim, izmerjenim v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 5.1). Meritve aerosolov v okviru tega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), v Predmeji in na Jareninskem vrhu (ZVD Zavod za varstvo pri delu [12]).

Meritve aerosolov v Ljubljani so najbolj natančne, zato se v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Ob primerjavi vrednosti z lokacij v okolici NEK in v Ljubljani je treba upoštevati, da zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani, kar zniža mejo detekcije. Ob upoštevanju teh dejstev lahko sklenemo, da so vrednosti naravnih radionuklidov v zraku v okolici NEK podobne tistim, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [12]. Razlike v koncentracijah U-238 med posameznimi lokacijami v okolici NEK so verjetno posledica samih značilnosti lokacij, kot so npr. bližina objektov, ki povzročajo zaklanjanje, prevetrenost lokacije, bližina obdelovanih polj itd. U-238 v zraku je posledica resuspenzije iz zemlje. Na lokacijah, kjer so v bližini obdelovalna polja in več mešanja zemlje, lahko pričakujemo večje koncentracije U-238 in potomcev.


Tabela 5.1: Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzorov radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2012

Vzorč.mesto	JARENINSKI VRH*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)
U-238	1,4E-05 ± 3E-06	1,0E-05 ± 3E-06	1,6E-06 ± 2E-06	3,1E-06 ± 2E-06
Ra-226	6,4E-06 ± 3E-07	4,1E-06 ± 3E-07	< 2E-06	< 4E-07
Pb-210	1,3E-03 ± 6E-05	6,6E-04 ± 6E-05	7,8E-04 ± 8E-05	7,6E-04 ± 3E-05
Ra-228	5,9E-06 ± 7E-07	4,0E-06 ± 7E-07	6,9E-07 ± 4E-07	1,4E-06 ± 5E-07
Th-230				1,2E-05 ± 7E-06
Th-228	5,4E-06 ± 1E-06	2,5E-06 ± 1E-06	2,1E-06 ± 2E-07	3,5E-07 ± 2E-07
K-40	6,6E-04 ± 9E-06	3,8E-04 ± 9E-06	< 2E-05	< 8E-06
Be-7	4,4E-03 ± 7E-05	4,0E-03 ± 7E-05	4,2E-03 ± 4E-04	4,2E-03 ± 2E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,2E-06 ± 2E-07	1,9E-06 ± 2E-07	1,6E-06 ± 4E-07	1,0E-06 ± 2E-07
Sr-89/Sr-90	-----	-----	-----	5,4E-07 ± 8E-08

* Rezultati iz programa nadzora radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi poroča tudi o Na-22, tega leta je namreč povečal občutljivost meritev. Podobno kot Be-7, je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1 000-krat nižje od koncentracij Be-7. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

Izmed umetnih radionuklidov sta bila v letu 2012 v aerosolih zaznana Cs-137 in Sr-90. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je posledica globalne kontaminacije, medtem ko je prispevek NEK nemerljiv glede na modelne ocene. Izmerjene povprečne vsebnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK so na ravni večletnega povprečja (1 µBq/m³). Izmerjene vrednosti Cs-137 so primerljive z vrednostmi na lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 5.1).

Specifične meritve Sr-90/Sr-89 so potekale v Dobovi. Izmerjene aktivnosti so nizke (0,41–0,68 µBq/m³). V izpustih NEK v letu 2012 so bile vrednosti Sr-89 pod mejo detekcije 0,1 mBq/m³. Zato lahko sklenemo, da Sr-89 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.

Iz meritev spektrometrije gama na aerosolnih in jodovih filterjih ter na osnovi podatkov o volumnu prečrpanega zraka smo določili povprečne vsebnosti posameznih radionuklidov v prečrpanem zraku. Podatki o izmerjenih vsebnostih joda I-131 za sedem vzorčevalnih mest so zbrani v tabeli T-43.

Podatki o izmerjenih vsebnostih aerosolov za vseh osem vzorčevalnih mest v okolici NEK so v tabelah od T-44 do T-51, podatki o izmerjenih vsebnostih radionuklidov v aerosolih na dvorišču IJS v Ljubljani pa so v tabeli T-52. Za vsa vzorčevalna mesta in vse merjene radionuklide so določena letna povprečja.

Iz povprečnih vsebnosti za okolico NEK ter vsebnosti za Ljubljano so določene predvidene efektivne doze $E(50)$ in $E(70)$ 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. Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje $h(g)_{j,inh}$ (predvidena efektivna doza na enoto vnosa) iz reference [8] 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. S seštevanjem predvidenih efektivnih doz za posamezne radionuklide dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih, vključno z naravnimi. Rezultati izračunov so zbrani v preglednici 5.1.

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 ($42 \text{ m}^3/\text{s}$ oziroma $3\,628\,800 \text{ m}^3$ na dan) so določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov.

Modeliranje širjenja emitiranih snovi v zraku je postopek, s katerim z ustreznimi modeli, realiziranimi v obliki programske opreme, ocenimo koncentracije emitirane snovi v zunanjem zraku. Z modelom izračunamo razredčitvene koeficiente $(\chi/Q)/(s/\text{m}^3)$. Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja, če je emisija enotska (enaka 1).

Razredčitveni koeficient se za podano mrežo celic nad obravnavano domeno izračuna za vsak polurni interval v obravnavanem letu posebej. Časovno povprečenje pa se izvrši nad vsako celico posebej. Metodologija privzema, da je emisija v obravnavanih intervalih za povprečenje konstantna.

Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, od 2007 dalje uporabljamo Lagrangeev model širjenja emitiranih snovi v zraku, saj ti upoštevajo konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere. Pred letom 2007 smo za opis širjenja izpuščenih snovi v ozračju uporabljali le Gaussov model. Oba modela in razlike med njima smo podrobno opisali v poročilu za leto 2007.

Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov $(\chi/Q)/(s/\text{m}^3)$ (tabela 5.2), ki jih je za posamezne mesece ter mesta v okolici NEK pripravilo podjetje MEIS, so bile izračunane povprečne mesečne vsebnosti posameznih radionuklidov na posameznih mestih.

Na sliki 5.1 so podane izračunane povprečne mesečne koncentracije Cs-137 za različna naselja v odvisnosti od razdalje od NEK z uporabo razredčitvenih koeficientov Lagrangeevega modela.

Iz predstavljenih podatkov o razredčitvi in podatkov o plinskih emisijah iz NEK lahko ocenimo tudi povprečno mesečno koncentracijo v posameznih naseljih ter te ocene primerjamo z našimi merskimi podatki. Povprečna mesečna koncentracija posameznega radionuklida A_j na lokaciji l od točke izpusta se izračuna po formuli:

$$A_{jl} = A_{js} \cdot \Phi_v \cdot N \cdot (\chi/Q)_l \quad (6)$$

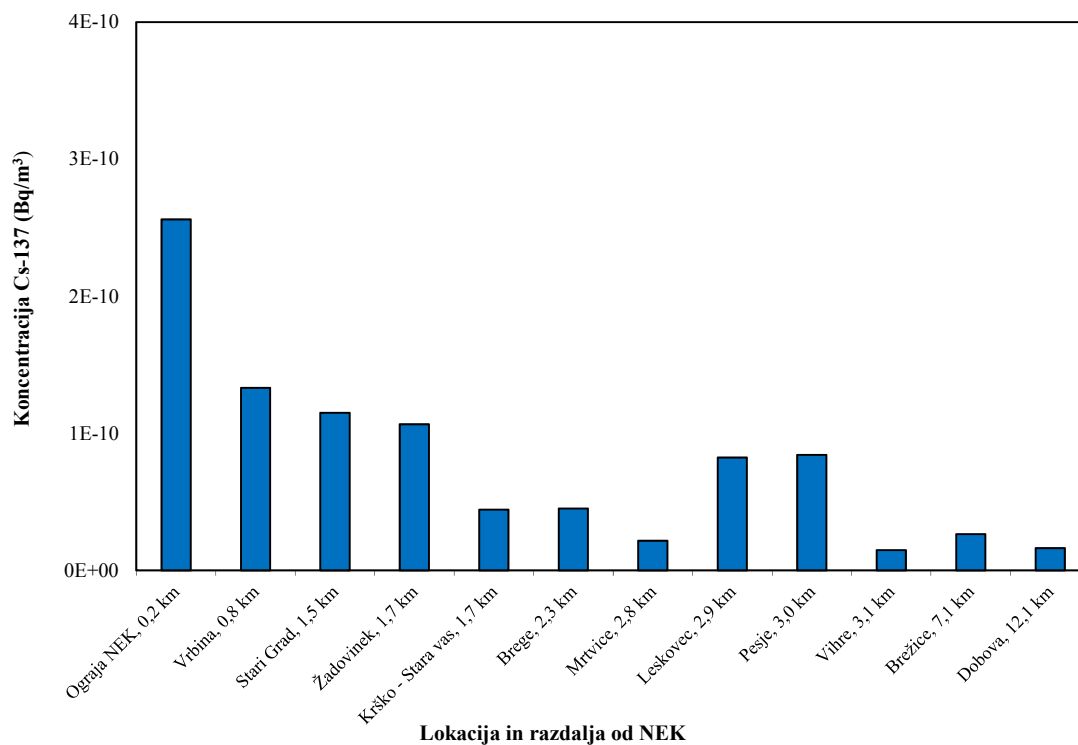
pri čemer je A_{jl} povprečna mesečna koncentracija j -tega radionuklida na lokaciji l , A_{js} povprečna mesečna specifična koncentracija radionuklida j na točki izpusta, Φ_v pretok oziroma hitrost izpusta v enotah m^3/s , $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l in N trajanje izpusta.

Iz predstavljenih podatkov na sliki 5.1 je razvidno, da so izračunane povprečne koncentracije Cs-137 tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo (približno $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$), ki jo dosežemo pri meritvah aerosolov. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije Cs-137, nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na aerosolnih filtrih v okolici NEK (tabele T-44 do T-53) niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje. Cezij v zemlji je posledica černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega stoletja.



Tabela 5.2: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti χ/Q (s/m^3) v letu 2012 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS z uporabo Lagrangeevega modela.

2012	Ograja NEK	Vrbina	Stari grad	Žadovinek	Krško-Stara vas	Brege	Mrtvice	Leskovec	Pesje	Vihre	Brežice	Dobova
januar	8,7E-08	8,2E-08	7,8E-08	7,0E-08	4,1E-08	4,7E-08	3,0E-08	5,5E-08	8,4E-08	1,8E-08	3,0E-08	1,9E-08
februar	1,1E-07	7,0E-08	7,3E-08	9,5E-08	3,3E-08	4,5E-08	2,3E-08	9,5E-08	4,9E-08	1,9E-08	3,9E-08	1,6E-08
marec	1,7E-07	9,4E-08	9,0E-08	1,4E-07	3,2E-08	4,7E-08	2,7E-08	1,0E-07	4,8E-08	2,5E-08	6,4E-08	3,3E-08
april	2,5E-07	1,4E-07	1,5E-07	1,2E-07	4,8E-08	5,8E-08	1,2E-08	7,7E-08	1,2E-07	1,2E-08	2,1E-08	9,9E-09
maj	4,7E-07	2,3E-07	1,2E-07	1,1E-07	5,8E-08	6,9E-08	3,8E-08	6,8E-08	9,1E-08	2,5E-08	4,7E-08	3,5E-08
junij	1,3E-06	4,7E-07	1,8E-07	2,0E-07	8,6E-08	7,3E-08	3,0E-08	1,0E-07	1,1E-07	2,8E-08	6,2E-08	3,4E-08
julij	2,6E-06	7,4E-07	1,8E-07	2,4E-07	6,9E-08	1,2E-07	4,7E-08	7,7E-08	1,3E-07	3,4E-08	7,0E-08	2,9E-08
avgust*	2,7E-06	7,9E-07	1,0E-07	2,6E-07	4,5E-08	1,3E-07	4,5E-08	8,6E-08	8,7E-08	3,3E-08	1,3E-07	7,1E-08
september	5,8E-07	2,3E-07	1,8E-07	1,2E-07	7,6E-08	1,1E-07	3,7E-08	9,4E-08	9,6E-08	2,5E-08	3,1E-08	2,1E-08
oktober	2,2E-07	1,5E-07	1,9E-07	1,8E-07	6,4E-08	5,5E-08	2,2E-08	1,5E-07	9,6E-08	1,7E-08	3,9E-08	2,0E-08
november	1,3E-07	1,1E-07	1,3E-07	1,8E-07	6,0E-08	5,3E-08	2,6E-08	1,5E-07	9,8E-08	1,7E-08	1,6E-08	7,3E-09
december	9,8E-08	1,0E-07	1,8E-07	7,5E-08	4,4E-08	3,2E-08	1,9E-08	7,6E-08	1,9E-07	1,3E-08	2,7E-08	1,8E-08



Slika 5.1: Primerjava izračunanih letnih povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih



Na sliki 5.2 so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) v enotah s/m^3 za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q , kar je naredil MEIS.

S slike 5.2 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v poprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Zato so tudi izračunane koncentracije radionuklidov v naseljih jugozahodno in jugovzhodno od NEK višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in severovzhodno od NEK na približno isti oddaljenosti.

DISKUSIJA

Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci, ki živijo v okolici NEK. Človek z vdihavanjem zraka v telo vnese določeno količino radionuklidov, ki so v zraku. Radionuklidi se nato iz pljuč razširjajo v druge dele telesa in povzročajo obsevanost človeka. Prejeta doza je odvisna od koncentracije posameznih radionuklidov v zraku, vrste radionuklidov in hitrosti dihanja. Efektivna doza E , ki jo prejme posameznik v starostni skupini prebivalstva ali skupini izpostavljenih delavcev g , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

$$E = \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}} \quad (7)$$

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

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

$$A_{j,\text{inh}} = A_j V_d t \quad (8)$$

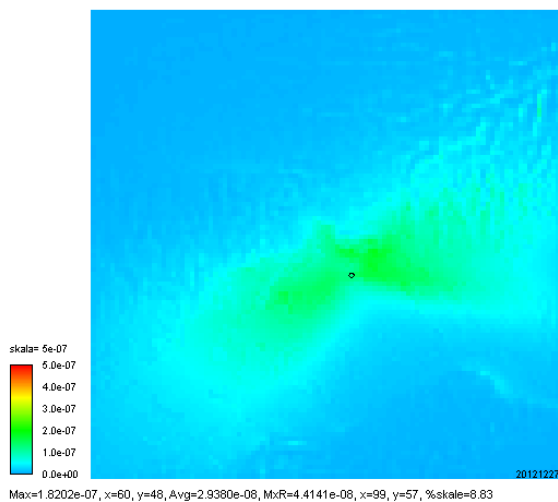
kjer je A_j koncentracija j -tega radionuklida iz enačbe 6, V_d hitrost dihanja in t trajanje vdihavanja.

Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino [8] in podatkov o povprečnih mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,\text{inh}}/(\text{Sv/Bq})$ [8] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. V preglednici 5.2 podajamo ocenjene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije za odraslega prebivalca (starost >17 let) na lokaciji Spodnji Stari Grad, ocenjene na osnovi meritev mesečnih izpustov tritija (H-3), ogljika (C-14) ter meritev aerosolov. Izračun je narejen ob upoštevanju povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela za naselje Spodnji Stari Grad. To naselje je izbrano kot referenčno naselje z najvišjo izračunano dozo.

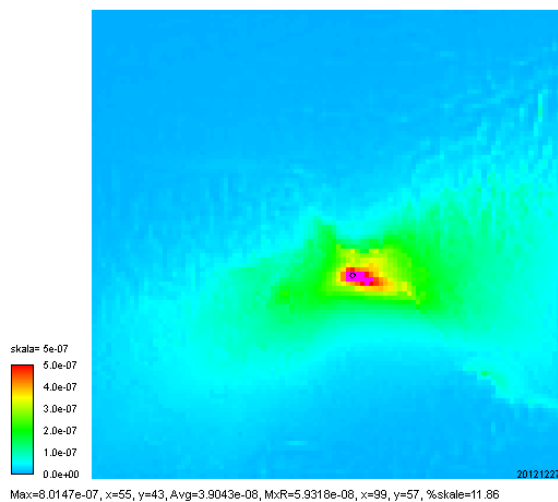
Na sliki 5.3 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (μSv na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 do 2012.



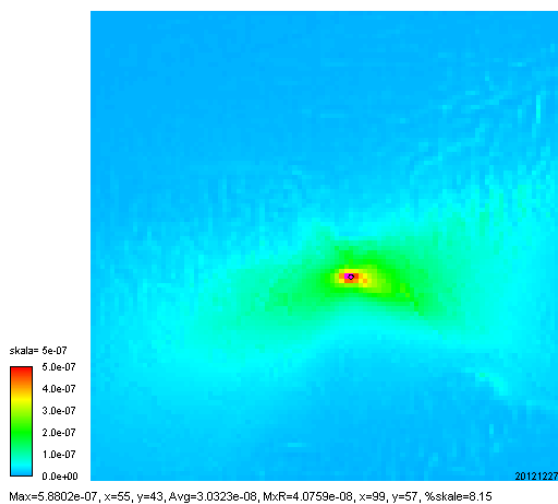
01-01-07, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



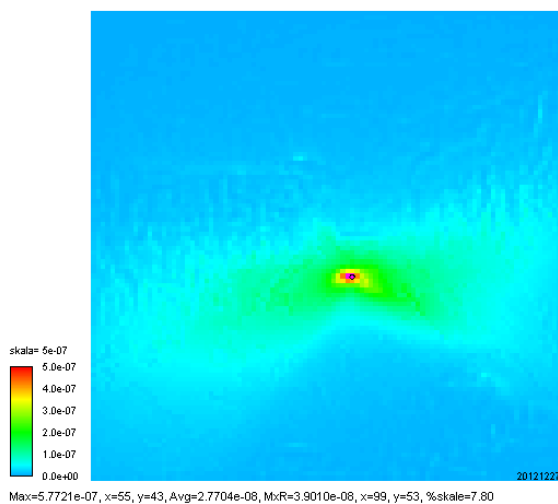
01-01-08, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



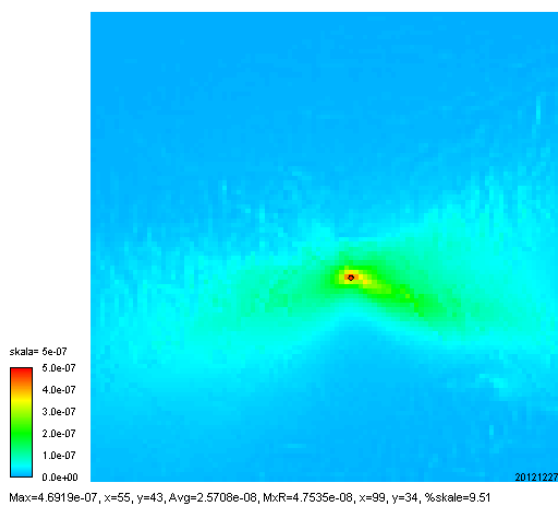
01-01-09, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



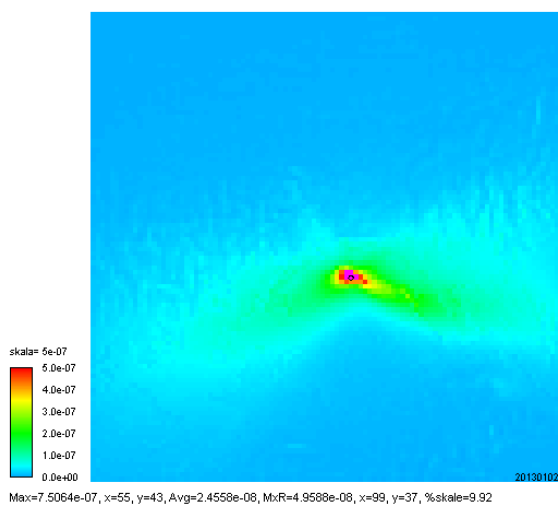
01-01-10, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



01-01-11, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



01-01-12, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



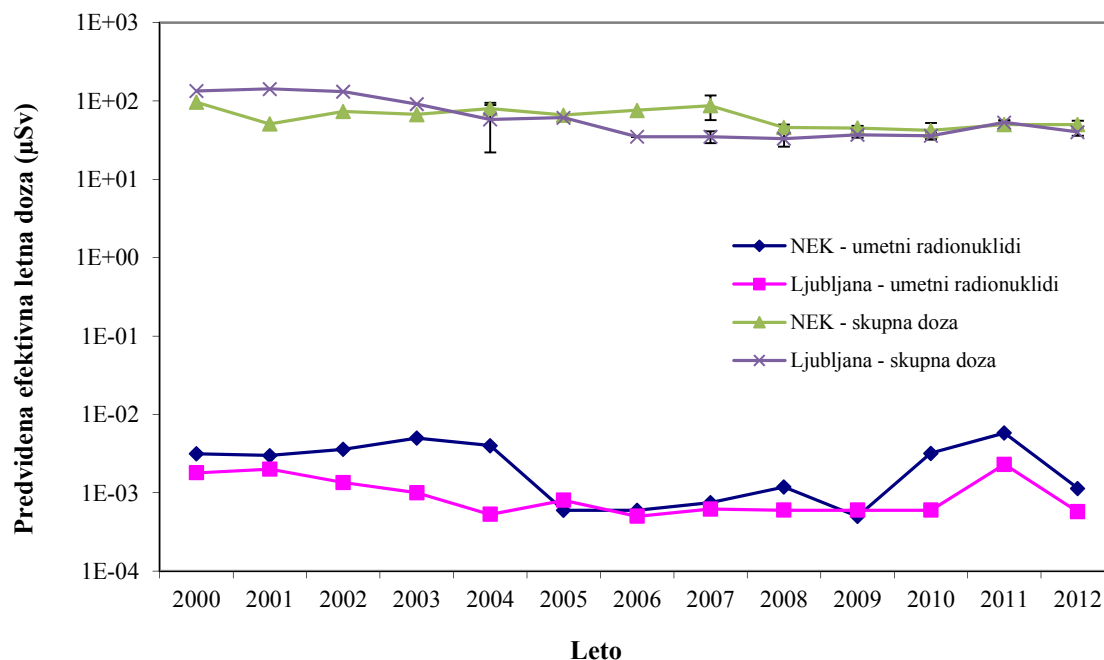
Slika 5.2: Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2007–2012 (Lagrangeev model)



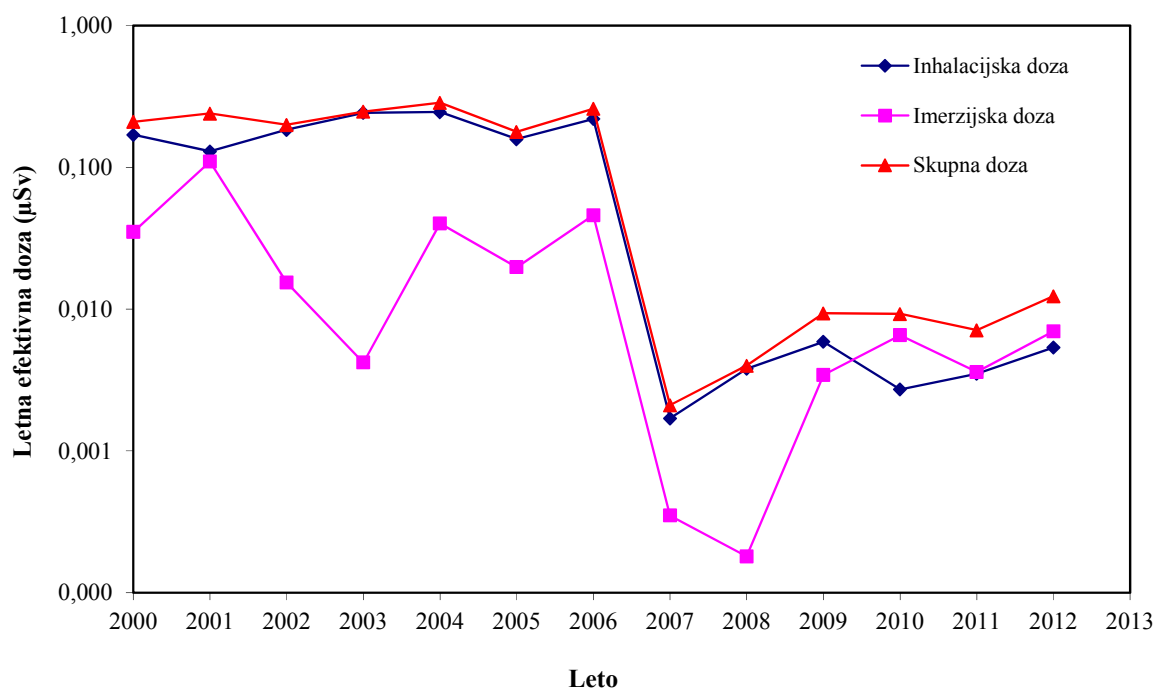
Kot je razvidno s slike 5.3, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je v zadnjih letih okoli ali manj od $0,001 \mu\text{Sv}$. Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar tri četrtine doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2003 ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno velja za celotno obdobje 2000–2004 in 2009–2012. Večino doze prispeva Sr-90. Višja doza zaradi umetnih radionuklidov v letu 2011 je opazna tako v Ljubljani kot okolici NEK. To je posledica izmerjenih vrednosti Cs-137, Cs-134 in I-131 v marcu in aprilu 2011 oziroma nesreče v Fukušimi.

Prispevek Sr-90 k dozi v Ljubljani ni ovrednoten, ker se v zračnih filtrih v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije v Ljubljani ne določa vsebnost Sr-90. Če primerjamo doze zaradi drugih umetnih radionuklidov, pa lahko ugotovimo, da so doze umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK podobne oziroma praktično enake, vsekakor pa zanemarljive v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov.

Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Poleg tega je bil v letu 2006 v Ljubljani spremenjen način vzorčevanja. Največji prispevek k dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbenega faktorja, ki ga ima ta izotop [8]. V splošnem lahko rečemo, da so v okolici NEK učinkovite doze zaradi inhalacije naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj $10 \mu\text{Sv}$ na leto [12].



Slika 5.3: Primerjava predvidenih letnih učinkovnih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide (μSv na leto). Ordinatna os je v logaritemski skali. Ocena negotovosti je zaradi logaritemske skale slabo vidna. Ocenjene negotovosti doz so okoli 10 % pri faktorju pokritja 68 %.



Slika 5.4: Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad v letih 2000–2012 (μSv na leto). Ordinarna os je v logaritemski skali. Ocenjene negotovosti izračuna doz so več 10 % pri faktorju pokritja 68 %.

Na sliki 5.4 je povzetek ocen inhalacijskih in imerzijskih doz od leta 2000 dalje, izračunanih iz podatkov o plinskih emisijah iz NEK in iz povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/Q , ki so jih za Spodnji Stari Grad izračunali na Agenciji RS za okolje (do vključno leta 2006) in MEIS (od leta 2007 dalje). Razvidno je, da se z uporabo Lagrangeevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja efluentov (aerosoli, partikulati, molekule) v zraku, izračunana doza bistveno zmanjša (preglednica 5.3). Gaussov model je primeren predvsem za preproste ravninske geometrije in je zelo verjetno, da so bile vrednosti učinkovitih doz za inhalacijo in imerzijo zaradi plinskih emisij iz NEK v določeni meri precenjene v letih pred 2007. Sedanja ocenjena letna učinkovita doza, ki temelji na izračunanih razredčitvenih koeficientih po Lagrangeevem modelu, je kar za okrog faktor 100 manjša od tistih pred 2007. Izračunane doze zaradi vdihavanja zračnih delcev iz podatkov o zračnih emisijah in razredčitvenih koeficientov iz Lagrangeevega modela so v letu 2012, ob upoštevanju negotovosti določitve doz, na ravni povprečja v obdobju 2007–2012. To kaže na stabilne pogoje obratovanja jedrske elektrarne in na podobnost letnih vremenskih razmer.

Med zračnimi izpusti je tudi izotop C-14. Prispevek C-14 k inhalacijski dozi je majhen, le nekaj desetink odstotka skupne inhalacijske doze, v letu 2012 le 0,04 μSv ali le 0,7 %. To je skoraj enako kot v 2009 in 2010 in manj kot v 2011 (0,14 %).

C-14 se vgrajuje v rastline, ki jih uživajo ljudje in živali. Pri prispevku k dozi zaradi izpustov C-14 je tako treba upoštevati predvsem ingestijsko dozo. V zadnjih letih je Institut Ruđer Bošković izdelal več študij, v katerih je bila ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 iz zračnih izpustov NEK [15–18]. V študijah se primerja doza zaradi uživanja hrane iz neposredne okolice NEK in kontrolne lokacije v Dobovi. Učinkovita letna doza je izračunana ob predpostavki, da človek dva meseca uživa hrano iz okolice NEK in deset mesecev s področij, kjer se ne čuti vpliva NEK.

Ocenjena letna učinkovita doza zaradi zauživanja C-14 na kontrolni lokaciji v Dobovi je okoli 15 μSv , dodatna doza zaradi prispevka C-14 iz NEK pa je 1–2 % (0,3 μSv). Prispevek C-14 k dozi v 2012 je 0,29 μSv in je v okviru omenjenih vrednosti [18].



OCENA VPLIVOV

Meritve I-131 v zraku (tabela T-43) kažejo, da merilna meja $0,1 \text{ mBq/m}^3$ v letu 2012 ni bila presežena na nobenem od vzorčevalnih mest. Zato lahko dobimo samo oceno za zgornjo mejo prispevka I-131 tako, da za koncentracijo privzamemo merilno mejo $0,1 \text{ mBq/m}^3$. Letne predvidene efektivne doze, ki jih tako izračunamo, so za odraslega človeka 7 nSv , za dojenčka pa 11 nSv .

Meritve na aerosolnih filtrih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer $(38 \pm 2) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let $37\text{--}49 \mu\text{Sv}$ na leto v obdobju 2005–2011). Prispevek Pb-210 k celotni dozi je največji, ker ima radionuklid zelo visok dozni pretvorbeni faktor [8].

Drugi po prispevku k dozi v letu 2012 je, podobno kot v preteklih letih, Th-230 ($11,0 \pm 6,7) \mu\text{Sv}$, vendar je negotovost ocene doze enake velikosti kot doza sama in vrednosti ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo. V letu 2011 npr. Th-230 sploh ni bil zaznan. Velika merilna negotovost in vrednosti pod mejo detekcije potrjujejo dejstvo, da so koncentracije Th-230 na meji zaznavanja in izmerjenih vrednosti oziroma prispevkov k dozi, ki jih povzroča Th-230, ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo kot pri radionuklidih, ki jih bolje detektiramo.

V letu 2012 sta k dozi med umetnimi radionuklidi prispevala Cs-137 in Sr-90. Oba izotopa navadno zaznamo v aerosolih zaradi resuspenzije prašnih delcev s tal in sta posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusnih eksplozij in černobilske kontaminacije.

Prispevek umetnih radionuklidov je v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov zelo majhen. Večino doze zaradi umetnih radionuklidov prispeva Sr-90. Izračunana predvidena efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov je več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze naravnih radionuklidov. V letu 2012 je izračunana efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov $(0,0011 \pm 0,0001) \mu\text{Sv}$. Povprečna izračunana efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov v obdobju 2007–2011 je bila $(0,0022 \pm 0,0006) \mu\text{Sv}$. V tem obdobju je bila največja doza v letu 2011 $(0,0058 \pm 0,0015) \mu\text{Sv}$, ko se je zgodila jedrska nesreča v Fukušimi. Vendar pa je tudi v letu 2011 največji delež k dozi še vedno prispeval Sr-90 zaradi resuspenzije z zemlje in ne iz Fukušime.

Predvidena efektivna doza je zaradi vseh detektiranih radionuklidov v letu 2012 za odraslega človeka v okolici NEK $(50 \pm 7) \mu\text{Sv}$ na leto in je zelo podobna vrednostim iz preteklih let (2011: $(50 \pm 3) \mu\text{Sv}$; 2010: $(42 \pm 6) \mu\text{Sv}$; 2009: $(45 \pm 5) \mu\text{Sv}$). Celotna predvidena efektivna doza za otroka je $(38 \pm 5) \mu\text{Sv}$ in za dojenčka $(17 \pm 2) \mu\text{Sv}$.

Meritve aerosolnih filtrov v Ljubljani in v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi pomemben samo prispevek Pb-210, ki je za odraslo osebo med $30 \mu\text{Sv}$ in $40 \mu\text{Sv}$ na leto.

Od umetnih radionuklidov prispevata k predvideni efektivni dozi Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalnega radioaktivnega onesnaženja. Obremenitev prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 je nizka in je med $0,0005 \mu\text{Sv}$ in $0,001 \mu\text{Sv}$ na leto. V letu 2012 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi $(0,0004 \pm 0,0001) \mu\text{Sv}$.

Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2012 je večja kot za prebivalca v Ljubljani, kar je posledica izmerjenih vrednosti naravnih radionuklidov. Večja doza v okolici NEK je posledica večje resuspenzije iz zemlje kot posledice obdelave polj, česar je na Krškem polju več kot v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je v preglednici 5.1.



Preglednica 5.1: Aerosolni filtri v letu 2012 - povzetek vsot predvidenih efektivnih doz (*) za odrasle, otroke in dojenčke, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [8].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI <i>E(50)</i>	umetni radionuklidi	0,001 1 ± 0,000 1	0,000 6 ± 0,000 1
	umetni in naravni radionuklidi	50 ± 7	40 ± 4
OTROCI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 8 ± 0,000 1	0,000 4 ± 0,000 1
	umetni in naravni radionuklidi	38 ± 5	32 ± 3
DOJENČKI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 36 ± 0,000 04	0,000 19 ± 0,000 05
	umetni in naravni radionuklidi	17 ± 2	15 ± 1

(*) Predvidene efektivne doze so izračunane iz predpostavke, da odrasel vdihne 9 000 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 17 L/min), da otrok (7–12 let) vdihne 5 585 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 10,6 L/min) in da dojenček (do 1 leta) vdihne 1 044 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 2,0 L/min).

Zaradi zelo nizkih koncentracij umetnih radionuklidov v zračnih izpustih NEK na lokacijah meritev v aerosolih ni mogoče izmeriti njihovih koncentracij oziroma so pod mejo detekcije. Zato si pri oceni koncentracije radionuklidov na posameznih lokacijah pomagamo z računskimi modeli, ki ocenijo razredčitev koncentracije radionuklidov od točke izpusta.

Meritve emisij na izpuhu NEK in podatki o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 5.2) nam omogočajo, da izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK. V preglednicah 5.2 in 5.3 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2012 v Vrbini in nato v Spodnjem Starem Gradu, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Iz preglednice 5.2 je razvidno, da je praktično vsa inhalacijska doza posledica zračnih emisij tritija. Tritij prispeva k skupni inhalacijski dozi 5,3 nSv na leto (predvsem v obliki emisij HTO), kar je podobno kot v preteklih letih (2011: 3,5 nSv; 2010: 2,7 nSv; 2009: 5,9 nSv). Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. V letu 2012 so bili v izpustih izmerjeni prispevki joda, ki jih sicer ni bilo vse od leta 2009. To kaže, da je bila integriteta goriva v zadnjem gorivnem ciklu nekaj slabša kot v preteklih dveh ciklih.

Ocenjena predvidena efektivna letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2012 je 0,005 4 μSv. V obdobju 2007–2012 so se predvidene letne inhalacijske doze gibale med 0,001 7 μSv (2007) in 0,0059 μSv (2009). Večja doza v letu 2009 in 2012 je predvsem posledica večjih izpustov tritija (8,8E+12 v 2012 in 5,9E+12 v 2009 v primerjavi z 1,9E+12 v 2007).

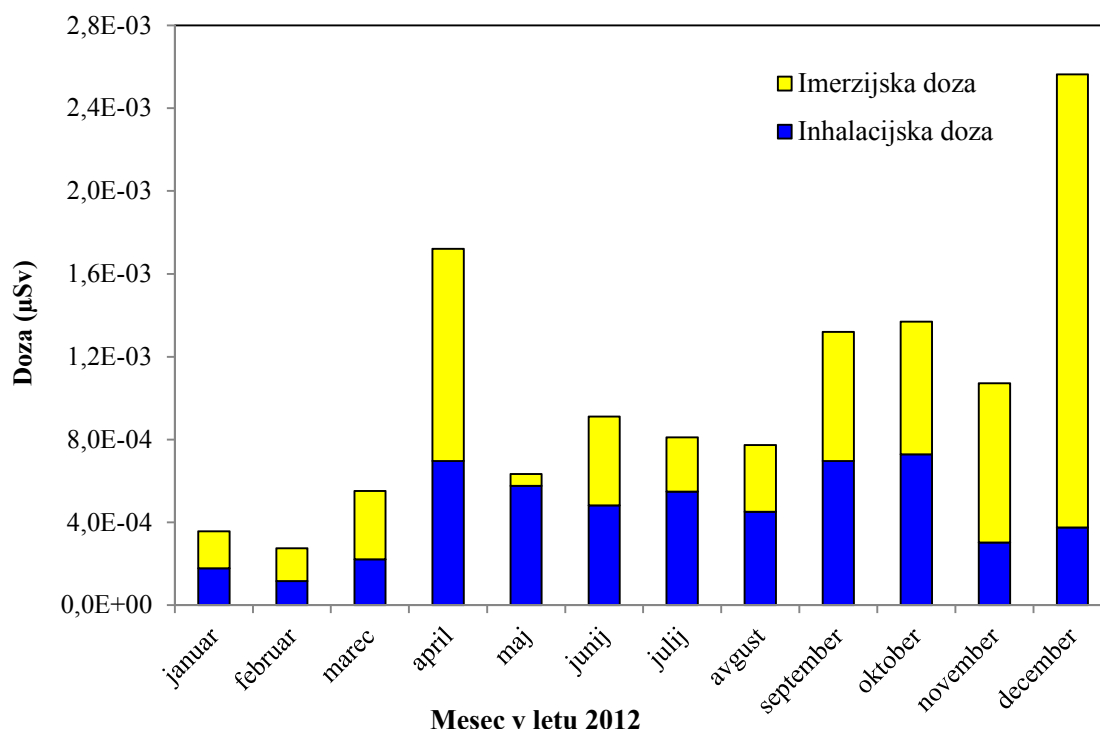


Preglednica 5.2: Predvidene letne efektivne doze za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 0,8 km) – prispevki posameznih izotopov. Ocena doz je narejena na podlagi inhalacijskih in imerzijskih doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [8] in predpostavke o hitrosti dihanja 17 L/min ter mesečnih prizemnih razredčitvenih koeficientih χ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela.

	Izotop	Letna efektivna doza (μSv)
Pare, plini (inhalacija)	I-131	1,6E-06
	I-133	3,8E-07
	HTO	5,3E-03
	HT + CHT	9,0E-06
	¹⁴ CO ₂	3,6E-05
	¹⁴ CH ₄	1,5E-07
Aerosoli (inhalacija)	Na-22	/
	Co-58	4,9E-09
	Co-60	2,0E-08
	Nb-95	1,5E-10
	Ag-110m	1,1E-09
	Te-125m	1,8E-10
	Te-127m	5,0E-09
	Cs-137	4,0E-08
	Fe-55	8,0E-10
	Sr-89/Sr-90	1,1E-08
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	1,3E-03
	Xe-133	8,0E-04
	Xe-135	1,0E-03
	Xe-135m	2,3E-04
	Ar-41	3,4E-03
	Kr-85	1,5E-04
	Inhalacijska doza	5,4E-03
	Imerzijska doza	7,0E-03
	DOZA - SKUPAJ	1,2E-02

Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnega plina Ar-41 v letu 2012. Doza 0,0034 μSv je zelo nizka in primerljiva z dozami v preteklih letih 2009–2011, ko se je gibala v razponu 0,0025–0,0064 μSv . Največja imerzijska doza je bila v decembru 2012 (slika 5.5), ko so bili poročani največji izpusti Ar-41. Precej manj so k dozi prispevali drugi izotopi. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2012 je 0,0070 μSv za odraslo osebo, 0,0043 μSv za otroka in 0,0008 μSv za dojenčka. Imerzijska doza je podobna kot v letih 2009–2011. V letih 2007–2008 so bile imerzijske doze okoli 10-krat nižje, vendar ne toliko zaradi manjših izpustov iz NEK, temveč zaradi neugodnih vremenskih razmer in posledično večjih razredčitv. S slike 5.2 je razvidno, da so razredčitveni koeficienti v letih 2009–2012 zelo podobni in da so razredčitve v zadnjih letih manjše kot npr. v letih 2007 in 2008. Celotna letna doza za odraslega človeka v Spodnjem Starem Gradu, ki je posledica inhalacije in imerzije v letu 2012, je 0,0124 μSv . Doze so podobne kot v preteklih letih (2011: 0,0071 μSv ; 2010: 0,0093 μSv ; 2009: 0,0094 μSv ; 2008: 0,0040 μSv).

V preglednici 5.3 so zbrane izračunane doze za odraslega človeka, otroka in dojenčka za različna mesta v okolici NEK. Predvidene letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,0018 μSv (Vihre) do 0,021 μSv (Vrbina).



Slika 5.5: Mesečne inhalacijske in imerzijske doze za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad. Največji prispevek k inhalacijski dozi daje H-3 v obliki vodne pare, k imerzijski pa Ar-41 (Preglednica 5.2.).

- Vir:
- mesečni emisijski podatki NEK [5]
 - IJS - analize mesečnih sestavljenih emisijskih vzorcev H-3, C-14 in aerosolov
 - povprečni mesečni razredčitveni koeficienti χ/Q (MEIS) za prizemni izpust

SKLEPI

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

Od leta 2007 za izračun doz zaradi atmosferskih izpustov uporabljamo Lagrangeev model, ki bolje opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevnih terenih, kot je to primer v okolici NEK. Z uporabo tega modela so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije skoraj stokrat nižje kot pred 2007, ko smo za izračun razredčitvenih koeficientov uporabljali Gaussov model. Največja razlika med modeloma je v bližini izpustnega mesta, z oddaljenostjo od izpusta pa so razlike med izračunanimi razredčitvenimi koeficienti po obeh modelih nižje (do največ 30-krat).



Preglednica 5.3: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2012. Primerjava skupnih inhalacijskih in imerzijskih doz za Lagrangeev in Gaussov model. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [8] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ – ODRASLI IN OTROCI							
Naselje	Razdalja od NEK (km)	Lagrangeev model (μSv)			Gaussov model (μSv)		
		Odrasli	Otroci (7–12 let)	Dojenčki (do 1 leta)	Odrasli	Otroci (7–12 let)	Dojenčki (do 1 leta)
Ograja NEK (zahod)	0,2	5,4E-02	3,9E-02	1,2E-02	1,1E+01	7,9E+00	2,3E+00
Vrbina	0,8	2,1E-02	1,5E-02	4,6E-03	3,6E-01	2,5E-01	7,1E-02
Spodnji Stari Grad	1,5	1,2E-02	8,6E-03	2,5E-03	4,7E-01	3,2E-01	9,2E-02
Žadovinek	1,7	1,2E-02	8,7E-03	2,6E-03	3,3E-01	2,3E-01	6,5E-02
Krško – Stara vas	1,7	4,6E-03	3,2E-03	9,5E-04	1,3E-01	8,9E-02	2,5E-02
Brege	2,3	5,7E-03	4,0E-03	1,2E-03	1,1E-01	7,5E-02	2,1E-02
Mrtvice	2,8	2,4E-03	1,7E-03	5,0E-04	3,2E-01	2,2E-01	6,2E-02
Leskovec	2,9	8,1E-03	5,6E-03	1,6E-03	6,5E-02	4,5E-02	1,3E-02
Pesje	3,0	9,5E-03	6,6E-03	1,8E-03	2,0E-01	1,4E-01	3,9E-02
Vihre	3,1	1,8E-03	1,2E-03	3,7E-04	8,3E-02	5,7E-02	1,6E-02
Brežice	7,1	3,8E-03	2,7E-03	8,1E-04	9,5E-02	6,6E-02	1,9E-02
Dobova	12,1	2,1E-03	1,5E-03	4,5E-04	3,6E-02	2,5E-02	7,2E-03

V letu 2008 je Evropska komisija izdala publikacijo [39], v kateri so izračunane predvidene letne učinkovite doze zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo jedrskega goriva v Evropi. Doze v tem poglavju so izračunane za referenčno skupino prebivalstva za vse objekte ob enakih predpostavkah in na enakih razdaljah 500 m in 5 000 m od objekta. Pri ocenjevanju doze zaradi plinskih izpustov je učinkovita doza za 75 % objektov manjša od 1,4 μSv na leto na razdalji 500 m in manjša od 0,24 μSv na leto na razdalji 5 000 m.

Ovrednotenje emisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na realnih vremenskih podatkih, je za leto 2012 pokazalo naslednje:

- predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (50 ± 7) μSv na leto. Doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let;
- predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije 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 ($0,001 \pm 0,000 1$) μSv na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK povzročajo glavnino zunanega sevanja, ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,007 0 μSv na leto;
- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij, povzročajo največjo učinkovito dozo zaradi inhalacije; ta je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 0,005 4 μSv na leto; prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;



- na osnovi meritev C-14 v vzorcih hrane, ki so bile opravljene v letu 2012, je težko določiti prispevek, ki ga povzročajo izpusti iz NEK in vgrajevanje tega C-14 v hrano; izmerjene vrednosti na referenčni lokaciji v Dobovi in v vzorcih iz sadovnjaka ob NEK so znotraj merilne negotovosti primerljive; obenem povzročajo težavo pri ocenjevanju prispevka sezonske variacije v koncentraciji C-14 v zraku, zato dozo zaradi ingestije C-14, ki je v zračnih izpustih NEK, ocenjujemo na 0,29 μSv oziroma na enako vrednost kot v preteklih letih;
- skupna letna efektivna doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije in imerzije, je 0,012 μSv v letu 2012.





6 IZPOSTAVLJENOST ZUNANJEMU SEVANJU

POVZETEK

Izpostavljenost prebivalstva zunanjemu sevanju je posledica sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, kozmičnega sevanja, sevanja iz oblaka in zunanjega sevanja zaradi nanosa, ki se odloži po prehodu radioaktivnega oblaka ob morebitnem izpustu radioaktivnih snovi v okolje. Zunanja izpostavljenost se izračuna na podlagi merskih podatkov radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki.

Za izračun prispevka sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je tudi v letu 2012 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na štirih lokacijah v okolici NEK. Ločeno so bili merjeni vzorci iz različnih globin zaradi spremljanja globinske porazdelitve koncentracije radionuklidov. Rezultati meritev kažejo, da se koncentracije naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa večje na lokacijah, kjer je tip zemlje rjava naplavina. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve v okolici NEK so med $(0,50 \pm 0,02)$ mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in $(0,66 \pm 0,03)$ mSv za neobdelano zemljo v Gmajnicah, pri čemer je prispevek Cs-137, ki izvira iz globalne kontaminacije v drugi polovici 20. stoletja, med 1 % in 23 %. Na podlagi meritev globinske odvisnosti koncentracije Cs-137 na posameznih lokacijah je težko sklepati na kakršno koli prodiranje depozita v večje globine. Stresanje izmerkov v zadnjih štirih letih prej kaže, v kolikšni meri so vzorci na posameznih mikrolokacijah nereprezentativni.*

V letu 2012 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (MFM) po programu, ki ga predvideva Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) (JV10). Meritve s TLD in MFM kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ kot v zadnjih letih. Povprečni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil v okolici NEK $(0,81 \pm 0,09)$ mSv, na ograji NEK $(0,58 \pm 0,03)$ mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem $(0,85 \pm 0,13)$ mSv. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bil določen z meritvami s TLD-400, ki ga uporablja IJS, in LiF, ki ga na hrvaški strani uporablja IRB, je v okviru merske negotovosti enaka. Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2012 nemerljivi z nespecifičnimi detektorji, kot so to TLD in MFM. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi izpustov iz NEK manjša od $0,01 \mu\text{Sv}$.*

UVOD

Ionizirajoče sevanje prežema naravno okolje in življenjski prostor človeka. V zemlji so s stališča izpostavljenosti ljudi pomembni predvsem radionuklidi iz razpadnih verig urana U-238 ($T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ let) in torija Th-232 ($T_{1/2} = 1,405 \cdot 10^{10}$ let) ter radioaktivni kalij K-40 ($T_{1/2} = 1,277 \cdot 10^9$ let). Sevanje iz zemlje je po svetu različno in je povezano z geološkimi in geografskimi značilnostmi. Višje hitrosti doze se pojavljajo tam, kjer so vulkanske kamnine (granit), nižje hitrosti doze pa na področju sedimentnih kamnin. Pri tem so tudi izjeme, kot so skrilavci in kamnine, bogate s fosfati. Povprečne specifične aktivnosti, ki jih navaja UNSCEAR za K-40, U-238 in Th-232 v zemlji so: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [38].

V Zemljo tudi nenehno trkajo kozmični žarki (pretežno protoni) iz vesolja. V atmosferi interagirajo na različne načine z jedri dušika, kisika in drugih elementov, pri čemer nastajajo kozmogeni radionuklidi (H-3, Be-7, C-14 itd.), ki se z vremenskimi procesi usedajo na zemljo. Pomembni komponenti kozmičnega sevanja na zemljski površini so sekundarni mioni in nevtroni. Poleg naravnih radionuklidov je v življenjskem in naravnem okolju razpršenih kar nekaj umetnih radionuklidov, ki pomenijo globalno antropogeno kontaminacijo. So posledica poskusnih jedrskih eksplozij (H-3, C-14, Cs-137, Sr-90 in



drugi), nesreč z jedrskimi materiali (Cs-137, Sr-90 in drugi) in kontaminacije zaradi vplivov jedrskih objektov in uporabnikov jedrskih snovi (raziskovalni centri, jedrske elektrarne, obrati za predelavo izrabljenega goriva, uporaba v medicini itd.).

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

Ker bi bila prisotnost Cs-137, Sr-90 in drugih fisijskih in aktivacijskih produktov v zemlji lahko tudi posledica izpustov iz jedrske elektrarne Krško (NEK), predpisuje pravilnik o nadzoru radioaktivnosti (JV10) [7] periodična vzorčenja in meritve vsebnosti radionuklidov v zemlji iz okolice NEK. Namen meritev je ugotoviti in ovrednotiti morebitni vpliv jedrske elektrarne na prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji in oceniti njihove prispevke k zunanji dozi sevanja ter spremljati transport radionuklidov v zemlji (vnos radionuklidov v podtalnico in prehranjevalno verigo ljudi).

Termoluminiscenčni dozimetri (TLD) se uporabljajo za spremljanje doze zunanjšega naravnega sevanja zaradi ugotavljanja lokalnih posebnosti in razponov, oceno vplivov NEK zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi oziroma za preverjanje modelnih ocen na podlagi emisij, oceno izpostavitve zunanjemu sevanju ob nezgodi po prehodu radioaktivnega oblaka in oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (kot je bila npr. černobilska kontaminacija).

V primeru sprotnega spremljanja hitrosti doze zunanjšega sevanja in zgodnjega opozarjanja se uporabljajo kontinuirni merilniki hitrosti doze – MFM, ki so nameščeni v mrežo po Sloveniji.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

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

Tri lokacije, kjer poteka vzorčevanje zemlje, so na neobdelanih površinah, ena pa na njivi (obdelana površina), ki ni vključena v program meritev, definiranem v pravilniku JV10. Vzorce se zbira na štirih globinah, tako da je mogoče spremljati koncentracije radionuklidov z globino. Pomembno je, da so mesta, kjer se na posamezni lokaciji vzorčuje zemlja, dovolj blizu, da so rezultati meritev med seboj korelirani in je mogoče spremljati transport radionuklidov v zemlji.

Zemlja se vzorčuje spomladi in jeseni na naslednjih lokacijah:

- Amerika, oznaka 5D, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;
- Gmajnice, oznaka 7C, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 2,5 km, tip zemlje: mivkasta borovina, neobdelana zemlja;
- Gmajnice, oznaka 7D, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,6 km, tip zemlje je rjava naplavina, obdelana zemlja;
- Kusova Vrbina – Trnje, oznaka 6E, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)* [7], postopek vzorčevanja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*. Zaradi izpiranja Cs-137 v globlje plasti zemlje se od leta 2009 kot vrhni sloj vzorčuje zemlja iz globine 0–5 cm in ne več ločeno v dveh plasteh: 0–2 cm in 2–5 cm kot v prejšnjih letih. Tako se na lokacijah, kjer se vzorčuje



neobdelana zemlja, zbira vzorce iz globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Na obdelani površini se vzorčuje v globinah 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm in 40–50 cm. Prav tako se hkrati z vzorcem zemlje zbere še vzorec trave. Vsebnost sevalcev gama v vzorcih zemlje se meri z visokoločljivostno spektrometrijo gama, kasneje pa se izmeri še koncentracija stroncija z destruktivno radiokemijsko analizo.

Na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (Ur. l. RS 102/04, UPB-2 okrajšano ZVISJV) [6] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS 20/07, JV10) [7] se zunanje sevanje v okolici NEK neprekinjeno meri z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Neposredne meritve zunanje doze sevanja v okolici NEK (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se izvajajo s 57 TLD (tip TLD-400) v okolici NEK in z devetimi TLD na ograji NEK. Dozimetri so nameščeni krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km. Postavljeni so na lokacijah, ki vključujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so postavljeni na višini 1 m od tal. Seznam dozimetrov zunaj ograje NEK in na njej z osnovnimi podatki je v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, v tabelah T-53/a, razmestitev pa je prikazana na drugem zemljevidu v prilogi tega poročila. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 TLD (podatki v tabeli T-55). V Sloveniji neodvisno poteka v okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS meritev doze zunanjega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanjega sevanja upoštevamo TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Vsi TLD, tako tisti, ki se uporabljajo v programu rednega obratovalnega nadzora, kot tisti, ki so razporejeni po Sloveniji se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) v intervalu doz od 5 μSv do 5 Sv [46]. Dozimetri TLD-400 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1 260 keV v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija dozimetrov po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*.

Na Hrvaškem se doza zunanjega sevanja meri s TLD-100H ($\text{LiF}:\text{Mg, Cu, P}$) in TLD-100 ($\text{LiF}:\text{Mg, Ti}$) [47]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu "Ruder Bošković" v Zagrebu [46, 47].

Dodatno je v okolici NEK postavljenih še 14 kontinuirnih merilnikov MFM-203, 13 jih nadzira NEK, enega pa URSJV. Poleg teh je po vsej Sloveniji še več kot 60 kontinuirnih merilnikov, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO) – 36 merilnikov, mreže ARSO – 17 merilnikov in mreže URSJV – 8 merilnikov. Kontinuirni merilniki hitrosti doze so povezani v sistem mreže za zgodnje zaznavanje zunanjega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu "<http://www.radioaktivnost.si>".

REZULTATI MERITEV

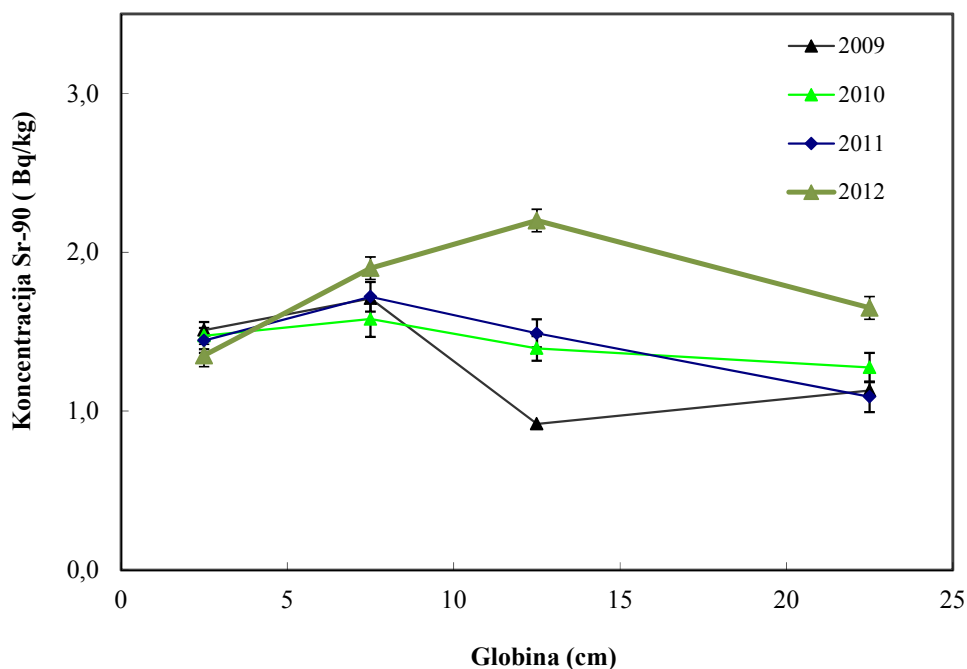
Rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013. Razen pričakovane prisotnosti naravnih radionuklidov ter Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije, niso bili izmerjeni radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinski izpusti so prikazani v tabeli 6.5, tekoči izpusti pa se obravnavajo v poglavju "*Površinske vode*"). Koncentracije naravnih radionuklidov, članov uranove in torijeve razpadne vrste, ter K-40 v zemlji se v okviru negotovosti tipično ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. Ujemanje je nekoliko slabše pri vzorcu iz Kusove Vrbine, ki je najpogosteje poplavljen območje. Koncentracije ne kažejo nobene značilne odvisnosti od globine vzorčevanja. Izjema je Pb-210, ki se izpira iz atmosfere in zato so koncentracije večje v zgornjih plasteh. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki pa je zaradi kratkega razpolovnega časa v merljivih koncentracijah navzoč le v zgornjih plasteh zemlje. Koncentraciji obeh potomcev torijeve razpadne vrste, Ra-228 in



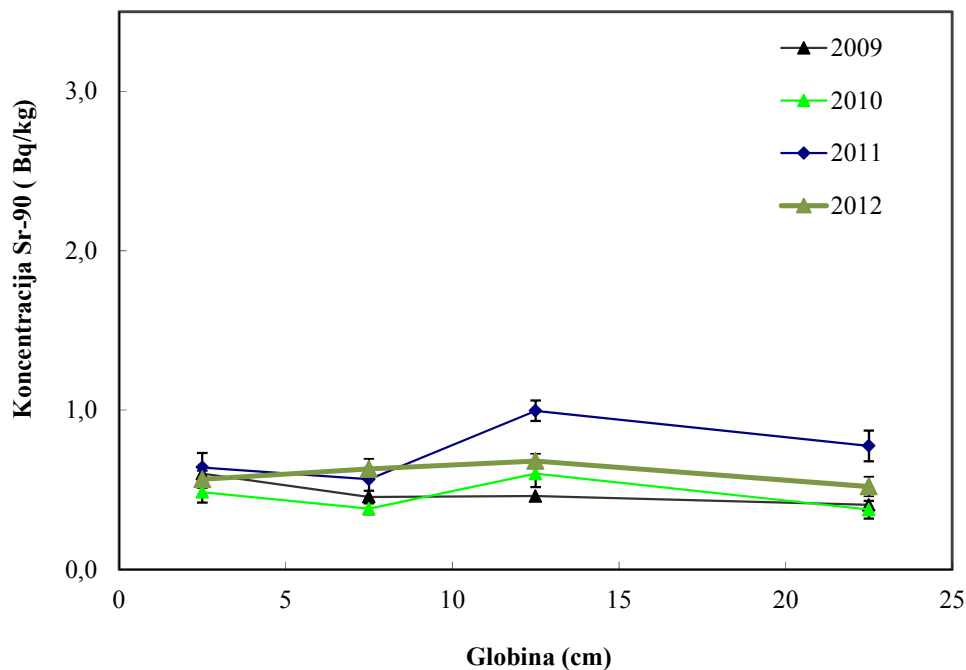
Th-228, se ujemata, pri uranovi razpadni vrsti pa je zaradi večje topnosti urana koncentracija U-238 nižja od koncentracije Ra-226. Aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 se ujemajo s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [38] za države južne Evrope.

Koncentracije Sr-90 v letu 2012 so v razponu od 0,47 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 15–30 cm do 2,2 Bq/kg v globini 10–15 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na slikah 6.1, 6.2 in 6.3 je prikazana globinska porazdelitev stroncija za leta 2009, 2010, 2011 in 2012, za katera so na razpolago meritve tudi v globini 15–30 cm. V Kusovi Vrbini in Ameriki je globinski profil za leto 2012 kvalitativno in kvantitativno zelo podoben profilu, ki je bil izmerjen v prejšnjih letih. Iz globinskega profila v Gmajnicah pa lahko razberemo, da se je maksimum porazdelitve premaknil k večjim globinam, koncentracija pa je v globljih plasteh občutno višja kot pri meritvah iz prejšnjih let, kar lahko pomeni drugačen nanos in pogoje prodiranja v zemljino na mikrolokaciji, kjer je potekalo vzorčevanje.

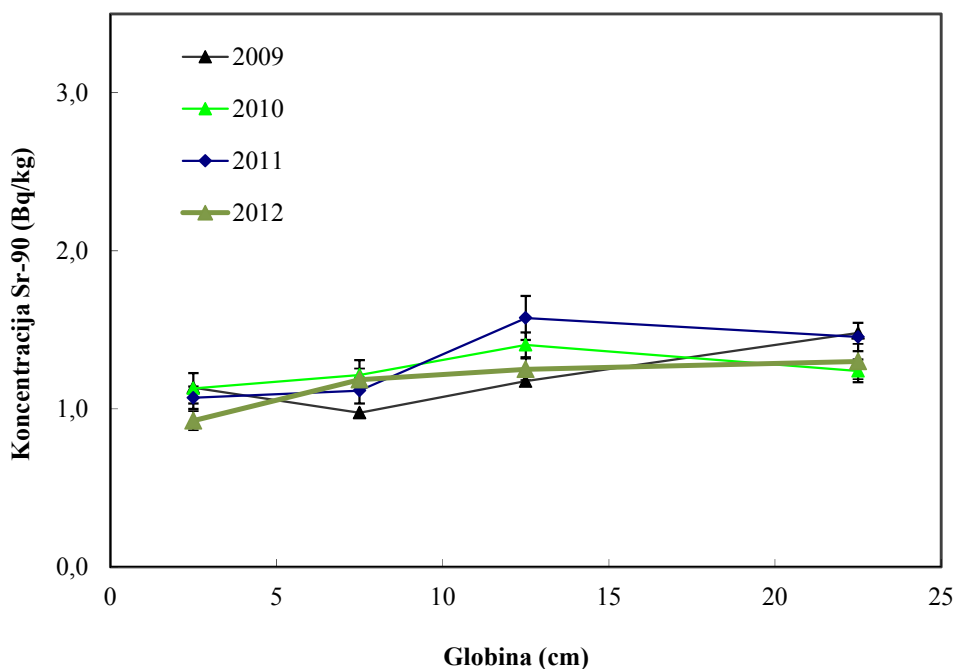
Na slikah 6.4, 6.5 in 6.6 je prikazana globinska porazdelitev za Cs-137. Koncentracije Cs-137 v zemlji so od 2,2 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 120 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Ugotovitev glede profila globinske porazdelitve za lokacijo Gmajnice je podobna kot pri Sr-90. Na lokaciji Amerika je opazen premik maksimuma k večjim globinam, na lokaciji Kusova Vrbina pa je koncentracija v globini 15–30 cm precej nižja, kot je bila izmerjena prejšnja leta. To je lahko posledica premika Cs-137 v globlje plasti ali drugačne porazdelitve depozita na mikrolokaciji, kar bo mogoče ugotoviti na podlagi meritev v naslednjih letih.



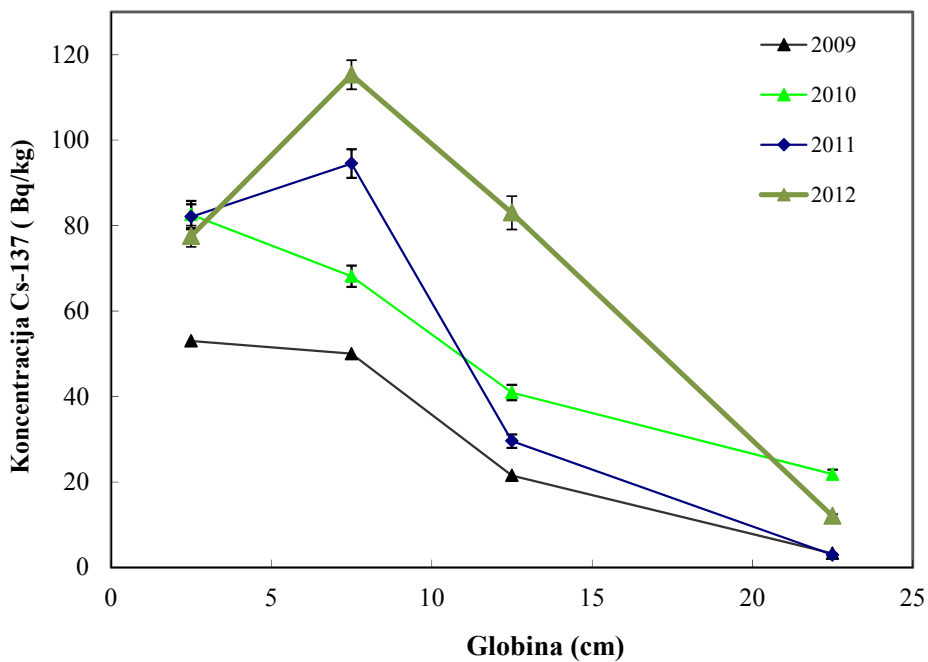
Slika 6.1: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja) za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.



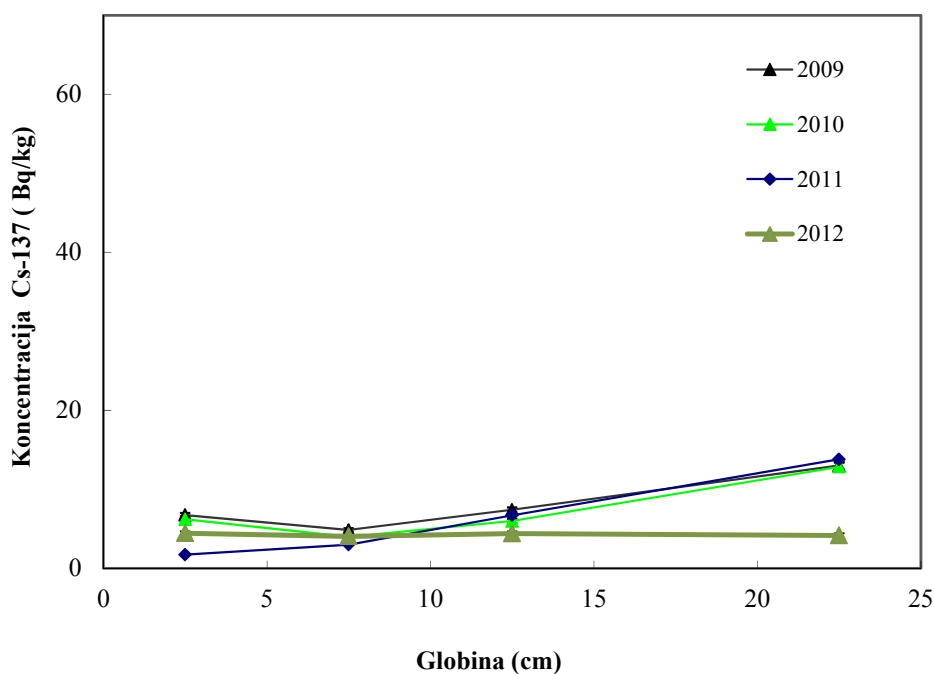
Slika 6.2: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Kusova Vrba za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.



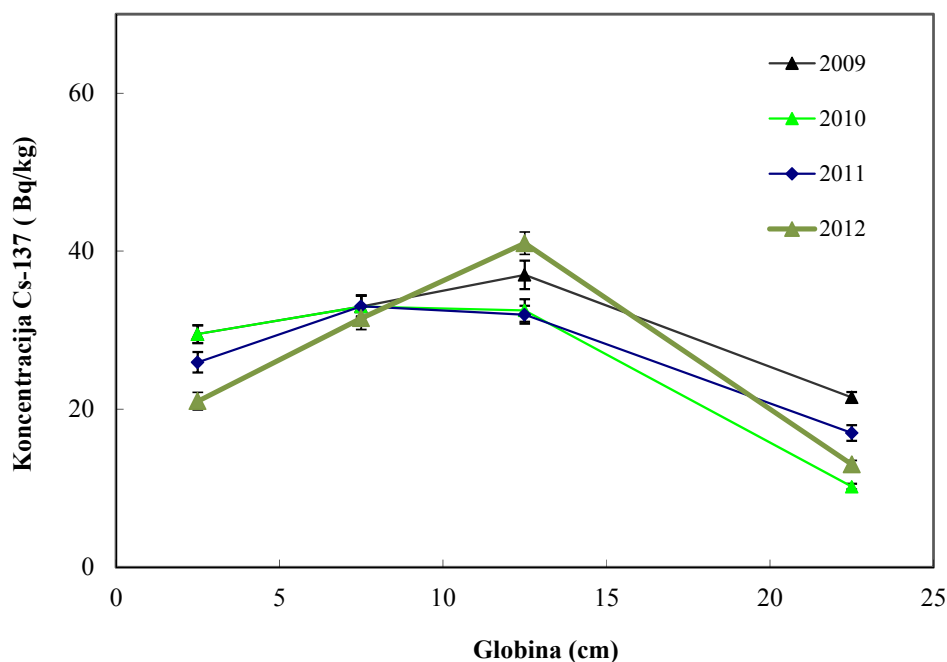
Slika 6.3: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Amerika za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.



Slika 6.4: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja) za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.



Slika 6.5: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Kusova Vrbina za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.



Slika 6.6: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Amerika za leta 2009–2012. Prikazani merski rezultati so povprečje spomladanskega in jesenskega vzorčevanja.

Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2012 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246 v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 6.1 so povzeti povprečni letni dozni ekvivalenti za okolico NEK, za ograjo NEK, po Sloveniji in za okolico Zagreba na Hrvaškem. V okviru merske negotovosti so letni dozni ekvivalenti za dozimetre v različnih oddaljenostih od NEK primerljivi s tistimi v preteklih letih. Na sliki 6.7 je prikazana pogostost doz po doznih intervalih za vseh 67 TLD, ki se uporabljajo pri rednem nadzoru NEK. S slike je razvidno, da ima porazdelitev dva vrhova. Prva, ožja porazdelitev med 0,60 mSv in 0,65 mSv ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK, druga, širša, v intervalu med 0,70 mSv in 0,95 mSv pa pripada dozam, ki so bile izmerjene z dozimetri v okolici NEK.

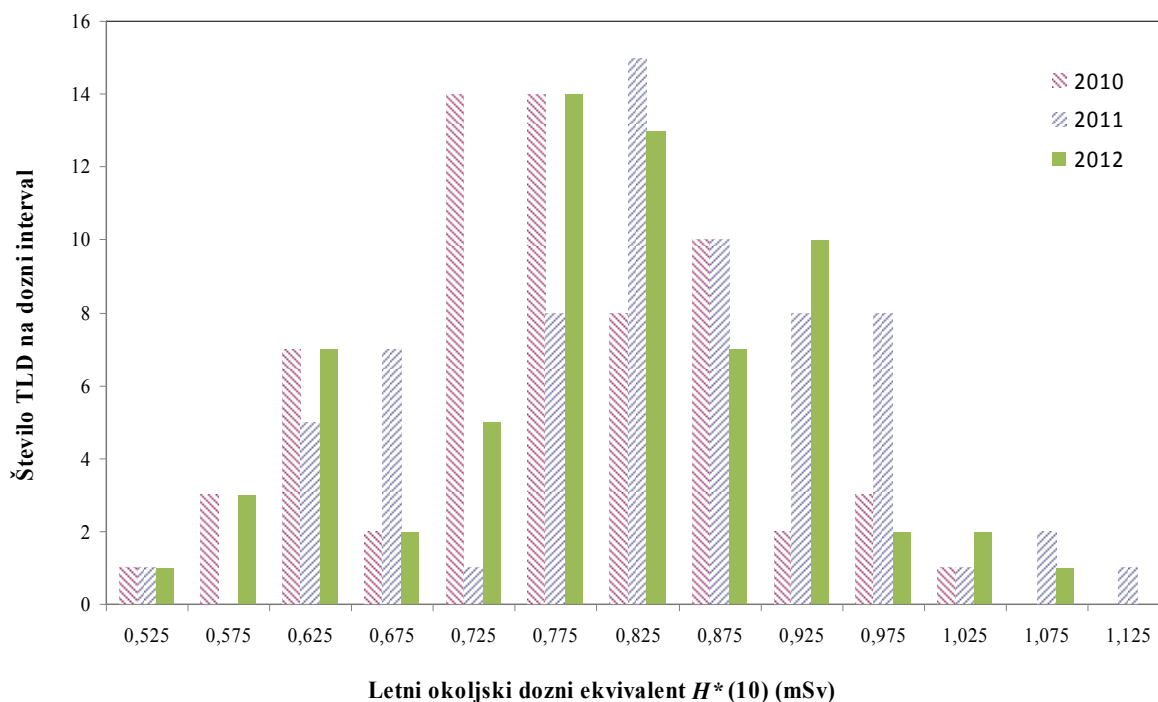
Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2012 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,69 \pm 0,08$) mSv v razponu od 0,53 mSv do 0,80 mSv. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent iz teh meritev je za 14 % manjši, kot je povprečen letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 6.1). Primerjava povprečij rezultatov meritev na lokacijah Brege, Gornji Lenart, Krško, Leskovec, Pesje, Spodnji Stari Grad, Vihre in NEK, kjer se opravljajo meritve s TLD in MFM, pokaže veliko boljše ujemanje: v letu 2012 je bil povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ za te lokacije, izmerjen s TLD, ($0,73 \pm 0,07$) mSv v razponu od 0,58 mSv do 0,80 mSv, medtem ko je bil povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen z MFM, ($0,71 \pm 0,05$) mSv v razponu od 0,65 mSv do 0,80 mSv. Razlika je manjša od 3 %. Povprečni letni dozni ekvivalent pri 44 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je bil v letu 2012 ($0,83 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,59 mSv do 1,11 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za 6 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (tabela 6.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56/a z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi po Sloveniji [12], lahko ugotovimo, da vrednosti nihajo tudi za 30 % in več,



čeprav so lokacije MFM in TLD bližnje. Za TLD in MFM, ki sta pri meteorološki postaji Reaktorskega centra IJS v Brinju smo ugotovili zelo dobro ujemanje med mesečnimi izmerki. Tako je u -preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM med 0,73 in 1,31, Pearsonov korelacijski koeficient pa 0,73, kar pomeni dobro ujemanje oziroma korelacijo. Tako razlike med letnim dozni ekvivalentom, izmerjenim s TLD in MFM, lahko pripišemo sezonskim vplivom, vzorčevanju, postavitvi dozimetra (podlaga) in drugo, ne pa v sami kalibraciji ali morebitni nenatančnosti merilnih detektorjev. V mreži 17 MFM, ki jo vzdržuje ARSO, pa je bil v letu 2012 povprečni letni okoljski dozni ekvivalent ($0,93 \pm 0,24$) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,48 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 6 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.

Tabela 6.1: Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2012

Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)$ (mSv)	Razpon $H^*(10)$ (mSv)
Na ograji NEK	9	$0,580 \pm 0,033$	0,508–0,616
Okolica NEK skupaj	57	$0,806 \pm 0,094$	0,600–1,036
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,808 \pm 0,119$	0,646–1,036
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,788 \pm 0,086$	0,600–0,957
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,825 \pm 0,093$	0,646–0,983
Slovenija	50	$0,881 \pm 0,152$	0,610–1,381
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,792 \pm 0,111$	/
Hrvaška	10	$0,845 \pm 0,134$	0,675–1,033



Slika 6.7: Porazdelitev letnega okoljskega doznega ekvivalenta, $H^*(10)$ za vse dozimetre v študiji po doznih intervalih v letih 2010, 2011 in 2012



DISKUSIJA

Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti iz NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje. Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen v tabeli 6.2. Opazno je stresanje izmerkov, ki izvira iz nehomogenosti useda. Nekoliko višja vrednost pri pomladanskem vzorcu v Gmajnicah in nižji vrednosti v pomladanskem in jesenskem vzorcu iz Kusove Vrbine glede na trend iz prejšnjih let kažejo na posebnosti mikrolokacije, kjer je potekalo vzorčevanje. Razlog za to bi lahko bil bolj zapleten mehanizem migracije nanosa na mikrolokaciji, saj očitno ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja. Eden izmed možnih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [41]. Dodaten argument za takšno sklepanje je potek globinske porazdelitve za leto 2012 pri Sr-90, ki kaže podobne značilnosti. Povprečna globinska porazdelitev Cs-137 za leto 2012 je prikazana na slikah 6.4, 6.5 in 6.6, za Sr-90 pa na slikah 6.1, 6.2 in 6.3.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2012 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($9,9 \pm 0,3$) kBq/m², ($10,4 \pm 0,2$) kBq/m² in ($2,12 \pm 0,04$) kBq/m². Te vrednosti so, razen v primeru Murske Sobote, višje od vrednosti, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni povprečni usedi ($8,2 \pm 0,3$) kBq/m², ($0,66 \pm 0,03$) kBq/m² in ($4,7 \pm 0,2$) kBq/m². To kaže, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK so v okviru stresanja vrednosti primerljivi z usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so ($0,22 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,38 \pm 0,02$) kBq/m² in ($0,055 \pm 0,008$) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,21 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,08 \pm 0,02$) kBq/m² in ($0,17 \pm 0,01$) kBq/m².

Tabela 6.2: Primerjava med usedom Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m ²)		
2005/1	13,0 ± 0,4	4,5 ± 0,1	13,4 ± 0,4
2005/2	11,0 ± 0,3	6,4 ± 0,2	8,4 ± 0,3
2006/1	10,0 ± 0,3	3,1 ± 0,1	13,0 ± 0,4
2006/2	10,0 ± 0,3	3,7 ± 0,1	11,0 ± 0,3
2007/1	11,0 ± 0,2	3,6 ± 0,1	8,5 ± 0,2
2007/2	6,9 ± 0,2	7,2 ± 0,2	14,0 ± 0,3
2008/1	13,0 ± 0,3	3,2 ± 0,1	9,3 ± 0,2
2008/2	14,0 ± 0,4	3,4 ± 0,1	9,2 ± 0,3
2009/1	3,20 ± 0,1	3,9 ± 0,1	8,1 ± 0,3
2009/2	6,6 ± 0,2	2,5 ± 0,1	7,7 ± 0,2
2010/1	12,0 ± 0,4	3,1 ± 0,1	7,1 ± 0,2
2010/2	8,2 ± 0,3	1,7 ± 0,1	6,0 ± 0,2
2011/1	8,8 ± 0,3	2,7 ± 0,1	7,4 ± 0,2
2011/2	7,7 ± 0,2	2,4 ± 0,1	7,5 ± 0,3
2012/1	12,0 ± 0,3	1,0 ± 0,08	7,5 ± 0,2
2012/2	7,6 ± 0,3	1,6 ± 0,04	6,7 ± 0,2



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. Tako kot v prejšnjih letih rezultati meritev kažejo, da so koncentracije potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, kjer je tip zemlje rečna naplavina, višje.

Na sliki 6.8 so za obdobje od leta 1987 do 2012 povzeti rezultati letnih okoljskih doznih ekvivalentov, izmerjenih s TLD, v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Za leti 2006 in 2007 sta dodani povprečni meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD.

Za meritve v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po černobilski 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 le še Cs-137, upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto), ni več tako izrazito, saj je sprememba (zmanjšanje) letne doze manjša od negotovosti meritev. Na sliki 6.9 iz 5-letnih drsečih povprečij absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK lahko ocenimo, da se letni okoljski dozni ekvivalent vsako leto zmanjša za manj kot 0,003 mSv. Če celotno zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta pripišemo izključno radioaktivnemu razpadu Cs-137, dobimo za oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,13 mSv, kar se dobro ujema z oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki jo dobimo z enačbo (9) in podatkov iz tabele 6.3 za lokacijo Gmajnice in je 0,05 mSv.

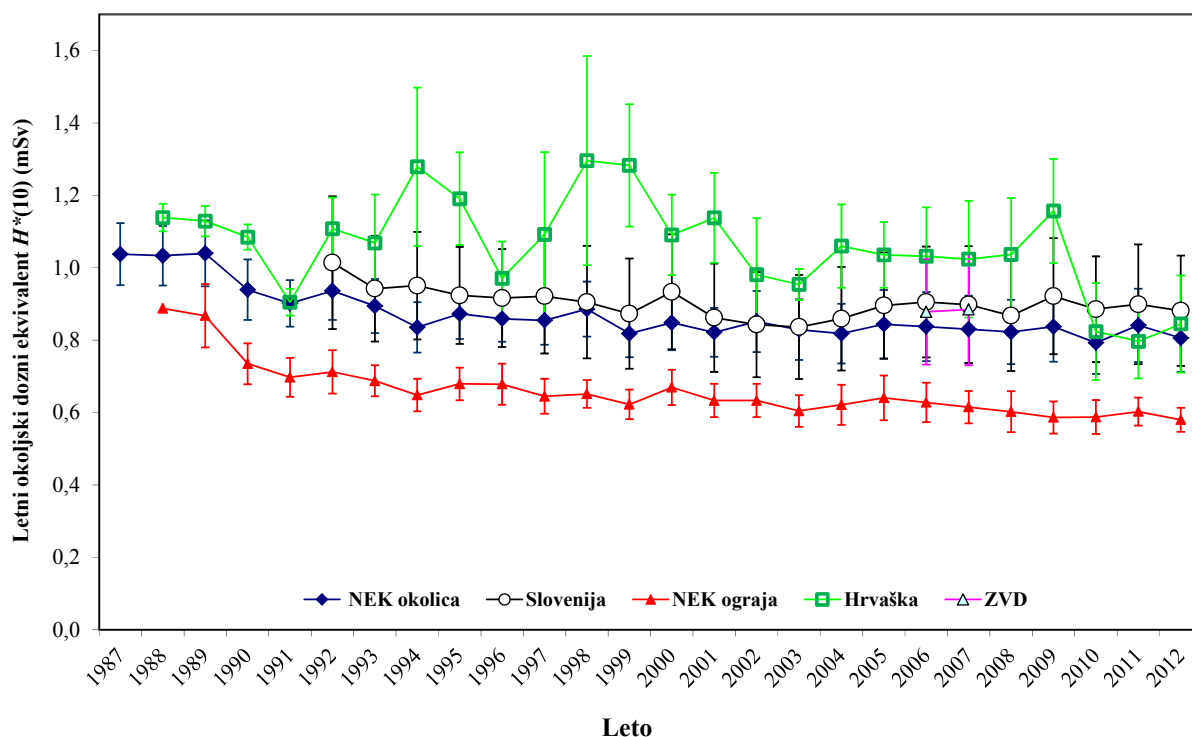
Od leta 1992 do 2012 so bili povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti v Sloveniji višji od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za tretjino višji od tistega na ograji NEK. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih izotopov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv. Ta sklep so v preteklosti potrjevale meritve sevanja z ionizacijsko celico na krožni poti znotraj ograje ob rednih obhodih mobilne enote v NEK (ROMENEK). Nekoliko povišane vrednosti so bile opazne le v bližini skladišča RAO in rezervoarja RWST, drugod pa so bile nižje od tistih v naravnem okolju. Za dozimetre na ograji NEK pa je poleg nižjih vrednosti značilna še majhna disperzija izmerkov na različnih mestih, kar kaže na enakomerno sevalno okolje.

Vrednosti letnih doz TLD v okolici Zagreba na Hrvaškem so bile v preteklosti sistematično višje od tistih v Sloveniji. Predlanskim je prišlo do zamenjave izvajalca meritev, v letu 2010 pa so se po večini spremenile tudi mikrolokacije ali pa so bili dozimetri prestavljeni na ustrežnejša mesta. Tako se od leta 2010 povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK, in se sistematsko ne odmika od doz, izmerjenih po Sloveniji. Takšna ugotovitev je zelo pomembna za potrditev kakovosti merskih podatkov, izmerjenih s TLD, saj z različnimi uporabljenimi materiali, ki se uporabljajo kot dozimetri, in z različnimi merskimi postopki dobimo v okviru merske negotovosti enako vrednost povprečnega letnega okoljskega doznega ekvivalenta. To je še dodatna potrditev tega, da dozimetri v okolici NEK kažejo pravo vrednost ter da lahko vsa nihanja merskih podatkov pripišemo fluktuacijam zaradi razgibanega, geološko raznolikega terena in drugih mogočih vplivov (pokritost tal s snežno odejo, posegi v okolje itd.).

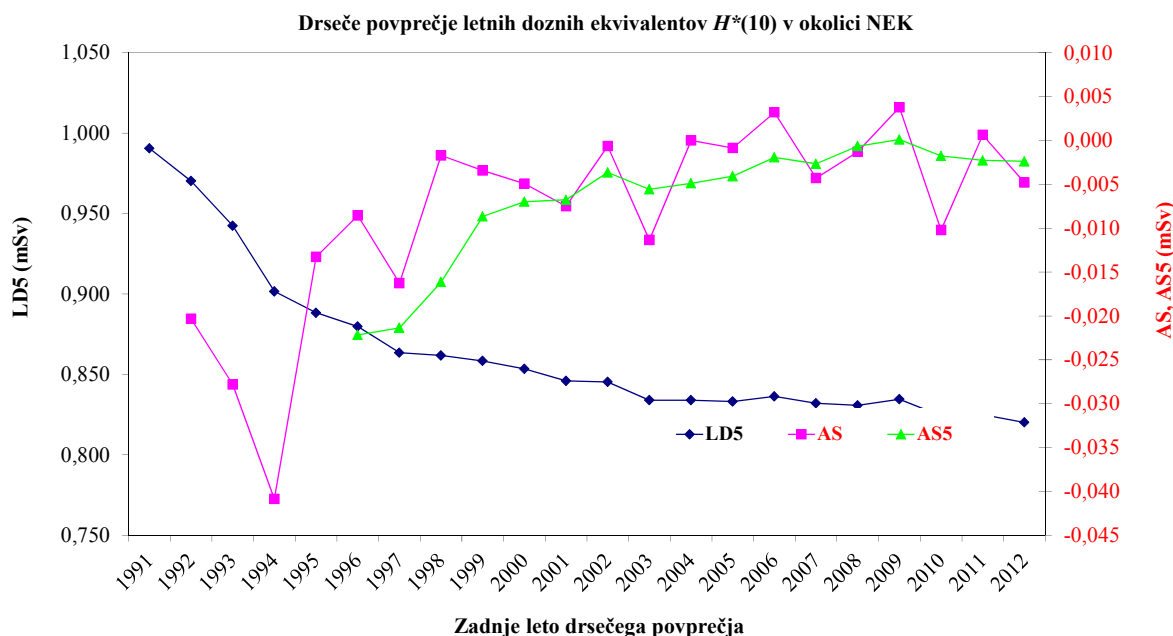
Slika 6.10 prikazuje letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ za vse lokacije, razen na ograji NEK, v odvisnosti od nadmorske višine. Odvisnost doze od nadmorske višine iz meritev doze ni razvidna, kar znova potrjuje ugotovitev, da k izmerjeni dozi največ prispevajo lokalne posebnosti terena in mogoči lokalni vplivi. Dozimetri v okolici NEK so postavljeni na mestih, kjer se nadmorska višina spreminja od 155 m v Krškem do 434 m v Velikem Trnu nad Krškim. Iz enačbe (7) v poročilu *Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško* [3] lahko potem izračunamo, da je letna efektivna doza kozmičnih žarkov v Krškem 0,242 mSv na leto, v Velikem Trnu pa 0,255 mSv, kar



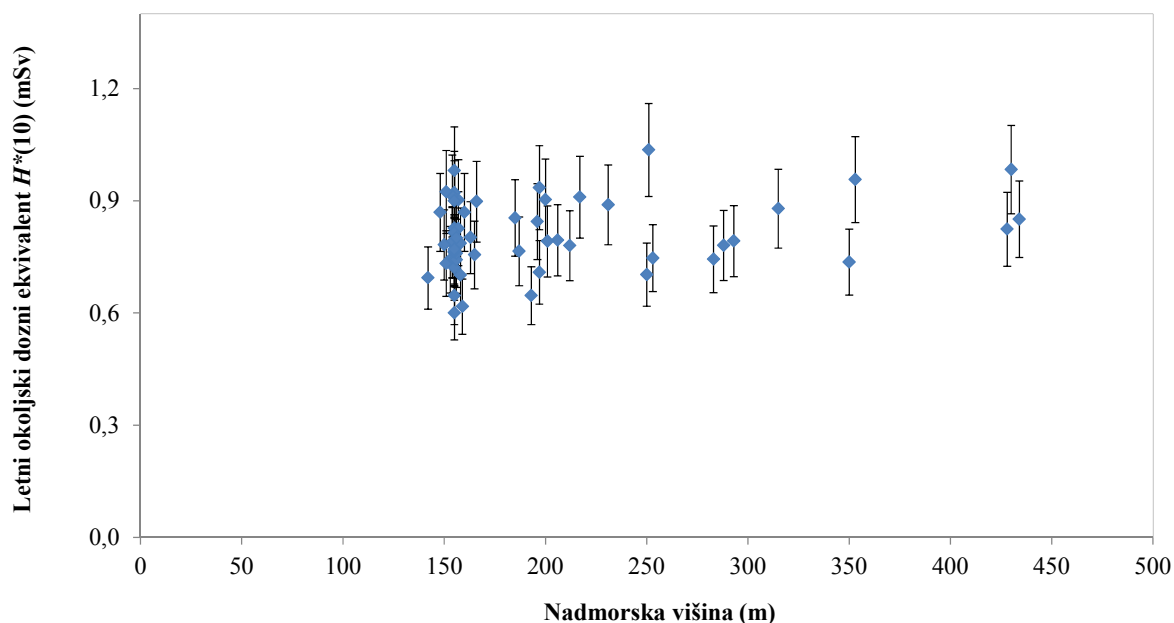
pomeni, da je doza zaradi kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah v okolici jedrskega objekta v Krškem praktično konstantna. Pri tem nevtronska komponenta kozmičnega sevanja ni bila upoštevana.



Slika 6.8: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 1987 do 2012



Slika 6.9: Petletno drseče povprečje letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ (LD5), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja (AS) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe (AS5) v okolici NEK od 1991 do 2012. Negotovosti za LD5 so med 0,03 mSv in 0,042 mSv, za AS med 0,043 mSv in 0,059 mSv ter za AS5 med 0,019 mSv in 0,026 mSv. Zaradi boljše preglednosti negotovosti na sliki niso prikazane.



Slika 6.10: Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen s TLD na vseh lokacijah v okolici NEK, razen na ograji NEK, v odvisnosti od nadmorske višine v letu 2012

Iz meritev koncentracij naravnih radionuklidov v zemlji lahko ocenimo še prispevek zemeljskega sevanja. Za izračun okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ uporabimo enačbo (9) [3]:

$$H^*(10) = (0,564 C_{Ra} + 0,749 C_{Th} + 0,0512 C_K + 0,192 C_{Cs}) \times 8\,760 \times 10^{-6} \quad (\text{mSv}) \quad (9)$$

V enačbi (9) smo s C_{Ra} , C_{Th} , C_K in C_{Cs} označili koncentracije Ra-226, Th-232(Ra-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, ki so izražene z enoto Bq/kg. Koeficienti 0,564, 0,749, 0,0512 in 0,192 so izraženi v enotah (nSv/h)/(Bq/kg) in so značilni za posamezne radionuklide ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida. Enačba (9) je primerna za izračun okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov konstantna po globini [54]. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se z globino spreminja [54]. Vendar v prvem približku, ko gre za oceno, lahko to zanemarimo, saj je prispevek Cs-137 med vsemi radionuklidi, ki nastopajo v enačbi (9) najnižji (1–23 %). Iz rezultatov meritev koncentracije radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne koncentracije Ra-226, Ra-228(Th-232), K-40 in Cs-137 v globinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah in Ameriki. Na teh dveh mestih se vzorčuje neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri merilnih postajah za TLD. Na lokaciji Kusova Vrbina se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, kar za primerjavo rezultatov meritev z meritvami s TLD ni ustrezno. Prav tako ni ustrezna primerjava z meritvami za obdelano zemljo in TLD, saj so merilna mesta za TLD nad neobdelano zemljo. Iz povprečnih koncentracij Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice in Amerika po enačbi (9) izračunamo okoljske dozne ekvivalente za omenjeni lokaciji. Rezultati so zbrani v tabeli 6.3. Iz tabele 6.3 lahko preberemo, da je povprečni prispevek zemeljskega sevanja v okolici NEK ($0,65 \pm 0,03$) mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne dozne hitrosti. Vsota obeh prispevkov se v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD.


Tabela 6.3: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega doznega ekvivalenta v letu 2012 za dve lokaciji vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Povprečna letna koncentracija (0–15 cm) (Bq/kg)	Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (sevanje tal - zemlja) (mSv)		Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD) (mSv)
	Gmajnice	Sevanje tal	Sevanje tal in kozmiki	št. dozimetra 59
Ra-226	36,4 ± 2,1	0,66 ± 0,03	0,90 ± 0,03	0,77 ± 0,09
Ra-228	30,4 ± 0,9			
K-40	370 ± 21			
Cs-137	98,8 ± 2,9			
	Amerika	Sevanje tal	Sevanje tal in kozmiki	št. dozimetra 63
Ra-226	41,8 ± 2,3	0,64 ± 0,03	0,88 ± 0,03	0,78 ± 0,09
Ra-228	30,0 ± 0,9			
K-40	378 ± 21			
Cs-137	32,3 ± 1,0			

OCENA VPLIVOV

Iz dejanske globinske porazdelitve koncentracije Cs-137 je bil ocenjen okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je posledica globalne kontaminacije. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati računa Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [40]. Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil izračunan iz zveze $H^*(10) = 1,20 \cdot D$ po standardu ISO 4037-3, pri čemer je D absorbirana doza na letni ravni, 1,20 pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 6.4 je razvidno, da so ocenjeni okoljski dozni ekvivalenti na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,005 mSv in 0,05 mSv. To je v povprečju manj kot so vrednosti na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene doze $H^*(10)$ v razponu od 0,015 mSv do 0,082 mSv.

Tabela 6.4: Ocenjena vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2012

LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)	LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)
Gmajnice, neobdelana	0,05 ± 0,01	Ljubljana	0,066 ± 0,013
Kusova Vrbina	0,004 8 ± 0,001 0	Kobarid	0,082 ± 0,016
Amerika	0,025 ± 0,005	Murska Sobota	0,015 ± 0,003

UNSCEAR [38] navaja tudi povprečno absorbirano hitrost doze v zraku, in sicer 51 nGy/h zaradi K-40



ter potomcev uranove in torijeve razpadne vrste. Na lokacijah v okolici NEK je hitrost doze nad zemljo iz mivkaste borovine (Kusova Vrbina – Trnje in Gmajnice, neobdelana zemlja), ki ustreza izračunanim okoljskim doznim ekvivalentom, 43,6 nGy/h in 47,6 nGy/h, na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina (Amerika in Gmajnice – njiva) pa 50,8 nGy/h in 59,7 nGy/h. Vrednosti se torej ujemajo s podatki UNSCEAR-a. Pri oceni hitrosti doze je bila za koncentracijo potomcev v uranovi razpadni verigi uporabljena koncentracija Ra-226, ker njegovi potomci največ prispevajo k hitrosti doze v zraku.

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanjega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD in MFM. Mreža TLD zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente in sevanja gama kozmičnega porekla ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2012 je bil $(0,81 \pm 0,09)$ mSv, kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2011, $(0,84 \pm 0,18)$ mSv, v letu 2010, $(0,79 \pm 0,16)$ mSv, ter v letu 2009, $(0,84 \pm 0,18)$ mSv. Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, smo le-to privzeli iz poročila [38]. Pri izpostavitvi svetovnega prebivalstva poročilo ocenjuje po prebivalstvu uteženo povprečje, upoštevajoč nadmorsko višino in geografsko širino. Ker leži območje Krškega 155 m nad morsk gladino, smo privzeli podatek iz poročila [38], kjer za gladino morja na geografski širini 50° ocenjujejo letno efektivno nevtronsko dozo na 0,079 mSv na leto, kar pomeni prispevek 0,103 mSv na leto, če upoštevamo pretvorbeni faktor 1,3 med nevtronsko dozo in $H^*(10)$ [56, 57].

Kot smo že ugotovili, je bil prispevek sevanja gama iz objektov znotraj ograje NEK k letni dozi na ograji pod mejo zaznavnosti. V preteklosti so bili nekajkrat izmerjeni počasni in hitri nevtroni v bližini odprtine za vnos in iznos opreme na zadrževalnem hramu ("*equipment hatch*") [42], prav tako pa tudi meritve hitrosti doze nevtronov zunaj ograje NEK. V primeru meritev zunaj ograje NEK se je pokazalo, da je bilo izmerjeno le naravno ozadje kozmičnih nevtronov [43]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj 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 "*Zračne emisije in imisije*" na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela. Sevalne obremenitve zaradi zunanjega sevanja iz oblaka (imerzija) so bile ocenjene posebej v poglavju "*Zračne emisije in imisije*" prav tako z uporabo podatkov o atmosferskih izpustih iz NEK in z modelnim izračunom po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke.

Nanos se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčevanje zraka. Podatki, ki so potrebni za izračun, so izpusti iz NEK in depozicijski faktorji na posameznih lokacijah. Depozicijski faktorji se računajo po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke o gibanju zračnih mas in o padavinah. Iz podatkov o gibanju zračnih mas se določijo razredčitveni koeficienti χ/Q , ki opisujejo koncentracijo radionuklidov v posameznih celicah modelne domene. Velikost modelne domene v NEK je $25 \text{ km} \times 25 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ in je razdeljena na 100×100 celic v horizontalni smeri in 20 celic po vertikali. Celica je velika $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$, višina celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, kjer je celica. Tabelarane vrednosti so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013.

Nanos je sestavljen iz suhega nanosa D_d , mokrega nanosa D_w in faktorja dotika D_t , ki pove, kolikšen del radionuklidov se odloži pri stiku zračnih mas s tlemi. Depozicijski faktor D/Q za določeno lokacijo z enoto s/m^2 se izračuna po enačbi

$$D/Q = (D_d + D_w + D_t) \frac{\chi}{Q}(h(1)) + \sum_{N=2} (D_d + D_w) \frac{\chi}{Q}(N) \frac{h(N)}{h(1)} \quad (10)$$

Pri tem označuje $h(1)$ višino prve celice modelne domene, $h(N)$ pa višino celice N. Vsota zajame vse celice po celotni višini domene.

Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 6.5. Letna efektivna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (10), ki so ga izračunali v podjetju MEIS, d. o. o., in pretvorbene koeficienta DCF [55]. Dozni



pretvorbeni koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh, pri končni oceni učinkovite doze pa smo konservativno privzeli, da se je izpust celoletne aktivnosti ponavljal vsake 4 dni skozi vse leto (približno 91 izpustov v enem letu). Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2012 letna učinkovita doza največja na oddaljenosti 0,5 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjšega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih učinkovitih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

V tabeli 6.6 so povzete ocenjene vrednosti $H^*(10)$ za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitve zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

Tabela 6.5: Ocena letne učinkovite doze zunanjšega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2012

Oddaljenost od dimnika NEK			$r = 0,5$ km	$r = 0,8$ km	$r = 1$ km	$r = 1,5$ km	$r = 3,25$ km	$r = 7,5$ km
Izotop	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m ²)	mSv na leto					
I-131	5,30E+06	7,83E-11	1,31E-12	2,21E-13	1,55E-13	1,81E-13	2,64E-14	2,59E-14
I-132		1,84E-11						
I-133	5,59E+06	4,32E-11	7,62E-13	1,29E-13	9,02E-14	1,05E-13	1,53E-14	1,51E-14
H-3	8,77E+12							
C-14	1,39E+11							
Cr-51		7,02E-12						
Mn-54		1,94E-10						
Co-58	5,96E+04	2,24E-10	4,21E-14	7,11E-15	4,99E-15	5,82E-15	8,48E-16	8,33E-16
Co-60	1,98E+04	5,67E-10	3,54E-14	5,98E-15	4,20E-15	4,90E-15	7,13E-16	7,01E-16
Zr-95		1,70E-10						
Nb-95	2,45E+03	1,73E-10	1,34E-15	2,26E-16	1,58E-16	1,85E-16	2,69E-17	2,64E-17
Ag-110m	2,58E+03	6,48E-10	5,28E-15	8,92E-16	6,25E-16	7,30E-16	1,06E-16	1,05E-16
Sb-124		4,05E-10						
Te-125m	1,12E+04	2,97E-12	1,05E-16	1,78E-17	1,25E-17	1,46E-17	2,12E-18	2,08E-18
Te-127m	1,72E+04	2,97E-12	1,61E-16	2,73E-17	1,91E-17	2,23E-17	3,25E-18	3,19E-18
Cs-137	2,36E+04	1,35E-10	1,01E-14	1,70E-15	1,19E-15	1,39E-15	2,03E-16	1,99E-16
Fe-55	9,00E+04	4,86E-14	1,38E-17	2,33E-18	1,63E-18	1,91E-18	2,78E-19	2,73E-19
Sr-90	1,63E+03	2,40E-11	1,23E-16	2,08E-17	1,46E-17	1,71E-17	2,49E-18	2,44E-18
VSOTA			2,17E-12	3,66E-13	2,56E-13	2,99E-13	4,36E-14	4,29E-14


Tabela 6.6: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2012 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)$ (mSv)
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,81 (89 %)
kozmični nevtroni	[38]	0,10 (11 %)
naravno sevanje – skupaj		0,91 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	<0,05 (<5 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	<2E-12
SKUPAJ		<0,96

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

SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2012, vpliva NEK ni bilo mogoče zaznati. Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je na lokacijah, kjer je zemlja mivkasta borovina, med 0,470 mSv in 0,513 mSv, na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina, pa med 0,470 mSv in 0,547 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,005 mSv do 0,05 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi $H^*(10)$ v letu 2012 je velikostnega reda od 1 do 23 odstotkov naravnega ozadja.

Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so zanemarljivi in nemerljivi s TLD in kontinuirnimi merilniki. Meja detekcije s TLD je 7,5 μ Sv. Posredno konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza manjša od 0,1 μ Sv.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2012 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,91 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih. Primerjava ocene vrednosti $H^*(10)$ ter izmerkov s TLD kaže dobro ujemanje.

Primerjava modelnih rezultatov za used iz radioaktivnega oblaka, izračunanih z Lagrangeevim modelom, je pokazala, da je bil prispevek zaradi atmosferskih izpustov NEK v letu 2012 nemerljiv.



7 VNOS RADIONUKLIDOV V PREHRAMBNO VERIGO

POVZETEK

Namen določanja radioaktivnosti v živilih je, da se preveri vpliv izpustov NEK na vsebnost radionuklidov v vzorcih iz prehrambne verige in se posledično oceni sevalna obremenitev prebivalstva. Pri tej oceni smo predpostavili, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju.

Ocenili smo, da je bila predvidena efektivna doza prebivalstva v okolici NEK zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v hrani, brez K-40, v letu 2012 (68 ± 21) μ Sv za odrasle osebe.

Kontaminacija hrane z umetnima radionuklidoma Cs-137 in Sr-90 je povečala sevalno obremenitev prebivalcev še za ($1,0 \pm 0,1$) μ Sv, kar je le 1,5 % celotne izračunane efektivne ingestijske doze. V primerjavi z dozo, ki jo prebivalci prejmejo zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani, je to z biološkega vidika zanemarljivo. Rezultati meritev kažejo, da izotopa Cs-137 in Sr-90 izvirata iz kontaminacije zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu in nista posledica atmosferskih izpustov iz NEK.

V zračnih izpustih NEK je bil tudi radioizotop C-14, ki je v okolju kot naravni produkt kozmičnega sevanja in izpustov iz različnih elektrarn in industrijskih obratov, njegova vsebnost pa je bila v preteklosti povečana tudi zaradi poskusnih jedrskih eksplozij. Izotop C-14 se enako kot ogljik C-12 v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline. V letu aprilu 2012 je bil v NEK redni remont. Po remontu je bilo opazno rahlo povišanje aktivnosti atmosferskega C-14, pa tudi aktivnosti C-14 v rastlinstvu. Ocenjena potencialna doza prebivalstva v letu 2012 zaradi vsebnosti C-14 v rastlinski hrani je ($15,1 \pm 0,3$) μ Sv, pri čemer so prebivalci v neposredni bližini NEK prejeli enako dozo kot tisti na kontrolni točki v Dobovi ($14,8 \pm 0,2$) μ Sv. Razlika je 0,29 μ Sv kot prispevek NEK. V okviru merske negotovosti je tako doza zaradi C-14, prejeta v okolici NEK in v Dobovi, enaka ter primerljiva z meritvami iz prejšnjih let. Doza, prejeta zaradi C-14, je prav tako kot v primeru doz, prejetih zaradi Cs-137 in Sr-90, z biološkega vidika zanemarljiva.

UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja nuklearnih objektov ali izrednih dogodkov, lahko potencialno vodijo k izpostavitvi okoliškega prebivalstva ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje preko izpustov v atmosfero ali vodnih sistemov, pri čemer lahko posledično prihaja do kontaminacije zraka, voda, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in ingestija, zato je v okolici nuklearnih objektov potreben stalen nadzor radioaktivnosti v zraku, vodi, tleh, pa tudi v hrani rastlinskega in živalskega izvora, ki jo pridelujejo v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem prek koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedline iz atmosfere. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biodostopnosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar pa poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem številni abiotski in biotski talni dejavniki [58]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo predvsem morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, dlakavost listov) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in vetrovnost. Rastlinski organi se lahko z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebule in plodove, ki uspevajo pri tleh, kot npr. jagode [59].

Na prenos radionuklidov iz korenin v nadzemne dele rastlin oziroma nadaljnji transport iz listov v semena, plodove in založne organe, poleg fizioloških lastnosti posamezne rastlinske vrste, vpliva



predvsem mobilnost radionuklidov. Pričakovane koncentracije manj mobilnih radionuklidov, ki v rastlinske organe pridejo s transportom prek koreninskega sistema, padajo v smeri korenine, listi, poganjki, plodovi, založni organi, semena [60].

Vsebnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem s tem, da živali uživajo z radionuklidi kontaminirano hrano in vodo. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [59]. 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, predvsem stopnje metabolizma. 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 koncentracijo radionuklidov v hrani [59].

Radioaktivni izotop ogljika C-14 nastaja v zemljini atmosferi kot produkt jedrskih reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni, ki so posledica kozmičnega sevanja. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ vstopa v biološki in geokemični ogljikov cikel Zemlje. Do povečanja koncentracij C-14 na zemeljskem površju je prišlo predvsem v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi 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 ravnotežne vrednosti.

Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti v atmosferi v svoji neposredni okolici, kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. Aktivnost C-14 v atmosferi se izraža v rastlinju, saj rastline v procesu fotosinteze asimilirajo CO₂. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO₂ med rastno sezono. C-14 tako lahko vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se določa tako, da se aktivnosti C-14 v rastlinju z neposredne okolice elektrarne primerjajo s tistimi s kontrolnega področja, to je področja, ki je tako oddaljeno od vira radioaktivnosti, da neposrednih vplivov ni več mogoče najti.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje živil v okolici Nuklearne elektrarne Krško poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčevanju zemlje. Za zemljo je značilna pedološka raznolikost (obrečni peščeni aluvij, diluvialna ilovica s kremenovimi produkti, apnenec). Zaradi odvisnosti prenosnih faktorjev od vrste tal se vzorci hrane odvezemajo vedno na istem mestu, če je le mogoče. Na primer v Vrbini, Bregah in Spodnjem Starem Gradu se hrana prideluje le za potrebe radiološkega nadzora. Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2012, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, žito), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, divjačina (srna), mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava, žito), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava, sadje), Žadovinek (zelenjava), Trnje (zelenjava, žito), Pečice (sadje), Pleterje pri Zdolah (meso), Vinska klet Leskovec (vino).

V vzorcih živil so bile izmerjene specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG) in vsebnost Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko metodo. Vzorčevanje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizami oprani s tekočo vodo, saj je poleg vnosa radionuklidov v rastline iz tal prek koreninskega sistema del kontaminacije zelenjave in sadja z radionuklidi tudi površinska kontaminacija, sploh če so deli rastlin med gojenjem v neposrednem stiku z zemljo.

Od radionuklidov, ki jih detektiramo v izpustih NEK, je v hrani C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčevanih v juniju in septembru 2012, so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih, koruzi, oljni repici, kodrolistnem ohrovtu (raštika), ječmenu in pšenici.



V občini Krško je po podatkih iz leta 2010 v uporabi 307,1 km² zemljišč, od katerih je največji del gozd (142,4 km²), sledijo kmetijska zemljišča (njive, travniki, vinogradi in sadovnjaki) (141,1 km²) ter pozidana in sorodna zemljišča (20,7 km²) (<http://rkg.gov.si/GERK>). Na malo manj kot polovici (46,5 %) kmetijskih zemljišč se v občini Krško prideluje hrana in krma (žito, sadje in zelenjava), poleg tega pa se kmetje v okolici ukvarjajo tudi z živinorejo in pridelavo mleka. Po podatkih iz leta 2006 se pridelavi krme za živali namenja kar 73 % njivskih površin [63]. Tržna pridelava zelenjave, vrtnin in jagod se je v letu 2006 izvajala na 200 ha zemljišč. Podobno kot pridelava vrtnin in zelenjave je pomembno tudi sadjarstvo, saj je bilo v letu 2006 zato namenjenih 348 ha zemljišč, kar je kar 7 % intenzivnih nasadov v Sloveniji. Vinogradništvo se je izvajalo v letu 2006 na 1 030 ha zemljišč. V letu 2006 je bilo oddanih 5,3 mio. litrov mleka, kmetje pa so gojili skupno 1 150 krav dojlj [63].

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode. Za žita je bila v letu 2010 55 %, zelenjavo 31 %, krompir 63,2 %, svinjsko meso 53 %, medtem ko je bila stopnja samooskrbe s perutnino 100 %. Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Zato je letna efektivna doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze prejete zaradi C-14 pa se upošteva, da prebivalci uživajo hrano in notranjega kroga NEK dva meseca v letu, ostalih 10 mesecev pa hrano od drugod [18].

REZULTATI MERITEV

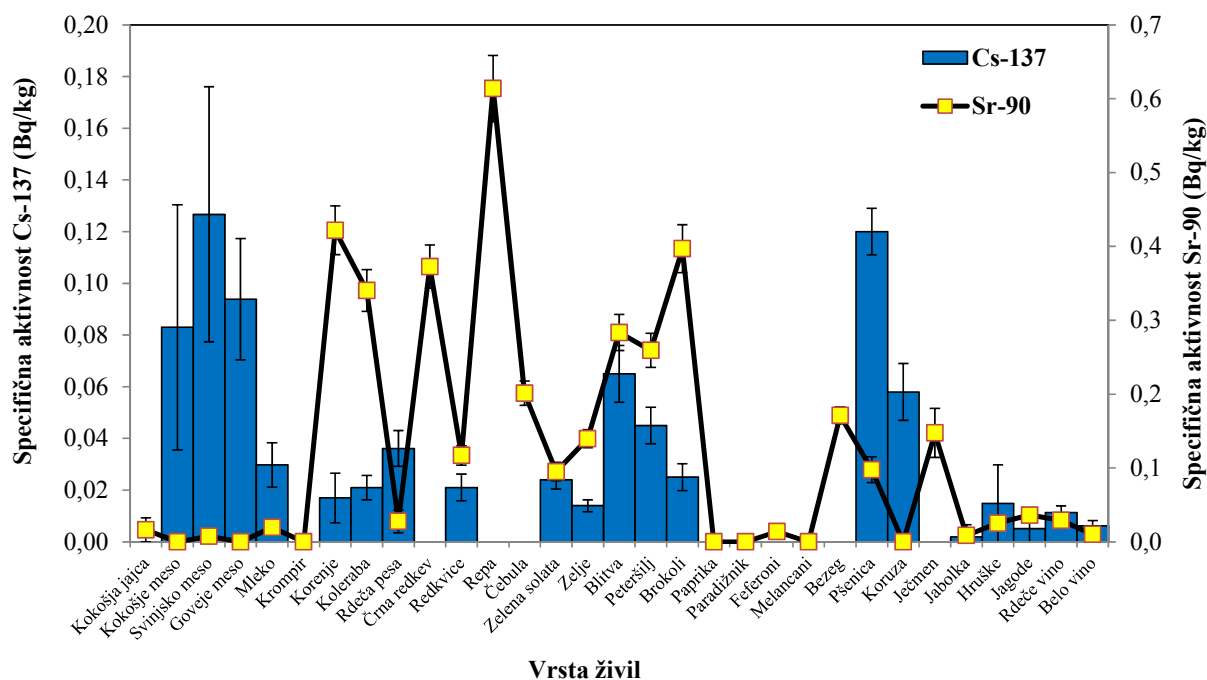
Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012*, IJS-DP-11246, marec 2013.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (Mleko - Pesje), T-62 (Mleko - Vihre), T-63 (Mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65, T-66, T-67 (Sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo vino), T-69 do T-73 (Povrtnine in poljščine – krompir, korenje, koleraba, rdeča pesa, črna redkev, redkvica, repa, čebula, zelena solata, zelje, blitva, peteršilj, brokoli, paprika, paradižnik, feferoni, jajčevci, bezeg), T-74, T-75 (Jajca in meso; kokošja jajca; kokošje, svinjsko in goveje meso ter divjačina, ki je bila letos vzorčevana prvič).

V vzorcih hrane so bili detektirani naravni radionuklidi iz razpadnih verig radionuklidov U-238 in Th-232 ter K-40 in kozmogeni Be-7, med umetnimi pa le Cs-137 in Sr-90/Sr-89. Ker Sr-89 ni bil izmerjen v izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90. Aktivnost Be-7 je od 0 Bq/kg do 5 Bq/kg, predvidena efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z Be-7 pa je $(0,006 \pm 0,001) \mu\text{Sv}$, kar je zanemarljivo, zato smo ga izključili iz nadaljnje predstavitve rezultatov.

Radioaktivni izotop cezija (Cs-137) in radioaktivni izotop stroncija (Sr-90) sta prisotna kot kontaminacija v vrhni plasti zemlje zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu, detektirana pa sta tudi v izpustih NEK. Izotop Cs-137 je bil v letu 2012 detektiran v mesu in mleku, v hrani rastlinskega izvora pa v korenju, kolerabi, rdeči pesi, redkvicah, zeleni solati, zelju, blitvi, peteršilju, brokoliju, pšenici, koruzi, hruškah, jagodah, jabolkih, rdečem in belem vinu (slika 7.1). V letu 2012 je bila poskusno vzorčevana tudi divjačina (srna), pri kateri je bila izmerjena specifična aktivnost Cs-137 $(6,1 \pm 0,3) \text{ Bq/kg}$.

Najvišja koncentracija Cs-137 v vzorcih hrane živalskega izvora, brez upoštevanja divjačine, je bila detektirana v svinjskem mesu $(0,13 \pm 0,05) \text{ Bq/kg}$ (slika 7.1), v hrani rastlinskega izvora je bila v letu 2012 najvišja vsebnosti Cs-137 izmerjena v pšenici $(0,12 \pm 0,09) \text{ Bq/kg}$ (slika 7.1).



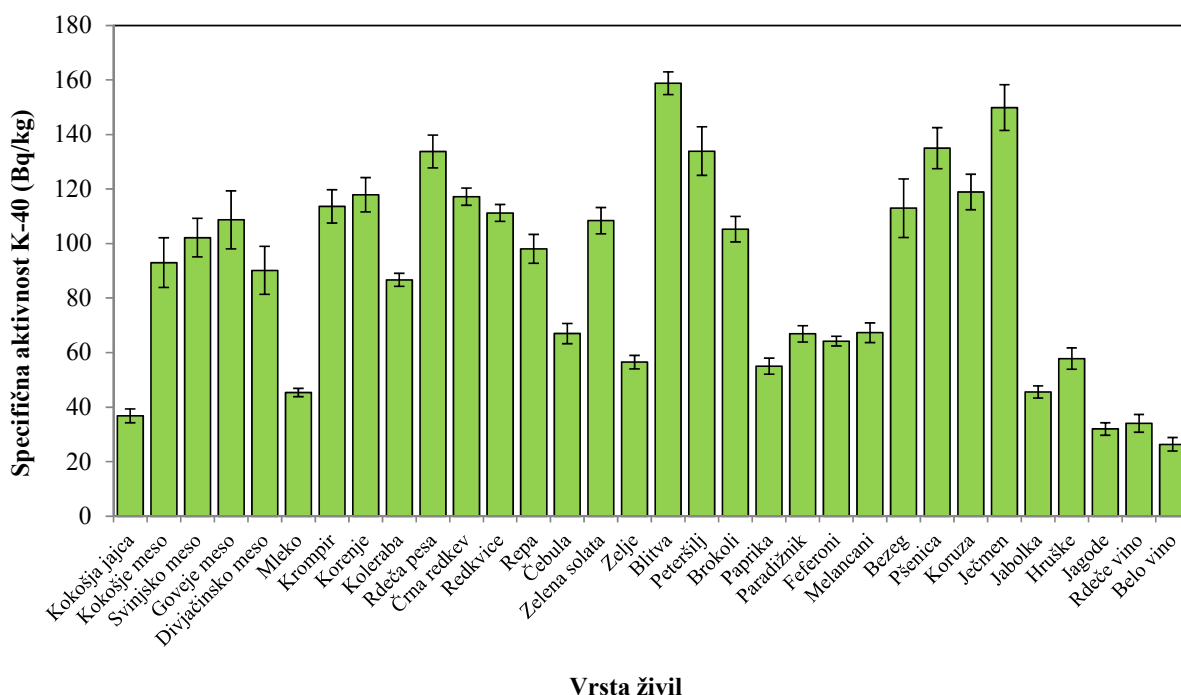
Slika 7.1: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 (leva ordinata) in Sr-90 (desna ordinata) v različnih vrstah živil v letu 2012 (vrednost \pm negotovost) brez vključene divjačine, kjer je bila izmerjena specifična aktivnost Cs-137 ($6,1 \pm 0,3$) Bq/kg.

Specifična aktivnost Cs-137 v divjačini (srna) je kar za 200-krat presegala povprečno specifično aktivnost Cs-137 v vzorčevanih živilih, vendar je še vedno močno pod maksimalno dovoljeno vsebnostjo, ki je za Cs-137 500 Bq/kg [64]. Prisotnost izotopa Cs-137 v divjačinskem mesu je posledica splošne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu, medtem ko je prispevek Cs-137 zaradi tekočinskih in zračnih izpustov iz NEK nemerljiv.

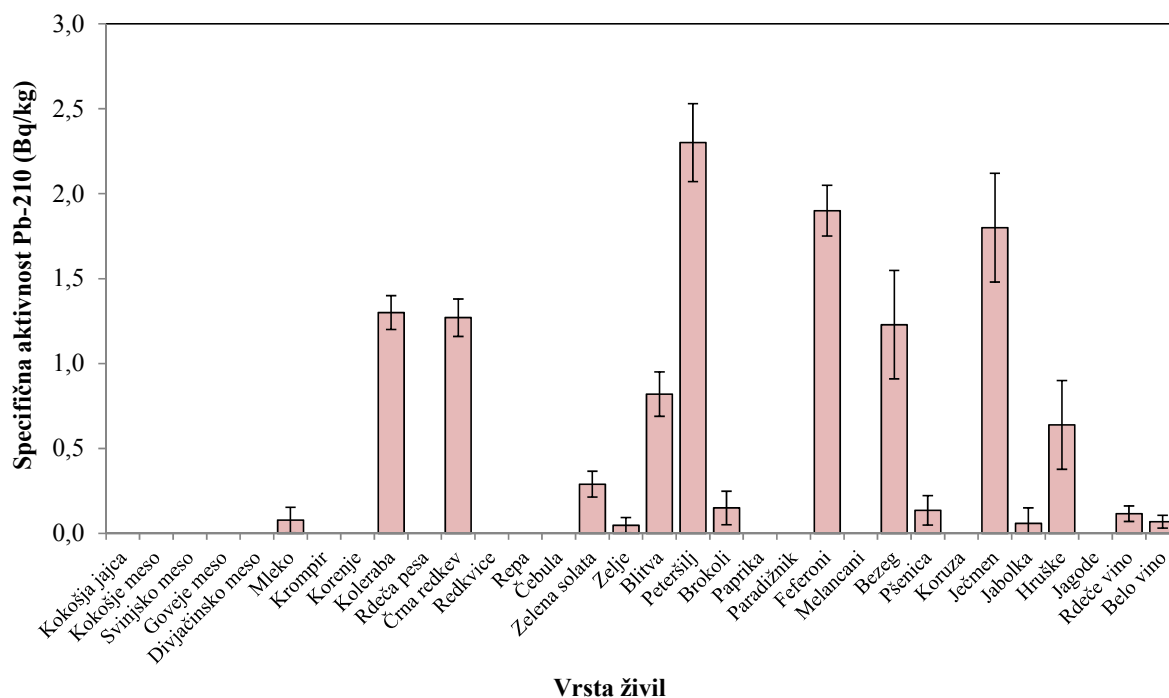
Najvišje specifične aktivnosti Sr-90 so bile izmerjene v zelenjavi, in sicer v repi ($0,61 \pm 0,05$) Bq/kg (slika 7.1).

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Povprečna specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2012 (89 ± 36) Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 v posameznih živilih so prikazane na sliki 7.2. Največ K-40 v letu 2012 je v blitvi in ječmenu, najmanj pa v vinu, jagodah in jajcih. K-40 je v letu 2012 k letni učinkovni dozi zaradi uživanja hrane prispeval (213 ± 15) μ Sv, kar je 76 % skupne letne učinkovne doze zaradi uživanja hrane, ki je (281 ± 22) μ Sv.

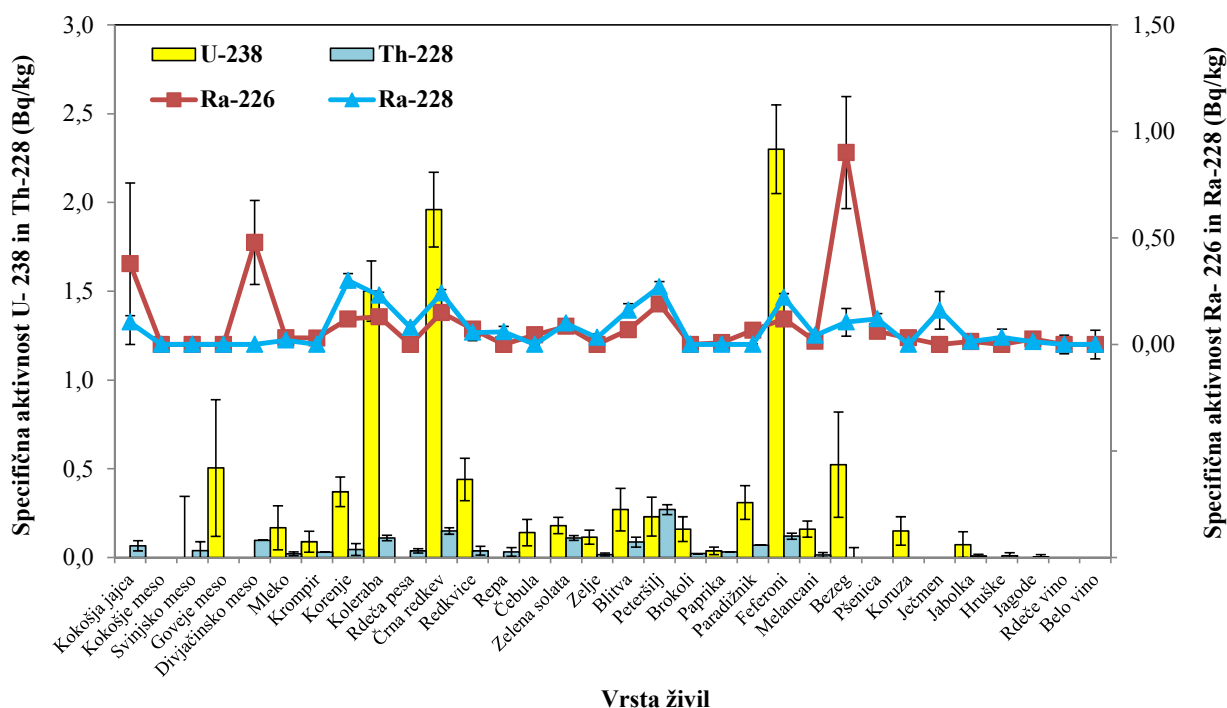
Od naravnih radionuklidov je k letni učinkovni dozi zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40, ki je (68 ± 21) μ Sv, največ prispeval Pb-210, in sicer 53,2 %. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 7.3 in je bila najvišja v peteršilju ($2,3 \pm 0,2$) Bq/kg.



Slika 7.2: Izmerjene specifične aktivnosti K-40 v različnih vrstah živil v letu 2012 (vrednost ± negotovost)



Slika 7.3: Izmerjene specifične aktivnosti Pb-210 v različnih vrstah živil v letu 2012 (vrednost ± negotovost)



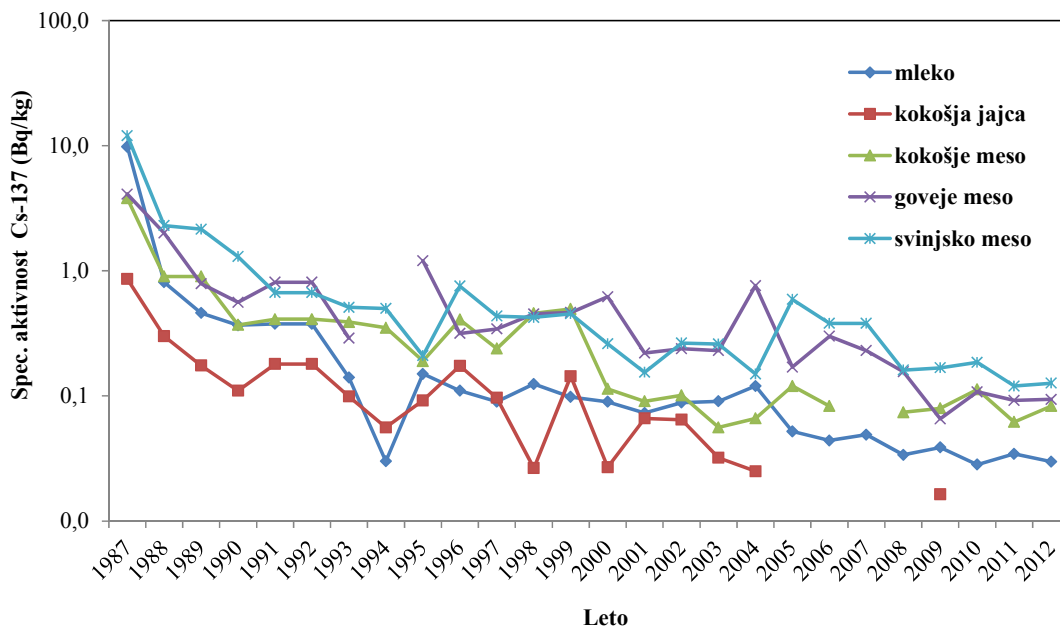
Slika 7.4: Izmerjene specifične aktivnosti U-238 in Th-228 (leva ordinata) ter Ra-226 in Ra-228 (desna ordinata) v različnih vrstah živil v letu 2012 (vrednost ± negotovost)

Največja specifična aktivnost U-238 je bila v letu 2012 izmerjena v feferonih ($2,3 \pm 0,3$) Bq/kg in črni redkvi ($2,0 \pm 0,2$) Bq/kg. Pri večini živil pa je bila specifična aktivnost U-238 pod mejo detekcije (slika 7.4).

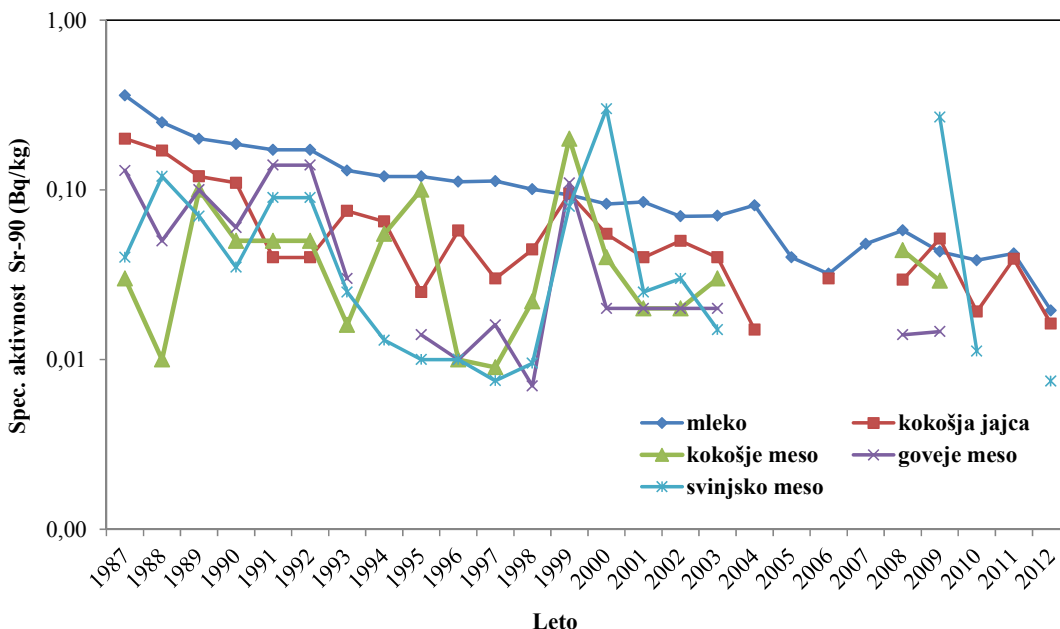
V normalnih razmerah je uživanje hrane glavna pot vnosa Ra-226 ter Ra-228. Najvišja specifična aktivnost Ra-226 je bila v letu 2012 detektirana v bezgu ($0,9 \pm 0,3$) Bq/kg, Ra-228 pa v peteršilju ($0,19 \pm 0,02$) Bq/kg. V večini drugih živil pa je bila aktivnost Ra-226 in Ra-228 na meji detekcije (slika 7.4). Zadnji od detektiranih radionuklidov v živilih je bil Th-228. Najvišja specifična aktivnost Th-228 je bila v letu 2012 izmerjena v peteršilju ($0,27 \pm 0,03$) Bq/kg, v večini vzorcev zelenjave pa je bila pod mejo detekcije (slika 7.4).

DISKUSIJA

Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 7.5 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 7.6). 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 vsebnosti Cs-137 in Sr-90 po črnobilski nesreči (sliki 7.5 in 7.6), medtem ko nesreča v Fukušimi marca 2011 ni vplivala na povišanje vsebnosti 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 kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [59]. Poleg tega se koncentraciji Cs-137 in Sr-90 v okolju z leti manjšata tudi zaradi radioaktivnega razpada, saj je razpolovni čas Cs-137 30,1 let, Sr-90 pa 28,8 let.



Slika 7.5: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu od leta 1987 do 2012. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008, 2010 in 2011 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 svinjsko meso ni bilo vzorčevano.



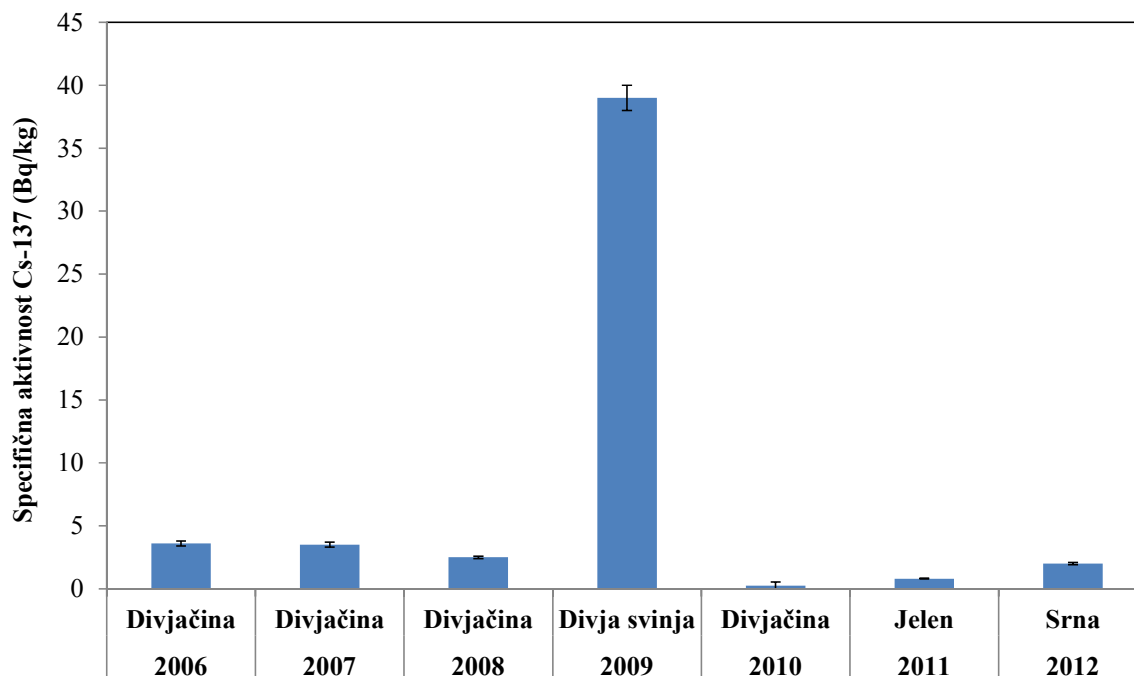
Slika 7.6: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu vzorčevanih v okolici NEK od leta 1987 do 2012. V letih 2004–2007, 2011 in 2012 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem oz. svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih pa je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005 in 2007.



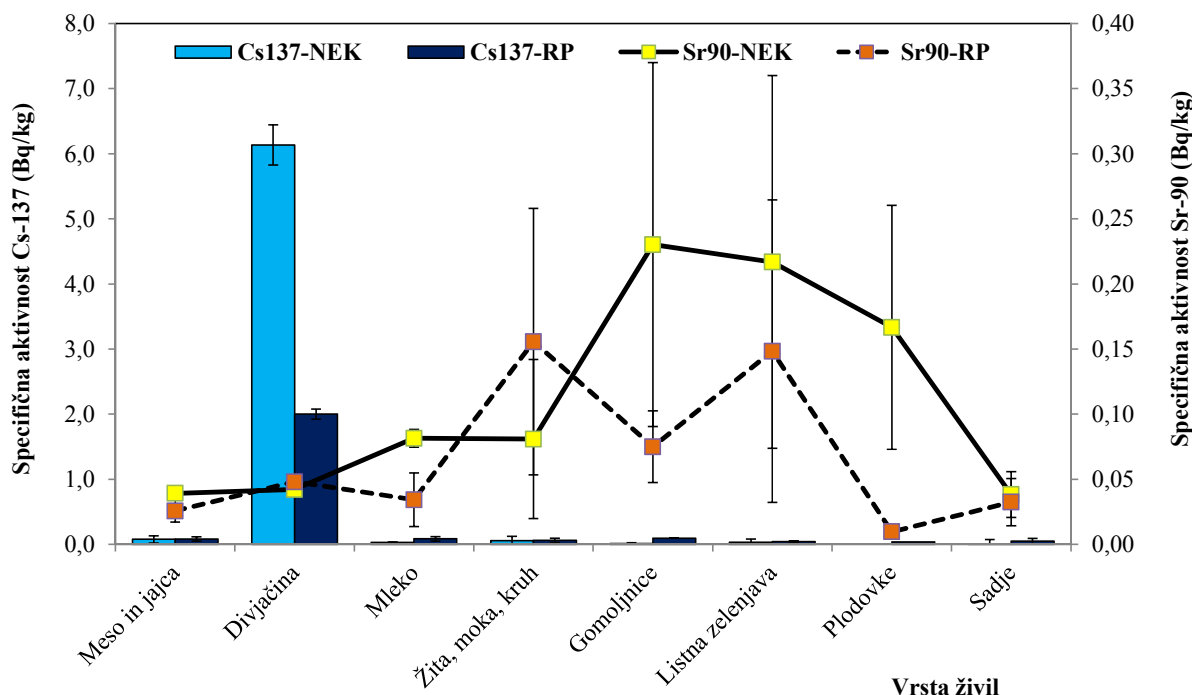
V letu 2012 je bilo poskusno vzorčevano divjačinsko meso, kjer pa je bila izmerjena specifična aktivnost Cs-137 kar 200-krat višja, kot v drugih živilih, vendar še vedno močno pod maksimalno dovoljeno mejo [64]. Vsebnosti Cs-137 v divjačini iz okolice NEK so v okviru meritev, izvedenih drugod po Sloveniji, (meritve je izvedel ZVD), kjer se specifična aktivnost Cs-137 v divjačini giblje od 0,3 Bq/kg pa do 39 Bq/kg (slika 7.7). Rezultati meritev tako kažejo, da je porazdelitev Cs-137 v Sloveniji precej neenakomerna z lokalno povišanimi vrednostmi. V letu 2009 je bila opravljena tudi analiza radionuklidov v divjačini iz Slovenije (podjetje NIMROD, d. o. o., meritev je izvedel IJS), pri čemer je bila izmerjena specifična aktivnost Cs-137 kar (161 ± 8) Bq/kg. V letu 2011 in 2012 so bile na IJS izvedene tudi meritve vsebnosti radionuklidov v izbranih vrstah gob in gozdnih tleh po Sloveniji, pri čemer je bila povprečna aktivnost Cs-137 290 Bq/kg, v tleh pa 340 Bq/kg. Omenjeni rezultati tako potrjujejo, da je prisotnost Cs-137 v divjačinskem mesu, ki je bil analiziran v okviru republiškega nadzora in rednega nadzora v okolici NEK v letu 2012 (slika 7.8), posledica splošne kontaminacije okolja zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu.

Če primerjamo specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v drugih živilih, vzorčevanih v okolici NEK (slika 7.8), s specifičnimi aktivnostmi Cs-137 in Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, opazimo, da so vrednosti primerljive v okviru merskih negotovosti in naravne variabilnosti.

Cs-137 je bil detektiran tudi v vzorcih trave, travne silaže in sena. Vsebnosti Cs-137 v vzorcih krme so se gibale od $(0,06 \pm 0,04)$ Bq/kg v vzorcih krme do $(6,0 \pm 0,7)$ Bq/kg v koruznem šrotu iz okolice Krškega, pri čemer je treba upoštevati, da so vsebnosti izražene na svežo snov, v šrotu pa je vsebnost vode nizka. Najvišje vsebnosti Sr-90 v krmi so bile izmerjene v vzorcih travne silaže in sveže trave, kjer so se vrednosti gibale od $(13,0 \pm 1,3)$ Bq/kg do $(18,5 \pm 1,3)$ Bq/kg. Vsebnosti Sr-90 v krmi so bile v letošnjem letu višje od tistih v hrani rastlinskega izvora iz okolice NEK in drugod po Sloveniji (slika 7.8).



Slika 7.7: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v divjačini (vrednost \pm negotovost). Meritve je izvedel ZVD.



Slika 7.8: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK (Cs-137-NEK, Sr-90-NEK) in drugod po Sloveniji (Cs-137-RP, Sr-90-RP) (vrednost \pm negotovost).

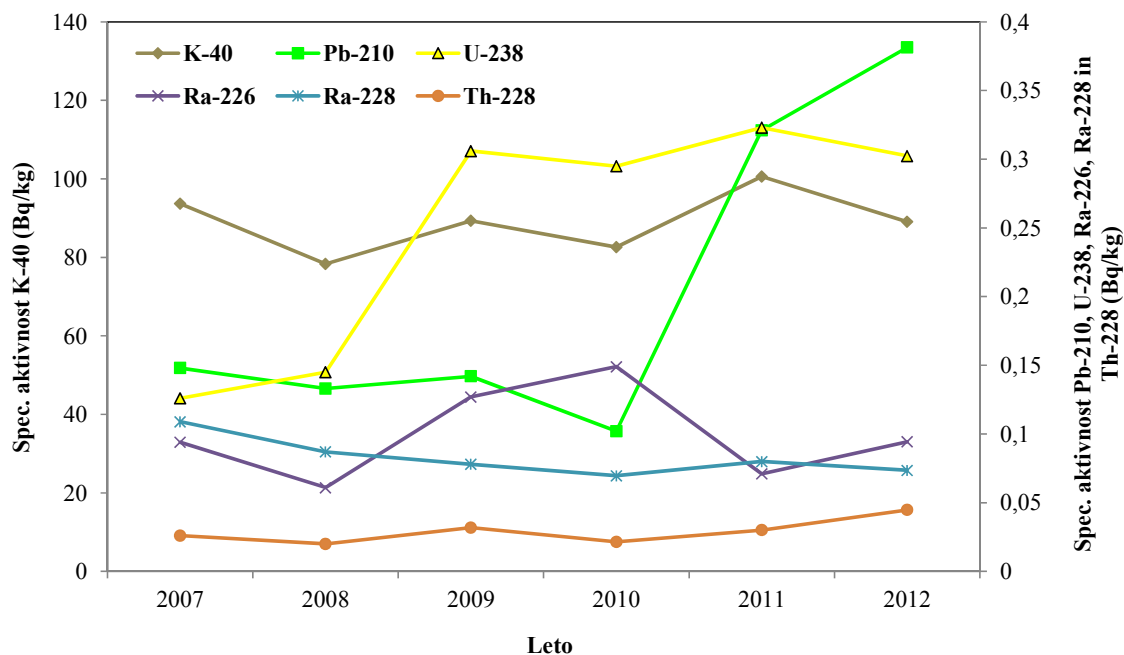
Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2012 so vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive z vsebnostmi v preteklih letih (slika 7.9). Prav tako so vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive z vsebnostmi naravnih radionuklidov, izmerjenih v letu 2012 v hrani drugod po Sloveniji (meritve ZVD) (slike 7.10, 7.11, 7.12 in 7.13) in v krmi [14].

Vsebnosti K-40, izmerjene v različnih vrstah živil iz okolice NEK, so v vseh vrstah živil primerljive s tistimi, izmerjenimi drugod po Sloveniji (slika 7.10).

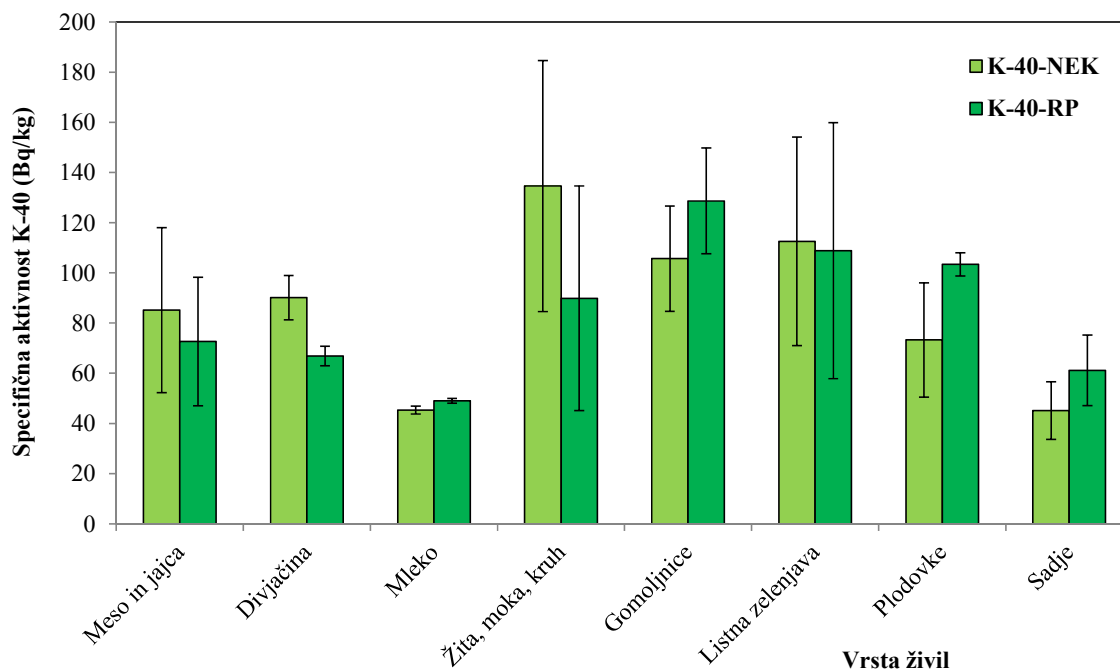
Vsebnosti Pb-210, izmerjene v različnih vrstah živil iz okolice NEK, so v mleku, žitih, listni zelenjavi in sadju primerljive s tistimi, izmerjenimi drugod po Sloveniji (slika 7.11). V mesu in jajcih ter gomoljnicah pa so bile drugod po Sloveniji izmerjene večje vsebnosti kot v okolici NEK.

Vsebnosti U-238, izmerjene v različnih vrstah živil iz okolice NEK, so v mleku primerljive s tistimi, izmerjenimi drugod po Sloveniji. V mesu in jajcih, žitu, gomoljnicah, listni zelenjavi in sadju so bile drugod po Sloveniji izmerjene večje vsebnosti kot v okolici NEK (slika 7.12). Prav tako v večini živil vsebnosti Th-228, izmerjene drugod po Sloveniji, presegajo oz. so primerljive s tistimi, izmerjenimi v okolici NEK (slika 7.12).

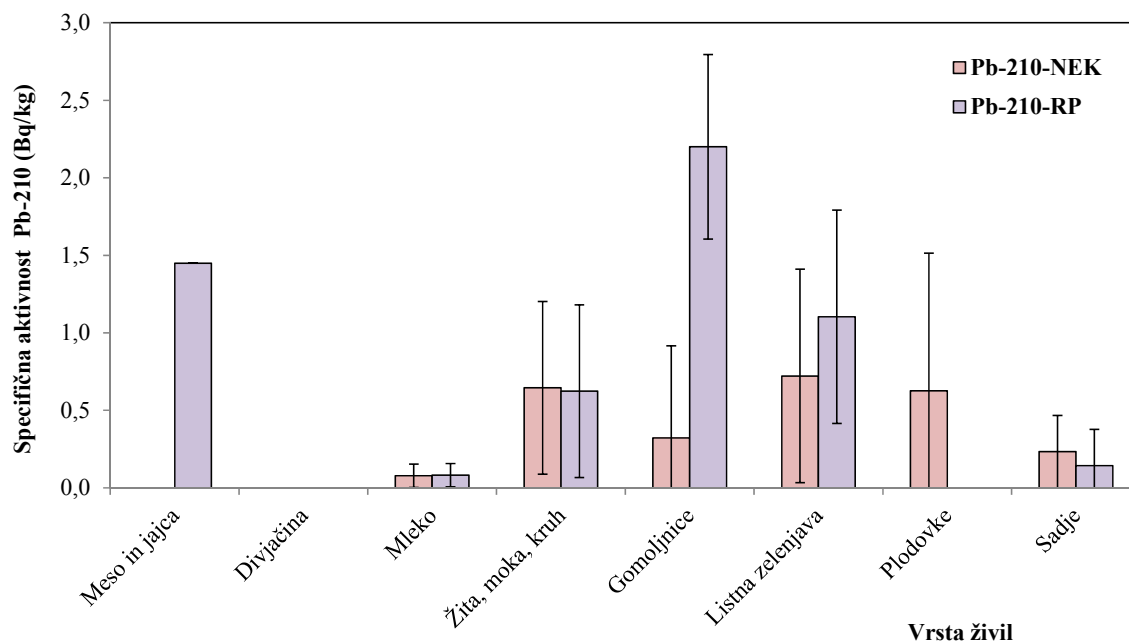
Vsebnosti Ra-226 in Ra-228, izmerjene v različnih vrstah živil iz okolice NEK, so primerljive s tistimi, izmerjenimi drugod po Sloveniji (slika 7.13). V divjačini in plodovkah pa vsebnosti Ra-226, izmerjene v okolici NEK, presegajo tiste, izmerjene drugod po Sloveniji, vendar zaradi velike variabilnosti razlike niso statistično značilne.



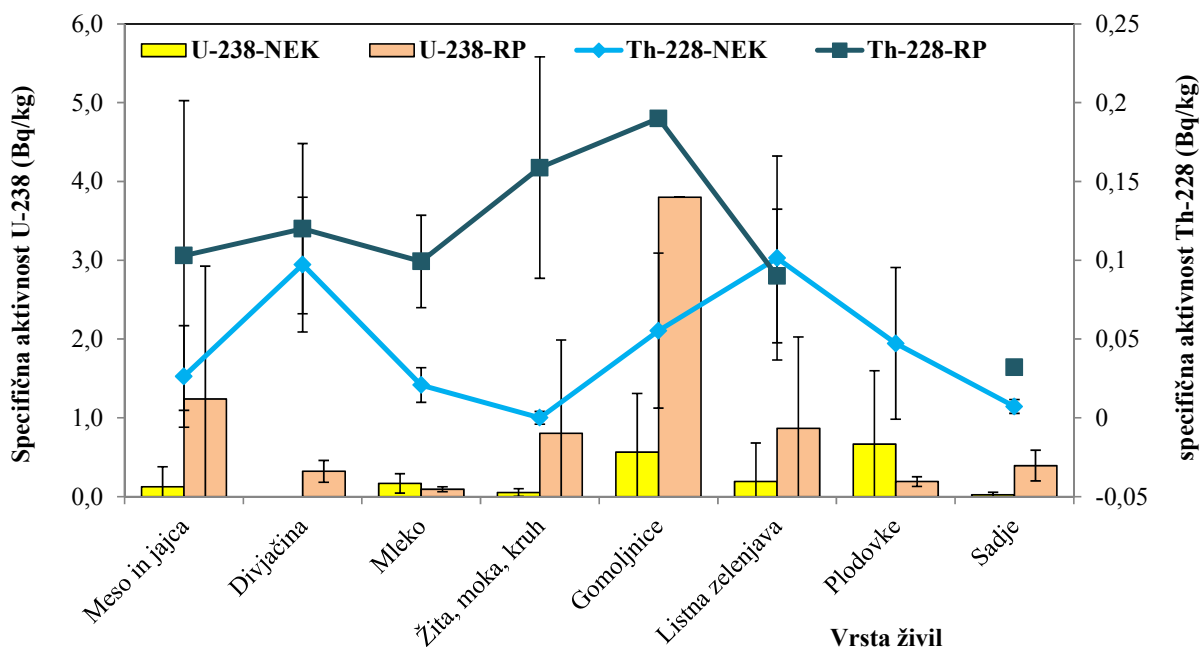
Slika 7.9: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčevani v okolici NEK po letih



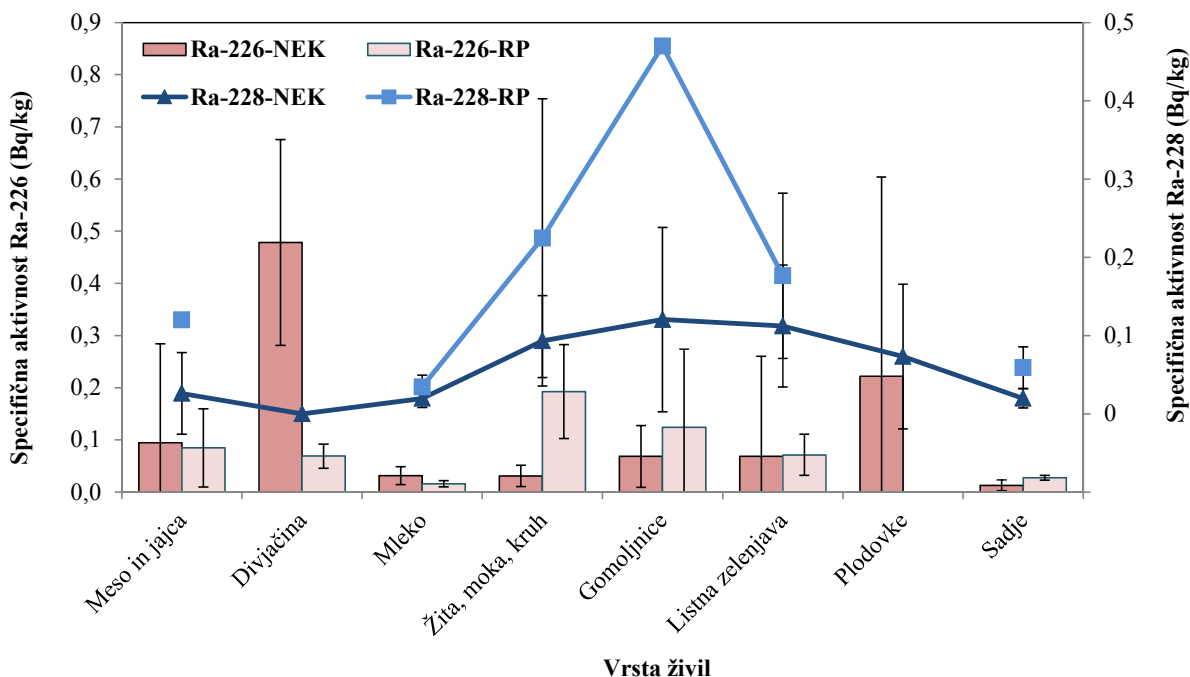
Slika 7.10: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti K-40 v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK (K-40-NEK) in drugod po Sloveniji (K-40-RP) (vrednost ± negotovost).



Slika 7.11: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti Pb-210 v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK (Pb-210-NEK) in drugod po Sloveniji (Pb-210-RP) (vrednost ± negotovost)



Slika 7.12: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti U-238 in Th-228 v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK (U-238-NEK, Th-228-NEK) in drugod po Sloveniji (U-238-RP, Th-228-RP) (vrednost ± negotovost)

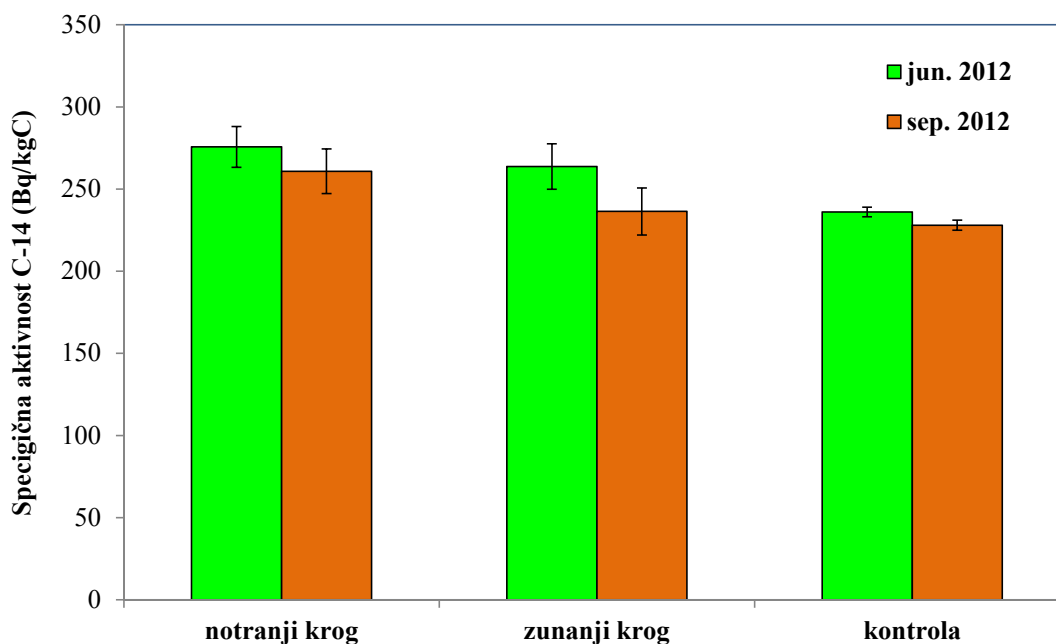


Slika 7.13: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti Ra-226 in Ra-228 v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK (Ra-226-NEK, Ra-228-NEK) in drugod po Sloveniji (Ra-226-RP, Ra-228-RP) (vrednost \pm negotovost)

Vsebnosti K-40 v koruzni silaži je bila v letu 2012 (48 ± 5) Bq/kg, vsebnosti v sveži travi, travni silaži in senu pa so bile višje, tudi do (490 ± 163) Bq/kg v travni silaži. Čeprav ima K-40 podobne kemijske lastnosti kot umetni radionuklid Cs-137, so korelacije med vsebnostmi omenjenih radionuklidov v hrani rastlinskega izvora in krmi šibke, saj je privzem Cs-137 močno povezan s preskrbljenostjo tal s kalijem. Ob normalni vsebnosti kalija v tleh namreč rastline diskriminirajo oba radionuklida v prid kaliju, ob pomanjkanju kalija v tleh, pa se privzem Cs-137 relativno poveča. Tudi vsebnosti Pb-210, U-238, Ra-226 in Ra-228 v hrani rastlinskega izvora iz okolice NEK so primerljive z vsebnostmi v hrani in krmi drugod po Sloveniji, pri čemer pa ugotavljamo višje vsebnosti U-238 v vzorcu trave iz Žirovskega Vrha ($6,1 \pm 1,4$) Bq/kg, najvišje vsebnosti Ra-226 pa v vzorcu travne silaže z Iga pri Ljubljani ($2,4 \pm 0,9$) Bq/kg.

Med naravne radionuklide v hrani spada tudi C-14, hkrati pa je C-14 merljiv tudi v izpustih NEK. C-14 se v hrano rastlinskega izvora asimilira predvsem kot CO₂ v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, koruzi, oljni repici, kodrolistnem ohrovtu (raštika), ječmenu in pšenici (slika 7.14), in sicer v juniju po remontu in v septembru. V juniju so bile povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v notranjem krogu, (275 ± 12) Bq na kilogram ogljika, v zunanem krogu pa (263 ± 13) Bq na kilogram ogljika ter na kontrolni točki v Dobovi (236 ± 3) Bq na kilogram ogljika. V septembru pa so bile vrednosti na vseh točkah nižje (slika 7.14), in sicer v notranjem krogu za 5,4 %, v zunanem krogu za 10,4 % in na kontrolni točki za 3,4 %.

Vsebnosti C-14, izmerjene v rastlinstvu, vzorčevanem v notranjem krogu NEK v juniju, so bile tako za 14,3 % večje od vrednosti, izmerjene v Dobovi, v septembru pa za 12,6 %, kar kaže na povečanje vsebnosti C-14 v rastlinstvu, kadar se remont opravlja v času vegetacijske sezone.



Slika 7.14: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti C-14 (Bq na kilogram ogljika) v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK v juniju (po remontu) in septembru 2012. Meritve je izdelal IRB, Zagreb (vrednost \pm negotovost).

OCENA VPLIVOV

Za oceno doznih obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, ki jih povzročajo posamezni radionuklidi, 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)*):

$$E_{50-70,i} = a_i h(g)_i m_i \text{ (}\mu\text{Sv)} \quad (11)$$

Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota posameznih prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne vrste hrane so prikazani v tabeli 7.1, ki temelji na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2010. Za živila, kjer podatki niso na voljo, je bila poraba ocenjena od avtorice evalvacije.

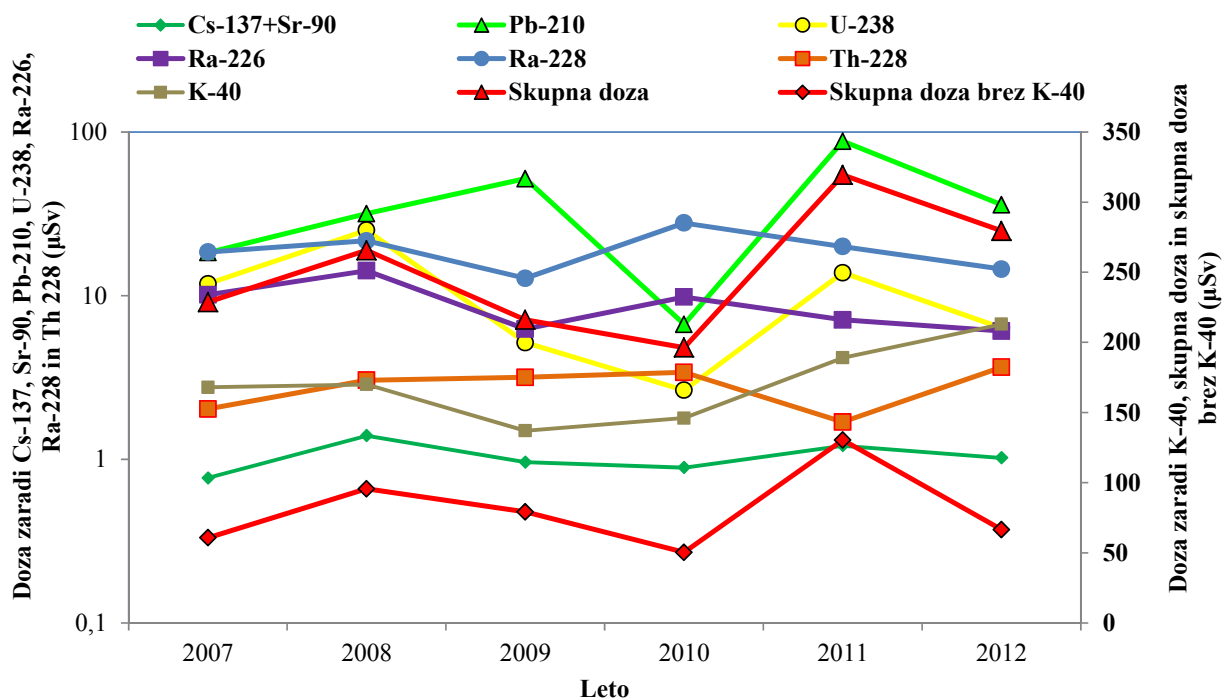
Ocenili smo, da je efektivna doza odrasle osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčevane hrane zaradi prisotnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2012 (68 ± 21) μSv , z upoštevanjem K 40 pa (281 ± 22) μSv . Skupna doza je nekoliko manjša kot v preteklem letu in primerljiva z dozami, prejetimi v letih 2007–2010 (slika 7.15). V lanskem letu je k povečanju skupne doze največ prispeval Pb-210, saj je bila doza zaradi prisotnosti omenjenega radionuklida v letu 2011 še enkrat večja kot letos (slika 7.15).

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2012, ki je bila (68 ± 21) μSv , so prikazani na sliki 7.16, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40, ki je bila v letu 2012 (213 ± 15) μSv . Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo preko ledvic. Pri odraslih je vsebnost kalija v telesu 0,18 %, pri otrocih pa 0,20 %. Ob upoštevanju deleža K-40 glede na K-39 (0,0117 % naravne izotopske vsebnosti), specifične aktivnosti K-40 ($2,6 \text{ E}+08 \text{ Bq/kg}$) in doznega pretvorbenega 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 .


Tabela 7.1: Poraba živil na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2010

Živilo	Količina (kg)	Živilo	Količina (kg)
Kokošja jajca	10	Blitva	2
Kokošje meso	9,9	Peteršilj	1
Svinjsko meso	10	Brokoli	4,6
Goveje meso	8,7	Paprika	3,5
Divjačinsko meso*	1	Paradižnik	8,5
Mleko	193	Feferoni*	1
Krompir	30,5	Jajčevci	2
Korenje	3,4	Bezeg*	1
Koleraba	2	Pšenica	89
Rdeča pesa	3	Koruza	5
Črna redkev*	3	Ječmen	2
Redkvice*	2	Jabolka	18,5
Repa*	1,5	Hruške	2,6
Čebula	7,6	Jagode	3
Zelena solata	10,3	Rdeče vino	5
Zelje	4,6	Belo vino	8,1

* Poraba je ocena avtorice evalvacije.



Slika 7.15: Skupna efektivna doza (μSv) (Cs-137, Sr-90, K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228), skupna efektivna doza brez K-40 in efektivne doze, prejete zaradi Cs-137, Sr-90, K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228 in Th-228



Skupna letna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 je bila v letu 2012 ($0,35 \pm 0,03$) μSv (z upoštevanjem divjačinskega mesa), skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Sr-90 pa je bila v letu 2012 ($0,67 \pm 0,05$) μSv . Deleža letnih efektivnih doz zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila glede na celotno prejeto efektivno dozo, ki je brez upoštevanja K-40 (68 ± 21) μSv , 0,52 % in 1 % (1,52 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs 137 in Sr 90 v hrani ($1,0 \pm 0,1$) μSv , je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (39 %), mlekom (18 %) in podzemno zelenjavo (17 %) (slika 7.17). V letu 2012 je bila poskusno vzorčevana tudi divjačina, pri kateri je bila izmerjena specifična aktivnost Cs-137 ($6,1 \pm 0,31$) Bq/kg, efektivna doza zaradi prehranjevanja z divjačinskim mesom pa je bila ocenjena na ($0,08 \pm 0,004$) μSv , kar je zanemarljivo.

Največji delež k skupni efektivni dozi (68 ± 21) μSv zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 prispevajo naravni radionuklidi (98,5 %), to so Pb-210 (53,2 %), Ra-226 (9 %), Ra-228 (21,5 %), U-238 (9,4 %) in Th-228 (3,4 %).

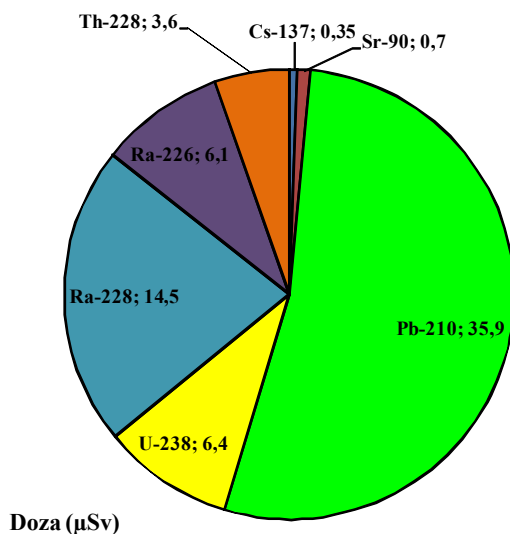
Največji delež k skupni efektivni dozi (281 ± 22) μSv zaradi kontaminacije hrane z upoštevanjem K-40 je prispevalo prehranjevanje z žiti (34,9 %), mlekom (25,7 %) in podzemno zelenjavo (15,4 %) (slika 7.18). Deleži so primerljivi s tistimi v preteklih letih.

Efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 je bila v letu 2012 ($36,0 \pm 2,3$) μSv , kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR (2000) [38] in meritvami iz preteklih let (slika 7.15). S slike 7.15 je tudi razvidno, da prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira. 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. Kontaminacija nadzemnih delov je tako v večini posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjava in sadje), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je stopnja kontaminacije tako povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz letošnjih meritev je razvidno, da je k letni dozi zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 največ prispevalo uživanje mleka in pšenice, v lanskem letu pa pšenice in koruze.

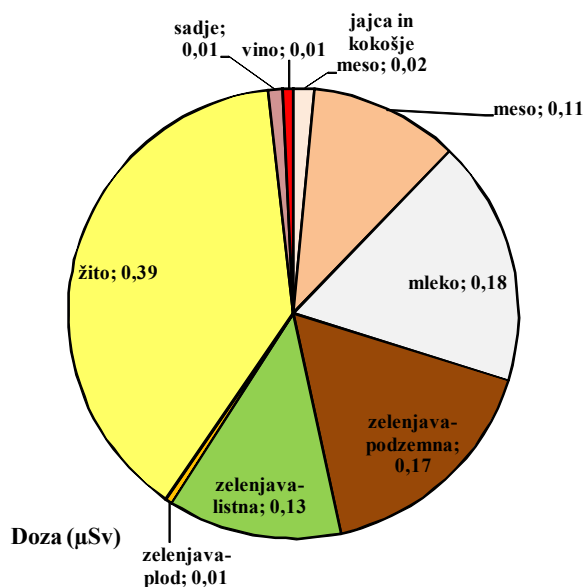
Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2012 ($6,3 \pm 0,6$) μSv . Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila ($6,1 \pm 0,4$) μSv , zaradi vsebnosti Ra-228 pa ($14,5 \pm 1,4$) μSv . Ra-226 in Ra-228 sta bila skoraj v vseh hranilih nad mejo kvantifikacije, kar je v skladu z radiološkimi nadzornimi meritvami NEK v preteklih letih (slika 7.15) in primerljivo z vsebnostmi Ra-226 in Ra-228 v hrani drugod po Sloveniji. Efektivna doza zaradi vsebnosti Th-228 v hrani je bila ($3,6 \pm 0,3$) μSv , vendar je prispevek Th-228 k skupni efektivni dozi zaradi kratkega razpolovnega časa in izjemno nizkih vsebnosti z biološkega vidika zanemarljiv.

Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [38] lahko razberemo, da je prispevek tega izotopa k celotni dozi zaradi uživanja hrane 64 % ali (70 ± 40) μSv na leto. Pri tem pa je treba poudariti, da je največ Po-210 v hranilih morskega izvora. Prispevka Po-210 k efektivni dozi zaradi uživanja živil s krško-brežiškega polja ni mogoče oceniti, saj se le-ta v okviru rednega radiološkega nadzora NEK ne določa.

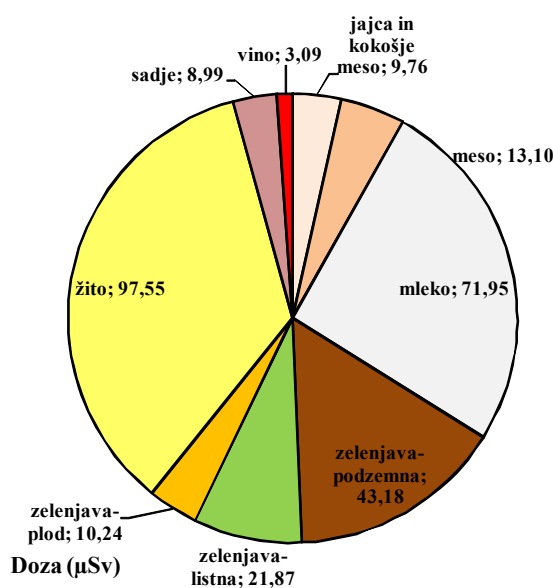
V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2012 in preteklih letih detektirali naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Te-125m in I-131, vendar so bile koncentracije teh radionuklidov v okolju tako nizke, da v živilih tudi v letu 2012 niso bili detektirani.



Slika 7.16: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi, izračunani za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane z radionuklidi v letu 2012. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 je bila v letu 2012 (68 ± 21) μSv .



Slika 7.17: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 in Sr-90 v različnih vrstah živil. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 in Sr-90 je bila v letu 2012 ($1,0 \pm 0,1$) μSv .



Slika 7.18: Izračunane efektivne doze zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v različnih vrstah živil z upoštevanjem K-40. Skupna efektivna doza, prejeta zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov v hrani, je bila v letu 2012 z upoštevanjem K-40 v hrani (281 ± 22) μSv , brez upoštevanja K-40 pa (68 ± 21) μSv .

V izpustih NEK sta tudi C-14 in tritij, ki se v ekosistemih sicer pojavljata kot naravna radionuklida. Nastajata namreč v zgornjih plasteh atmosfere, kot posledica jedrskih reakcij zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z ingestijo predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2012 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize pa so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [15–18]. V letu 2012 je bilo vzorčevanje jabolk, koruze, oljne repice, kodrolistnega ohrovtva (raštika), ječmena in pšenice opravljeno v juniju (po remontu) in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila tako v okolici NEK ocenjena na 15,1 μSv , na kontrolni točki v Dobovi pa na 14,8 μSv , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. V okviru merske negotovosti je bila doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu.

Tritij prehaja v rastlinske organizme predvsem z vodo, v človeka in živali pa tudi z rastlinsko in živalsko hrano. Tekoči izpusti H-3 v letu 2012 so bili 1,7 E+13 Bq, za določitev sevalne izpostavljenosti populacije zaradi kontaminacije hrane s H-3 pa bi bilo treba izmeriti vsebnosti H-3 neposredno v živilih, ki se pridelujejo na omenjenem območju.

V plinastih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta tudi Cs-137 in Sr-90. Celoletni izpust v letu 2012 je bil 3,1 E+06 Bq za Cs-137 in 3,0 E+04 Bq za Sr-90. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) so bile vsebnosti Cs-137 in Sr-90 primerljive z vsebnostmi v drugih vzorčevanih živilih. Zato ocenjujemo, da izpusti Cs-137 in Sr-90 iz NEK nimajo neposrednega vpliva na koncentracijo omenjenih radionuklidov v živilih.

SKLEPI

V letu 2012 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK ter poskusno vzorčevanje divjačine zaradi primerjave s hrano, ki se vzorčuje v republiškem programu. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od junija do oktobra, odvzem mesa je bil v februarju, marcu in juniju, vina v novembru, mleko pa je bilo vzorčevano mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po



Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru republiškega programa nadzora vsebnosti radionuklidov v okolju.

Ocenili smo, da je bila učinkovita doza zaradi kontaminacije hrane z umetnimi in naravnimi radionuklidi, pridelane na krško-brežiškem polju v letu 2012, brez upoštevanja K-40 (68 ± 21) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (281 ± 22) μSv . Največji delež k skupni učinkoviti dozi zaradi kontaminacije hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (98,5 %), kot so Pb-210 (53,2 %), Ra-226 (9 %), Ra-228 (21,5 %), U-238 (9,4 %) in Th-232 (5,4 %).

Deleža letnih učinkovnih doz glede na celotno prejeto učinkovito dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,52 % in 1 % (1,5 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčijo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata. V letu 2012 je bilo poskusno vzorčevano divjačinsko meso, kjer so bile vsebnosti Cs-137 200-krat večje od povprečne vsebnosti v drugih živilih. Če se divjačino uživa v manjših količinah, je povečanje sevalne doze zaradi uživanja divjačine zanemarljivo.

Največji delež je k celotni dozi (281 ± 22) μSv , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani in z upoštevanjem K-40, prispevalo prehranjevanje z žiti (34,9 %), mlekom (25,7 %) in podzemno zelenjavo (15,4 %). Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot v primeru pšenice in mleka. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 ($1,0 \pm 0,1$) μSv , so bila v letu 2012 žita (39 %), mleko (18 %) in podzemna zelenjava (17 %).

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2012 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni učinkovnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež učinkovite doze v letu 2012 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1-odstoten glede na celotno učinkovito dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta učinkovita doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očiten prispevek Pb-210, ($36 \pm 2,3$) μSv , ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane učinkovite doze v letu 2012 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. 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 iz drugih področij Slovenije ali iz uvoza. Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnosti radionuklidov. Podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji, vpliva delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani pa ni zaznati.

Meritve C-14 so bile v letu 2012 izvedene na vzorcih jabolk, koruze, oljne repice, kodrolistnega ohrovt (raštika), ječmena in pšenice na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih/krmih pa ne kažejo odmikov od vsebnosti C-14, izmerjenih v vzorcih s kontrolne točke v Dobovi. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 je bila 0,29 μSv , kar lahko pripišemo zračnim izpustom iz NEK.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinskih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), vendar njegove prisotnosti v hrani nismo ugotavljali. Zaradi vse pogostejšega poplavljanja Save v spodnjem toku, ki prizadene predvsem površine, kjer ljudje gojijo rastline za prehranske namene in krmo, in s tem povečane možnosti kontaminacije omenjenih zemljišč s tritijem, bi bilo v prihodnosti smiselno izvesti študijo o vsebnostih tritija v hrani in krmih.



8 REFERENCE

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2011, interna oznaka 8/2012, Ljubljana, marec 2012
- [2] B. Zorko et al., *Primerjava imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in po Sloveniji*. 1. izd. Ljubljana: Institut "Jožef Stefan", 2012
- [3] B. Zorko et al., *Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško*, interna oznaka 7/2010, Institut "Jožef Stefan", marec 2010
- [4] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161, marec 2009
- [5] Mesečna poročila o radioaktivnih emisijah in dozi, NEK, NEK-RETS, Rev. 6, Table 5.9.1, 2012
- [6] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306) in Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-C), Ur. l. RS št. 60/2011 z dne 13. 8. 2011
- [7] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009
- [8] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [9] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5), Uradni list RS 115 (2003) 15700
- [10] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2012, IJS-DP-11227, januar 2013
- [11] Obsevanost prebivalcev Slovenije za leto 2008 (LMSAR-20090029-MG), marec 2009
- [12] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2011
- [13] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2012, št. poročila 52/2012, IJS, oktober 2012
- [14] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme v letu 2012, IJS-DP-11156, Ljubljana, november 2012
- [15] B. Obelić, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2010, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 3. 3. 2010.
- [16] B. Obelić, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2011, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 10. 2. 2011
- [17] I. Krajcar Bronić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti 14C, LNA-4/2012, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 6. 2. 2012
- [18] I. Krajcar Bronić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti 14C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2012. godine, IRB-LNA 7/2013, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 14. 2. 2013
- [19] Korun, M., Maver Modec, P., Vodenik, B.: Interpretation of the peak areas in gamma-ray spectra that have a large relative uncertainty, *Appl. Radiat. Isot.* 70, (2012) 999
- [20] Korun, M., Kovačič, K., Vodenik, B.: Probability for Type I errors in gamma-ray spectrometric measurement of drinking water samples, *J. Radioanalit. Nucl. Chem.*, 286 (2010) 53
- [21] Črnič, B., Korun M., Zorko, B.: Interpretation of radionuclide concentrations near the detection limit for dose calculations, *Proceedings of the Third European IRPA Congress 2010*, June 14–16, Helsinki, Finland



- [22] International Standards Organisation, Determination of the characteristic limits (decision thresholds, detection limit, and limits of confidence intervals) for measurements of ionizing radiation, ISO 11929:2010 (E)
- [23] Korun, M., Vodenik, B., Zorko, B.: Evaluation of gamma-ray spectrometric results near the decision threshold, *Appl. Radiat. Isot.* 73 (2013) 1
- [24] Korun, M., Zorko, B.: Reporting measurement results of activities near the natural limit: note and extension of the article "Interpretation of measurement results near the detection limit in gamma-ray spectrometry using Bayesian statistics", sprejeto v objavo v *Accred. Qual. Assur.*, DOI: 10.1007/s00769-013-0963-1
- [25] 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
- [26] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS DP 8801 (2003)
- [27] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [28] Špela Arh Marinčič, KOSTAK, sporočilo po elektronski pošti z dne 5.11. 2012
- [29] Jadranka Ajković, KOP Brežice, elektronsko sporočilo z dne 11. 1. 2013
- [30] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [31] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [32] Spletne strani SURS, Statistični urad Republike Slovenije, www.stat.Database/Okolje/podnebnikazalniki
- [33] GNIP, spletne strani IAEA, http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html
- [34] F. Keith, Eckerman and Jeffrey C. Ryman, External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil, Federal Guidance Report No. 12, EPA-402-R-93-081, Washington, 1993
- [35] 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
- [36] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [37] Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003, Radiation Protection 143, European Commission, Bruselj, 2005
- [38] 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
- [39] 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
- [40] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 165–169
- [41] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [42] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
- [43] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [44] PC-program: Radiological Assessment System for Consequence Analysis RASCAL 3.0.3, NRC, June 2002



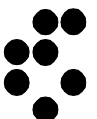
- [45] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, Radiation Protection 72, European Commission, Report EUR 15760 EN, 1995
- [46] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF₂: Mn TL-detectors, Radiat. Prot. Dosim., 119 (2006), 300–305
- [47] 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. Prot. Dosim., 106 (2003), 253–256
- [48] S. J. Melles, G. B. M. Heuvelink, C. J. W. Twenhöfel and U. Stöhlker, Lecture Notes in Computer Science, 5072 (2008), 444–458, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_33
- [49] M. S. Al-Masri, Y. Amin, M. Hassan, S. Ibrahim, H. S. Khalili, Journal of Radionanalytical and Nuclear Chemistry, 267 (2006) 2, 337–343
- [50] K. Saito, P. Jacob, Radiat. Protect. Dosim., 58 (1995), 29–45
- [51] U. Stoelhlker, M. Bleher, T. Szegvavry, F. Conen, Radioprotection, 44 (2009) 5, 777–784
- [52] M. A. P. V. de Moraes, T. F. L. Daltro, Radiat. Protect. Dosim., 87 (2000) 3, 207–211
- [53] J. T. Zerquera, M. P. Alonso, O. B. Flores, A. H. Perez, Radiat. Prot. Dosim., 95 (2001) 1, 49–52
- [54] M. Lemercier, R. Gurriaran, P. Bouissetand, X. Cagnat, Specific activity to H*(10) conversion coefficients for In-situ gamma spectrometry, Radiat. Protect. Dosim., 128 (2008) 1, 83–89
- [55] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [56] W. G. Alberts *et al.*, New dose quantities in radiation protection, PTB, Braunschweig, August 1995
- [57] M. Kowatari *et al.*, Altitude Variation of cosmic-ray neutron energy spectrum and ambient dose equivalent at Mt. Fuji in Japan, IRPA, 11th International Conference, Spain, May 23-28, 2004
- [58] 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
- [59] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. Radiation research 94 (1983), 135–150
- [60] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. Food and chemical Toxicology, 46 (2008), 3448–3457
- [61] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. Journal of experimental Botany, 51 (2000), 1635–1645
- [62] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [63] Povzetek dokumenta "Strategija razvoja kmetijstva in razvoja podeželja v občini Krško za obdobje 2007–2013, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Kmetijska gospodarska zbornica Slovenije
- [64] Commission implementing regulation (EU) No 351/2011 of 11 April 2011 amending Regulation (EU) No 297/2011 imposing special conditions governing the import of feed and food originating in or consigned from Japan following the accident at the Fukushima nuclear power station



IJS delovno poročilo
IJS-DP-11246
marec 2013

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

POROČILO ZA LETO 2012





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 števil: POG-3644 z dne 12. 1. 2011 (za IJS)
POG-3614 z dne 18. 10. 2010 (za ZVD)
POG-DNU-1283 z dne 7. 11. 2010 (za IRB)

Odgovorni nosilec: doc. dr. M. Lipoglavšek

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2012

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila:
Avtorji na IJS:
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., doc. dr. M. Lipoglavšek, D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, B. Svetek, inž. kem. tehnol., izr. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Avtorji na ZVD:
dr. M. Giacomelli, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešič, dr. D. Barišič, dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvantičič, G. Karanović, T. Kardum, dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušič, dr. I. Lovrenčič, I. Milanović, dipl. inž., M. Nodilo, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), I. Panjkret, A. Rajtarić, M. Rogić, dr. M. Rožmarić - Mačefat, dr. A. Sironić, mag. B. Vekić

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

Štev. del. poročila: IJS-DP-11246

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 2012

IJS-DP-11246
marec 2013

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 2012. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007. 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, podaljšanje pogodbe št. POG-3439: Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 0, poglavje 3.12, strani 43–60.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2012

IJS-DP-11246
March 2013

KEYWORDS:

radioactivity surveillance, sampling, radioactivity measurements, gamma- and beta-ray emitters activity measurements, high resolution gamma-ray spectrometry, beta spectrometry, external radiation, radioactive contamination, radionuclide identification, dosimetry, exercises, intercomparison measurements

ABSTRACT:

In the report measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2012 in the environment around Krško NPP are presented. Legal basis for radioactivity monitoring is Rules on the monitoring of radioactivity (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007. Programme comprises measurements in the environment of NPP (imission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV 10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution monitoring, extension of the contract No. POG-3439: Radiological monitoring in the environment of the Krško NPP for years 2011, 2012 and 2013 in Republic of Slovenia, NEK, TO.RZ, 4/2010, Revision: 0, Appendix 14.1, NEK-RETS, Rev. 0, chapter 3.12, pages 43–60.



IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (odsek F2)

D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, 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, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

Koordinator projekta za IRB - ZIMO: dr. Željko Grahek

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

dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, Gorana Karanović, dipl. inž. T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, I. Milanović, dipl. inž., M. Nodilo, dipl. inž. I. Panjkret, Matea Rogić, dipl. inž., dr. M. Rožmarić - Mačefat

Izvajalci na IRB - Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti- Zavod za eksperimentalnu fiziku:

dr. J. Barešić, dr. N. Horvantičić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić

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

mag. B. Vekić, dipl. inž., dr. Ž. Knežević

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., dr. L. Mikelić, 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

Izvajalci v MEIS, d. o. o.:

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



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2012

Osnova za izvajanje obratovalnega monitoringa je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007.

- (i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (emisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10)**

Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 0, poglavje 3.12, stran 43 do 60.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV 10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

- (ii) 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 2012

1. VODA, REKA SAVA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško – 4 km vzvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice – 7,8 km nizvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
	3. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško 2. Brežice 3. Jesenice na Dolenjskem	vodni destilat	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 31 dni	12 12 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)	1. Krško	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4
	3. Jesenice na Dolenjskem	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4



2. REKA SAVA- SEDIMENTI, VODNA BIOTA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	36
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg	voda + suspendirana snov	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)		36
Dodatno H-3 v vodi	3. Obala pri Jesenicah, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg	ribe			12
	4. Podsused	vodni destilat	1-krat na 182 dni		

3. VODOVODI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško (vodovod)	enkratno vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Brežice (vodovod)				12
	3. Vrtina E1 znotraj ograje NEK				
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save (samo H-3)				12



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	12 × 5
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Črpališče vod. Krško - Brege		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Zajetje Dolenja vas 4. Črpališče vod. Brežice VT1 (novo) 5. Črpališče vod. Brežice 481 (staro)		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5

Pripomba: V Brežicah se vzorčujejo zgolj aktivna črpališča, ki napajajo vodovodno omrežje.

5. PADAVINE IN USEDI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Libna ZR = 1,6 km	sestavljen vzorec, kontinuirano zbiranje 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Brege				12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Dobova				12 × 3



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	sestavljani mesečni vzorec iz 3 skupin lokacij oz. celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	kontinuirano zbiranje vzorca 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3

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) Z = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E	kontinuirano črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	24 × 6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	ostanek na filtru kontinuirno črpanje skozi aerosolni filter	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4 × 1
Izotopska analiza partikulatov in aerosolov s spektrometrijo gama	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna ZR = 1,3 km, 2B 8. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	kontinuirano črpanje skozi aerosolni filter (menjava filtra glede na zamašitev oziroma na 31 dni)	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 7
C-14 v CO ₂ v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO ₂ absorbiran na NaOH kot Na ₂ CO ₃	1-krat na 2 meseca		2 × 6



8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Doza z okoljskimi TL-dozimetri, v pasu okoli elektrarne	67 merilnih točk v Sloveniji, od tega 57 merilnih točk, razporejenih v krogih v pasu od 1,5–10 km okoli elektrarne, 9 merilnih točk na ograji NEK-a – skupaj 66 merilnih točk v okolici NEK in 1 merilna točka na IJS v Ljubljani; 10 na Hrvaškem	TL-dozimeter, najmanj 2 na merilno mesto	1-krat na pol leta	1-krat na pol leta	134 v Sloveniji
					20 na Hrvaškem
Meritev hitrosti doze sevanja gama	najmanj 10 merilnih mest, ki obkrožajo lokacijo NEK	omrežje z avtomatskim delovanjem		stalna meritev	stalni nadzor

Opomba: NEK izvaja meritve doze z OSL-dozimetri na šestih mestih na ograji objekta.

9. ZEMLJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Amerika, ZR = 3,2 km, poplavno področje, rjava naplavina	enkratni vzorec zemlje iz 4 globlin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm enkratni vzorci: naplavine, pašnik ali obdelovalna zemlja	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				2 × (3 × 4)


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	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni			12 × 3
I-131, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			8 × 3
C-14	Dobova in okoli 15 lokacij okoli NEK (Evrosad in izbrani kraji na polju)	sezonski vzorci raznega sadja, zelenjave ali žit	2-krat na leto (julij in september)	2-krat na leto	okoli 35

11. HRANA - SADJE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: sadovnjak AKK pri NEK, AKK Sremič, sadovnjak Leskovec	enkratni sezonski vzorci raznega sadja:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		jabolka, hruške, ribez, jagode, vino			10

12. HRANA - POVRTNINE IN POLJŠČINE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	enkratni sezonski vzorci širokolistnatih povrtnin in poljščin:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj			20



13. HRANA - MESO, PERUTNINA, JAJCA

VRSTA IN OPIS MERITEV	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju:	enkratni vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje.				6

PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2012

Program interkomparacijskih meritev, ki ga izvajajo laboratoriji, vključeni v radiološki nadzor za NE Krško, obsega mednarodne ali medsebojne medlaboratorijske primerjave naslednjih vzorcev (vsaj 5 vzorcev letno):

- voda (sevalci gama, H-3, Sr-90)
- zračni filter (sevalci gama)
- zemlja ali sediment (sevalci gama)
- vegetacija ali hrana (sevalci gama)
- mleko (sevalci gama, I-131, Sr-89, Sr-90)

Rezultati vseh interkomparacij in primerjalnih meritev morajo biti vključeni v zbirno letno poročilo. V poročilu mora biti navedeno, kateri laboratoriji so uspešno prestali preskuse in zadoščajo postavljenim merilom. Ustreznost laboratorija se izkazuje s primerjalnim indeksom glede na certificirano vrednost in z ovrednotenjem rezultata (sprejemljivo, sprejemljivo z opozorilom ter nesprejemljivo).



ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno "omogočale izračun" obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki (Uradni list).

1 **VODE** (Sava, vodovod, zajetja, vrtine)

1.1 Aktivnost se navaja v enotah: Bq/m^3 ($1 \text{ Bq/m}^3 = 1\text{E}-3 \text{ Bq/kg} = 1\text{E}-3 \text{ Bq/L}$).

približek velja ob predpostavki, da je $1 \text{ dm}^3 \text{ vode} = 1 \text{ L vode} = 1 \text{ kg vode}$

1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije nad $0,45 \mu\text{m}$.

- aktivnost se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode;
izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oz. velikosti delcev nad $6 \mu\text{m}$;
- aktivnost se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

1.3 **H-3** iz vode

Aktivnost se navaja v enotah Bq/m^3 vode.

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

- Aktivnost se navaja v enotah Bq/m^2 terena (vodoravne prestrezne površine).
- Aktivnost se podaja v enotah Bq/m^3 tekočih padavin.

3 **HRANA**

Aktivnost se navaja v Bq/kg dejanskega vzorca z navedbo masnega deleža (%) suhe snovi v dejanskem vzorcu, kadar se pri meritvah uporablja suha snov; le-to smo določali s sušenjem na temperaturi od $60 \text{ }^\circ\text{C}$ do $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

4 **BIOLOŠKI VZORCI**

Aktivnost se navaja v Bq/kg za sveže ribe, navede se tudi masni delež (%) suhe snovi v ribi; za mahove, ribjo hrano in drugo se podaja aktivnost v Bq/kg suhe snovi z navedbo deleža suhe snovi v vzorcu (%), kadar je to smiselno.

Aktivnost C-14 v biološkem materialu se podaja kot specifična aktivnost C-14 v Bq/kg ogljika ali kot relativna specifična aktivnost v pMC (percent of Modern Carbon), $100 \text{ pMC} = 226 \text{ Bq/kg C}$.

5 **ZRAK**

Aktivnost se podaja za aerosole in jod v Bq/m^3 (pri približno normalnih razmerah).

Aktivnost C-14 v atmosferskem zraku se navaja kot relativna specifična aktivnost C-14 v pMC ali kot koncentracija C-14 v zraku v Bq/m^3 zraka ob predpostavki, da je koncentracija CO_2 v zraku $384 \mu\text{g/g}$, $100 \text{ pMC} = 46 \text{ E}-3 \text{ Bq/m}^3$



6 **ZEMLJA**

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

7 **ZUNANJA DOZA**

se podaja z absorbirano dozo v zraku (približno enaka absorbirani dozi v mehkem tkivu) v Gy (zrak)

Pretvorba obsevne doze v absorbirano:

100 R = 2,58 E-2 C/kg; 1 Gy (zrak) = 1 J/kg

Pod pogojem, da k merjeni absorbirani dozi prispeva samo sevanje z nizkim LET, je uporabna relacija:

1 Gy (zrak) = 1 Sv (mehko tkivo)



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	5730 let
natrij	Na-22	2,602 let
natrij	Na-24	14,66 ur
kalij	K-40	$1,277 \cdot 10^9$ let
argon	Ar-41	1,827 ure
krom	Cr-51	27,70 dni
mangan	Mn-54	312,2 dni
železo	Fe-55	2,73 let
kobalt	Co-57	271,77 dni
kobalt	Co-58	70,916 dni
železo	Fe-59	44,47 dni
kobalt	Co-60	5,271 let
cink	Zn-65	244,1 dni
stroncij	Sr-89	50,55 dni
stroncij	Sr-90	28,5 let
itrij	Y-90	2,671 dni
cirkonij	Zr-95	64,02 dni
niobij	Nb-95	34,97 dni
niobij	Nb-97	1,202 ure
molibden	Mo-99	2,748 dni
rutenij	Ru-103	39,254 dni
rutenij	Ru-106	1,020 leto
srebro	Ag-110m	249,76 dni
kositer	Sn-113	115,09 dni
kositer	Sn-117m	13,61 dni
telur	Te-123m	119,7 dni
antimon	Sb-124	60,20 dni
antimon	Sb-125	2,73 let
telur	Te-125m	57,4 dni
jod	I-125	60,14 dni
telur	Te-127m	109 dni
telur	Te-129m	33,6 dni
jod	I-131	8,040 dni
ksenon	Xe-131 m	11,9 dni
telur	Te-132	2,36 dni
ksenon	Xe-133	2,19 dni
jod	I-133	20,8 ur
cezij	Cs-134	2,062 let
ksenon	Xe-135	9,104 dni
cezij	Cs-137	30,0 let
barij	Ba-140	12,746 dni
lantani	La-140	1,678 dni
cer	Ce-141	32,50 dni
cer	Ce-144	284,9 dni
živo srebro	Hg-203	46,60 dni
svinec	Pb-210	22,3 let
radon	Rn-222	3,835 dni
radij	Ra-226	1600 let
radij	Ra-228	5,75 let
torij	Th-228	1,913 let
uran	U-238	$4,468 \cdot 10^9$ let



MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo določanje njihove izotopske sestave. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, da je izotopska sestava dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti merjenje množine radioaktivnih snovi, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja, morajo biti manjše od aktivnosti, ki povzroči tridesetino avtorizirane dozne meje za posamezne radionuklide.

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora ustrezati podatkom o emisiji in mora vsebovati najbolj radiotoksične izotope. Navadno se vzorci iz okolja merijo s spektrometri gama, kjer se aktivnosti posameznih radionuklidov določi iz energije in intenzitete vrhov v spektru. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se merijo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemični separaciji merijo aktivnosti tritija in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne pa se radiokemična separacija uporablja še za določanje C-14 in Fe-55.

Pri izvedbi meritev sodeluje več institucij, vsaka institucija izvaja meritve po svojih merskih metodah in postopkih. V nadaljevanju poglavja so opisane merske metode, ki jih uporabljajo posamezni izvajalci pri meritvah.

INSTITUT "JOŽEF STEFAN"



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-022

Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), *Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti*, je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od

5 keV do 3 000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med $0,005 \text{ s}^{-1}$ in $50\,000 \text{ s}^{-1}$.

Laboratorij za tekočinsko scintilacijsko 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 $H_p(10)$, $H^*(10)$, air-Kerma 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 μSv do 5 Sv.

Celovito poročilo o vseh meritvah, opravljenih v okviru pogodbe POG-3644 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 14/2013. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, en izvod pa arhivirali na IJS. V tem poročilu se ob posameznih rezultatih ne podajata niti znak akreditacije niti besedilo, da je rezultat dobljen v okviru akreditirane metode.



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-090

Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je za meritve stroncija, tritija in C-14 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) od junija 2009 dalje pod zaporedno številko LP 090. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru.

Specifično aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifično aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov se izraža v Bq/kg ali Bq/g prinesenega vzorca.

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 navedeni v [i]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v [ii]. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LPRI. 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 %.

Reference:

- [i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, Uradni list RS 20 (2007) 2509
- [ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja 11 (maj 2009) in izdaja 12 (feb. 2012), 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 02, oktober 2003, IJS, Ljubljana


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	6,0 E-4	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-2
Na-22	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Cr-51	1,0 E-5	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	8,0 E-2	3,0 E-2
Mn-54	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Co-57	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-2	4,0 E-2	6,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-3
Co-58	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Fe-59	2,0 E-7	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Co-60	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3	8,0 E-3
Zn-65	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	6,0 E-2	1,0 E-1	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Zr-95	2,0 E-6	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Nb-95	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,1 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-103	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-106	1,0 E-6	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2
Sb-124	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-2	3,5 E-2	1,0 E-1	3,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3
Sb-125	1,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2
I-131	4,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+2	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	6,0 E-7	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				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 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 comptonkega 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 0 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 spodnjo detekcijsko mejo 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.



b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [v]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Najbolj pogosto se uporablja mešanica 90 % Ar in 10 % CH₄. Izkoristek števca EBERLINE Multi-Low-Level Counter FHT 770 T za izbrane radionuklide določamo s kalibracijskimi certificiranimi standardi francoskega laboratorija LEA, division de CERCA.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-90/Sr-89 ter po izpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-90/Sr-89; iz meritve Y-90 pa najprej izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato še aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) [vi] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [vii], izračun merilne negotovosti je opisan v [viii–xii].

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), 5. izdaja, jan. 2012
- [vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 2. izdaja, sep. 2008
- [viii] *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS-DP-9893, maj 2008
- [ix] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [x] *Poročilo o validaciji STC-metode in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xi] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012
- [xii] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2)

Tritij določamo v desorbirani vodi z adsorbenta in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v [xiii] in [xiv] ter v referencah [xv–xxi]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvezamo 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). Izkoristek števca za H-3 določamo s kalibracijskim certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

Reference:

- [xiii] *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 4. izdaja, jan. 2012
- [xiv] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [xv] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*; K. Rozanski, M. Gröning, *Tritium Assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry*, 2004
- [xvi] *Validacija metode za določitev tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem v letu 2007*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-9890, 2008
- [xvii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10349, december 2009



- [xviii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xix] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012
- [xx] *HASL-300*, Procedure Manual, November 1990
- [xxi] Isotope Hydrology lab.; Technical Procedure Note 19, *Procedure and Technique Critique for Tritium Enrichment by Electrolysis at the IAEA Laboratory*, IAEA 1976

d) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinsko scintilacijskim štetjem.

Vzorke najprej destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinsko scintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjence, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06* in *LSC-DN-07*. Za kalibracijo števca in pripravo krivulje dušenja uporabljamo certificiran NIST-ov standard, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

Reference:

- [xxii] *Umeritvene krivulje za tekočinsko scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 00, jan. 2008, IJS, Ljubljana
- [xxiii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 02 (avg. 2009) in izdaja 03 (dec. 2012), IJS, Ljubljana
- [xxiv] *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 03 (avg. 2009), IJS, Ljubljana

e) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14 (Odsek O-2)

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xxv] in [xxvii]. Raztopljeni $^{14}\text{CO}_2$ oborimo z BaCl_2 iz bazične raztopine. Uprašeni oborini BaCO_3 dodamo scintilacijski koktajl Insta-gel in destilirano vodo. Aktivnost C-14 merimo na instrumentu Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard). Izkoristek števca za C-14 določamo s certificiranim kalibracijskim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

Reference:

- [xxv] 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
- [xxvi] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements* (2004)
- [xxvii] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 5. izdaja, jan. 2012
- [xxviii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [xxix] *Poročilo o validaciji metode za določanje ^{14}C v bazični raztopini*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-9892, april 2008
- [xxx] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10349, december 2009
- [xxxii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xxxiii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012



f) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA (Odsek F-2)

Sistem za termoluminiscenčno (TL) dozimetrijo sestavljajo računalniško kontroliran merilni sistem MR 200 C, veliko število dozimetrov in pečica za brisanje dozimetrov. Sistem omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Za okoljske dozimetre uporabljamo dozimetre iz $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ 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* [xxxv]. Karakteristike sistema za TL dozimetrijo so podrobno opisane v IJS delovnih poročilih [xxxiii, xxxiv].

Reference:

- [xxxiii] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066*, IJS-DP-10126, feb. 2009
- [xxxiv] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387*, IJS-DP-11217, jan. 2013
- [xxxv] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 08 (feb. 2011), 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.

Reference:

- [xxxvi] *Priručnik sistema upravljanja kvaliteto PK* (izdaja 08), Institut Ruđer Bošković, 2011

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Spektre gama merimo na germanijevih detektorjih, in sicer:

- na germanijevem detektorju 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 1332,5 keV (Co-60);
- na germanijevem detektorju GC2519 z izkoristkom 25,4 % glede na izkoristek detektorja z natrijevim jodidom, ki ima kristal z dimenzijami (3 × 3) inčev; germanijev detektor ima ločljivost 1,82 keV pri 1332,5 keV in razmerje vrh/compton 52,3.

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 [xxxvii]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranim standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/1, RU 5.4/1-1 [xxxvii]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 [xxxvii]. Negotovosti



rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom IAEA-TECDOC-1401 [xxxix] in postopkom SUK PS 5.4/6 [xxxviii].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost (*MDA*), ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce (Currie 1968, IAEA 295) [xl]:

$$MDA = \frac{2,71 + 4,66\sqrt{B}}{K} : K = I \cdot t \cdot (V, m) \cdot \varepsilon$$

Kjer je:

- t* - čas merjenja
- V, m* - volumen ali masa vzorca (m³ ali kg)
- ε* - izkoristek
- I* - jakost žarkov gama
- B* - ozadje v času meritve *t*

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

Detektor	BE3830			GC2519		
	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	0,03	0,1	0,07	0,05	0,1	0,1
K-40	0,1	0,3	0,2	4,5	22,7	10,36
Mn-54	0,01	0,02	0,014	0,01	0,02	0,02
Co-58	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Co-60	0,01	0,3	0,02	0,01	0,03	0,02
Zn-65	0,02	0,05	0,04	0,02	0,06	0,04
Ru-103	0,004	0,01	0,01	0,005	0,02	0,01
Sb-124	0,02	0,07	0,05	0,03	0,1	0,06
Sb-125	0,01	0,03	0,02	-	-	-
I-131	0,003	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01
Cs-134	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Cs-137	0,006	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Bi-214	0,01	0,03	0,02	0,01	2,3	1,0
Pb-214	0,01	0,03	0,02	0,4	1,9	1,0
Ra-228	0,02	0,07	0,05	0,4	2,4	1,1
Ra-226	0,03	0,1	0,07	1,8	9,0	4,1
U-238	0,6	2,9	1,3	2,26	11,29	5,16

* Spodnje meje detekcije se lahko spreminjajo v odvisnosti od pogojev meritev (števeni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.)

Reference:

- [xxxvii] SUK PS 5.4/1 (izdaja 05), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2010. RU 5.4/1-1 (izdaja 07) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2011
- [xxxviii] SUK PS 5.4/6 (izdaja 06) Mjerna nesigurnost kod gama spektrometrijskih određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2011
- [xxxix] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004
- [xl] IAEA, Technical Reports Series No. 295, *Measurement of radionuclides in food and the environment*, 1989



b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xli, xlii]. 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 [xliii]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu s silicijevim detektorjem i-Matic, Canberra.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija in izolacija itrija. Iz prve meritve na SrCO₃ izmerimo aktivnost obeh, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 pa določimo aktivnost Sr-90.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xliv] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xlv], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/7 in IAEA-TECDOC-1401 [xvi, xvii].

Reference:

- [xli] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xlii] 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
- [xliii] Grahek Ž et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, *Journal Radioanal. Nucl. Chem.*, 242 (1999), 33–40
- [xliv] SUK PS 5.4/2 (izdaja 05) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [xlv] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 06) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2010
- [xlvi] IAEA-TECDOC-1401, Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements, 2004
- [xlvii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod određivanja ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2009

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xlviii–liii]. 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 (Perkin Elmer 3180 TR/SL). Ozadje je nižje od 2 impulza na minuto. Izkoristek določamo z uporabo "quench-standarda" in certificiranih standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

- [xlviii] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 2770 TR/SL Series, Packard a Canberra Company, 1995
- [xlix] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [l] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*; K. Rozanski, M. Gröning, *Tritium Assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry*, 2004
- [li] SUK PS 5.4/3 (izdaja 06) Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lii] SUK PS 5.4/8 (izdaja 06) Mjerna nesig. kod određivanja tritija, nstitut "Ruđer Bošković", 2009
- [liii] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 05) Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009



d) 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 5.4/4-1 [liv, lv]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri na spektrometru Liquid Scintillation Spectrometra Packard TRI-CARB 3180 TR/SL. 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 na AAS Perkin Elmer AAnalyst 400. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, PS 5.4/9 [liv, lvi] ter v referencah [lvii, lviii].

Reference:

- [liv] SUK PS 5.4/4 (izdaja 06) Određivanje ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lv] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 06) Određivanje ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvi] SUK PS 5.4/9 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod određivanja ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvii] 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
- [lviii] 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

e) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Termoluminiscenčni dozimetri TLD-100H (po dva dozimetra na vsaki lokaciji) se uporabljajo od 10. 1. 2008.

Dozimetri TLD-100H so iz litijevega fluorida in so dopirani z magnezijem, fosforjem in bakrom. Za odčitavanje dozimetrov smo uporabljali čitalnik TOLEDO 654 (Vinten). Čitalnik je priklopljen na računalnik s programsko opremo TEMES za čitanje dozimetrov, ki je bila razvita v sodelovanju s sodelavci Instituta "Jožef Stefan".

Čitalnik TOLEDO in programski paket TEMES omogočata kontrolo in spreminjanje hitrosti gretja, grafično in numerično obdelavo izmerjenih vrednosti (integrala sevalne krivulje, določanje maksimumov krivulje, računanje doze) ter zbiranje in obdelavo merskih rezultatov iz različnih dozimetrov.

Dozimetri so individualno kalibrirani. Vse dozimetre obsevamo v laboratoriju za sekundarne dozimetrične standarde na IRB. Laboratorij je opremljen skladno s priporočilom mednarodne agencije za atomsko energijo MAAE.

f) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 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, prehodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [lix–lxii]. 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 tekočinsko scintilacijskem števcu Quantulus 1220, Ultra Low Level Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer). Števec je umerjen s certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer. Najnižja aktivnost ^{14}C , ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO_2 , je 2,5 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 3,5 pMC za posamezno meritev oziroma 2,5 pMC za dve ponovitvi.

Ogljik C-14 v atmosferskem CO_2 :

Atmosferski CO_2 se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm^2 , kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na_2CO_3 , ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO_2 se uporabi za pripravo benzena [lix, lx, lxii]. Meritve se izvajajo v tekočinskoscintilacijskem števcu (LSC) Quantulus 1220. Vzorci benzena z maso 4 g se merijo v steklenih ampulah z volumnom 7 mL. Za vse meritve C-14 se uporablja standardni referenčni material Oxalic Acid II, NIST SRM-4990C. Pred vsako posamezno meritvijo aktivnosti ^{14}C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost ^{14}C , ki jo lahko določimo v vzorcih benzena je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.

Reference:

- [lix] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ^{14}C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [lx] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka u obliku benzena u tekućinskom scintilacijskom brojaču. U: V. Garaj-Vrhovac, N. Kopjar, S. Miljanić, ur. Zbornik radova Šestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 18.–20. travnja 2005; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2005. str. 158–163
- [lxi] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije CO_2 . U: I. Krajcar Bronić, S. Miljanić, B. Obelić, ur. Zbornik radova Petog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 9.-11. travnja 2003; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2003. str. 267–272
- [lxii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8



ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-032

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 določitve stroncija je akreditirana od februarja 2009 dalje pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-032.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Omenjena metoda je v laboratoriju LMSAR podrobno opisana v dokumentu DP-LMSAR-09, in sicer v petih sklopih: energijska kalibracija, izkoristek detektorja, izračun lokacije in ploščine vrha, identifikacija radionuklida ter izračun specifične aktivnosti in merilne negotovosti rezultata. Vse našteje korake izvajamo s programsko opremo GENIE 2000, katere algoritmi so opisani v knjigi GENIE 2000 – Customization Tools Manual. Opora temu programskemu paketu pa so naslednji mednarodni standardi:

- IEC-1452: Nuclear instrumentation - Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers
- IEC-973: Test procedures for germanium gamma-ray detectors
- IEC-759: Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers
- IEC-61976: Nuclear instrumentation-Spectrometry - Characterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry
- ISO-11929-3: Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements

Sledljivost rezultatov dosegamo s kalibracijskimi standardi specifičnih geometrij in matrik, ki so podobne vzorcem, ki jih merimo za naše naročnike. Te standarde naročamo pri organizacijah, ki so akreditirane za pripravo teh standardov (npr. Eckert Ziegler Analytics iz ZDA in AEA Technology QSA GmbH iz Nemčije).

Vse sistematske vplive, kot so razlike v gostoti vzorcev, parametrov, ki vplivajo na atenuacijo gama sevanja v matriki in odmike od geometrije vzorca glede na standardne vzorce, izračunavamo z validirano programsko opremo Canberra, ki je navedena v dokumentu: Model S573/S574 ISOCS/LabSOCS, Validation & Verification Manual.



ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO (*)

Medij	BIOLOŠKI VZORCI	ZEMLJA	VODA	SEDIMENT	ZRAK
Enota	kg	kg	m ³	kg	m ³
Količina vzorca (**)	3	0,15	0,1	0,05	10000
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 predstavljene 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

Izmerki v tabelah in posredno v preglednicah so zapisani po naslednjih pravilih:

1. Specifične aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.

Specifične aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.

2. Število, ki sledi znaku \pm , je številska vrednost združene standardne negotovosti specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo.

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.

Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (2008).

3. Pri IRB so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot $A \pm k$, kjer je k razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$. Ko je $k \geq 0,9 A$, se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in ni zapisan v tabeli. Na isti način so poročani tudi rezultati meritev Sr-90 in H-3. Ta način poročanja rezultatov se nanaša na nizke aktivnosti, ki se določajo v bližini meje kvantifikacije (< 5 Bq/kg za Cs-137).

4. V tabele ne pišemo spodnjih **detekcijskih mej**, ki so ocenjene iz velikosti ozadja in verjetnosti za detekcijo.

Meja detekcije se poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomembna 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)* je interval zaupanja 95 %.

Za druge nedetektirane radionuklide se predpostavlja, da so njihove meje detekcije zanemarljive v primerjavi z drugimi vrednostmi in se jih zaradi preglednosti v tabele ne piše. Pri izračunih letnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

5. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, se poroča **meja kvantifikacije** – k vrednosti izmerka se prišteje negotovost, pomnožena s 1,65, rezultat pa se označi kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti. V tem primeru je verjetnost, da leži prava vrednost pod dobljeno številčno vrednostjo 95 %.

Pri računanju povprečja upoštevamo podatke, ki so označeni z $< a$, kot $0 \pm a$ (meja kvantifikacije). Kadar podatka v tabelah ni (kar pomeni, da radionuklid ni bil detektiran in je njegova koncentracija pod mejo detekcije), privzamemo 0 ± 0 .

Prednosti tega postopka so naslednje:

- Negotovost povprečja je mogoče oceniti iz apriorne in aposteriorne negotovosti, to je iz negotovosti posameznih izmerkov in iz disperzije populacije izmerkov. V tabelah se kot negotovost povprečja navaja večja od apriorne ali aposteriorne negotovosti.
- Povprečna vrednost ni odvisna od meje kvantifikacije, torej od pogojev merjenja. Od pogojev merjenja je odvisna le negotovost povprečja, podobno kot so od pogojev merjenja odvisne negotovosti posameznih izmerkov.



- Vpliv negativnih vrednosti izmerkov, ki se pri računu povprečja upoštevajo kot ničle, se delno uravna z vplivom vrednosti, ki so pod mejo kvantifikacije, ki se prav tako upoštevajo kot ničle. Ker je meja kvantifikacije postavljena tik nad mejo detekcije, se vpliv negativnih vrednosti izmerkov dobro uravna z vplivom vrednosti, ki so pod mejo kvantifikacije.

Interpretacija rezultatov blizu detekcijske meje vnese sistematski vpliv v merske rezultate. Merski rezultati, ki so v bližini detekcijske meje, so med seboj korelirani. Omenjeni sistematski vpliv je sicer manjši od negotovosti posameznih izmerkov, vendar pa bi se praviloma morale negotovosti teh rezultatov računati po postopku za korelirane vrednosti. Ker uporabljeni račun povprečja ni tak, so negotovosti povprečij izmerkov v bližini detekcijskih mej podcenjene. Ker se doze računajo iz povprečnih aktivnosti, so njihove negotovosti lahko zaradi omenjenega sistematskega vpliva podcenjene.

- Število za znakom $<$ je torej ali meja kvantifikacije ali številska vrednost meje detekcije pri danih pogojih meritve in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (le pri Pb-210).
- 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 $dV/dt = \dot{V} = \text{konst.}$ 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 je:

$V_T = (\dot{V} \cdot T)$ v času T vnesena količina (volumen) medija v organizem;

$\langle a(t) \rangle = a_T$ povprečna specifična aktivnost v obdobju T , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca a_T , zbranega iz enako velikih delnih vzorcev (volumnov) skozi obdobje T .

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (skozi obdobje 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 integral z vsoto:

$$A_{\text{leto}} = \sum_{i=1}^{12} V_{\text{mes}} \cdot a_{\text{mes},i} = V_{\text{mes}} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i} = (V_{\text{mes}} \cdot 12) \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

$$A_{\text{leto}} = V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

kjer je pomen veličin isti kot zgoraj.

- Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci, izračunamo iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
- 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.



10. Notranje doze so izračunane iz vsebnosti radionuklidov v mediju, doznih faktorjev in iz predpostavljene porabe hrane, vode ali frekvence vdihovanja zraka. Negotovosti doz so izračunane iz negotovosti vsebnosti radionuklidov, povprečenih preko celega leta. Negotovosti porabe in doznih faktorjev v negotovostih doz niso upoštevane.
11. Negotovosti zunanjih doz so ocenjene tam, kjer obstaja več izmerkov. Ocena negotovosti temelji na stresanju izmerkov in pomeni njihovo standardno deviacijo.
12. 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.





SEZNAM TABEL MERITEV IZ PROGRAMA IMISIJSKIH MERITEV

	Tabele	Stran
1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode in filtrskega ostanka		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 1, 2	M–2
BREŽICE	T – 3, 4	M–3
JESENICE na Dolenjskem	T – 5, 6	M–6
1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 7	M–8
BREŽICE	T – 9	M–9
JESENICE na Dolenjskem	T – 10	M–9
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 11	M–10
2. REKA SAVA – sedimenti		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 12	M–10
BREŽICE	T – 13	M–11
JESENICE na Dolenjskem	T – 14	M–11
KRŠKO pod mostom	T – 15/p	M–12
pod jezom NEK	T – 16/p1	M–12
PESJE	T – 16/p2	M–13
BREŽICE	T – 16/p3	M–13
JESENICE na Dolenjskem	T – 17/p	M–14
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 18	M–14
2. REKA SAVA – vodna biota – ribe		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 19	M–15
BREŽICE	T – 21	M–15
JESENICE na Dolenjskem	T – 22	M–16
JESENICE na Dolenjskem	T – 22/p1	M–16
OTOK (R Hrvaška)	T – 24	M–17
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 25	M–17



3. VODOVODI – enkratni vzorci pitne vode

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

vodovod KRŠKO	T – 28	M–20
vodovod BREŽICE	T – 29	M–20
vertina E1 v NEK	T – V1	M–21
vertina VOP-4 v Vrbini	T – V2	M–21

4. ČRPALIŠČA VODOVODOV – sestavljeni mesečni vzorci

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

vodovod BREŽICE	T – 30	M–22
črpališče BREGE	T – 31	M–23
črpališče DRNOVO	T – 32	M–24
vodovod SPODNJI STARI GRAD	T – 33	M–25
črpališče BREŽICE - Glogov Brod	T – 34	M–26

4. PODTALNICE – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

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

MEDSAVE (R Hrvaška)	T – 35	M–27
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – 36	M–28

5. PADAVINE – mesečni vzorci

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

BREGE	T – 37	M–30
KRŠKO	T – 38	M–32
DOBOVA	T – 39	M–34
LJUBLJANA *)	T – 40	M–36
PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI	T – 41	M–38

6. SUHI USEDNI – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama

SUHI USED – vazelinske plošče	T – 42	M–39
-------------------------------	--------	------

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli

– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–44
SPODNJI STARI GRAD	T – 44	M–45
STARA VAS	T – 45	M–46
LESKOVEC	T – 46	M–47
BREGE	T – 47	M–48
VIHRE	T – 48	M–49
GORNJI LENART	T – 49	M–50
LIBNA	T – 50	M–51
DOBOVA	T – 51	M–52
LJUBLJANA *)	T – 52	M–54

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–56
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–60
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–62
Kontinuirni merilniki hitrosti doze MFM-202	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS, d. o. o.)		M–69

9. ZEMLJA – enkratni vzorci

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

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–70
– normalno orana njiva	T – 58	M–72
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–74
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–76

10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

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

PESJE	T – 61	M–80
VIHRE	T – 62	M–81
BREGE	T – 63	M–82
PESJE, VIHRE, BREGE (I-131)	T – 64	M–83

11. SADJE – enkratni vzorci

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

JABOLKA	T – 65	M–83
HRUŠKE	T – 66	M–84
JAGODE	T – 67	M–84
VINO	T – 68	M–85

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



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

SOLATA, BLITVA, BROKOLI, KUMARE	T – 69	M–85
ČEBULA, BUČKE, KROMPIR, GRAH	T – 70	M–86
PETERŠILJ, KORENJE, ZELJE, KOLERABA	T – 71	M–86
RDEČA PESA, JEČMEN, KORUZA, PŠENICA	T – 72	M–87
FIŽOL V ZRNJU, PARADIŽNIK, PAPRIKA, RADIČ	T – 73	M–87

13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA – enkratni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

KOKOŠJE MESO IN JAJCA	T – 74	M–88
SVINJSKO IN GOVEJE MESO	T – 75	M–88

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV M–89

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2012 T - 1a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Datum vzor.					
Kol. vzorca (L)	131,6	133,8	130,1	131,4	
Pretok (m ³ /s)	77,9	154,2	105,4	394,2	
Oznaka vzorca	NEKVKRRK112	NEKVKRRK212	NEKVKRRK312	NEKVKRRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
U-238	3,2E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 9E-01	4,9E+00 ± 6E-01	5,2E+00 ± 1E+00	4,9E+00 ± 6E-01
Ra-226		4,0E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 7E-02	9,9E-01 ± 1E-01	6,0E-01 ± 2E-01
Pb-210	1,0E+01 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 5E+00
Ra-228	5,2E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	7,0E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 2E-01
Th-228	5,8E-01 ± 4E-01	2,1E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01	2,7E+00 ± 8E-01	9,7E-01 ± 6E-01
Th-230					
K-40	5,5E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 4E+00
Be-7	8,5E+00 ± 1E+00	8,0E+00 ± 8E-01	9,2E+01 ± 3E+00	1,8E+02 ± 6E+00	7,3E+01 ± 4E+01
I-131	5,0E+00 ± 7E-01	3,9E+00 ± 5E-01	7,9E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 9E-01	5,7E+00 ± 8E-01
Cs-134					
Cs-137	< 8E-01	< 3E-01	< 2E-01	< 4E-01	< 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,8E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	2,0E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 2a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Datum vzor.					
Kol. vzorca (L)	145,6	145,6	147,2	147,2	
Susp. snov (g)	0,77	1,69	1,46	2,51	
Oznaka vzorca	NEKFKRRK112	NEKFKRRK212	NEKFKRRK312	NEKFKRRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
U-238		2,1E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 7E-01	2,1E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E-01
Ra-226	3,9E-01 ± 3E-01		1,6E-01 ± 8E-02	8,6E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 2E-01
Pb-210	4,8E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	9,0E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 1E+00
Ra-228		4,4E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 2E-01
Th-228		5,1E-01 ± 3E-01		6,4E-01 ± 3E-01	2,9E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,8E+00 ± 2E+00		2,9E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	4,8E+00 ± 3E+00
Be-7	3,1E+01 ± 2E+00				7,7E+00 ± 8E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 6E-01	< 5E-01	5,4E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	8,6E-01 ± 8E-02	< 7E-02	< 6E-02	< 5E-02	2,1E-01 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 1b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Pretok (m ³ /s)	99,4	67,0	67,4	154,2	155,8	152,5	
Oznaka vzorca	NEKVKR0112	NEKVKR0212	NEKVKR0312	NEKVKR0412	NEKVKR0512	NEKVKR0612	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	6,9E+02 ± 1E+02	4,2E+02 ± 7E+01	6,6E+02 ± 8E+01	6,7E+02 ± 8E+01	8,0E+02 ± 1E+02	8,2E+02 ± 9E+01	6,8E+02 ± 6E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Pretok (m ³ /s)	91,4	56,9	168,0	312,9	553,0	316,7	
Oznaka vzorca	NEKVKR0712	NEKVKR0812	NEKVKR0912	NEKVKR1012	NEKVKR1112	NEKVKR1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	7,9E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 1E+02	8,5E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	6,9E+02 ± 1E+02	6,8E+02 ± 8E+01	7,0E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 4c

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	275,2	274,4	274,0	288,5	
Susp. snov (g/m ³)	0,4	0,4	0,7	2,0	
Oznaka vzorca	NEKFBR112	NEKFBR212	NEKFBR312	NEKFBR412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	< 3E-02	< 2E-02	< 3E-02	< 3E-02	< 1E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T – 3a

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	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,97	44,80	48,20	48	48,15	46,55	
Pretok(m ³ /s)	99,4	67,0	67,4	154,2	155,8	152,5	
Oznaka vzorca	NEKVBR0112	NEKVBR0212	NEKVBR0312	NEKVBR0412	NEKVBR0512	NEKVBR0612	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	4,1E+01 ± 6E+00		1,9E+00 ± 1E+00	5,1E+01 ± 7E+00	5,0E+00 ± 1E+00	< 4E+00	1,7E+01 ± 1E+01
Ra-226	5,8E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01			4,2E-01 ± 3E-01		1,3E+00 ± 9E-01
Pb-210	3,7E+01 ± 4E+00		4,7E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 1E+00	< 4E+00	8,4E+00 ± 6E+00
Ra-228	6,4E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 1E+00	6,3E-01 ± 6E-01	9,0E-01 ± 4E-01		2,1E+00 ± 1E+00
Th-228	5,1E+00 ± 5E-01				6,0E-01 ± 4E-01		9,5E-01 ± 8E-01
Th-230							
K-40	1,1E+02 ± 6E+00	4,0E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+01
Be-7	1,9E+00 ± 1E+00			9,4E+01 ± 3E+00		1,5E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+01
I-131	4,7E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 2E+00	1,8E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 8E-01		2,5E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 2E+00
Cs-134							
Cs-137	< 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 1E+00	< 8E-01	< 6E-01	< 5E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,3E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 3E-01
H-3	6,8E+02 ± 6E+01	1,6E+04 ± 2E+03	2,9E+04 ± 3E+03	2,9E+03 ± 5E+02	2,8E+03 ± 4E+02	1,2E+03 ± 1E+02	8,8E+03 ± 5E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 4a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	92,6	88,1	94,5	91,3	93,4	89,7	
Susp. snov (g)	0,24	0,60	0,51	0,02	0,86	0,37	
Oznaka vzorca	NEKFBR0112	NEKFBR0212	NEKFBR0312	NEKFBR0412	NEKFBR0512	NEKFBR0612	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		1,1E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 8E-01	< 2E+00		9,0E-01 ± 4E-01
Ra-226	3,3E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01			4,0E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 8E-02
Pb-210	< 2E+00	< 1E+00		< 1E+00	< 2E+00	1,3E+00 ± 1E+00	2,2E-01 ± 5E-01
Ra-228						7,8E-01 ± 5E-01	1,3E-01 ± 1E-01
Th-228	4,1E-01 ± 3E-01			3,0E+00 ± 1E+00			5,7E-01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	3,8E+00 ± 2E+00	< 2E+00	1,5E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 2E+00	< 8E+00	< 3E+00	1,3E+00 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 7E-01	< 6E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 8E-01	8,7E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 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 (**)

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,0	43,7	46,4	49,6	44,8	49,7	
Pretok (m ³ /s)	91,4	56,9	168,0	312,9	553,0	316,7	
Oznaka vzorca	NEKVBR0712	NEKVBR0812	NEKVBR0912	NEKVBR1012	NEKVBR1112	NEKVBR1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,3E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	8,0E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 5E+00
Ra-226	7,7E-01 ± 3E-01	7,0E-01 ± 3E-01	7,9E-01 ± 3E-01	7,3E-01 ± 3E-01	5,5E+00 ± 3E-01	4,9E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 6E-01
Pb-210	1,8E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	1,3E+01 ± 4E+00
Ra-228	9,0E-01 ± 4E-01		6,2E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01
Th-228				1,8E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 5E-01		7,8E-01 ± 4E-01
Th-230							
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 6E+00
Be-7	8,8E+01 ± 3E+00	6,9E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+00		3,7E+02 ± 1E+01	4,3E+01 ± 3E+00	6,0E+01 ± 3E+01
I-131	3,0E+00 ± 5E-01					4,7E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 1E+00
Cs-134							
Cs-137	< 7E-01	< 1E+00	< 8E-01	< 1E+00	8,7E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 9E-02	9,8E-02 ± 3E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01
H-3	7,1E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 8E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 2E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 4b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	97,0	91,2	85,8	99,8	92,6	96,2	
Susp. snov (g)	0,73	0,73	0,75	2,19	2,62	1,12	
Oznaka vzorca	NEKFBR0712	NEKFBR0812	NEKFBR0912	NEKFBR1012	NEKFBR1112	NEKFBR1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	3,4E+01 ± 4E+00	3,6E+00 ± 9E-01	1,3E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 3E+00
Ra-226	1,3E+00 ± 1E-01	2,2E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 3E-01	5,0E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	4,3E-01 ± 1E-01
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00		3,1E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 4E+00	3,9E+00 ± 3E+00		2,3E+00 ± 1E+00
Ra-228	3,3E+00 ± 2E-01	4,8E-01 ± 4E-01		1,3E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01		5,8E-01 ± 3E-01
Th-228	1,4E+00 ± 2E-01		4,9E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 5E-01	4,7E-01 ± 3E-01	6,7E-01 ± 3E-01
Th-230							
K-40	3,5E+01 ± 2E+00	< 3E+00	< 5E+00	1,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	5,5E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 3E+00
Be-7		2,3E+00 ± 6E-01	3,8E+00 ± 1E+00				5,1E-01 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 5E-01	1,4E-01 ± 6E-02	< 9E-01	< 9E-01	< 1E+00	< 8E-01	8,4E-02 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 5a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



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

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	272,8	255,0	272,4	263,9	272,6	266,7	
Pretok (m³/s)	115,0	84,4	84,4	165,0	180,0	184,0	
Oznaka vzorca	JFV01-12	JFV02-12	JFV03-12	JFV04-12	JFV05-12	JFV06-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	7,9E+00 ± 1E+00	9,1E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	7,2E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,3E+00 ± 5E-01	8,1E-01 ± 5E-01	7,9E-01 ± 5E-01	9,0E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	9,0E-01 ± 4E-01	9,5E-01 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,3E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 8E+00	5,5E+01 ± 7E+00	4,7E+01 ± 6E+00	4,8E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 3E+00
Be-7				2,6E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 7E-01
I-131	8,4E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	9,0E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 6E+00	3,6E+00 ± 7E-01	3,3E+00 ± 7E-01	6,9E+00 ± 1E+00
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	2,8E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 1E-01
H-3	6,0E+03 ± 4E+02	6,8E+03 ± 6E+02	1,6E+04 ± 1E+03	1,3E+03 ± 2E+02	8,7E+02 ± 2E+02	< 4E+02	5,2E+03 ± 2E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 6a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	279,0	261,0	279,0	270,0	279,0	270,0	
Susp. snov (g/m³)	0,8	0,7	1,1	2,1	2,3	3,6	
Oznaka vzorca	JST01-12	JST02-12	JST03-12	JST04-12	JST05-12	JST06-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,1E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 4E-01					1,9E-01 ± 2E-01
Ra-226							2,3E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	8,7E+00 ± 2E+00					1,7E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00
Be-7						1,3E+00 ± 7E-01	2,2E-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							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	272,6	272,3	256,7	268,6	259,7	272,5	
Kol. vzor. (L)	272,6	272,3	256,7	268,6	259,7	272,5	
Pretok (m ³ /s)	107,0	64,3	230,0	393,0	679,0	430,0	
Oznaka vzorca	JFV07-12	JFV08-12	JFV09-12	JFV10-12	JFV11-12	JFV12-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,1E+00 ± 1E+00	5,4E+00 ± 1E+00	9,9E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	6,6E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 6E-01	9,5E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,5E+01 ± 7E+00	7,1E+01 ± 8E+00	6,6E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 7E+00	4,5E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 2E+00
Be-7	3,4E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 8E-01	4,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 4E-01
I-131	3,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 9E-01	2,9E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 8E-01	4,9E+00 ± 8E-01
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	2,3E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 2E-01
H-3	7,7E+02 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	6,9E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	6,4E+02 ± 1E+02	6,9E+02 ± 1E+02	3,1E+03 ± 1E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	279,0	279,0	270,0	279,0	270,0	279,0	
Kol. vzor. (L)	279,0	279,0	270,0	279,0	270,0	279,0	
Susp. snov (g/m ³)	7,8	1,2	8,0	8,8	25,2	5,3	
Oznaka vzorca	JST07-12	JST08-12	JST09-12	JST10-12	JST11-12	JST12-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238					1,0E+00 ± 7E-01		1,8E-01 ± 1E-01
Ra-226	2,8E-01 ± 1E-01			4,2E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,5E-01 ± 8E-02	2,9E-01 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	5,3E-01 ± 2E-01			5,7E-01 ± 3E-01	1,6E+00 ± 5E-01	3,6E-01 ± 3E-01	2,6E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,2E+00 ± 2E+00		4,6E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 2E+00	2,3E+01 ± 4E+00	3,9E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00
Be-7	3,5E+00 ± 9E-01		2,0E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 1E+00	5,9E-01 ± 4E-01	9,1E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137					8,2E-01 ± 2E-01		6,9E-02 ± 7E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 6a, 6b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	819,0	819,0	828,0	828,0	
Susp. snov (g/m ³)	3,2	9,8	20,5	13,0	
Oznaka vzorca	JST-I-12	JST-II-12	JST-III-12	JST-IV-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzrč. mesto	Krško				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,62	45,90	45,72	44,68	
Oznaka vzorca	RSKRK112	RSKRK212	RSKRK312	RSKRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	6,1E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 2E+00	9,2E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,8E+00 ± 3E-01		1,8E+00 ± 3E-01	9,0E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 6E-01
Pb-210	3,5E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 6E+00	1,1E+01 ± 5E+00
Ra-228			8,1E-01 ± 6E-01	2,6E+00 ± 7E-01	8,5E-01 ± 6E-01
Th-228		8,5E-01 ± 6E-01			2,1E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	4,5E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 7E+00
Be-7		1,1E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+01
I-131	1,8E+01 ± 2E+00	4,3E+00 ± 7E-01		2,2E+00 ± 3E-01	6,1E+00 ± 4E+00
Cs-134					
Cs-137	< 9E-01	< 1E+00	< 2E+00	3,4E-01 ± 1E-01	8,5E-02 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01
H-3	7,2E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 1E+02	7,0E+02 ± 8E+01	1,1E+02 ± 1E+01	5,8E+02 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 9
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	40,10	43,80	44,25	44,16	
Oznaka vzorca	RSBRK112	RSBRK212	RSBRK312	RSBRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	6,3E+00 ± 4E+00	3,8E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00	3,8E+00 ± 2E-01	6,1E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,3E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01		9,8E-01 ± 4E-01
Pb-210	< 1E+01	< 3E+00	9,2E+01 ± 1E+01	7,0E+00 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+01
Ra-228			2,1E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 5E-01
Th-228	7,5E-01 ± 7E-01		1,1E+00 ± 9E-01		4,6E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40	7,3E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 5E+00	7,3E+01 ± 8E+00	4,2E+01 ± 4E+00	5,5E+01 ± 1E+01
Be-7		7,0E+00 ± 2E+00	3,0E+02 ± 2E+01	2,8E+01 ± 1E+00	8,3E+01 ± 7E+01
I-131	1,7E+01 ± 1E+00	5,8E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	7,1E+00 ± 3E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 1E+00	< 8E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 4E-01
H-3	8,8E+02 ± 8E+01	7,4E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 6E+01	2,0E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 3E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 10
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	41,82	42,70	41,80	42,78	
Oznaka vzorca	RSJEK112	RSJEK212	RSJEK312	RSJEK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,5E+01 ± 3E+00	5,9E+00 ± 3E+00	3,6E+00 ± 3E+00	5,0E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 3E+00
Ra-226	9,0E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 4E-01	5,5E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,1E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 2E+00	4,8E+01 ± 1E+01	8,7E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 1E+01
Ra-228	1,2E+00 ± 6E-01		2,9E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 6E-01
Th-228	7,5E-01 ± 5E-01		1,8E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 6E-01	9,6E-01 ± 4E-01
Th-230					
K-40	4,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 5E+00	6,7E+01 ± 8E+00	2,8E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 1E+01
Be-7		1,5E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+01
I-131	1,2E+01 ± 1E+00		2,0E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 3E-01	3,9E+00 ± 3E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 2E+00	6,2E-01 ± 7E-02	3,1E-01 ± 2E-02	2,3E-01 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,6E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 3E-01
H-3	6,9E+02 ± 6E+01	7,4E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	8,3E+02 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	PO-I-12	PO-II-12	PO-III-12	PO-IV-12	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
H-3	6,9E+02 ± 1E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	2,1E+02 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0755	0,0676	0,0698	0,0688	
Oznaka vzorca	SDKRK112	SDKRK212	SDKRK312	SDKRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 7E-01	3,7E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,4E+01 ± 4E+00	5,5E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 6E+00	4,7E+01 ± 5E+00
Ra-228	2,4E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00
Th-228	2,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	3,1E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 9E+00
Be-7	4,2E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 3E+00	8,0E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 7E+00
I-131				7,7E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	2,4E+00 ± 2E-01	9,5E+00 ± 4E-01	4,3E+00 ± 3E-01	4,1E+00 ± 3E-01	5,1E+00 ± 2E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,6E-01 ± 1E-01	< 2E-01	3,3E-01 ± 1E-01	< 1E-01	1,2E-01 ± 8E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0752	0,0767	0,0649	0,0799	
Oznaka vzorca	SDBRK112	SDBRK212	SDBRK312	SDBRK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,2E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210	4,8E+01 ± 6E+00	2,2E+01 ± 5E+00	7,2E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,2E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 2E+00
Th-228	2,0E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 2E+00
Th-230					
K-40	3,3E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 1E+01	2,9E+02 ± 2E+01
Be-7	3,2E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00		1,2E+01 ± 7E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,3E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	6,3E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E-01 ± 9E-02	< 2E-01	1,8E-01 ± 1E-01	< 1E-01	7,5E-02 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 14
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	16. 2. 2012	29. 5. 2012	27. 9. 2012	4. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0725	0,0686	0,0591	0,0791	
Oznaka vzorca	SDJEK112	SDJEK212	SDJEK312	SDJEK412	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 8E-01	3,7E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 5E-01	2,7E+01 ± 3E+00
Pb-210	4,4E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 6E+00	7,3E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,5E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 2E+00
Th-228	2,2E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	2,8E+02 ± 2E+01	2,7E+02 ± 2E+01	2,7E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 2E+01
Be-7	3,2E+00 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	8,8E+01 ± 5E+00		3,2E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01	3,0E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 2E-01	< 2E-01	7,4E-01 ± 2E-01	< 1E-01	1,9E-01 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,174	0,123	0,183	0,164	
Oznaka vzorca	SIZ03-12	SIZ06-12	SIZ08-12	SIZ11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,3E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,6E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 3E+01
Be-7		1,5E+02 ± 2E+01	4,9E+00 ± 2E+00	7,9E+00 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,4E+00 ± 8E-01	6,7E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 6E-01	4,2E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezem NEK				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,187	0,157	0,156	0,188	
Oznaka vzorca	SIS03-12	SIS06-12	SIS08-12	SIS11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,8E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 8E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,8E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 2E+01
Be-7	9,3E+00 ± 8E+00	3,0E+01 ± 7E+00	1,6E+01 ± 5E+00		1,4E+01 ± 6E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,7E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,189	0,163	0,172	0,179	
Oznaka vzorca	SPE03-12	SPE06-12	SPE08-12	SPE11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,4E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	2,1E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 2E+01
Be-7		2,0E+01 ± 5E+00	1,5E+01 ± 4E+00		8,6E+00 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,9E-01 ± 4E-01	2,5E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,6E+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.

LETO 2012 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,159	0,168	0,166	0,187	
Oznaka vzorca	SBR03-12	SBR06-12	SBR08-12	SBR11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 8E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,3E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Pb-210					
Ra-228	3,0E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,7E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7	1,3E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 4E+00		1,3E+01 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,194	0,176	0,131	0,199	
Oznaka vzorca	SJE03-12	SJE06-12	SJE08-12	SJE11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,9E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	2,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,5E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 2E+01
Be-7		1,2E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 1E+01		3,2E+01 ± 3E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 4E-01	5,4E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	2. 3. 2012	5. 6. 2012	23. 8. 2012	28. 11. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,199	0,200	0,197	0,188	
Oznaka vzorca	SPO03-12	SPO06-12	SPO08-12	SPO11-12	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,6E+01 ± 6E+00	1,4E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,0E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	1,4E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,1E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 1E+01
Be-7		1,1E+01 ± 3E+00			2,6E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137		7,3E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01	8,3E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	podust	som	klen	mrena	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	5. 7. 2012	5. 7. 2012	31. 8. 2012	31. 8. 2012	
Oznaka vzorca	RIKR0212	RIKR0512	RIKR0812	RIKR1112	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,7E-01 ± 2E-01			4,0E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01
Ra-226	8,9E-02 ± 3E-02		3,3E-02 ± 2E-02		3,1E-02 ± 2E-02
Pb-210			2,6E-01 ± 1E-01		6,5E-02 ± 7E-02
Ra-228					
Th-228	2,0E-01 ± 5E-02	3,4E-02 ± 3E-02	4,2E-02 ± 4E-02	1,9E-01 ± 7E-02	1,2E-01 ± 5E-02
Th-230					
K-40	9,3E+01 ± 5E+00	6,7E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 6E+00	8,7E+01 ± 5E+00	8,7E+01 ± 7E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,0E-02 ± 1E-02	6,5E-02 ± 1E-02	9,6E-02 ± 1,4E-02	< 2E-01	5,0E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E-01 ± 4E-02	1,1E-03 ± 2E-02	6,0E-02 ± 3E-02	6,9E-02 ± 4E-02	6,0E-02 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	mrena	klen	podust	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	5. 7. 2012	5. 7. 2012	31. 8. 2012	31. 8. 2012	
Oznaka vzorca	RIBR0112	RIBR0412	RIBR0712	RIBR1012	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		1,5E-01 ± 1E-01		1,1E+00 ± 3E-01	3,0E-01 ± 3E-01
Ra-226	8,5E-02 ± 4E-02	1,3E-01 ± 2E-02	8,0E-02 ± 4E-02		7,4E-02 ± 3E-02
Pb-210	4,7E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01	< 6E-01		2,3E-01 ± 2E-01
Ra-228			1,9E-01 ± 9E-02		4,8E-02 ± 5E-02
Th-228				1,7E-01 ± 6E-02	4,3E-02 ± 4E-02
Th-230					
K-40	8,7E+01 ± 6E+00	8,8E+01 ± 6E+00	8,8E+01 ± 6E+00	8,5E+01 ± 5E+00	8,7E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,2E-02 ± 1E-02	5,6E-02 ± 2E-02	< 2E-01	3,0E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,4E-01 ± 5E-02	9,2E-02 ± 3E-02	< 6E-02	4,7E-02 ± 3E-02	6,9E-02 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	klen	mrena	podust	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	5. 7. 2012	31. 8. 2012	31. 8. 2012	31. 8. 2012	
Označa vzorca	RIJE0312	RIJE0612	RIJE0912	RIJE1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	7,3E-01 ± 2E-01	7,0E+00 ± 8E-01	3,9E-01 ± 3E-01		2,0E+00 ± 2E+00
Ra-226	5,3E-02 ± 3E-02	4,3E-01 ± 3E-02	1,8E-01 ± 5E-02	5,2E-02 ± 2E-02	1,8E-01 ± 9E-02
Pb-210	< 4E-01	4,4E+00 ± 8E-01	5,0E-01 ± 4E-01		1,2E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,2E-01 ± 9E-02	6,7E-01 ± 6E-02	4,6E-01 ± 1E-01		3,1E-01 ± 2E-01
Th-228		3,4E-01 ± 6E-02		9,9E-02 ± 4E-02	1,1E-01 ± 8E-02
Th-230					
K-40	8,4E+01 ± 5E+00	9,5E+01 ± 4E+00	9,9E+01 ± 6E+00	8,5E+01 ± 5E+00	9,0E+01 ± 4E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,7E-02 ± 2E-02	9,3E-02 ± 2E-02	< 2E-01	6,3E-02 ± 1E-02	6,3E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,4E-01 ± 6E-02	< 6E-02	2,0E-01 ± 4E-02	7,0E-02 ± 3E-02	1,5E-01 ± 8E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem					Letno povprečje (*)
Vrsta vzorca	Platnica	Klen	Sivi tolstolobik	Mrena	Podust	
Datum vzor.	<i>Rutilus pigus virgo</i> 15. 5. 2012	<i>Acer campestre</i> 15. 5. 2012	<i>Aristichthys nobilis</i> 15. 5. 2012	<i>Barbus barbus</i> 15. 11. 2012	<i>Chondrostoma nasus</i> 15. 11. 2012	
Kol. vzor. (kg)	0,433	0,473	0,382	0,451	0,447	
Odstotek suhe snovi	28,67	24,57	31,25	29,48	28,46	
Označa vzorca	JE0512R1	JE0512R2	JE0512R3	JE1112R1	JE1112R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238						
Ra-226						
Pb-210						
Ra-228						
Th-228						
Th-230						
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00
Be-7						
I-131						
Cs-134						
Cs-137						
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvatska)					
Vrsta vzorca	Jez <i>Leuciscus idus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Jez <i>Leuciscus idus</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 5. 2012	15. 5. 2012	15. 11. 2012	15. 11. 2012	15. 11. 2012	
Kol. vzor. (lg)	0,482	0,477	0,450	0,430	0,432	
Odstoteksuhne snovi	27,50	26,79	30,24	31,36	30,25	
Oznaka vzorca	OT0512R1	OT0512R2	OT1112R1	OT1112R2	OT1112R3	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 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	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	9,0E+01 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Ščuka <i>Esox lucius</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 5. 2012	15. 5. 2012	15. 11. 2012	15. 11. 2012	
Kol. vzor. (lg)	0,432	0,504	0,432	0,423	
Odstoteksuhne snovi	28,61	30,26	30,01	31,17	
Oznaka vzorca	PO0512R1	PO0512R2	PO1112R1	PO1112R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 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	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

- 3. ENKRATNI VZORCI PITNE VODE
PODTALNICE**
- 4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE**

LETO 2012 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)				
Datum vzor.	22. 2. 2012	22. 5. 2012	26. 7. 2012	11. 10. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,26	48,02	47,92	48,08	
Oznaka vzorca	K12VD121	K12VD151	K12VD171	K12VD1A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	5,1E+00 ± 6E-01	< 1E+01	< 8E+00	6,9E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 8E-01	4,4E+00 ± 8E-01	5,2E+00 ± 7E-01	3,4E+00 ± 9E-01
Pb-210	1,8E+00 ± 5E-01	< 3E+00	< 3E+00	3,5E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 8E-01
Ra-228	9,9E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 5E-01	9,6E-01 ± 3E-01	8,4E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 2E-01
Th-228	2,9E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 1E-01	< 4E-01	4,8E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 6E+00
Be-7		1,4E+00 ± 1E+00		2,3E+00 ± 2E+00	9,4E-01 ± 6E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 6E-02			< 1E-01	< 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	< 9E-01	5,1E-01 ± 9E-02	< 8E-01	4,7E-01 ± 7E-02	2,4E-01 ± 2E-01
H-3	8,6E+02 ± 2E+02	7,8E+02 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	8,1E+02 ± 2E+02	8,5E+02 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)				
Datum vzor.	22. 2. 2012	22. 5. 2012	26. 7. 2012	11. 10. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	49,18	47,34	50,6	51,56	
Oznaka vzorca	K12VD321	K12VD351	K12VD371	K12VD3A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 3E+00	< 5E+00	5,1E+00 ± 2E+00	< 6E+00	1,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	< 1E+00	< 3E+00	6,6E+00 ± 3E+00	3,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 2E+00
Pb-210	< 3E+00	< 3E+00	< 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	8,4E-01 ± 8E-01
Ra-228	1,1E+00 ± 5E-01	7,2E-01 ± 4E-01	< 1E+00	1,0E+00 ± 4E-01	7,2E-01 ± 3E-01
Th-228	< 1E+00	6,7E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 3E-01	4,2E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Be-7		1,3E+00 ± 9E-01		7,1E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 2E+00		< 2E-01
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	< 5E-01	5,7E-01 ± 9E-02	< 4E-01	3,0E-01 ± 2E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 5E+02	< 4E+02	< 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	Vrtina E-1, NEK				
Datum vzor.	22. 2. 2012	22. 5. 2012	26. 7. 2012	11. 10. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,16	50,4	50,66	44,74	
Oznaka vzorca	K12VRE121	K12VRE151	K12VRE171	K12VRE1A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	3,5E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 1E+00	6,7E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 9E-01	4,0E+00 ± 9E-01
Ra-226	4,6E+00 ± 3E+00	2,2E+00 ± 8E-01	3,5E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 8E-01	3,2E+00 ± 7E-01
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 3E+00	1,5E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Th-228	1,1E+00 ± 1E-01	< 9E-01	5,1E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 7E+00
Be-7				2,6E+00 ± 2E+00	6,6E-01 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 3E-01	< 8E-01		< 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	3,9E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 6E-01
H-3	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	VRTINA VOP4						
Datum vzor.	27. 12. 2011	1. 2. 2012	1. 3. 2012	2. 4. 2012	3. 5. 2012	4. 6. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K12VRP411	K12VRP421	K12VRP431	K12VRP441	K12VRP451	K12VRP461	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	4,9E+03 ± 3E+02	4,8E+03 ± 7E+02	7,5E+03 ± 1E+03	3,2E+04 ± 3E+03	2,4E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	9,0E+03 ± 5E+03

Vzorč. mesto	VRTINA VOP4						
Datum vzor.	2. 7. 2012	1. 8. 2012	3. 9. 2012	1. 10. 2012	5. 11. 2012	3. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K12VRP471	K12VRP481	K12VRP491	K12VRP4A1	K12VRP4B1	K12VRP4C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	2,4E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	9,8E+02 ± 1E+02	8,4E+02 ± 1E+02	1,1E+04 ± 2E+03	6,0E+03 ± 3E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							
Datum vzor.	19. 12. 2011 - 16. 1. 2011	16. 1. 2012 - 16. 2. 2012	16. 2. 2012 - 19. 3. 2012	19. 3. 2012 - 16. 4. 2012	16. 4. 2012 - 16. 5. 2012	16. 5. 2012 - 18. 6. 2012		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	49,31	45,4	43,34	47,04	45,58	48		
Oznaka vzorca	K12VC3111	K12VC3121	K12VC3131	K12VC3141	K12VC3151	K12VC3161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		9,3E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00	< 6E+00	3,9E+00 ± 2E+00	< 7E+00	2,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,2E+00 ± 1E+00	< 5E+00	1,3E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 5E-01	< 2E+00	1,0E+00 ± 7E-01	
Pb-210	2,4E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 1E+01	< 2E+01	< 3E+00	4,1E-01 ± 2E-00	
Ra-228	< 6E-01	1,0E+00 ± 6E-01	8,9E-01 ± 6E-01	1,5E+00 ± 7E-01	9,9E-01 ± 7E-01		7,3E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	< 5E-01	1,3E+00 ± 7E-01	9,6E-01 ± 6E-01	< 8E-01	4,6E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,4E+00 ± 9E-01						4,0E-01 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	9E-01	< 1E-01		< 2E-01		< 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	6,9E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 8E-02	< 5E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 4E-01	2,0E-01 ± 1E-01	
H-3	1,1E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01	9,3E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 3E+01	< 7E+01	7,8E+01 ± 2E+01	8,8E+01 ± 2E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							
Datum vzor.	18. 6. 2012 - 16. 7. 2012	16. 7. 2012 - 16. 8. 2012	16. 8. 2012 - 17. 9. 2012	17. 9. 2012 - 16. 10. 2012	16. 10. 2012 - 19. 11. 2012	19. 11. 2012 - 17. 12. 2012		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,58	46,5	46,84	45,92	44,6	44,56		
Oznaka vzorca	K12VC3171	K12VC3181	K12VC3191	K12VC31A1	K12VC31B1	K12VC31C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	6,6E+00 ± 3E+00	3,8E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 5E-01	5,0E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 8E-01	
Ra-226		< 2E+00	1,2E+00 ± 5E-01	4,8E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01	8,4E-01 ± 5E-01	8,3E-01 ± 3E-01	
Pb-210	< 6E+00	< 3E+00	< 9E+00	3,5E+00 ± 4E-01	7,8E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 1E+00	
Ra-228		9,6E-01 ± 5E-01	5,8E-01 ± 4E-01		1,1E+00 ± 4E-01		5,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	4,5E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 2E-01	< 5E-01	7,5E-02 ± 4E-02	< 6E-01	3,6E-01 ± 7E-02	3,3E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	3,1E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00	
Be-7				2,4E+00 ± 7E-01	8,4E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 8E-01	1,6E+00 ± 8E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 5E-01						< 5E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 4E-01	4,3E-01 ± 8E-02	1,4E-01 ± 7E-02	
H-3	3,3E+02 ± 6E+01	2,8E+02 ± 4E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,7E+02 ± 4E+01	< 8E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 31a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege						
Datum vzor.	19. 12. 2011 - 16. 1. 2012	16. 1. 2012 - 16. 2. 2012	16. 2. 2012 - 19. 3. 2012	19. 3. 2012 - 16. 4. 2012	16. 4. 2012 - 16. 5. 2012	16. 5. 2012 - 18. 6. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,89	42,22	48,92	48,36	46,92	49,52	
Oznaka vzorca	K12VC1111	K12VC1121	K12VC1131	K12VC1141	K12VC1151	K12VC1161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 9E+00	3,7E+00 ± 2E+00	< 1E+01	3,5E+00 ± 2E+00	< 5E+00	< 6E+00	1,2E+00 ± 2E+00
Ra-226		4,7E+00 ± 3E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 6E-01		1,5E+00 ± 7E-01
Pb-210	< 4E+00	3,4E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 9E-01	7,2E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 5E+00	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,4E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 7E-01	< 2E+00	2,2E+00 ± 6E-01	< 2E+00	1,3E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 4E-01
Th-228	4,0E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 4E-01	3,9E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 3E-01	< 5E-01	3,0E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	7,0E+01 ± 8E+00	6,9E+01 ± 8E+00	8,4E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	7,5E+01 ± 3E+00
Be-7						1,6E+00 ± 8E-01	2,7E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 3E-01	< 5E-01				< 6E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	9,9E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 1E-01	8,8E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 1E-01	9,9E-01 ± 1E-01
H-3	9,7E+02 ± 1E+02	9,4E+02 ± 1E+02	8,9E+02 ± 1E+02	9,7E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 9E+01	8,9E+02 ± 1E+02	9,4E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 31b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege						
Datum vzor.	18. 6. 2012 - 16. 7. 2012	16. 7. 2012 - 16. 8. 2012	16. 8. 2012 - 17. 9. 2012	17. 9. 2012 - 16. 10. 2012	16. 10. 2012 - 19. 11. 2012	19. 11. 2012 - 17. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	42,28	47,78	48,84	43,36	47,78	49,99	
Oznaka vzorca	K12VC1171	K12VC1181	K12VC1191	K12VC11A1	K12VC11B1	K12VC11C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		< 6E+00	< 4E+00	3,3E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	4,1E+00 ± 8E-01		7,5E-01 ± 5E-01	9,6E-01 ± 5E-01	4,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 5E-01
Pb-210	2,5E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	8,3E+00 ± 4E+00	< 2E+00	4,9E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 9E-01
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	8,0E-01 ± 5E-01	6,6E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 3E-01	< 5E-01	5,9E-01 ± 4E-01	8,5E-01 ± 2E-01
Th-228	4,0E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01	< 3E-01	7,2E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 7E-02
Th-230							
K-40	6,9E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 7E+00	6,9E+01 ± 7E+00	7,6E+01 ± 8E+00	7,2E+01 ± 7E+00	7,5E+01 ± 8E+00	7,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,3E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 7E-01		7,3E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 7E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				< 2E-01	< 2E-01	< 1E-01	< 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 2E-01	7,4E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 9E-02	6,5E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 1E-01	8,8E-01 ± 7E-02
H-3	9,1E+02 ± 1E+02	8,5E+02 ± 1E+02	9,3E+02 ± 1E+02	8,2E+02 ± 1E+02	8,9E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	9,3E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo						
Datum vzor.	19. 12. 2011 - 16. 1. 2012	16. 1. 2012 - 16. 2. 2012	16. 2. 2012 - 19. 3. 2012	19. 3. 2012 - 16. 4. 2012	16. 4. 2012 - 16. 5. 2012	16. 5. 2012 - 18. 6. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	42,55	40,3	42,88	45,8	44,86	47,88	
Oznaka vzorca	K12VCI211	K12VCI221	K12VCI231	K12VCI241	K12VCI251	K12VCI261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	2,7E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 3E+00	3,1E+00 ± 2E+00	< 3E+00	2,0E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 9E-01
Ra-226			4,8E+00 ± 3E+00	< 3E+00	3,2E+00 ± 6E-01		1,3E+00 ± 9E-01
Pb-210	< 4E+00	5,0E+00 ± 3E+00	< 3E+00	< 2E+00	4,3E+00 ± 2E+00	< 2E+00	1,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 2E+00	1,1E+00 ± 3E-01	< 2E+00	4,9E-01 ± 4E-01	< 6E-01	3,4E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 3E-01
Th-228	< 7E-01	7,5E-01 ± 2E-01		4,7E-01 ± 2E-01	< 3E-01	5,0E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	3,8E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7	2,2E+00 ± 9E-01					4,9E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 5E-01				< 2E-01		< 5E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	8,3E-01 ± 2E-01	7,2E-01 ± 1E-01	< 1E+00	< 6E-01	6,2E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 2E-01
H-3	9,3E+02 ± 1E+02	9,3E+02 ± 7E+01	9,5E+02 ± 1E+02	9,4E+02 ± 1E+02	9,5E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 8E+01	9,2E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo						
Datum vzor.	18. 6. 2012 - 16. 7. 2012	16. 7. 2012 - 16. 8. 2012	16. 8. 2012 - 17. 9. 2012	17. 9. 2012 - 16. 10. 2012	16. 10. 2012 - 19. 11. 2012	19. 11. 2012 - 17. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,92	46,26	47,84	41	44,18	38,09	
Oznaka vzorca	K12VCI271	K12VCI281	K12VCI291	K12VCI2A1	K12VCI2B1	K12VCI2C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	4,8E+00 ± 3E+00	2,6E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	< 3E+00	5,0E+00 ± 3E+00	< 9E+00	3,0E+00 ± 8E-01
Ra-226		< 5E+00	6,7E-01 ± 3E-01	1,6E+00 ± 5E-01	< 3E+00	< 2E+00	8,5E-01 ± 5E-01
Pb-210	< 4E+00	< 4E+00	< 2E+00	< 4E+00	3,8E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 7E-01
Ra-228	< 1E+00	1,8E+00 ± 6E-01	< 9E-01	1,4E+00 ± 7E-01	8,2E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 8E-01	6,2E-01 ± 2E-01
Th-228	< 4E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 3E-01	6,1E-01 ± 4E-01	< 7E-01	3,0E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	4,0E+01 ± 7E+00	4,9E+01 ± 7E+00	4,4E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 2E+00
Be-7					5,1E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 3E-01	< 2E-01		< 6E-01	< 5E-01	< 5E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 4E-01	< 5E-01	7,0E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 6E-01	3,4E-01 ± 1E-01
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	8,6E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 1E+02	7,9E+02 ± 2E+02	7,5E+02 ± 6E+01	8,2E+02 ± 1E+02	8,9E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 33a
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzrč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	19. 12. 2011 - 16. 1. 2012	16. 1. 2012 - 16. 2. 2012	16. 2. 2012 - 19. 3. 2012	19. 3. 2012 - 16. 4. 2012	16. 4. 2012 - 16. 5. 2012	16. 5. 2012 - 18. 6. 2012		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,21	47,42	45,88	45,62	43,68	47,02		
Oznaka vzorca	K12VC211	K12VC221	K12VC231	K12VC241	K12VC251	K12VC261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	9,3E+00 ± 3E+00	< 4E+00	3,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00	< 7E+00	< 4E+00	2,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226	3,1E+00 ± 2E+00	< 4E+00		< 2E+00	2,1E+00 ± 8E-01	< 1E+00	8,6E-01 ± 6E-01	
Pb-210	4,9E+00 ± 3E+00	< 3E+00	< 3E+00	< 2E+00	< 3E+00	< 2E+00	8,2E-01 ± 8E-01	
Ra-228	1,3E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228	4,4E-01 ± 2E-01	< 2E+00	< 6E-01	< 6E-01	< 1E+00	5,4E-01 ± 3E-01	1,6E-01 ± 3E-01	
Th-230		1,7E+01 ± 1E+01					2,8E+00 ± 3E+00	
K-40	8,3E+01 ± 9E+00	6,7E+01 ± 7E+00	8,1E+01 ± 8E+00	8,5E+01 ± 9E+00	7,6E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 7E+00	7,6E+01 ± 3E+00	
Be-7	1,6E+00 ± 1E+00						2,7E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137				< 2E-01	< 7E-01		< 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,8E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	6,7E-01 ± 8E-02	< 7E-01	6,4E-01 ± 1E-01	8,7E-01 ± 2E-01	
H-3	1,0E+03 ± 8E+01	1,0E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+02	9,8E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 2E+02	9,0E+02 ± 2E+02	9,7E+02 ± 6E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 33b
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzrč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	18. 6. 2012 - 16. 7. 2012	16. 7. 2012 - 16. 8. 2012	16. 8. 2012 - 17. 9. 2012	17. 9. 2012 - 16. 10. 2012	16. 10. 2012 - 19. 11. 2012	19. 11. 2012 - 17. 12. 2012		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,32	48,32	48,22	43,84	45,34	45,39		
Oznaka vzorca	K12VC271	K12VC281	K12VC291	K12VC2A1	K12VC2B1	K12VC2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	5,2E+00 ± 2E+00	< 1E+01	< 6E+00	4,8E+00 ± 1E+00	< 5E+00	1,1E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 9E-01	
Ra-226	1,6E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 3E-01	1,8E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 8E-01	< 5E+00	2,0E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	
Pb-210	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	3,1E+00 ± 1E+00	< 5E+00	4,1E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 5E-01	
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 8E-01	8,0E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Th-228	3,2E-01 ± 2E-01	6,4E-01 ± 3E-01	3,0E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 6E-01	3,9E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 1E-01	
Th-230						8,8E+00 ± 7E+00	2,1E+00 ± 2E+00	
K-40	7,6E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 5E+00	6,8E+01 ± 7E+00	6,9E+01 ± 8E+00	7,1E+01 ± 8E+00	7,1E+01 ± 3E+00	
Be-7			3,1E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 3E+00	3,3E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 7E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137							< 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	6,3E-01 ± 9E-02	9,0E-01 ± 1E-01	6,9E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 9E-02	6,9E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 1E-01	8,1E-01 ± 1E-01	
H-3	9,5E+02 ± 1E+02	7,6E+02 ± 1E+02	9,3E+02 ± 9E+01	9,3E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	9,4E+02 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 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	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	19. 12. 2011 - 16. 1. 2012	16. 1. 2012 - 16. 2. 2012	16. 2. 2012 - 19. 3. 2012	19. 3. 2012 - 16. 4. 2012	16. 4. 2012 - 16. 5. 2012	16. 5. 2012 - 18. 6. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,85	46,53	48,16	41,54	44,36	49,3	
Označa vzorca	K12VC3211	K12VC3221	K12VC3231	K12VC3241	K12VC3251	K12VC3261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 8E+00	3,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 9E-01	8,3E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 1E+00
Ra-226		< 1E+00	2,9E+00 ± 2E+00		2,2E+00 ± 5E-01	< 3E+00	8,4E-01 ± 5E-01
Pb-210	5,4E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 5E+00	5,2E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 3E+00	3,8E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	< 1E+00	6,6E-01 ± 3E-01	< 1E+00	< 7E-01	< 8E-01	3,5E-01 ± 2E-01
Th-228	< 2E-01	3,1E-01 ± 1E-01	< 1E+00	< 4E-01	2,0E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,8E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 1E-01				< 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	< 5E-01	4,9E-01 ± 8E-02	< 5E-01	< 4E-01	< 3E-01	8,2E-02 ± 1E-01
H-3	7,5E+01 ± 1E+01	8,9E+01 ± 2E+01	< 9E+01	1,6E+02 ± 3E+01	< 7E+01	1,1E+02 ± 2E+01	7,1E+01 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 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	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	18. 6. 2012 - 16. 7. 2012	16. 7. 2012 - 16. 8. 2012	16. 8. 2012 - 17. 9. 2012	17. 9. 2012 - 16. 10. 2012	16. 10. 2012 - 19. 11. 2012	19. 11. 2012 - 17. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,46	46,06	47,62	43,18	50,98	41,84	
Označa vzorca	K12VC3271	K12VC3281	K12VC3291	K12VC32A1	K12VC32B1	K12VC32C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	2,8E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 2E+00	< 9E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 8E-01
Ra-226	3,7E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 7E-01	< 2E+00	9,9E-01 ± 6E-01	1,3E+00 ± 4E-01
Pb-210	3,7E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 2E+00	9,8E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 8E-01
Ra-228	< 1E+00	1,0E+00 ± 4E-01	7,0E-01 ± 3E-01	9,4E-01 ± 3E-01	7,8E-01 ± 4E-01	9,5E-01 ± 7E-01	5,4E-01 ± 1E-01
Th-228	1,4E-01 ± 1E-01	7,2E-01 ± 3E-01	< 5E-01	3,4E-01 ± 2E-01	< 3E-01	< 4E-01	1,7E-01 ± 1E-01
Th-230					< 2E+01		< 1E+00
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7	6,5E+00 ± 9E-01				4,6E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 7E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01					< 1E-01	< 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 4E-01	4,1E-02 ± 7E-02
H-3	1,4E+02 ± 3E+01	1,4E+02 ± 3E+01	1,4E+02 ± 2E+01	9,2E+01 ± 2E+01	< 8E+01	1,4E+02 ± 2E+01	8,9E+01 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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.

LETO 2012 T - 35a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvška)						
Datum vzor.	11. 1. 2012	3. 2. 2012	15. 3. 2012	5. 4. 2012	3. 5. 2012	6. 6. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	56,1	52,6	52,2	53,5	52,2	48,6	
Oznaka vzorca	MED01-12	MED02-12	MED03-12	MED04-12	MED05-12	MED06-12	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,1E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 5E+00	9,9E+00 ± 5E+00			7,4E+00 ± 2E+00
Ra-226			2,1E+00 ± 8E-01				3,6E-01 ± 4E-01
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 1E+01	6,6E+01 ± 1E+01	5,9E+01 ± 1E+01	6,7E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 5E+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	2,5E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 2E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 4E+02	9,3E+03 ± 8E+02	8,9E+03 ± 8E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 2E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 35b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvška)						
Datum vzor.	9. 7. 2012	6. 8. 2012	24. 9. 2012	3. 10. 2012	5. 11. 2012	3. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	62,8	52,8	53,9	51,8	51,4	51,3	
Oznaka vzorca	MED07-12	MED08-12	MED09-12	MED10-12	MED11-12	MED12-12	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	6,8E+00 ± 3E+00	4,7E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	9,2E+00 ± 3E+00	6,0E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,7E+00 ± 2E+00	4,0E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 3E-01		2,2E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 3E-01
Pb-210							
Ra-228						1,2E+00 ± 8E-01	9,9E-02 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,3E+01 ± 8E+00	5,6E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 9E+00	5,4E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 8E+00	7,0E+01 ± 1E+01	6,0E+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	2,2E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 1E-01
H-3	2,8E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 2E+02	6,9E+02 ± 2E+02	9,5E+02 ± 2E+02	8,6E+02 ± 2E+02	2,4E+03 ± 3E+02	3,1E+03 ± 9E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 36a

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	11. 1. 2012	3. 2. 2012	15. 3. 2012	5. 4. 2012	3. 5. 2012	6. 6. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	56,9	55,6	n	56,4	56,5	52,0	
Ozvala vzorca	SIB01-12	SIB02-12	SIB03-12	SIB04-12	SIB05-12	SIB06-12	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	9,4E+00 ± 3E+00	1,2E+01 ± 3E+00			7,6E+00 ± 5E+00		5,8E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,8E-01 ± 3E-01	7,5E-01 ± 3E-01		2,1E+00 ± 9E-01	2,1E+00 ± 9E-01		1,2E+00 ± 4E-01
Pb-210							
Ra-228	2,1E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 9E-01					8,5E-01 ± 5E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,1E+01 ± 9E+00	6,1E+01 ± 9E+00		5,0E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 1E+01	5,6E+01 ± 5E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,5E+00 ± 4E-01	3,6E+00 ± 4E-01		2,8E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 2E-01
H-3	5,4E+02 ± 1E+02	5,0E+02 ± 1E+02		4,7E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	2,2E+03 ± 3E+02	8,6E+02 ± 3E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 36b

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	9. 7. 2012	6. 8. 2012	24. 9. 2012	3. 10. 2012	5. 11. 2012	3. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	53,3	53,5	52,8	52,9	54,5	55,2	
Ozvala vzorca	SIB07-12	SIB08-12	SIB09-12	SIB10-12	SIB11-12	SIB12-12	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,3E+01 ± 3E+00	9,7E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	9,3E+00 ± 3E+00	7,8E+00 ± 3E+00	7,0E+00 ± 3E+00	8,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,1E-01 ± 4E-01	6,5E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	4,9E-01 ± 3E-01	7,8E-01 ± 3E-01	9,7E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228		1,3E+00 ± 7E-01		1,7E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 8E-01	9,6E-01 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 7E+00	4,7E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 9E+00	6,5E+01 ± 9E+00	5,0E+01 ± 8E+00	5,3E+01 ± 8E+00	5,5E+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	2,7E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 1E-01
H-3	2,4E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	6,4E+02 ± 2E+02	< 4E+02	1,1E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2012 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	5,15	12,11	2,32	18,34	36,58	35,4		
Padavine (mm)***	16,8	45,6	0,3	61,7	88,5	129,3		
Oznaka vzorca	K12PD211	K12PD221	K12PD231	K12PD241	K12PD251	K12PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	< 2E+01			< 2E+01	3,6E-01 ± 1E-01	< 2E+01	< 6,0E-02 ± 3E+00	6,0E-02 ± 6E-02
U-238				< 7E+00	< 2E+00		< 6,0E-01 ± 9E-01	6,0E-01 ± 9E-01
Ra-226		3,6E+00 ± 3E+00		< 2,1E+01 ± 1E+01	2,3E+01 ± 2E+00		6,0E+00 ± 3E+00	2,4E+02 ± 1E+02
Pb-210	6,7E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 4E+01	3,0E+00 ± 1E+00	< 5E-01		1,6E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 1E+01	3,9E+00 ± 1E+00						
Th-230								
Th-228	7,2E+00 ± 2E+00	< 2E+00	5,1E+00 ± 4E+00	< 1E+00	< 4E-01	< 1E+00		2,1E+00 ± 1E+00
K-40	6,6E+01 ± 3E+01	3,3E+01 ± 9E+00	< 2E+02	7,1E+00 ± 4E+00	7,2E+00 ± 1E+00	8,1E+00 ± 2E+00		2,0E+01 ± 2E+01
Be-7	1,2E+03 ± 6E+01	7,3E+02 ± 4E+01	1,0E+03 ± 6E+01	9,6E+01 ± 6E+00	3,0E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 8E+00		5,9E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,1E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 4E-01	8,1E+00 ± 3E+00	< 6E-01	< 1E-01			2,2E+00 ± 1E+00
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E+00	2,1E+00 ± 4E-01	< 1E+01	1,1E+00 ± 2E-01	< 5E-01	< 5E-01		5,3E-01 ± 1E+00
H-3	2,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 3E+02		1,9E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	5,2	12,1	2,3	18,3	36,6	35,4		
Padavine (mm)***	16,8	45,6	0,3	61,7	88,5	129,3		
Oznaka vzorca	K12PD211	K12PD221	K12PD231	K12PD241	K12PD251	K12PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 3E-01			< 1E+00	3,2E-02 ± 1E-02	< 2E+00	< 3,2E-02 ± 1E-02	3,2E-02 ± 1E-02
U-238				< 4E-01	< 2E-01		< 1,6E-01 ± 3E-01	1,6E-01 ± 3E-01
Ra-226		1,6E-01 ± 1E-01		< 1,3E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 2E-01		7,7E-01 ± 4E-01	3,8E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,1E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 1E+00	7,6E-02 ± 1E-02	1,9E-01 ± 8E-02	< 4E-02		2,1E-01 ± 8E-02	5,7E-01 ± 2E-01
Ra-228	< 2E-01	1,8E-01 ± 7E-02						
Th-230								
Th-228	1,2E-01 ± 3E-02	< 1E-01	1,5E-03 ± 1E-03	< 9E-02	< 4E-02	< 2E-01		1,2E-01 ± 1E-01
K-40	1,1E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 4E-01	< 5E-02	4,4E-01 ± 2E-01	6,4E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 3E-01		4,7E+00 ± 8E-01
Be-7	2,1E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,0E-01 ± 2E-02	5,9E+00 ± 4E-01	2,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00		1,1E+02 ± 3E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,2E-02 ± 2E-02	8,9E-02 ± 2E-02	2,4E-03 ± 8E-04	< 4E-02	< 1E-02			1,4E-01 ± 4E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 7E-02	9,5E-02 ± 2E-02	< 3E-03	6,9E-02 ± 1E-02	< 5E-02	< 7E-02		1,6E-01 ± 7E-02
H-3	3,8E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 1E+01	4,3E-01 ± 9E-02	1,2E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 4E+01		6,8E+02 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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).

LETO 2012 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.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	16,38	29,18	46,64	49,46	36,01	23,21		
Padavine (mm)***	53,1	29,2	229,5	159,8	115,6	87,3		
Oznaka vzorca	K12PD271	K12PD281	K12PD291	K12PD2A1	K12PD2B1	K12PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	<	<	<	<	<	<	<	<
U-238	< 9E+00	< 1E+01	<	2,3E+00 ± 2E+00	<	<	<	3,0E-02 ± 3E-02
Ra-226	< 4E+00	<	< 2E+00	1,3E+00 ± 9E-01	<	<	<	1,9E-01 ± 2E+00
Pb-210	7,3E+00 ± 5E+00	1,2E+01 ± 3E+00	7,6E+00 ± 2E+00	4,4E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 2E+01	2,2E+00 ± 9E-01	1,8E+02 ± 1E+01	5,9E-01 ± 5E-01
Ra-228	< 3E+00	<	3,6E-01 ± 2E-01	< 1E+00	<	<	<	1,5E+02 ± 6E+01
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	7,4E-01 ± 7E-01
Th-228	1,7E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 3E-01	< 6E-01	3,4E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 2E-01	1,8E+01 ± 8E+00	7,6E-01 ± 1E-01	1,5E+00 ± 1E+00
K-40	< 2E+01	2,3E+01 ± 7E+00	3,1E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 2E+00	<	<	<	1,4E+00 ± 7E-01
Be-7	1,2E+02 ± 7E+00	2,3E+02 ± 1E+01	8,7E+01 ± 4E+00	2,4E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 2E+01	5,9E+00 ± 2E+00	3,4E+02 ± 2E+01	1,3E+01 ± 9E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<	4,1E+02 ± 1E+02
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	< 6E-01	< 5E-01	<	<	<	< 1E-01	6,1E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-01
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	< 8E-01	< 4E-01	5,8E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 9E-01	<	4,1E-01 ± 6E-01
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	16,4	29,2	46,6	49,5	36,0	23,2		
Padavine (mm)***	53,1	29,2	229,5	159,8	115,6	87,3		
Oznaka vzorca	K12PD271	K12PD281	K12PD291	K12PD2A1	K12PD2B1	K12PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<	<	<	<	<	<	<	<
U-238	< 5E-01	< 4E-01	<	3,6E-01 ± 2E-01	<	<	<	3,2E-02 ± 1E-02
Ra-226	< 2E-01	<	< 4E-01	2,1E-01 ± 1E-01	<	<	<	3,6E-01 ± 1E+00
Pb-210	3,9E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 9E-02	1,7E+00 ± 4E-01	7,1E+00 ± 4E-01	6,6E+00 ± 2E+00	1,9E-01 ± 7E-02	1,6E+01 ± 8E-01	5,7E-01 ± 4E-01
Ra-228	< 2E-01	<	8,3E-02 ± 4E-02	< 2E-01	<	<	<	7,0E+01 ± 3E+00
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	6,6E-01 ± 3E-01
Th-228	9,1E-02 ± 6E-02	3,3E-02 ± 1E-02	< 1E-01	5,5E-02 ± 3E-02	5,3E-02 ± 2E-02	1,6E+00 ± 7E-01	6,6E-02 ± 1E-02	1,6E+00 ± 7E-01
K-40	< 1E+00	6,7E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 3E-01	<	<	<	4,2E-01 ± 2E-01
Be-7	6,5E+00 ± 4E-01	6,6E+00 ± 3E-01	2,0E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	5,2E-01 ± 2E-01	3,0E+01 ± 2E+00	7,4E+00 ± 1E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<	2,5E+02 ± 4E+00
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	< 3E-02	< 2E-02	<	<	<	< 1E-02	5,3E-02 ± 1E-02	2,0E-01 ± 4E-02
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<
Sr-89/Sr-90	6,3E-02 ± 1E-02	< 2E-02	< 9E-02	9,3E-02 ± 2E-02	< 7E-02	< 8E-02	<	3,2E-01 ± 1E-01
H-3	9,5E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 6E+00	3,4E+02 ± 5E+01	1,8E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 2E+01	1,6E+03 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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).

LETO 2012 T - 38a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	5,1	11,06	1,88	14,04	28,58	32,9		
Padavine (mm)	23,6	42,5	0,2	64,7	98,8	130,6		
Oznaka vzorca	K12PD311	K12PD321	K12PD331	K12PD341	K12PD351	K12PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				6,6E-01 ± 3E-01				1,1E-01 ± 1E-01
U-238		< 2E+01	< 1E+02		< 1E+01	9,1E+00 ± 2E+00		1,5E+00 ± 1E+01
Ra-226		< 8E+00	< 1E+02	< 5E+00		< 2E+00		< 1E+01
Pb-210	2,2E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 4E+01	1,3E+02 ± 3E+01	2,0E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 7E+00		1,4E+02 ± 6E+01
Ra-228	1,1E+01 ± 5E+00	< 9E+00	< 5E+01		< 1E+00	< 2E+00		1,9E+00 ± 5E+00
Th-230								
Th-228	< 1E+01	< 5E+00	7,9E+00 ± 5E+00	< 1E+00	< 2E+00	6,3E-01 ± 2E-01		1,4E+00 ± 1E+00
K-40	< 3E+01	1,6E+01 ± 8E+00	< 1E+02	3,2E+01 ± 8E+00	4,0E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00		1,9E+01 ± 1E+01
Be-7	4,4E+02 ± 3E+01	7,2E+02 ± 6E+01	2,6E+02 ± 8E+01	1,5E+02 ± 8E+00	2,5E+02 ± 1E+01	4,5E+02 ± 2E+01		3,8E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,1E+00 ± 7E-01	< 9E+00					1,8E-01 ± 9E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,7E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 4E-01	< 1E+01	< 2E+00	< 7E-01	< 6E-01		9,4E-01 ± 1E+00
H-3	1,2E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 2E+02		1,4E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	5,1	11,1	1,9	14,0	28,6	32,9		
Padavine (mm)	23,6	42,5	0,2	64,7	98,8	130,6		
Oznaka vzorca	K12PD311	K12PD321	K12PD331	K12PD341	K12PD351	K12PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				4,3E-02 ± 2E-02				4,3E-02 ± 2E-02
U-238		< 1E+00	< 2E-02		< 1E+00	1,2E+00 ± 3E-01		1,2E+00 ± 1E+00
Ra-226		< 3E-01	< 3E-02	< 3E-01		< 3E-01		< 3E-01
Pb-210	5,2E+00 ± 4E-01	1,7E+01 ± 2E+00	2,5E-02 ± 6E-03	1,3E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	5,4E+00 ± 9E-01		3,2E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,7E-01 ± 1E-01	< 4E-01	< 9E-03		< 1E-01	< 2E-01		2,7E-01 ± 3E-01
Th-230								
Th-228	< 2E-01	< 2E-01	1,6E-03 ± 1E-03	< 8E-02	< 2E-01	8,2E-02 ± 3E-02		8,4E-02 ± 2E-01
K-40	< 6E-01	7,0E-01 ± 3E-01	< 2E-02	2,0E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 5E-01		1,0E+01 ± 1E+00
Be-7	1,0E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 2E+00	5,3E-02 ± 2E-02	9,4E+00 ± 5E-01	2,5E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 3E+00		1,3E+02 ± 4E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137		4,7E-02 ± 3E-02	< 2E-03					4,7E-02 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,6E-02 ± 1E-02	8,5E-02 ± 2E-02	< 2E-03	< 1E-01	< 6E-02	< 7E-02		1,7E-01 ± 9E-02
H-3	2,9E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 1E+01	2,6E-01 ± 4E-02	1,2E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 3E+01		5,3E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 38b

5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	17,46	29,46	49,24	51,08	29,17	23,22		
Padavine (mm)	59,8	71,4	219,6	166,6	116,3	89,3		
Oznaka vzorca	K12PD371	K12PD381	K12PD391	K12PD3A1	K12PD3B1	K12PD3C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	1,0E+01 ± 4E+00		4,3E+00 ± 2E+00	< 9E+00		< 2E+01		5,5E-02 ± 5E-02
U-238								2,0E+00 ± 6E+00
Ra-226		7,0E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00			9,0E-01 ± 7E+00
Pb-210	6,2E+01 ± 9E+00	2,8E+01 ± 7E+00	6,8E+01 ± 6E+00	4,9E+01 ± 3E+00	8,5E+01 ± 7E+00	1,5E+02 ± 9E+00		1,1E+02 ± 3E+01
Ra-228	3,1E+00 ± 2E+00		1,0E+00 ± 5E-01	< 1E+00		< 3E+00		1,3E+00 ± 2E+00
Th-230								
Th-228	7,6E-01 ± 5E-01	7,0E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	< 2E+00	3,5E-01 ± 3E-01	6,4E-01 ± 4E-01		9,4E-01 ± 7E-01
K-40	3,0E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 3E+00	9,3E+00 ± 2E+00	< 8E+00	9,1E+00 ± 2E+00	< 1E+01		1,5E+01 ± 6E+00
Be-7	5,8E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	6,2E+02 ± 3E+01	4,8E+02 ± 2E+01	5,9E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 2E+01		4,5E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 4E-01	< 2E-01	< 3E-01				9,2E-02 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	< 9E-01	< 4E-01	< 4E-01	8,7E-01 ± 1E-01	< 9E-01		5,4E-01 ± 5E-01
H-3	1,4E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 3E+02	8,1E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	8,4E+02 ± 2E+02		1,3E+03 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	17,5	29,5	49,2	51,1	29,2	23,2		
Padavine (mm)	59,8	71,4	219,6	166,6	116,3	89,3		
Oznaka vzorca	K12PD371	K12PD381	K12PD391	K12PD3A1	K12PD3B1	K12PD3C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22								4,3E-02 ± 2E-02
U-238	6,2E-01 ± 3E-01		9,5E-01 ± 3E-01	< 2E+00		< 2E+00		2,8E+00 ± 2E+00
Ra-226		5,0E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 3E-01	4,5E-01 ± 2E-01			9,4E-01 ± 5E-01
Pb-210	3,7E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,5E+01 ± 1E+00	8,1E+00 ± 5E-01	9,9E+00 ± 8E-01	1,4E+01 ± 8E-01		8,5E+01 ± 3E+00
Ra-228	1,9E-01 ± 1E-01		2,2E-01 ± 1E-01	< 2E-01		< 2E-01		6,8E-01 ± 4E-01
Th-230								
Th-228	4,5E-02 ± 3E-02	5,0E-02 ± 2E-02	6,9E-02 ± 5E-02	< 3E-01	4,0E-02 ± 3E-02	5,7E-02 ± 4E-02		3,5E-01 ± 3E-01
K-40	1,8E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	< 1E+00	1,1E+00 ± 3E-01	< 1E+00		1,7E+01 ± 2E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	1,4E+02 ± 7E+00	7,9E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00		5,2E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 3E-02	< 5E-02	< 6E-02				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	< 6E-02	< 6E-02	< 9E-02	< 7E-02	1,0E-01 ± 1E-02	< 8E-02		2,7E-01 ± 1E-01
H-3	8,4E+01 ± 2E+01	8,6E+01 ± 2E+01	3,1E+02 ± 5E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 2E+01	7,5E+01 ± 2E+01		1,3E+03 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 39a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	5,36	12,34	1,06	22,68	42,68	28,42		
Padavine (mm)	15,1	58,4	0,8	71,0	108,6	129,9		
Oznaka vzorca	K12PD411	K12PD421	K12PD431	K12PD441	K12PD451	K12PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22					6,7E-01 ± 2E-01	<	2E+00	1,1E-01 ± 2E-01
U-238	<	4E+01	3,0E+00 ± 2E+00	7,9E+01 ± 6E+01	<	6E+00	<	2E+01
Ra-226	<	1E+01	4,5E+00 ± 3E+00	<	7E+01	<	1E+00	7,4E-01 ± 8E+00
Pb-210	<	2,4E+02 ± 2E+01	6,8E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 5E+01	3,9E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 1E+01	6,6E+01 ± 4E+00	2,3E+02 ± 1E+02
Ra-228			2,1E+00 ± 9E-01	<	6E+01	<	1E+00	1,4E+00 ± 1E+00
Th-230							2,6E+00 ± 9E-01	1,0E+00 ± 6E+00
Th-228	<	1E+01	1,9E+00 ± 2E-01	<	3E+01	9,0E-01 ± 5E-01	4,4E-01 ± 2E-01	<
K-40	<	9E+01	2,9E+01 ± 5E+00	<	2E+01	<	2E+01	5,1E+00 ± 3E+00
Be-7	<	8,0E+02 ± 4E+01	1,3E+03 ± 8E+01	6,7E+02 ± 7E+01	2,8E+02 ± 1E+01	7,3E+02 ± 4E+01	6,9E+02 ± 3E+01	7,4E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	2E+00	2,1E+00 ± 4E-01	<	1E+01	<	6E-01	<
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,7E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 4E-01	<	2E+01	<	9E-01	7,3E-01 ± 9E-02	<
H-3	9,0E+02 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 3E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,1E+00 ± 2E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	5,4	12,3	1,1	22,7	42,7	28,4		
Padavine (mm)	15,1	58,4	0,8	71,0	108,6	129,9		
Oznaka vzorca	K12PD411	K12PD421	K12PD431	K12PD441	K12PD451	K12PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22					7,3E-02 ± 2E-02	<	3E-01	7,3E-02 ± 2E-01
U-238	<	6E-01	1,7E-01 ± 1E-01	5,9E-02 ± 4E-02	<	7E-01	<	2E+00
Ra-226	<	2E-01	2,6E-01 ± 2E-01	<	6E-02	<	1E-01	2,6E-01 ± 1E+00
Pb-210	<	3,6E+00 ± 3E-01	3,9E+01 ± 2E+00	2,4E-01 ± 4E-02	2,8E+00 ± 5E-01	7,0E+00 ± 1E+00	8,5E+00 ± 5E-01	6,2E+01 ± 3E+00
Ra-228			1,2E-01 ± 5E-02	<	4E-02	<	9E-02	1,5E-01 ± 1E-01
Th-230							3,3E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 2E-01
Th-228	<	2E-01	1,1E-01 ± 1E-02	<	2E-02	6,4E-02 ± 4E-02	4,8E-02 ± 3E-02	<
K-40	<	1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	<	1E+00	<	2E+00	6,7E-01 ± 3E-01
Be-7	<	1,2E+01 ± 7E-01	7,6E+01 ± 5E+00	5,0E-01 ± 5E-02	2,0E+01 ± 1E+00	8,0E+01 ± 4E+00	8,9E+01 ± 4E+00	2,8E+02 ± 8E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	4E-02	1,2E-01 ± 2E-02	<	1E-02	<	4E-02	<
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,7E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 2E-02	<	1E-02	<	6E-02	7,9E-02 ± 1E-02	<
H-3	1,4E+01 ± 3E+00	7,2E+01 ± 1E+01	9,5E-01 ± 2E-01	9,6E+01 ± 2E+01	1,7E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 3E+01	2,6E-01 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2

LETO 2012 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

Vzrč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		
Datum vzor.	13,16	30,32	49,06	49,98	36,59	23,71		
Kol. vzorca (L)	42,4	26,5	251,9	138,5	136,6	83,3		
Padavine (mm)	K12PD471	K12PD481	K12PD491	K12PD4A1	K12PD4B1	K12PD4C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	8,4E+00 ± 6E+00	< 1E+01	< 5E+00	2,7E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 2E+00	< 8E+01	5,6E-02 ± 1E-01	
U-238			< 1E+00	1,5E+00 ± 7E-01	< 1E+00	1,6E+00 ± 9E-01	8,0E+00 ± 7E+00	
Ra-226		7,7E+01 ± 5E+00	1,1E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 5E+00	4,2E+02 ± 2E+01	6,3E-01 ± 4E+00	
Pb-210	4,2E+02 ± 2E+01		1,1E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 5E-01	8,0E-01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E+00	2,2E+02 ± 6E+01	
Ra-228	9,7E+00 ± 5E+00						1,7E+00 ± 3E+00	
Th-230								
Th-228	2,3E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 3E-01	2,9E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 3E-01	< 5E-01	1,7E+00 ± 3E-01	7,5E-01 ± 2E+00	
K-40	2,6E+01 ± 1E+01		1,9E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	< 7E+00	< 2E+01	5,5E+00 ± 5E+00	
Be-7	2,3E+03 ± 1E+02	9,9E+02 ± 5E+01	7,4E+02 ± 4E+01	8,3E+02 ± 4E+01	6,0E+02 ± 3E+01	7,1E+02 ± 4E+01	8,9E+02 ± 1E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00		2,9E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 3E-01	3,3E-01 ± 8E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,7E+00 ± 3E-01	8,2E-01 ± 1E-01	4,6E-01 ± 7E-02	< 4E-01	< 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	9,7E-01 ± 9E-01	
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	6,8E+02 ± 2E+02	< 5E+02	7,3E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Dobova							Letni used (*)
	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		
Datum vzor.	13,2	30,3	49,1	50,0	36,6	23,7		
Kol. vzorca (L)	42,4	26,5	251,9	138,5	136,6	83,3		
Padavine (mm)	K12PD471	K12PD481	K12PD491	K12PD4A1	K12PD4B1	K12PD4C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	3,6E-01 ± 2E-01	< 3E-01	< 1E+00	3,8E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 2E-01	< 7E+00	7,3E-02 ± 2E-01	
U-238			< 3E-01	2,1E-01 ± 1E-01	< 1E-01	1,3E-01 ± 7E-02	1,4E+00 ± 4E+00	
Ra-226		2,0E+00 ± 1E-01	2,8E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 2E+00	6,1E-01 ± 3E-01	
Pb-210	1,8E+01 ± 1E+00		2,7E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 8E-02	1,1E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 1E-01	1,8E+02 ± 5E+00	
Ra-228	4,1E-01 ± 2E-01						1,7E+00 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	9,7E-02 ± 3E-02	2,9E-02 ± 8E-03	7,3E-02 ± 3E-02	4,8E-02 ± 3E-02	< 7E-02	1,4E-01 ± 3E-02	6,1E-01 ± 2E-01	
K-40	1,1E+00 ± 6E-01		4,9E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 2E-01	< 9E-01	< 1E+00	4,4E+00 ± 2E+00	
Be-7	1,0E+02 ± 5E+00	2,6E+01 ± 1E+00	1,9E+02 ± 9E+00	1,1E+02 ± 6E+00	8,2E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 3E+00	8,4E+02 ± 2E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 6E-02		7,3E-02 ± 6E-02	4,6E-02 ± 2E-02	4,6E-02 ± 2E-02	7,5E-02 ± 3E-02	3,6E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 ± 1E-02	2,2E-02 ± 3E-03	1,2E-01 ± 2E-02	< 5E-02	< 8E-02	9,5E-02 ± 1E-02	6,0E-01 ± 9E-02	
H-3	6,7E+01 ± 1E+01	2,5E+01 ± 6E+00	2,7E+02 ± 5E+01	9,4E+01 ± 2E+01	< 6E+01	6,1E+01 ± 1E+01	1,0E+03 ± 8E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 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. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletno povprečje (*)								
Kol. vzorca (L)	7,91	5,96	7,34	35,54	46,88	35,58										
Padavine (mm)***	28,4	23,2	22,4	127,7	124,4	129,9										
Oznaka vzorca	RP12PD111	RP12PD121	RP12PD131	RP12PD141	RP12PD151	RP12PD161										
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)															
Na-22	<	5E+01	1,7E+01 ± 1E+01	<	9E+01	5,9E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01	<	8E+00	<	4E+00	<	4E-01	<	2,0E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 1E+01
U-238	<	5E+01	1,7E+01 ± 1E+01	<	9E+01	5,9E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01	<	8E+00	<	4E+00	<	4E-01	<	2,0E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 1E+01
Ra-226	<	5E+01	1,7E+01 ± 1E+01	<	9E+01	5,9E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01	<	8E+00	<	4E+00	<	4E-01	<	2,0E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 1E+01
Pb-210	<	2,4E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 4E+01	<	3,6E+01 ± 9E+00	3,5E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 4E+00	<	3,5E+01 ± 4E+00	<	3,5E+01 ± 4E+00	<	1,2E+02 ± 5E+01	<	1,2E+02 ± 5E+01	1,2E+02 ± 5E+01
Ra-228	<	1E+01	5,2E+00 ± 4E+00	<	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01	7,3E-01 ± 4E-01	<	9,0E-01 ± 6E-01	<	9,0E-01 ± 6E-01	<	1,3E+00 ± 1E+00	<	1,3E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00
Th-230	<	1E+01	5,2E+00 ± 4E+00	<	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01	7,3E-01 ± 4E-01	<	9,0E-01 ± 6E-01	<	9,0E-01 ± 6E-01	<	1,3E+00 ± 1E+00	<	1,3E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00
Th-228	<	3E+00	2,3E+00 ± 1E+00	<	1E+00	4,7E-01 ± 3E-01	<	3E-01	<	1E+00	<	1E+00	<	4,7E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 4E-01	
K-40	<	3E+00	2,3E+00 ± 1E+00	<	1E+00	4,7E-01 ± 3E-01	<	3E-01	<	1E+00	<	1E+00	<	4,7E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 4E-01	
Be-7	<	5,8E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 3E+01	<	2,6E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,5E+02 ± 1E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	3,8E+02 ± 6E+01
I-131	<	5,8E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 3E+01	<	2,6E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,5E+02 ± 1E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	3,8E+02 ± 6E+01
Cs-134	<	5,8E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 3E+01	<	2,6E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,5E+02 ± 1E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 2E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	<	3,8E+02 ± 6E+01	3,8E+02 ± 6E+01
Cs-137	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Co-58	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Co-60	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Cr-51	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Mn-54	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Zn-65	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Nb-95	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Ru-106	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
Sb-125	<	2E+00	<	3E+00	<	3E+00	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01	<	4E-01
H-3	<	5,0E+02 ± 2E+02	8,1E+02 ± 2E+02	<	8,0E+02 ± 2E+02	8,8E+02 ± 3E+02	1,0E+03 ± 2E+02	<	9,4E+02 ± 2E+02	<	9,4E+02 ± 2E+02	<	8,3E+02 ± 9E+01	<	8,3E+02 ± 9E+01	8,3E+02 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS															
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		Polletni used (*)								
Kol. vzorca (L)	7,9	6,0	7,3	35,5	46,9	35,6										
Padavine (mm)***	28,4	23,2	22,4	127,7	124,4	129,9										
Oznaka vzorca	RP12PD111	RP12PD121	RP12PD131	RP12PD141	RP12PD151	RP12PD161										
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)															
Na-22	<	2E+00	3,9E-01 ± 2E-01	<	2E+00	7,5E-02 ± 4E-02	7,8E-02 ± 3E-02	<	1E+00	<	1E+00	<	1,5E-01 ± 5E-02	<	1,5E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 5E-02
U-238	<	2E+00	3,9E-01 ± 2E-01	<	2E+00	7,5E-02 ± 4E-02	7,8E-02 ± 3E-02	<	1E+00	<	1E+00	<	1,5E-01 ± 5E-02	<	1,5E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 5E-02
Ra-226	<	2E+00	3,9E-01 ± 2E-01	<	2E+00	7,5E-02 ± 4E-02	7,8E-02 ± 3E-02	<	1E+00	<	1E+00	<	1,5E-01 ± 5E-02	<	1,5E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 5E-02
Pb-210	<	6,9E+00 ± 5E-01	7,4E+00 ± 9E-01	<	8,1E-01 ± 2E-01	4,5E+00 ± 4E-01	5,9E+00 ± 5E-01	<	4,5E+00 ± 5E-01	<	4,5E+00 ± 5E-01	<	3,0E+01 ± 1E+00	<	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00
Ra-228	<	3E-01	1,2E-01 ± 9E-02	<	1,4E-01 ± 8E-02	1,4E-01 ± 8E-02	9,1E-02 ± 5E-02	<	1,2E-01 ± 8E-02	<	1,2E-01 ± 8E-02	<	4,7E-01 ± 2E-01	<	4,7E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01
Th-230	<	3E-01	1,2E-01 ± 9E-02	<	1,4E-01 ± 8E-02	1,4E-01 ± 8E-02	9,1E-02 ± 5E-02	<	1,2E-01 ± 8E-02	<	1,2E-01 ± 8E-02	<	4,7E-01 ± 2E-01	<	4,7E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01
Th-228	<	9E-02	5,4E-02 ± 3E-02	<	2E-02	6,0E-02 ± 4E-02	<	4E-02	<	1E-01	<	1E-01	<	1,1E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 1E-01	
K-40	<	9E-02	5,4E-02 ± 3E-02	<	2E-02	6,0E-02 ± 4E-02	<	4E-02	<	1E-01	<	1E-01	<	1,1E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 1E-01	
Be-7	<	1,7E+01 ± 8E-01	1,3E+01 ± 6E-01	<	9,7E-01 ± 3E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	1,5E+02 ± 3E+00
I-131	<	1,7E+01 ± 8E-01	1,3E+01 ± 6E-01	<	9,7E-01 ± 3E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	1,5E+02 ± 3E+00
Cs-134	<	1,7E+01 ± 8E-01	1,3E+01 ± 6E-01	<	9,7E-01 ± 3E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	5,0E+01 ± 2E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	<	1,5E+02 ± 3E+00	1,5E+02 ± 3E+00
Cs-137	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Co-58	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Co-60	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Cr-51	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Mn-54	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Zn-65	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Nb-95	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Ru-106	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
Sb-125	<	6E-02	<	6E-02	<	6E-02	<	5E-02	<	4E-02	<	4E-02	<	7E-02	<	7E-02
H-3	<	1,4E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 4E+00	<	1,8E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 3E+01	<	1,2E+02 ± 2E+01	<	1,2E+02 ± 2E+01	<	4,1E+02 ± 5E+01	<	4,1E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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).

LETO 2012 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,26	34,75	41,02	50,34	25,65	21,81		
Padavine (mm)***	113,0	66,2	227,3	222,8	155,7	97,5		
Oznaka vzorca	RP12PD171	RP12PD181	RP12PD191	RP12PD1A1	RP12PD1B1	RP12PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 8E-01				2,6E-01 ± 2E-01		1,2E-01 ± 7E-02	
U-238	< 4E+00	< 7E+00			1,9E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 9E+00	2,7E+00 ± 6E+00	
Ra-226		1,3E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 9E-01				3,5E-01 ± 3E-01	
Pb-210	1,5E+02 ± 8E+00	3,7E+02 ± 2E+01	2,0E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 3E+00	6,4E+01 ± 4E+00	8,8E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 4E+01	
Ra-228	8,1E-01 ± 5E-01	8,5E-01 ± 5E-01				< 5E+00	8,0E-01 ± 7E-01	
Th-230		< 2E+01		1,2E+01 ± 5E+00			9,6E-01 ± 1E+00	
Th-228	8,2E-01 ± 4E-01	5,8E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 7E-02	7,0E-01 ± 1E-01	< 1E+00	4,6E-01 ± 2E-01	
K-40	3,9E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 3E+00	3,1E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00		9,0E+00 ± 4E+00	
Be-7	1,4E+03 ± 7E+01	2,1E+03 ± 1E+02	1,1E+02 ± 5E+00	5,3E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	5,9E+02 ± 2E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		7,8E-01 ± 1E-01			< 6E-01		6,5E-02 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,1E+03 ± 2E+02	6,4E+02 ± 2E+02	7,4E+02 ± 2E+02	< 4E+02	6,6E+02 ± 2E+02	4,4E+02 ± 2E+02	7,1E+02 ± 9E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	44,3	34,8	41,0	50,3	25,7	21,8		
Padavine (mm)***	113,0	66,2	227,3	222,8	155,7	97,5		
Oznaka vzorca	RP12PD171	RP12PD181	RP12PD191	RP12PD1A1	RP12PD1B1	RP12PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 9E-02				4,0E-02 ± 2E-02		1,9E-01 ± 7E-02	
U-238	< 4E-01	< 5E-01			3,0E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 2E+00	
Ra-226		8,7E-02 ± 4E-02	6,7E-01 ± 2E-01				7,5E-01 ± 4E-01	
Pb-210	1,7E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 1E+00	4,5E+00 ± 7E-01	1,3E+01 ± 7E-01	1,0E+01 ± 6E-01	8,6E+00 ± 6E-01	1,1E+02 ± 2E+00	
Ra-228	9,1E-02 ± 5E-02	5,7E-02 ± 4E-02				< 5E-01	6,2E-01 ± 4E-01	
Th-230		< 2E+00		2,6E+00 ± 1E+00			2,6E+00 ± 1E+00	
Th-228	9,3E-02 ± 4E-02	3,8E-02 ± 1E-02	6,1E-02 ± 4E-02	7,6E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 1E-01	4,9E-01 ± 1E-01	
K-40	4,4E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 2E-01	7,0E-01 ± 5E-01	1,0E+00 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01		6,0E+00 ± 1E+00	
Be-7	1,6E+02 ± 8E+00	1,4E+02 ± 7E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,2E+02 ± 8E+00	6,1E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	6,8E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		5,1E-02 ± 9E-03			< 1E-01		5,1E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,2E+02 ± 3E+01	4,2E+01 ± 1E+01	1,7E+02 ± 5E+01	< 1E+02	1,0E+02 ± 2E+01	4,3E+01 ± 1E+01	8,9E+02 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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).

5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2012

Specifična analiza H-3 (**) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Krško			Brege			Dobova			Ljubljana		
	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost
	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	23,6	1,2E+00	2,9E-02	16,8	2,3E+00	3,8E-02	15,1	9,0E-01	1,4E-02	28,4	5,0E-01	1,4E-02
Februar	42,5	1,2E+00	5,2E-02	45,6	1,4E+00	6,4E-02	58,4	1,2E+00	7,2E-02	23,2	8,1E-01	1,9E-02
Marec	0,2	1,3E+00	2,6E-04	0,3	1,4E+00	4,3E-04	0,8	1,3E+00	9,5E-04	22,4	8,0E-01	1,8E-02
April	64,7	1,8E+00	1,2E-01	61,7	2,0E+00	1,2E-01	71,0	1,4E+00	9,6E-02	127,7	8,8E-01	1,1E-01
Maj	98,8	1,5E+00	1,5E-01	88,5	2,6E+00	2,3E-01	108,6	1,6E+00	1,7E-01	124,4	1,0E+00	1,3E-01
Junij	130,6	1,4E+00	1,8E-01	129,3	1,7E+00	2,2E-01	129,9	1,0E+00	1,3E-01	129,9	9,4E-01	1,2E-01
Julij	59,8	1,4E+00	8,4E-02	53,1	1,8E+00	9,5E-02	42,4	1,6E+00	6,7E-02	113,0	1,1E+00	1,2E-01
Avgust	71,4	1,2E+00	8,6E-02	29,2	1,3E+00	3,8E-02	26,5	9,3E-01	2,5E-02	66,2	6,4E-01	4,2E-02
September	219,6	1,4E+00	3,1E-01	229,5	1,5E+00	3,4E-01	251,9	1,1E+00	2,7E-01	227,3	7,4E-01	1,7E-01
Oktober	166,6	8,1E-01	1,3E-01	159,8	1,1E+00	1,8E-01	138,5	6,8E-01	9,4E-02	222,8		
November	116,3	1,1E+00	1,3E-01	115,6	1,2E+00	1,3E-01	136,6			155,7	6,6E-01	1,0E-01
December	89,3	8,4E-01	7,5E-02	87,3	1,8E+00	1,6E-01	83,3	7,3E-01	6,1E-02	97,5	4,4E-01	4,3E-02
Letno povprečje (kBq/m ²)	1,27E+00	±	7,9E-02	1,67E+00	±	1,3E-01	1,03E+00	±	1,3E-01	7,10E-01	±	8,5E-02
Celotna vrednost	1083		1,3E+00	1017		1,6E+00	1063		1,0E+00	1339		8,9E-01
	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku O-2.

(***) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2012 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012			
Kol. vzorca (g)	70,9	63,8	72,1	64,6	58,2	55,2			
Padavine (mm)***	20,2	44,1	0,3	63,2	93,7	130,0			
Oznaka vzorca	K12PV211	K12PV221	K12PV231	K12PV241	K12PV251	K12PV261			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	< 6E-01	< 4E-01	< 7E-01	< 3E-01	< 6E-01	< 6E-01	< 6E-01	< 3E+00	
U-238	1,7E-01 ± 8E-02	8,5E-02 ± 5E-02	7,5E-02 ± 3E-02	< 2E-01	< 2E-02	1,3E-01 ± 6E-02	4,5E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 8E-01	
Ra-226	2,6E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	5,1E+00 ± 4E-01	9,4E+00 ± 6E-01	5,4E+00 ± 3E-01	2,6E+01 ± 9E-01	1,3E+02 ± 4E+00	
Pb-210	< 8E-02	<	< 1E-01	1,0E-01 ± 7E-02	<	< 8E-02	1,0E-01 ± 1E-01	5,2E-01 ± 7E-01	
Ra-228	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-228	6,7E-02 ± 2E-02	4,0E-02 ± 2E-02	6,2E-02 ± 5E-02	4,7E-02 ± 1E-02	< 9E-02	8,3E-02 ± 2E-02	3,0E-01 ± 8E-02	1,5E+00 ± 4E-01	
K-40	< 3E-01	< 3E-01	6,6E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 4E-01	9,6E+00 ± 2E+00	
Be-7	1,1E+01 ± 6E-01	5,5E+00 ± 3E-01	1,9E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 3E+00	7,1E+02 ± 2E+01	
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-137	< 6E-02	< 2E-02	4,5E-02 ± 1E-02	< 3E-02	1,4E-02 ± 9E-03	2,0E-02 ± 7E-03	7,9E-02 ± 4E-02	3,9E-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).

LETO 2012 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012			
Kol. vzorca (g)	61,5	60,2	64,9	53,5	67,1	67,1			
Padavine (mm)***	56,5	50,3	224,6	163,2	116,0	88,3			
Oznaka vzorca	K12PV271	K12PV281	K12PV291	K12PV2A1	K12PV2B1	K12PV2C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	2,3E-01 ± 9E-02	<	< 2E-01	7,3E-01 ± 8E-02	<	7,2E-02 ± 4E-02	1,0E+00 ± 7E-01	5,1E+00 ± 3E+00	
U-238	1,3E-01 ± 6E-02	< 4E-01	1,9E-02 ± 8E-03	2,0E-02 ± 1E-02	6,1E-02 ± 4E-02	4,1E-02 ± 1E-02	7,3E-01 ± 3E-01	3,6E+00 ± 1E+00	
Ra-226	5,8E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 5E-01	6,3E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 1E-01	3,5E+00 ± 3E-01	5,9E-01 ± 6E-02	5,1E+01 ± 1E+00	2,6E+02 ± 6E+00	
Pb-210	6,0E-02 ± 3E-02	<	<	<	< 9E-02	<	1,6E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 7E-01	
Ra-228	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-228	1,8E-01 ± 1E-02	7,1E-01 ± 4E-02	1,8E-02 ± 5E-03	1,9E-02 ± 8E-03	2,8E-02 ± 2E-02	1,1E-02 ± 5E-03	1,3E+00 ± 9E-02	6,3E+00 ± 4E-01	
K-40	6,9E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 6E-02	< 3E-01	3,4E-01 ± 1E-01	3,7E+00 ± 5E-01	3,7E+00 ± 5E-01	1,8E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 5E-01	1,4E+00 ± 1E-01	2,8E+02 ± 5E+00	1,4E+03 ± 3E+01	
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-137	3,4E-02 ± 8E-03	1,9E-02 ± 8E-03	7,8E-03 ± 3E-03	<	1,3E-02 ± 9E-03	5,3E-03 ± 4E-03	1,6E-01 ± 5E-02	7,9E-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).

LETO 2012 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



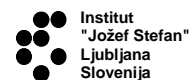
Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012			
Kol. vzorca (g)	18,6	18,2	17,9	16,6	13,5	12,6			
Padavine (mm)	15,1	58,4	0,8	71,0	108,6	129,9			
Oznaka vzorca	K12PV2611	K12PV2621	K12PV2631	K12PV2641	K12PV2651	K12PV2661			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	1,8E+00 ± 1E+00	< 7E-01	< 8E-01	< 7E-01	< 6E-01	< 1E+00	1,8E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 9E+00	
Ra-226	< 3E-01		6,8E-01 ± 5E-01	1,0E+00 ± 7E-01	< 5E-02		1,7E+00 ± 9E-01	8,5E+00 ± 4E+00	
Pb-210	2,3E+00 ± 4E-01	4,9E-01 ± 3E-01	1,8E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 4E-01	8,4E+00 ± 7E-01	5,4E+00 ± 4E-01	2,2E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 5E+00	
Ra-228	< 4E-01		1,7E-01 ± 1E-01		< 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	4,1E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E+00	
Th-230									
Th-228	1,1E-01 ± 4E-02	4,7E-02 ± 3E-02	8,9E-02 ± 5E-02	1,6E-01 ± 6E-02	< 2E-02	< 1E-01	4,0E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 6E-01	
K-40	< 1E+00	4,3E-01 ± 2E-01	7,4E-01 ± 5E-01				1,2E+00 ± 9E-01	5,9E+00 ± 4E+00	
Be-7	5,1E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 7E-01	1,9E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 5E+00	5,7E+02 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137		< 9E-02	4,0E-02 ± 3E-02	< 8E-02	2,1E-02 ± 1E-02	< 5E-02	6,0E-02 ± 9E-02	3,0E-01 ± 4E-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.

LETO 2012 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012			
Kol. vzorca (g)	12,6	15,4	10,7	15,7	16,6	19			
Padavine (mm)	42,4	26,5	251,9	138,5	136,6	83,3			
Oznaka vzorca	K12PV2671	K12PV2681	K12PV2691	K12PV26A1	K12PV26B1	K12PV26C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	< 1E+00		< 1E+00	< 9E-01	< 1E+00	4,0E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 1E+01	
Ra-226	< 2E-01		< 2E-01	< 2E-01	< 1E-01	1,4E-01 ± 1E-01	1,8E+00 ± 9E-01	9,2E+00 ± 4E+00	
Pb-210	5,9E+00 ± 6E-01	7,5E+00 ± 7E-01	7,0E+00 ± 6E-01	5,6E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	3,5E-01 ± 2E-01	5,0E+01 ± 2E+00	2,5E+02 ± 8E+00	
Ra-228	3,5E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 9E-02			< 3E-01	< 4E-01	8,9E-01 ± 5E-01	4,4E+00 ± 2E+00	
Th-230									
Th-228	< 8E-02	< 2E-01	< 1E-01	4,9E-02 ± 3E-02	< 8E-02	< 1E-01	4,5E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E+00	
K-40				< 9E-01	< 1E+00	< 1E+00	1,2E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 7E+00	
Be-7	2,6E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 5E-01	2,1E+00 ± 3E-01	5,9E-01 ± 3E-01	2,0E+02 ± 6E+00	1,0E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137				< 5E-02		< 8E-02	6,0E-02 ± 1E-01	3,0E-01 ± 5E-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.

LETO 2012 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzdrž. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)							Polletna vsota	Polletni used (*)
	Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		
Kol. vzorca (g)	53,8	48,3	52,7	46,7	40,5	41,1			
Padavine (mm)	23,6	42,5	0,2	64,7	98,8	130,6			
Oznaka vzorca	K12PV311	K12PV321	K12PV331	K12PV341	K12PV351	K12PV361			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)								
Na-22		< 4E-01	1,9E-01 ± 1E-01	< 2E+00	< 6E-01	< 4E-01	1,9E-01 ± 1E+00	9,3E-01 ± 6E+00	
U-238		9,1E-02 ± 6E-02	< 1E-01	1,0E-01 ± 8E-02	< 8E-02	< 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01	9,6E-01 ± 9E-01	
Ra-226	2,4E+00 ± 2E-01	3,7E-01 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	4,8E+00 ± 4E-01	8,7E+00 ± 4E-01	4,8E+00 ± 3E-01	2,3E+01 ± 7E-01	1,2E+02 ± 4E+00	
Pb-210		< 5E-02	1,0E-01 ± 4E-02	8,5E-02 ± 6E-02	4,5E-02 ± 2E-02	< 9E-02	2,3E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 5E-01	
Ra-228									
Th-230									
Th-228	3,8E-02 ± 2E-02	< 2E-01	6,2E-02 ± 4E-02	7,5E-02 ± 3E-02	< 4E-02	2,0E-01 ± 3E-02	3,8E-01 ± 1E-01	1,9E+00 ± 6E-01	
K-40	< 5E-01	2,9E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 5E-01	9,2E+00 ± 2E+00	
Be-7	8,4E+00 ± 4E-01	4,8E+00 ± 3E-01	1,9E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,2E+02 ± 3E+00	6,1E+02 ± 1E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	< 3E-02	< 4E-02	< 3E-02	3,7E-02 ± 3E-02	1,6E-02 ± 7E-03	1,6E-02 ± 9E-03	6,9E-02 ± 5E-02	3,4E-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.

LETO 2012 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzdrž. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)							Letna vsota	Letni used (*)
	Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		
Kol. vzorca (g)	38,5	39	40	37,8	50,3	47,8			
Padavine (mm)	59,8	71,4	219,6	166,6	116,3	89,3			
Oznaka vzorca	K12PV371	K12PV381	K12PV391	K12PV3A1	K12PV3B1	K12PV3C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)								
Na-22		< 4E-02	5,1E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 2E-02	7,0E-01 ± 1E+00	3,5E+00 ± 6E+00		
U-238	< 2E-01	< 2E-01	3,0E-02 ± 2E-02	< 4E-01	< 6E-01	2,2E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E+00		
Ra-226	3,4E+00 ± 3E-01	7,3E+00 ± 5E-01	5,9E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,6E-01 ± 1E-01	4,9E+01 ± 1E+00		
Pb-210		5,7E-02 ± 3E-02	< 3E-01	7,5E-02 ± 5E-02	< 1E-01	3,6E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E+00		
Ra-228			1,1E+00 ± 5E-01	< 3E-01	7,5E-02 ± 5E-02	< 1E-01	1,1E+00 ± 5E-01		
Th-230			1,1E+00 ± 5E-01	< 3E-01	7,5E-02 ± 5E-02	< 1E-01	1,1E+00 ± 5E-01		
Th-228	3,4E-02 ± 1E-02	1,9E-01 ± 2E-02	2,4E-02 ± 7E-03	4,9E-02 ± 2E-02	6,8E-01 ± 3E-02	< 8E-02	1,4E+00 ± 1E-01		
K-40	5,3E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 9E-02	< 8E-01	< 6E-01	3,0E+00 ± 8E-01	3,0E+00 ± 8E-01		
Be-7	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	7,9E+00 ± 4E-01	7,7E-01 ± 1E-01	2,3E+02 ± 4E+00		
I-131							1,1E+03 ± 2E+01		
Cs-134									
Cs-137	1,8E-02 ± 9E-03	3,1E-02 ± 9E-03	< 8E-03	< 3E-02	< 2E-02		1,2E-01 ± 5E-02		
Co-58							5,9E-01 ± 3E-01		
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.

LETO 2012 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Polletna vsota	Polletni used
	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012			
Datum vzor.	17,9	16,3	16,2	16	11,9	15,3			
Kol. vzorca (g)	28,4	23,2	22,4	127,7	124,4	129,9			
Padavine (mm)***	L12PV111	L12PV121	L12PV131	L12PV141	L12PV151	L12PV161			
Oznaka vzorca									
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	5,8E-01 ± 4E-01	6,7E-01 ± 3E-01	< 9E-01	2,1E-01 ± 1E-01	< 2E+00	8,8E-01 ± 5E-01	2,3E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 7E+00	
U-238	< 3E-01	1,5E-01 ± 1E-01	< 2E-01	5,2E-02 ± 2E-02	< 6E-01	< 7E-01	2,1E-01 ± 6E-01	1,0E+00 ± 3E+00	
Ra-226	1,8E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 5E-01	9,5E+00 ± 6E-01	1,0E+01 ± 1E+00	6,1E+00 ± 4E-01	3,5E+01 ± 2E+00	1,7E+02 ± 8E+00	
Pb-210	< 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 9E-02			< 7E-01	3,1E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E+00	
Ra-228	7,5E-02 ± 4E-02	< 2E-01	5,3E-02 ± 4E-02	3,7E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 6E-02	5,7E-02 ± 4E-02	3,4E-01 ± 1E-01	1,7E+00 ± 7E-01	
Th-230	4,1E-01 ± 3E-01	< 8E-01	5,4E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	< 1E+00	5,7E-01 ± 4E-01	1,9E+00 ± 1E+00	9,3E+00 ± 5E+00	
Th-228	8,6E+00 ± 5E-01	7,7E+00 ± 7E-01	3,9E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 5E+00	1,1E+03 ± 3E+01	
K-40									
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	5,8E-02 ± 2E-02	< 7E-02	3,2E-02 ± 2E-02	< 3E-02	< 5E-02	< 3E-01	9,0E-02 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E+00	
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).

LETO 2012 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						Letna vsota	Letni used
	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		
Datum vzor.	12,6	12,8	13,7	12,2	14,3	16,3		
Kol. vzorca (g)	113,0	66,2	227,3	222,8	155,7	97,5		
Padavine (mm)***	L12PV171	L12PV181	L12PV191	L12PV1A1	L12PV1B1	L12PV1C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	4,2E-01 ± 2E-01	< 7E-01	5,2E-01 ± 3E-01	< 2E+00	< 9E-01	< 1E+00	3,3E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 1E+01
U-238	7,8E-02 ± 5E-02	2,4E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 9E-02	6,6E-01 ± 2E-01	< 2E-01	< 2E-01	1,3E+00 ± 7E-01	6,6E+00 ± 3E+00
Ra-226	9,2E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 6E-01	9,5E+00 ± 6E-01	4,8E+00 ± 6E-01	< 4E-01	6,9E+01 ± 3E+00	3,5E+02 ± 2E+01
Pb-210	< 2E-01	1,7E-01 ± 8E-02	< 2E-01	< 2E-01		1,2E-01 ± 8E-02	6,0E-01 ± 5E-01	3,0E+00 ± 3E+00
Ra-228	< 1E-01	4,5E-02 ± 3E-02	1,2E-01 ± 4E-02	1,2E-01 ± 4E-02	1,6E-01 ± 4E-02	< 3E-01	7,8E-01 ± 2E-01	3,9E+00 ± 1E+00
Th-230	< 7E-01	< 1E+00	< 8E-01	< 8E-01	< 6E-01		1,9E+00 ± 1E+00	9,3E+00 ± 7E+00
Th-228	4,4E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 9E-01	5,7E+00 ± 4E-01	8,8E-01 ± 3E-01	3,5E+02 ± 7E+00	1,8E+03 ± 3E+01
K-40								
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 6E-02	< 5E-02	< 9E-02				9,0E-02 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E+00
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).

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2012 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2012

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomarni, CH₃I) (**)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
Datum vzor.		Volumen prečrpanega zraka V (m ³) in specifična aktivnost SA (Bq/m ³)													
od	do	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA
27. 12. 2011	16. 1. 2012	1513,9	< 5E-05	1677,3	< 4E-05	2026,4	< 8E-05	1677,3	< 7E-05	1461,6	< 6E-05	1465,2	< 7E-05	1675,3	< 3E-05
16. 1. 2012	1. 2. 2012	1187,6	< 6E-05	1321,8	< 3E-05	1415,7	< 6E-05	1376,0	< 3E-05	1455,1	< 4E-05	1121,4	< 4E-05	1220,3	< 6E-05
1. 2. 2012	16. 2. 2012	1102,1	< 1E-04	1084,5	< 3E-05	1307,8	< 5E-05	951,9	< 1E-04	1088,7	< 1E-04	1062,0	< 6E-05	1215,3	< 7E-05
16. 2. 2012	1. 3. 2012	1159,2	< 5E-05	1138,8	< 8E-05	1412,5	< 4E-05	1115,1	< 8E-05	1120,2	< 1E-04	995,8	< 1E-04	449,8	< 3E-04
1. 3. 2012	19. 3. 2012	1349,6	< 5E-05	1271,2	< 4E-05	1593,3	< 8E-05	1348,8	< 6E-05	1455,9	< 5E-05	1207,3	< 9E-05	1478,6	< 6E-05
19. 3. 2012	2. 4. 2012	1075,0	< 1E-04	1134,2	< 5E-05	1444,7	< 6E-05	1072,0	< 7E-05	1178,2	< 1E-04	1000,4	< 7E-05	1120,7	< 7E-05
2. 4. 2012	16. 4. 2012	1180,3	< 3E-05	1219,2	< 1E-04	1261,2	< 8E-05	1141,3	< 9E-05	1180,3	< 7E-05	1060,6	< 6E-05	1131,0	< 5E-05
16. 4. 2012	3. 5. 2012	1294,8	< 4E-05	1295,8	< 8E-05	1712,7	< 5E-05	1279,4	< 3E-05	1373,7	< 5E-05	1239,5	< 4E-05	1661,0	< 4E-05
3. 5. 2012	16. 5. 2012	1106,6	< 2E-05	1099,6	< 1E-04	1163,7	< 6E-05	1064,8	< 3E-04	1136,7	< 1E-04	994,1	< 1E-04	727,8	< 8E-05
16. 5. 2012	4. 6. 2012	1621,8	< 2E-05	1584,0	< 4E-05	1910,0	< 6E-05	1455,2	< 7E-05	1500,3	< 8E-05	1385,4	< 5E-05	1518,4	< 4E-05
4. 6. 2012	18. 6. 2012	1024,4	< 8E-05	1233,3	< 4E-05	1355,1	< 6E-05	1147,5	< 1E-04	1085,5	< 5E-05	1070,6	< 7E-05	1137,7	< 2E-05
18. 6. 2012	2. 7. 2012	1203,2	< 1E-04	1206,6	< 5E-05	1285,6	< 6E-05	1045,3	< 7E-05	1055,3	< 1E-04	1057,8	< 9E-05	1218,5	< 8E-05
2. 7. 2012	16. 7. 2012	1188,3	< 5E-05	1143,7	< 8E-05	1425,6	< 6E-05	1185,1	< 3E-05	1223,0	< 2E-05	1085,7	< 3E-05	1237,0	< 6E-05
16. 7. 2012	1. 8. 2012	1387,5	< 4E-05	1319,4	< 2E-05	1405,8	< 5E-05	1328,5	< 4E-05	1094,6	< 1E-04	1209,1	< 5E-05	1302,6	< 3E-05
1. 8. 2012	16. 8. 2012	1230,8	< 1E-04	1150,5	< 3E-05	1485,4	< 4E-05	1090,2	< 7E-05	1171,6	< 1E-04	1089,7	< 6E-05	1183,6	< 6E-05
16. 8. 2012	3. 9. 2012	1522,3	< 8E-05	1580,6	< 4E-05	1765,4	< 5E-05	1465,5	< 1E-04	1688,8	< 6E-05	1425,3	< 1E-04	1379,8	< 4E-05
3. 9. 2012	17. 9. 2012	1080,2	< 7E-05	1094,7	< 9E-05	1369,3	< 2E-04	1160,0	< 1E-04	1175,7	< 3E-05	1040,4	< 6E-05	1103,5	< 6E-05
17. 9. 2012	1. 10. 2012	1162,8	< 9E-05	1082,2	< 1E-04	1179,4	< 1E-04	1160,4	< 1E-04	1637,9	< 2E-05	1035,7	< 4E-05	1120,5	< 1E-04
1. 10. 2012	16. 10. 2012	1232,8	< 9E-05	1259,2	< 1E-04	1412,5	< 5E-05	1265,5	< 6E-05	1865,7	< 2E-05	1103,9	< 4E-05	1279,1	< 5E-05
16. 10. 2012	5. 11. 2012	1533,1	< 4E-05	1658,8	< 7E-05	1728,3	< 5E-05	1497,0	< 8E-05	1724,9	< 5E-05	1497,9	< 6E-05	1611,3	< 5E-05
5. 11. 2012	19. 11. 2012	1110,0	< 7E-05	1079,3	< 6E-05	1205,2	< 9E-05	1141,2	< 1E-04	1324,9	< 3E-05	1061,6	< 6E-05	1085,5	< 3E-05
19. 11. 2012	3. 12. 2012	1111,5	< 5E-05	1120,6	< 8E-05	1143,9	< 3E-05	1052,6	< 5E-05	1198,3	< 6E-05	1054,9	< 1E-04	1132,1	< 5E-05
3. 12. 2012	17. 12. 2012	1044,7	< 7E-05	1030,6	< 7E-05	1210,4	< 4E-05	1012,9	< 9E-05	988,4	< 1E-04	969,8	< 2E-04	1086,4	< 9E-05
17. 12. 2012	27. 12. 2012	797,4	< 9E-05	813,0	< 3E-05	937,1	< 6E-05	754,0	< 3E-04	869,5	< 2E-04	754,3	< 1E-04	775,1	< 6E-05

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12121,19	9686,18	11080,57	10773,8	10947,1	9425,6	
Oznaka vzorca	K12AE11S	K12AE12S	K12AE13S	K12AE14S	K12AE15S	K12AE16S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<	<	4,8E-07 ± 5E-07
U-238	< 3E-05	<	< 7E-05	2,1E-05 ± 2E-05	< 2,9E-06 ± 1E-06	< 3E-05	3,4E-06 ± 9E-06
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	9,1E-04 ± 5E-05	1,0E-03 ± 6E-05	5,0E-04 ± 7E-05	4,0E-04 ± 3E-05	5,2E-04 ± 3E-05	6,7E-04 ± 6E-05	6,7E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 9E-06	<	6,6E-06 ± 5E-06	<	< 9E-06	< 1E-05	1,1E-06 ± 2E-06
Th-230	<	<	<	<	2,1E-04 ± 9E-05	<	3,5E-05 ± 4E-05
Th-228	< 4E-06	<	< 7E-06	<	<	< 7E-06	< 1E-06
K-40	< 2E-04	<	<	< 3E-04	<	<	< 4E-05
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 2E-04	5,9E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 5E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	1,3E-06 ± 1E-06	< 2E-06	2,6E-06 ± 1E-06	< 1E-06	5,7E-07 ± 3E-07	< 2E-06	7,4E-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.

LETO 2012 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	9757,1	10246,7	8301,3	12029,12	11354,5	9585,9	
Oznaka vzorca	K12AE17S	K12AE18S	K12AE19S	K12AE1AS	K12AE1BS	K12AE1CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<	<	2,4E-07 ± 2E-07
U-238	< 3E-05	< 3E-05	< 3E-05	< 2E-05	< 6E-05	< 1E-05	1,7E-06 ± 6E-06
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	7,4E-04 ± 6E-05	9,4E-04 ± 7E-05	9,4E-04 ± 7E-05	9,7E-04 ± 1E-04	8,1E-04 ± 5E-05	9,6E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 6E-05
Ra-228	< 1E-05	<	< 1E-05	< 6E-06	< 1E-05	< 5E-06	5,5E-07 ± 1E-06
Th-230	<	<	<	3,9E-04 ± 2E-04	<	6,8E-05 ± 4E-05	5,6E-05 ± 4E-05
Th-228	2,8E-06 ± 2E-06	< 6E-06	< 5E-06	< 7E-06	< 4E-06	< 3E-06	2,3E-07 ± 8E-07
K-40	<	<	<	<	<	<	< 2E-05
Be-7	6,1E-03 ± 3E-04	5,8E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 4E-04	3,6E-03 ± 2E-04	1,9E-03 ± 1E-04	1,5E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 5E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	< 2E-06	1,7E-06 ± 1E-06	< 4E-06	1,7E-06 ± 8E-07	1,3E-06 ± 8E-07	3,0E-06 ± 8E-07	1,0E-06 ± 3E-07
Co-58	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	13380,03	10566,09	12087,16	11759,3	12111,7	10628,8	
Oznaka vzorca	K12AE21S	K12AE22S	K12AE23S	K12AE24S	K12AE25S	K12AE26S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 7E-05			< 4E-05		2,3E-05 ± 1E-05	3,9E-06 ± 8E-06
U-238							
Ra-226							
Pb-210	7,6E-04 ± 5E-05	9,6E-04 ± 5E-05	5,2E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 6E-05	6,4E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 5E-06	< 9E-06		< 2E-05	< 5E-06		< 2E-06
Th-230							
Th-228	< 5E-06		< 4E-06	< 5E-06		< 6E-06	< 1E-06
K-40	< 2E-04	< 3E-04					< 4E-05
Be-7	2,5E-03 ± 3E-04	4,3E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 3E-04	4,6E-03 ± 2E-04	6,0E-03 ± 3E-04	6,2E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1E-06	2,7E-06 ± 1E-06	3,7E-06 ± 2E-06	< 3E-06	< 1E-06	< 3E-06	1,1E-06 ± 7E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11320,1	12245,4	10066,9	12298,1	9652,4	8069,1	
Oznaka vzorca	K12AE27S	K12AE28S	K12AE29S	K12AE2AS	K12AE2BS	K12AE2CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	< 3E-05	< 2E-05	< 7E-05	< 3E-05	1,5E-05 ± 1E-05	< 5E-05	3,2E-06 ± 6E-06
Ra-226		< 7E-05					< 3E-06
Pb-210	6,5E-04 ± 2E-04	8,9E-04 ± 6E-05	8,4E-04 ± 5E-05	9,6E-04 ± 5E-05	8,5E-04 ± 3E-04	1,2E-03 ± 6E-05	7,7E-04 ± 6E-05
Ra-228			< 8E-06		< 8E-06	< 1E-05	< 1E-06
Th-230	1,2E-04 ± 9E-05						1,0E-05 ± 1E-05
Th-228	< 4E-06	< 3E-06	3,1E-06 ± 2E-06		< 4E-06		2,6E-07 ± 6E-07
K-40							< 2E-05
Be-7	6,0E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,4E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 9E-05	4,3E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1E-06	< 2E-06	< 2E-06	< 1E-06	< 3E-06	4,2E-06 ± 2E-06	8,9E-07 ± 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.

LETO 2012 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	13479,78	10793,43	12416	12138,3	12505,1	10960,2	
Oznaka vzorca	K12AE31S	K12AE32S	K12AE33S	K12AE34S	K12AE35S	K12AE36S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	1,6E-06 ± 1E-06	<	<	<	2,7E-07 ± 3E-07
U-238	<	<	<	<	<	<	<
Ra-226			<				<
Pb-210	7,1E-04 ± 1E-04	9,1E-04 ± 5E-05	4,7E-04 ± 4E-05	3,8E-04 ± 2E-05	4,2E-04 ± 2E-05	5,7E-04 ± 4E-05	5,8E-04 ± 8E-05
Ra-228	<	7,8E-06 ± 5E-06	4,5E-06 ± 3E-06	<	<		2,0E-06 ± 2E-06
Th-230			<				<
Th-228	<		<			<	<
K-40		<	<	<		<	<
Be-7	2,5E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 3E-04	5,6E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 1E-06	<	<	3,1E-06 ± 2E-06	<	1,1E-06 ± 7E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11706,3	12882	10719,8	13183,9	10405,8	8406,2	
Oznaka vzorca	K12AE37S	K12AE38S	K12AE39S	K12AE3AS	K12AE3BS	K12AE3CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<		1,4E-07 ± 1E-07
U-238	<	<	<	<	<	<	<
Ra-226							<
Pb-210	6,5E-04 ± 4E-05	7,5E-04 ± 4E-05	7,2E-04 ± 5E-05	8,2E-04 ± 8E-05	8,5E-04 ± 6E-05	9,2E-04 ± 7E-05	6,8E-04 ± 5E-05
Ra-228	<	<	<	<	<	4,1E-06 ± 3E-06	1,4E-06 ± 1E-06
Th-230							<
Th-228	<		<	<	<	<	<
K-40							<
Be-7	5,4E-03 ± 3E-04	4,7E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	1,6E-03 ± 8E-05	4,0E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	<		<	<	<	2,1E-06 ± 1E-06	7,3E-07 ± 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.

LETO 2012 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Brege						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	13305,6	10203,96	12489,74	11763,6	11702,8	9652	
Oznaka vzorca	K12AE41S	K12AE42S	K12AE43S	K12AE44S	K12AE45S	K12AE46S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22		< 3E-05	< 2E-05	< 3E-05	< 5E-05	< 3,7E-06 ± 1E-06	6,2E-07 ± 6E-07
U-238						< 5E-05	9E-06
Ra-226							
Pb-210	1,3E-03 ± 7E-05	1,5E-03 ± 2E-04	7,4E-04 ± 4E-05	6,6E-04 ± 4E-05	6,8E-04 ± 3E-05	1,0E-03 ± 6E-05	9,9E-04 ± 1E-04
Ra-228	4,7E-06 ± 3E-06	1,2E-05 ± 7E-06	4,7E-06 ± 4E-06		4,5E-06 ± 4E-06	8,9E-06 ± 7E-06	5,8E-06 ± 2E-06
Th-230							
Th-228		< 6E-06				< 7E-06	< 9E-07
K-40			< 3E-04				< 3E-05
Be-7	3,8E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 3E-04	6,9E-03 ± 4E-04	6,3E-03 ± 3E-04	8,1E-03 ± 4E-04	9,0E-03 ± 5E-04	6,6E-03 ± 8E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,6E-06 ± 8E-07	3,2E-06 ± 1E-06	1,2E-05 ± 7E-06	< 3E-06	2,2E-06 ± 2E-06	4,3E-06 ± 2E-06	4,1E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Brege						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	11244,55	13312,8	10854,3	13668	10725,1	9271	
Oznaka vzorca	K12AE47S	K12AE48S	K12AE49S	K12AE4AS	K12AE4BS	K12AE4CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22		< 3E-05	2,0E-05 ± 1E-05	< 3E-05	1,5E-05 ± 1E-05	< 3E-05	3,1E-07 ± 3E-07
U-238							3,0E-06 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	8,8E-04 ± 5E-05	9,7E-04 ± 9E-05	2,8E-04 ± 3E-05	9,6E-04 ± 7E-05	1,0E-03 ± 7E-05	1,2E-03 ± 8E-05	9,4E-04 ± 1E-04
Ra-228	7,6E-06 ± 5E-06	< 7E-06	4,3E-06 ± 2E-06	< 8E-06	< 6E-06	6,9E-06 ± 4E-06	4,5E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	< 5E-06	< 5E-06			< 1E-05	< 4E-06	< 9E-07
K-40							< 1E-05
Be-7	7,0E-03 ± 4E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,2E-03 ± 3E-04	3,4E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 8E-05	5,3E-03 ± 7E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 2E-06	1,4E-06 ± 8E-07	< 6E-07	< 8E-06	2,3E-06 ± 1E-06	3,1E-06 ± 1E-06	2,6E-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.

LETO 2012 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12294,5	9701,04	11022,25	10666,3	10629,5	9626,8	
Označa vzorca	K12AE51S	K12AE52S	K12AE53S	K12AE54S	K12AE55S	K12AE56S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22			3,7E-06 ± 2E-06				6,1E-07 ± 6E-07
U-238		< 4E-05	< 4E-05			3,0E-05 ± 2E-05	5,0E-06 ± 6E-06
Ra-226							
Pb-210	1,0E-03 ± 5E-05	1,1E-03 ± 8E-05	6,0E-04 ± 5E-05	4,6E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 3E-05	8,1E-04 ± 4E-05	7,4E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 9E-06		4,1E-06 ± 3E-06		< 8E-06	8,2E-06 ± 4E-06	2,0E-06 ± 1E-06
Th-230		< 7E-04					< 7E-05
Th-228		< 6E-06	< 3E-06			4,0E-06 ± 2E-06	6,7E-07 ± 8E-07
K-40	< 3E-04					< 6E-04	< 6E-05
Bc-7	2,9E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 2E-04	5,5E-03 ± 3E-04	4,7E-03 ± 2E-04	5,9E-03 ± 3E-04	6,5E-03 ± 3E-04	5,0E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137		1,7E-06 ± 1E-06	< 4E-06	< 1E-06	3,1E-06 ± 1E-06	< 1E-06	8,1E-07 ± 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.

LETO 2012 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10289,9	11296,4	10232,5	13771,1	10911,8	8994,4	
Označa vzorca	K12AE57S	K12AE58S	K12AE59S	K12AE5AS	K12AE5BS	K12AE5CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							3,1E-07 ± 3E-07
U-238	< 3E-05		< 2E-05	2,4E-05 ± 7E-06	1,3E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 2E-05	7,5E-06 ± 4E-06
Ra-226							
Pb-210	7,4E-04 ± 4E-05	9,2E-04 ± 5E-05	7,2E-04 ± 4E-05	7,5E-04 ± 6E-05	7,9E-04 ± 5E-05	9,3E-04 ± 6E-05	7,8E-04 ± 5E-05
Ra-228		< 5E-06	< 3E-06	1,1E-05 ± 8E-06	< 7E-06	< 1E-05	1,9E-06 ± 1E-06
Th-230					8,5E-05 ± 4E-05		7,1E-06 ± 3E-05
Th-228				< 4E-06	< 4E-06		3,3E-07 ± 5E-07
K-40					< 3E-04		< 4E-05
Bc-7	5,9E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 3E-04	2,9E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	1,3E-03 ± 7E-05	4,3E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 9E-07	< 8E-07	< 6E-07	< 2E-06	< 2E-06	2,8E-06 ± 1E-06	6,3E-07 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12894,36	10425,94	11687,21	11398,3	11730	10243,3	
Oznaka vzorca	K12AE61S	K12AE62S	K12AE63S	K12AE64S	K12AE65S	K12AE66S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22		< 3E-05	1,3E-05 ± 9E-06	< 4E-05	< 9E-05	< 4E-05	2,2E-06 ± 1E-05
U-238							
Ra-226							
Pb-210	8,3E-04 ± 4E-05	9,0E-04 ± 4E-05	5,7E-04 ± 6E-05	4,0E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 4E-05	6,1E-04 ± 9E-05
Ra-228	4,6E-06 ± 3E-06	< 8E-06	< 8E-06	< 7E-06	< 8E-06		7,6E-07 ± 2E-06
Th-230						< 3E-04	< 3E-05
Th-228			< 4E-06		< 4E-06		< 6E-07
K-40	< 2E-04	< 3E-04					< 4E-05
Be-7	2,3E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	4,1E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1E-06	3,1E-06 ± 1E-06	< 1E-06	< 4E-06	< 4E-06	< 8E-06	5,2E-07 ± 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.

LETO 2012 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11061,7	12165,2	10266,6	12631,7	10175,49	9156,7	
Oznaka vzorca	K12AE67S	K12AE68S	K12AE69S	K12AE6AS	K12AE6BS	K12AE6CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 4E-05	< 6E-05	< 3E-05	2,1E-05 ± 1E-05	1,3E-05 ± 9E-06		3,9E-06 ± 7E-06
U-238							
Ra-226							
Pb-210	6,1E-04 ± 1E-04	8,9E-04 ± 6E-05	7,0E-04 ± 6E-05	8,1E-04 ± 6E-05	8,1E-04 ± 6E-05	9,1E-04 ± 5E-05	7,0E-04 ± 5E-05
Ra-228	< 8E-06	< 5E-06	< 9E-06	6,8E-06 ± 4E-06	< 4E-05	< 1E-05	9,5E-07 ± 2E-06
Th-230							< 2E-05
Th-228		< 4E-06	< 5E-06	< 1E-05	< 6E-06		< 7E-07
K-40		< 3E-04		< 3E-04	< 3E-04		< 3E-05
Be-7	5,3E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	1,9E-03 ± 9E-05	1,2E-03 ± 6E-05	3,7E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-06	< 6E-07	< 2E-06	< 4E-06	1,1E-06 ± 8E-07	< 2E-06	3,5E-07 ± 6E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14111,08	7930,85	12617,8	12435,3	12992,2	11498,2	
Oznaka vzorca	K12AE71S	K12AE72S	K12AE73S	K12AE74S	K12AE75S	K12AE76S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	1,8E-05 ± 1E-05	<	<	<	3,1E-06 ± 7E-06
U-238	<	<	1,8E-05 ± 1E-05	<	<	<	3,1E-06 ± 7E-06
Ra-226	<	<	1,8E-05 ± 1E-05	<	<	<	3,1E-06 ± 7E-06
Pb-210	7,1E-04 ± 5E-05	1,1E-03 ± 5E-05	4,4E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 2E-05	5,5E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 1E-04
Ra-228	<	7,5E-06 ± 5E-06	<	<	<	4,7E-06 ± 4E-06	2,0E-06 ± 2E-06
Th-230	<	<	<	<	<	<	<
Th-228	<	<	<	<	<	<	<
K-40	<	<	<	<	<	<	<
Be-7	2,3E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	5,0E-03 ± 3E-04	4,1E-03 ± 4E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	1,8E-06 ± 6E-07	4,4E-06 ± 2E-06	<	<	<	<	1,0E-06 ± 8E-07
Co-58	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12335	13631,6	11402,6	14097,8	11228,64	9592,1	
Oznaka vzorca	K12AE77S	K12AE78S	K12AE79S	K12AE7AS	K12AE7BS	K12AE7CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	2,2E-05 ± 9E-06	1,6E-05 ± 1E-05	<	<	<	4,8E-06 ± 5E-06
U-238	<	2,2E-05 ± 9E-06	1,6E-05 ± 1E-05	<	<	<	4,8E-06 ± 5E-06
Ra-226	<	2,2E-05 ± 9E-06	1,6E-05 ± 1E-05	<	<	<	4,8E-06 ± 5E-06
Pb-210	5,1E-04 ± 3E-05	7,2E-04 ± 5E-05	6,0E-04 ± 5E-05	7,6E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 5E-05	6,6E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 6E-05
Ra-228	<	9E-06	<	<	5,9E-06 ± 4E-06	2,9E-04 ± 2E-04	1,5E-06 ± 1E-06
Th-230	<	<	<	<	2,9E-04 ± 2E-04	2,9E-04 ± 2E-04	2,5E-05 ± 2E-05
Th-228	<	4E-06	<	<	5E-06	5E-06	4E-07
K-40	<	<	<	<	2E-04	2E-04	2E-05
Be-7	4,8E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 1E-04	1,2E-03 ± 7E-05	3,6E-03 ± 4E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	2E-06	<	<	1,0E-06 ± 8E-07	1,2E-06 ± 6E-07	7,0E-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.

LETO 2012 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012		
Datum vzor.	117220,9	94634,5	127448,1	145384,4	125973,6	112384		
Kol. vzorca (m ³)	K12AE811	K12AE821	K12AE831	K12AE841	K12AE851	K12AE861		
Oznaka vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	< 6E-06	<	3,0E-07 ± 2E-07	5,8E-07 ± 1E-07	6,2E-07 ± 2E-07	1,0E-06 ± 3E-07	4,2E-07 ± 2E-07	
U-238			8E-06	6E-06	8,6E-06 ± 4E-06		1,4E-06 ± 1E-06	
Ra-226								
Pb-210	8,4E-04 ± 4E-05	1,2E-03 ± 7E-05	5,1E-04 ± 3E-05	3,6E-04 ± 2E-05	4,9E-04 ± 6E-05	6,7E-04 ± 3E-05	6,8E-04 ± 1E-04	
Ra-228	< 2E-06	< 3E-06	1,3E-06 ± 9E-07	< 2E-06	< 2E-06	< 2E-06	2,1E-07 ± 5E-07	
Th-230								
Th-228	1,7E-06 ± 7E-07	2,1E-06 ± 6E-07	1,4E-06 ± 7E-07	1,9E-06 ± 4E-07	1,8E-06 ± 5E-07	2,3E-06 ± 5E-07	1,9E-06 ± 2E-07	
K-40								
Bc-7	2,0E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	5,8E-03 ± 3E-04	6,0E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 6E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,2E-06 ± 2E-07	2,4E-06 ± 3E-07	1,4E-06 ± 2E-07	2,5E-07 ± 1E-07	9,6E-07 ± 2E-07	4,3E-07 ± 2E-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.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012		
Datum vzor.	122276	128088,6	112436,6	113346,4	129738,1	78296,4		
Kol. vzorca (m ³)	K12AE871	K12AE881	K12AE891	K12AE8A1	K12AE8B1	K12AE8C1		
Oznaka vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	8,1E-07 ± 2E-07	3,7E-07 ± 2E-07	< 8E-06	< 8E-06			3,1E-07 ± 1E-07	
U-238		< 6E-06	<				7,2E-07 ± 1E-06	
Ra-226								
Pb-210	6,3E-04 ± 4E-05	9,1E-04 ± 5E-05	9,0E-04 ± 8E-05	8,8E-04 ± 5E-05	8,3E-04 ± 4E-05	9,7E-04 ± 5E-05	7,7E-04 ± 7E-05	
Ra-228	1,4E-06 ± 9E-07	1,7E-06 ± 7E-07	< 1E-06	< 2E-06	1,7E-06 ± 8E-07		5,0E-07 ± 3E-07	
Th-230								
Th-228	3,0E-06 ± 5E-07	1,9E-06 ± 4E-07	2,7E-06 ± 5E-07	2,9E-06 ± 6E-07	2,1E-06 ± 5E-07		2,0E-06 ± 2E-07	
K-40				< 1E-04	< 1E-04		< 8E-06	
Bc-7	6,0E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 4E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,2E-07 ± 2E-07	5,4E-07 ± 1E-07	< 5E-07	1,1E-06 ± 2E-07	1,9E-06 ± 3E-07	2,7E-06 ± 3E-07	1,2E-06 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2012 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. 2011 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 2. 7. 2012	2. 7. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	339303,5	383742	362801,2	321380,9	
Oznaka vzorca	K12AE8D1	K12AE8E1	K12AE8F1	K12AE8G1	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	6,8E-07 ± 1E-07	4,1E-07 ± 7E-08	6,8E-07 ± 1E-07	4,0E-07 ± 7E-08	5,4E-07 ± 8E-08

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2011 - 1. 2. 2012	1. 2. 2012 - 1. 3. 2012	1. 3. 2012 - 2. 4. 2012	2. 4. 2012 - 3. 5. 2012	3. 5. 2012 - 4. 6. 2012	4. 6. 2012 - 2. 7. 2012	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	106750,6	100946	123686,5	134748,4	138149,1	140580	
Oznaka vzorca	RP12AE111	RP12AE121	RP12AE131	RP12AE141	RP12AE151	RP12AE161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22				6,8E-07 ± 2E-07	1,3E-06 ± 3E-07	8,6E-07 ± 2E-07	4,8E-07 ± 2E-07
U-238	< 7E-06		< 3E-05	3,9E-06 ± 2E-06			6,5E-07 ± 3E-06
Ra-226							
Pb-210	8,5E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 5E-05	5,5E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 2E-05	4,6E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 1E-04
Ra-228		< 3E-06	< 3E-06	< 2E-06	< 2E-06	1,5E-06 ± 8E-07	2,6E-07 ± 5E-07
Th-230							
Th-228	1,4E-06 ± 4E-07	2,5E-06 ± 8E-07	1,6E-06 ± 5E-07	1,5E-06 ± 3E-07	1,5E-06 ± 5E-07	2,5E-06 ± 5E-07	1,8E-06 ± 2E-07
K-40						< 8E-05	< 8E-06
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 3E-04	6,1E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 6E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,1E-06 ± 2E-07	2,8E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 3E-07	5,4E-07 ± 9E-08	3,2E-07 ± 1E-07	3,1E-07 ± 1E-07	1,5E-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.

LETO 2012 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 7. 2012 - 1. 8. 2012	1. 8. 2012 - 3. 9. 2012	3. 9. 2012 - 1. 10. 2012	1. 10. 2012 - 5. 11. 2012	5. 11. 2012 - 3. 12. 2012	3. 12. 2012 - 27. 12. 2012	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	128607,6	136092,4	138373,8	149936,9	117245,9	79269,5	
Oznaka vzorca	RP12AE171	RP12AE181	RP12AE191	RP12AE1A1	RP12AE1B1	RP12AE1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	1,1E-06 ± 2E-07	7,0E-07 ± 2E-07	4,4E-07 ± 2E-07	3,1E-07 ± 2E-07			4,5E-07 ± 1E-07
U-238		< 8E-06	6,2E-06 ± 4E-06	< 4E-06		8,7E-06 ± 5E-06	1,6E-06 ± 2E-06
Ra-226			< 4E-05				< 2E-06
Pb-210	7,7E-04 ± 4E-05	8,7E-04 ± 4E-05	8,8E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 3E-05	9,8E-04 ± 5E-05	1,3E-03 ± 6E-05	7,8E-04 ± 8E-05
Ra-228	2,3E-06 ± 7E-07	< 2E-06	1,3E-06 ± 8E-07	1,3E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 8E-07	< 4E-06	6,9E-07 ± 4E-07
Th-230							
Th-228	2,5E-06 ± 5E-07	1,9E-06 ± 6E-07	2,7E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 3E-07	2,4E-06 ± 5E-07	3,4E-06 ± 1E-06	2,1E-06 ± 2E-07
K-40	< 1E-04		< 1E-04		< 1E-04	< 2E-04	< 2E-05
Be-7	6,4E-03 ± 3E-04	4,6E-03 ± 2E-04	5,2E-03 ± 3E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 9E-05	4,2E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,6E-07 ± 3E-07	4,4E-07 ± 1E-07	6,5E-07 ± 2E-07	1,4E-06 ± 2E-07	2,4E-06 ± 3E-07	5,2E-06 ± 5E-07	1,6E-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.

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL-DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

LETO 2012 T - 53/a
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V OKOLICI NEK IN NA OGRAJI NEK



SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d/km	Kraj in naslov
1 N	60	T1B1	45°56'55" / 15°30'57"	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°30'41"	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°57'01" / 15°31'24"	1,4	Libna 8, Jože Pogačar
	5	T2D1	45°58'12" / 15°31'50"	3,75	Pleterje 16, Maks Urek
	6	T2E1	46°00'49" / 15°34'43"	9,72	Pečice 39, Franc Godler
3 NE	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
	7	T3E1	45°58'28" / 15°33'39"	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°56'34" / 15°31'55"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
	62	T4D1	45°56'49" / 15°32'48"	2,7	Dolenja vas 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'13" / 15°35'45"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'52"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5 E	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'57"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
	13	T5D1	45°56'26" / 15°33'18"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej (met. postaja)
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'23"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6 ESE	16	T6B1	45°56'03" / 15°31'53"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna (ob cesti)
	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°55'11" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 3, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'44"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8 SSE	22	T8D1	45°54'51" / 15°31'31"	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	Črešnvice 30a, Avgust Kovač
	24	T9D2	45°54'51" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10 SSW	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'33"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'04"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11 SW	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'54"	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°53'50" / 15°27'27"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12 WSW	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'45"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'12"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13 W	31	T13C1	45°56'20" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
	32	T13D1	45°56'16" / 15°28'24"	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°55'42" / 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°28'39"	2,9	Klet Leskovec, Rostoharjeva 15a
	36	T14E1	45°57'34" / 15°25'10"	7,85	Kalce 4, Franc Tomažin
	37	T14E2	45°57'51" / 15°23'51"	9,72	Veliki trn 6, Janc
15 NW	38	T15C1	45°57'03" / 15°30'04"	1,9	Krško, Ob Potočnici
	39	T15B1	45°56'35" / 15°30'17"	1	Vrbina 2, Milka Filej
	40	T15D1	45°57'54" / 15°29'02"	4,37	Krško, Bohoričeva 5
	41	T15D2	45°57'33" / 15°28'59"	3,12	Trška gora, vinograd ob cesti, desno
	42	T15D3	45°57'22" / 15°29'23"	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°56'52" / 15°30'22"	1,3	Vrbina, Hladilnica Evrosad
	46	T16C1	45°57'05" / 15°30'14"	1,9	Krško, Cesta 4. julija 112, Ljudmila Kocjan
	47	T16D1	45°57'49" / 15°29'49"	3,12	Krško, Sremiška 29b, S. Valentinčič
	48	T16D2	45°58'32" / 15°29'22"	4,55	Sremič 13, Topolovšek
	49	T16D3	45°57'41" / 15°29'45"	2,9	Krško, Stritarjeva 5, Martin Založnik
	50	T16E1	46°00'19" / 15°28'41"	8,1	Senovo, Titova 2, Antonija Hodnik

DOZIMETRI RAZPOREJENI NA OGRAJI NEK

št.	Oznaka	Smer	Geografske koordinate	Kraj postavitve
51	T6A1	ESE	45°56'13" / 15°31'08"	sredina ograje
52	T8A1	SE	45°56'11" / 15°31'00"	hladilni stolpi
53	T11A1	SW	45°56'15" / 15°30'51"	vhod bistvene vode
54	T13A1	W	45°56'18" / 15°30'47"	zahodna stran ograje
55	T3A1	NE	45°56'23" / 15°31'03"	vratarnica
56	T15A1	NNW	45°56'23" / 15°30'52"	severna ograja zahodno od stikalne postaje
65	T2A1	WSW	45°56'17" / 15°30'47"	zahodna stran ograje levo od 54
66	T1A1	W	45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje desno od 54
67	T2A2	NNE	45°56'25" / 15°31'02"	severna ograja ob stikalni postaji

LETO 2012 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja H*(10) v posameznih obdobjih (mSv) v letu 2012																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		Letna doza	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		Letna doza	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		Letna doza	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		Letna doza	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		Letna doza					
	do 1. 1. 2013	do 1. 1. 2013		do 1. 1. 2013	do 1. 1. 2013		do 1. 1. 2013	do 1. 1. 2013		do 1. 1. 2013	do 1. 1. 2013									
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	0,397	0,404	0,801	1	0,361	0,375	0,736	2	0,435	0,444	0,879	0,397	0,408	0,805		
NNE 2	67	0,279	0,288	0,568	3	0,382	0,406	0,787	5	0,382	0,399	0,780	6	0,468	0,515	0,983	0,437	0,460	0,897	
					4	0,515	0,521	1,036												
NE 3	55	0,292	0,306	0,599				61	0,446	0,457	0,903	7	0,378	0,402	0,780	0,391	0,418	0,809		
												8	0,350	0,394	0,744					
ENE 4					9	0,353	0,390	0,743	62	0,440	0,460	0,899	10	0,456	0,479	0,935	0,412	0,443	0,855	
													11	0,402	0,442	0,844				
E 5					12	0,441	0,481	0,922	13	0,384	0,417	0,802	15	0,373	0,392	0,765	0,382	0,423	0,805	
													14	0,328	0,404	0,732				
ESE 6	51	0,276	0,285	0,561	16	0,378	0,383	0,761	63	0,374	0,409	0,782	17	0,323	0,371	0,694	0,382	0,403	0,785	
													18	0,391	0,395	0,786				
													19	0,445	0,456	0,902				
SE 7									59	0,368	0,402	0,770	20	0,434	0,435	0,869	0,379	0,401	0,780	
													21	0,334	0,367	0,701				
SSE 8	52	0,242	0,266	0,508					22	0,362	0,380	0,742	58	0,431	0,493	0,924	0,396	0,436	0,833	
S 9													23	0,441	0,472	0,913	0,421	0,449	0,870	
									24	0,401	0,425	0,826								
SSW 10									26	0,405	0,421	0,826	57	0,473	0,508	0,980	0,439	0,464	0,903	
SW 11	53	0,293	0,323	0,616					25	0,349	0,372	0,721	28	0,394	0,421	0,814	0,376	0,399	0,775	
									27	0,384	0,405	0,790								
WSW 12	65	0,294	0,305	0,599					29	0,349	0,393	0,742	30	0,365	0,390	0,755	0,357	0,391	0,749	
W 13	54	0,290	0,298	0,589					31	0,369	0,390	0,760	33	0,403	0,451	0,854	0,380	0,409	0,789	
	66	0,303	0,307	0,611					32	0,396	0,398	0,795	34	0,351	0,395	0,747				
WNW 14									35	0,452	0,457	0,910	36	0,407	0,417	0,824	0,425	0,436	0,861	
													37	0,416	0,435	0,851				
NW 15	56	0,279	0,294	0,573	39	0,374	0,391	0,765	38	0,372	0,391	0,764	43	0,436	0,462	0,898	0,347	0,366	0,713	
									40	0,284	0,316	0,600	44	0,319	0,327	0,646				
									41	0,346	0,356	0,702								
									42	0,296	0,321	0,617								
NNW 16					45	0,315	0,332	0,646	46	0,435	0,433	0,869	50	0,339	0,370	0,709	0,393	0,417	0,810	
									47	0,424	0,465	0,889								
									48	0,468	0,489	0,957								
									49	0,377	0,414	0,791								
Povprečje po pasovih	(9)	0,283	0,297	0,580	(8)	0,394	0,413	0,808	(25)	0,382	0,406	0,788	(24)	0,398	0,426	0,825	(57)	0,391	0,416	0,806
	±	0,018	0,016	0,033	±	0,061	0,060	0,119	±	0,046	0,042	0,086	±	0,046	0,048	0,093	±	0,048	0,047	0,094
Ljubljana																	št.			
																	64	0,390	0,402	0,792

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
() – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) v letu 2012																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012			v 2012	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012			v 2012	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012			v 2012	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012			v 2012				
	do 1. 1. 2013				do 1. 1. 2013				do 1. 1. 2013				do 1. 1. 2013							
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	0,066	0,067	0,067	1	0,060	0,062	0,061	2	0,073	0,073	0,073	0,066	0,067	0,067	
NNE 2	67	0,047	0,048	0,047	3	0,064	0,067	0,066	5	0,064	0,066	0,065	6	0,078	0,085	0,082	0,073	0,076	0,075	
NE 3	55	0,049	0,051	0,050	4	0,086	0,086	0,086	61	0,075	0,076	0,075	7	0,063	0,066	0,065	0,065	0,069	0,067	
ENE 4					9	0,059	0,064	0,062	62	0,073	0,076	0,075	8	0,058	0,065	0,062	0,069	0,073	0,071	
E 5					12	0,074	0,080	0,077	13	0,064	0,069	0,067	10	0,076	0,079	0,078	0,064	0,070	0,067	
ESE 6	51	0,046	0,047	0,047	16	0,063	0,063	0,063	14	0,055	0,067	0,061	11	0,067	0,073	0,070	15	0,062	0,065	0,064
SE 7									63	0,062	0,068	0,065	17	0,054	0,061	0,058	0,064	0,067	0,065	
SSE 8	52	0,040	0,044	0,042					59	0,062	0,066	0,064	18	0,065	0,065	0,066	0,064	0,066	0,065	
S 9									22	0,060	0,063	0,062	19	0,074	0,075	0,075	0,066	0,072	0,069	
SSW 10									24	0,067	0,070	0,069	20	0,073	0,072	0,072	0,070	0,074	0,072	
SW 11	53	0,049	0,053	0,051					26	0,068	0,070	0,069	21	0,056	0,061	0,058	0,066	0,072	0,069	
WSW 12	65	0,049	0,050	0,050					27	0,064	0,067	0,066	58	0,072	0,081	0,077	0,066	0,072	0,069	
W 13	54	0,048	0,049	0,049					29	0,058	0,065	0,062	23	0,074	0,078	0,076	0,070	0,074	0,072	
WNW 14	66	0,051	0,051	0,051					31	0,062	0,064	0,063	57	0,079	0,084	0,082	0,073	0,077	0,075	
NW 15	56	0,047	0,049	0,048					32	0,066	0,066	0,066	28	0,066	0,070	0,068	0,063	0,066	0,065	
NNW 16									35	0,076	0,076	0,076	30	0,061	0,064	0,063	0,060	0,065	0,062	
									38	0,062	0,065	0,064	33	0,067	0,075	0,071	0,063	0,068	0,066	
									40	0,047	0,052	0,050	34	0,059	0,065	0,062	0,062	0,065	0,062	
									41	0,058	0,059	0,059	36	0,068	0,069	0,069	0,071	0,072	0,072	
									42	0,050	0,053	0,051	37	0,070	0,072	0,071	0,071	0,072	0,072	
									46	0,073	0,072	0,072	43	0,073	0,076	0,075	0,058	0,061	0,059	
									47	0,071	0,077	0,074	44	0,053	0,054	0,054	0,066	0,069	0,068	
									48	0,078	0,081	0,080								
									49	0,063	0,068	0,066								
Povprečje po pasovih	(9)	0,047	0,049	0,048	(8)	0,066	0,068	0,067	(25)	0,064	0,067	0,066	(24)	0,067	0,070	0,069	(57)	0,065	0,069	0,067
	±	0,003	0,003	0,003	±	0,010	0,010	0,010	±	0,008	0,007	0,007	±	0,008	0,008	0,008	±	0,008	0,008	0,008
Ljubljana																	št.			
																	64	0,065	0,067	0,066

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 2012 T - 54/a
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V REPUBLIKI SLOVENIJI

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'47" / 14°51'02"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'30" / 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	MOKRONOG	45°56'29" / 15°09'01"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'11" / 15°13'34"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°52'58"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34" / 16°11'15"
15	LENDAVA	46°33'25" / 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08" / 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VACE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39" / 14°27'40"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55" / 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03" / 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28" / 14°42'27"
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°53'46" / 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50" / 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'51" / 13°55'21"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'29" / 13°37'01"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11" / 14°14'05"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'57" / 14°11'35"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23" / 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42" / 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'31" / 13°54'09"
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°22'59" / 13°50'59"

LETO 2012 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv)	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv)
		od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		od 1. 7. 2012 do 1. 1. 2013			v 2012	od 1. 1. 2012 do 1. 7. 2012		od 1. 7. 2012 do 1. 1. 2013	
		od do	od do	od do	od do	od do		od do	od do	od do	od do
1	KOČEVJE	0,463 ± 0,071	0,492 ± 0,076	0,955 ± 0,104	0,077 ± 0,012	0,081 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,475 ± 0,073	0,502 ± 0,077	0,977 ± 0,106	0,079 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,576 ± 0,089	0,589 ± 0,091	1,165 ± 0,127	0,096 ± 0,015	0,097 ± 0,015	0,097 ± 0,021				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,408 ± 0,063	0,453 ± 0,070	0,861 ± 0,094	0,068 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
5	NOVO MESTO	0,324 ± 0,050	0,356 ± 0,055	0,680 ± 0,074	0,054 ± 0,008	0,059 ± 0,009	0,057 ± 0,012				
6	MOKRONOG	0,455 ± 0,070	0,489 ± 0,075	0,944 ± 0,103	0,076 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,079 ± 0,017				
7	LISCA	0,362 ± 0,056	0,378 ± 0,058	0,740 ± 0,081	0,061 ± 0,009	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,013				
8	CELJE	0,415 ± 0,064	0,442 ± 0,068	0,857 ± 0,093	0,069 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,016				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,392 ± 0,060	0,420 ± 0,065	0,813 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,387 ± 0,060	0,439 ± 0,068	0,827 ± 0,090	0,065 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
11	ROGLA	0,495 ± 0,076	0,546 ± 0,084	1,041 ± 0,114	0,083 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,087 ± 0,019				
12	MARIBOR	0,393 ± 0,061	0,394 ± 0,061	0,787 ± 0,086	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,010	0,066 ± 0,014				
13	PTUJ	0,468 ± 0,072	0,465 ± 0,072	0,933 ± 0,102	0,078 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,078 ± 0,017				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,409 ± 0,063	0,443 ± 0,068	0,827 ± 0,093	0,068 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
15	LENDAVA	0,415 ± 0,064	0,454 ± 0,070	0,869 ± 0,095	0,069 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
16	MURSKA SOBOTA	0,364 ± 0,056	0,388 ± 0,060	0,752 ± 0,082	0,061 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
17	VELIKI DOLENCI	0,430 ± 0,066	0,465 ± 0,072	0,895 ± 0,098	0,072 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
18	GORNJA RADGONA	0,371 ± 0,057	0,384 ± 0,059	0,755 ± 0,082	0,062 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
19	SVEČINA PLAČ	0,465 ± 0,072	0,494 ± 0,076	0,959 ± 0,104	0,078 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,412 ± 0,063	0,443 ± 0,068	0,855 ± 0,093	0,069 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
21	KOTLJE	0,469 ± 0,072	0,496 ± 0,076	0,965 ± 0,105	0,078 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
22	VELENJE	0,418 ± 0,064	0,441 ± 0,068	0,859 ± 0,094	0,070 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,433 ± 0,067	0,439 ± 0,068	0,872 ± 0,095	0,072 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,073 ± 0,016				
24	LUČE OB SAVINJI	0,423 ± 0,065	0,452 ± 0,070	0,874 ± 0,095	0,071 ± 0,011	0,075 ± 0,011	0,073 ± 0,016				
25	VAČE	0,421 ± 0,065	0,442 ± 0,068	0,864 ± 0,094	0,070 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,406 ± 0,063	0,443 ± 0,068	0,850 ± 0,093	0,068 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
27	BRNIK AERODROM	0,496 ± 0,076	0,531 ± 0,082	1,027 ± 0,112	0,083 ± 0,013	0,088 ± 0,014	0,086 ± 0,019				
28	JEZERSKO	0,490 ± 0,076	0,531 ± 0,082	1,021 ± 0,111	0,082 ± 0,013	0,088 ± 0,014	0,085 ± 0,018				
29	PODLJUBELJ	0,383 ± 0,059	0,410 ± 0,063	0,793 ± 0,086	0,064 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,066 ± 0,014				
30	HLEBCE LESCE	0,467 ± 0,072	0,482 ± 0,074	0,949 ± 0,103	0,078 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,079 ± 0,017				
31	PLANINA POD GOLICO	0,462 ± 0,071	0,505 ± 0,078	0,967 ± 0,105	0,077 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
32	ZDENSKA VAS	0,457 ± 0,070	0,487 ± 0,075	0,943 ± 0,103	0,076 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,079 ± 0,017				
33	RATEČE	0,446 ± 0,069	0,473 ± 0,073	0,919 ± 0,100	0,075 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,077 ± 0,017				
34	TRENTA	0,327 ± 0,050	0,316 ± 0,049	0,643 ± 0,070	0,055 ± 0,008	0,052 ± 0,008	0,054 ± 0,012				
35	LOG POD MANGARTOM	0,473 ± 0,073	0,499 ± 0,077	0,972 ± 0,106	0,079 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
36	BOVEC	0,311 ± 0,048	0,356 ± 0,055	0,667 ± 0,073	0,052 ± 0,008	0,059 ± 0,009	0,056 ± 0,012				
37	TOLMIN	0,372 ± 0,057	0,386 ± 0,059	0,758 ± 0,083	0,062 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
38	BILJE NOVA GORICA	0,309 ± 0,048	0,338 ± 0,052	0,647 ± 0,071	0,052 ± 0,008	0,056 ± 0,009	0,054 ± 0,012				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,466 ± 0,072	0,435 ± 0,067	0,901 ± 0,098	0,078 ± 0,012	0,072 ± 0,011	0,075 ± 0,016				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,513 ± 0,079	0,530 ± 0,082	1,043 ± 0,114	0,086 ± 0,013	0,088 ± 0,013	0,087 ± 0,019				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,340 ± 0,052	0,346 ± 0,053	0,686 ± 0,075	0,057 ± 0,009	0,057 ± 0,009	0,057 ± 0,012				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,379 ± 0,058	0,411 ± 0,063	0,790 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,066 ± 0,014				
43	ZALOG POSTOJNA	0,410 ± 0,063	0,444 ± 0,068	0,855 ± 0,093	0,069 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,524 ± 0,081	0,557 ± 0,086	1,081 ± 0,118	0,088 ± 0,013	0,092 ± 0,014	0,090 ± 0,020				
45	VRHNIKA	0,610 ± 0,094	0,655 ± 0,101	1,265 ± 0,138	0,102 ± 0,016	0,108 ± 0,017	0,105 ± 0,023				
46	VOJSKO	0,429 ± 0,066	0,461 ± 0,071	0,891 ± 0,097	0,072 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
47	SORICA	0,375 ± 0,058	0,352 ± 0,054	0,727 ± 0,079	0,063 ± 0,010	0,058 ± 0,009	0,061 ± 0,013				
48	STARA FUŽINA	0,298 ± 0,046	0,312 ± 0,048	0,610 ± 0,066	0,050 ± 0,008	0,052 ± 0,008	0,051 ± 0,011				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,686 ± 0,106	0,696 ± 0,107	1,381 ± 0,150	0,115 ± 0,018	0,115 ± 0,018	0,115 ± 0,025				
50	KREDARICA	0,346 ± 0,053	0,382 ± 0,059	0,728 ± 0,079	0,058 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,061 ± 0,013				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Povprečje - merilna mesta		0,428 ± 0,075	0,453 ± 0,078	0,881 ± 0,152	0,072 ± 0,013	0,075 ± 0,013	0,073 ± 0,016				
Najvišja doza		0,686 ± 0,106 (49)	0,696 ± 0,107 (49)	1,381 ± 0,150 (49)	0,115 ± 0,018 (49)	0,115 ± 0,018 (49)	0,115 ± 0,025 (49)				
Najnižja doza		0,298 ± 0,046 (48)	0,312 ± 0,048 (48)	0,610 ± 0,066 (48)	0,050 ± 0,008 (48)	0,052 ± 0,008 (48)	0,051 ± 0,011 (48)				

(**) Meritve doze zunanega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2012 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	28. 12. 2011 – 29. 6. 2012	29. 6. 2012 – 20. 12. 2012	
Vzrč. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,52	0,48	1,00
Bregana	0,42	0,42	0,84
Harmica	0,51	0,50	1,01
Jastrebarsko	0,42	0,37	0,79
Klanjec	0,33	0,33	0,66
Novaki	0,38	0,38	0,76
Oroslavlje	0,48	0,46	0,94
Samobor	0,38	0,32	0,70
Zagreb (IRB)	0,47	0,43	0,90
Zaprešić	0,33	0,34	0,67

20. 12. 2012 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL dozimetri.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2012 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)		
		januar				februar				marec				april				maj				junij							
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks				
NEK (Gamma)	Brege	72	± 4	63	90	68	± 4	58	79	72	± 4	63	102	75	± 14	63	299	78	± 36	54	534	114	± 10	97	180	70,8	± 2,3	0,32	± 0,01
NEK (Gamma)	Gornji Lenart	86	± 88	68	2320	73	± 5	61	84	80	± 4	68	118	83	± 6	71	120	111	± 41	70	406	114	± 10	97	180	81,2	± 2,7	0,37	± 0,01
NEK (Gamma)	Krško	83	± 4	73	97	78	± 4	66	91	82	± 4	72	104	84	± 4	74	106	83	± 5	74	111	83	± 7	72	126	82,0	± 1,8	0,37	± 0,01
NEK (Gamma)	Leskovec	80	± 4	69	94	75	± 4	65	88	78	± 4	68	105	80	± 4	68	105	80	± 5	71	105	80	± 6	70	124	78,6	± 1,8	0,35	± 0,01
NEK (Gamma)	Libna	58	± 3	48	72	56	± 3	47	65	57	± 3	48	68	58	± 3	49	72	57	± 4	48	85	57	± 4	50	89	57,2	± 1,3	0,26	± 0,01
NEK (Gamma)	Pesje	79	± 3	70	89	78	± 3	68	87	78	± 3	69	89	83	± 4	72	96	83	± 3	73	95	83	± 4	74	100	80,3	± 1,3	0,36	± 0,01
NEK (Gamma)	Skopice	82	± 4	71	101	74	± 5	58	91	82	± 4	72	110	82	± 5	69	112	82	± 5	72	113	82	± 6	73	122	80,8	± 1,9	0,36	± 0,01
NEK (Gamma)	Spodnji Stari Grad	72	± 4	62	86	66	± 4	52	79	71	± 4	60	100	72	± 5	63	104	72	± 5	60	106	73	± 7	61	122	70,6	± 1,9	0,32	± 0,01
NEK (Gamma)	Vihre	80	± 4	69	97	76	± 4	66	89	79	± 4	68	90	80	± 4	69	100	79	± 4	70	101	80	± 5	69	111	78,9	± 1,7	0,36	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	83	± 4	72	108	74	± 6	59	89	82	± 4	71	113	83	± 6	71	120	83	± 5	72	126	83	± 6	73	128	81,7	± 2,0	0,37	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	86	± 5	74	121	78	± 6	62	96	86	± 5	75	106	86	± 6	72	127	87	± 6	75	136	88	± 8	74	138	85,1	± 2,4	0,38	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Krško NEK	76	± 4	66	95	71	± 4	61	84	75	± 4	67	94	74	± 5	63	101	73	± 4	64	99	73	± 6	62	120	73,7	± 1,8	0,33	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Krško Videm	64	± 4	52	89	60	± 4	50	74	62	± 4	51	91	64	± 6	55	102	64	± 6	54	110	65	± 8	52	133	62,6	± 2,0	0,28	± 0,01
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
NEK (Gamma)	Brege	72	± 4	63	90	68	± 4	58	79	72	± 4	63	102	75	± 14	63	299	78	± 36	54	534	114	± 10	97	180	70,8	± 2,3	0,32	± 0,01
NEK (Gamma)	Gornji Lenart	120	± 8	104	180	126	± 9	108	207	116	± 16	95	222	112	± 13	90	208	110	± 9	93	169	108	± 9	85	157	91,8	± 2,2	0,80	± 0,02
NEK (Gamma)	Krško	84	± 4	74	111	86	± 5	76	138	91	± 11	73	139	105	± 10	85	169	103	± 8	87	153	101	± 7	82	146	84,8	± 1,5	0,74	± 0,01
NEK (Gamma)	Leskovec	83	± 5	72	110	101	± 10	75	175	97	± 12	80	197	96	± 10	79	159	95	± 7	79	128	94	± 7	76	139	81,8	± 1,5	0,72	± 0,01
NEK (Gamma)	Libna	54	± 14	0	80	85	± 15	53	148	88	± 9	74	146	87	± 8	73	130	85	± 7	69	115	85	± 6	70	113	60,7	± 1,2	0,53	± 0,01
NEK (Gamma)	Pesje	83	± 3	72	93	84	± 3	74	98	83	± 4	73	105	91	± 15	74	150	112	± 6	98	135	112	± 5	97	130	83,6	± 1,0	0,73	± 0,01
NEK (Gamma)	Skopice	106	± 17	75	162	123	± 10	107	205	117	± 14	94	216	118	± 11	94	187	115	± 9	98	164	112	± 9	88	171	86,4	± 1,8	0,76	± 0,02
NEK (Gamma)	Spodnji Stari Grad	74	± 5	61	104	77	± 6	65	129	73	± 10	62	141	84	± 22	61	200	111	± 9	94	162	110	± 8	90	164	74,3	± 1,6	0,65	± 0,01
NEK (Gamma)	Vihre	80	± 4	68	96	82	± 4	72	106	86	± 9	70	116	98	± 8	81	153	98	± 6	82	130	98	± 6	80	127	82,0	± 1,3	0,72	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	85	± 5	73	124	88	± 6	75	141	85	± 12	72	161	85	± 9	73	143	84	± 6	71	122	82	± 7	60	131	82,9	± 1,6	0,73	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	90	± 6	78	138	94	± 8	79	164	89	± 12	73	179	88	± 11	76	175	87	± 8	75	140	85	± 7	68	129	86,4	± 1,9	0,76	± 0,02
NEK (Gamma-meteo)	Krško NEK	74	± 5	62	105	76	± 5	65	124	73	± 9	62	142	74	± 7	61	120	72	± 6	63	110	73	± 5	62	107	73,8	± 1,4	0,65	± 0,01
NEK (Gamma-meteo)	Krško Videm	64	± 6	54	110	66	± 7	56	138	66	± 14	54	163	67	± 12	54	152	66	± 9	55	134	66	± 7	52	115	63,4	± 1,7	0,56	± 0,01

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2012 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) – polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				februar				marec				april				maj				junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
MZO	Borl	76 ± 5	62	96	72 ± 5	59	87	74 ± 4	62	87	77 ± 5	64	107	76 ± 6	63	115	76 ± 5	65	106	75,0 ± 2,0	0,34 ± 0,01						
MZO	Brinje	110 ± 7	89	161	107 ± 6	89	141	107 ± 6	90	133	109 ± 8	94	164	108 ± 10	91	206	110 ± 10	94	180	108,2 ± 3,0	0,49 ± 0,01						
MZO	Brnik	125 ± 8	107	181	117 ± 9	96	190	122 ± 6	102	150	119 ± 9	98	171	119 ± 10	100	214	119 ± 10	100	190	120,7 ± 3,4	0,54 ± 0,02						
MZO	Celje	89 ± 5	75	113	86 ± 5	72	101	87 ± 5	71	101	88 ± 6	75	127	88 ± 7	68	145	88 ± 6	74	124	87,6 ± 2,3	0,40 ± 0,01						
MZO	Dolenje	80 ± 5	68	106	80 ± 5	66	100	81 ± 5	68	103	82 ± 6	64	115	81 ± 6	69	128	82 ± 5	69	110	80,9 ± 2,2	0,37 ± 0,01						
MZO	Dvor	97 ± 6	82	140	92 ± 6	77	153	95 ± 5	81	114	97 ± 6	82	124	96 ± 9	78	193	95 ± 6	81	134	95,2 ± 2,5	0,43 ± 0,01						
MZO	Gačnik	119 ± 5	104	138	108 ± 8	89	149	120 ± 6	101	139	121 ± 8	104	167	119 ± 11	100	200	119 ± 8	99	166	118,1 ± 2,9	0,53 ± 0,01						
MZO	Gornja Radgona	105 ± 5	93	130	101 ± 5	88	117	103 ± 5	88	116	107 ± 6	94	131	105 ± 7	90	163	105 ± 6	93	139	104,1 ± 2,3	0,47 ± 0,01						
MZO	Hrastje	82 ± 6	69	125	79 ± 6	68	121	80 ± 6	66	114	82 ± 7	69	122	81 ± 8	68	145	81 ± 7	66	126	80,7 ± 2,7	0,36 ± 0,01						
MZO	Hrastnik	84 ± 5	69	107	79 ± 6	63	118	81 ± 5	68	98	84 ± 6	72	113	83 ± 7	67	137	83 ± 7	68	138	82,3 ± 2,4	0,37 ± 0,01						
MZO	Ilirska Bistrica	108 ± 7	92	157	107 ± 7	91	162	107 ± 6	91	126	107 ± 7	90	142	107 ± 8	92	179	108 ± 6	92	128	107,4 ± 2,7	0,48 ± 0,01						
MZO	Ikva vas	85 ± 6	69	124	81 ± 6	64	130	83 ± 5	70	104	85 ± 6	72	111	85 ± 9	67	176	85 ± 9	69	182	83,7 ± 2,6	0,38 ± 0,01						
MZO	Jesenice na Dolenjskem	75 ± 5	63	101	71 ± 5	55	85	73 ± 6	63	139	74 ± 6	61	117	74 ± 6	61	117	78 ± 8	63	133	73,7 ± 2,4	0,33 ± 0,01						
MZO	Kamnik	76 ± 5	65	105	74 ± 5	62	95	74 ± 4	60	90	74 ± 5	62	96	72 ± 5	58	104	73 ± 6	60	118	73,9 ± 2,0	0,33 ± 0,01						
MZO	Koper	87 ± 5	74	120	88 ± 6	75	127	88 ± 5	75	102	89 ± 6	75	114	88 ± 7	76	155	89 ± 6	75	153	88,1 ± 2,3	0,40 ± 0,01						
MZO	Lendava	102 ± 6	81	132	98 ± 5	82	119	101 ± 5	86	114	104 ± 7	86	152	103 ± 8	82	162	104 ± 6	88	138	101,5 ± 2,4	0,46 ± 0,01						
MZO	Levec	102 ± 5	89	136	92 ± 6	76	127	94 ± 5	82	116	95 ± 7	78	142	94 ± 8	79	154	94 ± 7	79	154	95,7 ± 2,5	0,43 ± 0,01						
MZO	Loče	100 ± 5	87	121	94 ± 6	77	135	100 ± 5	83	117	102 ± 7	86	143	101 ± 8	84	165	101 ± 6	87	133	99,5 ± 2,4	0,45 ± 0,01						
MZO	Malkovec	98 ± 5	83	123	90 ± 6	73	109	96 ± 5	81	112	98 ± 6	83	134	97 ± 7	81	147	98 ± 10	81	181	96,1 ± 2,5	0,43 ± 0,01						
MZO	Maribor Center	88 ± 5	76	108	85 ± 5	73	108	85 ± 4	72	97	84 ± 6	72	113	83 ± 6	68	114	83 ± 5	69	115	84,8 ± 2,0	0,38 ± 0,01						
MZO	Maribor Slivnica	98 ± 6	83	130	90 ± 7	72	125	96 ± 5	83	116	100 ± 8	84	169	100 ± 13	19	179	100 ± 8	82	162	96,7 ± 2,8	0,44 ± 0,01						
MZO	Muta	105 ± 6	91	140	93 ± 6	77	111	103 ± 6	90	132	106 ± 8	91	176	105 ± 10	83	201	105 ± 7	91	148	102,1 ± 2,8	0,46 ± 0,01						
MZO	Nazarje	90 ± 5	76	112	89 ± 5	77	117	88 ± 5	76	107	87 ± 5	73	106	85 ± 6	71	127	87 ± 6	71	116	87,9 ± 2,2	0,40 ± 0,01						
MZO	Nova Gorica	96 ± 6	82	123	95 ± 5	81	120	94 ± 5	81	111	96 ± 6	79	122	94 ± 7	82	147	94 ± 5	82	119	94,8 ± 2,3	0,43 ± 0,01						
MZO	Podbočje	98 ± 6	83	135	92 ± 6	75	115	97 ± 5	82	130	98 ± 7	81	143	97 ± 7	80	137	98 ± 9	81	155	96,5 ± 2,6	0,44 ± 0,01						
MZO	Podčetrtek	111 ± 7	95	145	105 ± 7	87	130	109 ± 6	92	134	102 ± 8	86	170	101 ± 9	82	157	102 ± 9	86	177	105,9 ± 3,0	0,48 ± 0,01						
MZO	Podrosteja	90 ± 7	73	107	83 ± 7	70	128	86 ± 6	70	105	85 ± 7	70	112	84 ± 7	70	140	84 ± 7	68	109	85,4 ± 2,8	0,39 ± 0,01						
MZO	Ptuj	119 ± 6	102	154	104 ± 8	85	130	115 ± 6	100	137	117 ± 8	97	207	117 ± 9	98	173	118 ± 8	100	168	115,4 ± 3,0	0,52 ± 0,01						
MZO	Radenci	97 ± 5	86	125	92 ± 6	79	126	96 ± 5	81	114	100 ± 6	86	134	98 ± 9	82	200	99 ± 7	84	154	96,7 ± 2,4	0,44 ± 0,01						
MZO	Rogla	107 ± 6	91	140	103 ± 6	84	119	115 ± 8	94	145	125 ± 7	106	151	122 ± 9	103	177	122 ± 7	108	153	114,0 ± 2,8	0,51 ± 0,01						
MZO	Rudno polje	110 ± 6	95	142	106 ± 6	85	129	115 ± 10	92	139	127 ± 9	101	172	126 ± 9	108	210	125 ± 8	109	177	115,5 ± 3,1	0,52 ± 0,01						
MZO	Solkan	69 ± 6	54	103	68 ± 5	57	96	67 ± 5	54	80	69 ± 6	58	100	68 ± 7	56	149	67 ± 6	53	120	67,9 ± 2,3	0,31 ± 0,01						
MZO	Suha	92 ± 6	79	121	86 ± 7	69	130	90 ± 5	78	108	93 ± 7	76	130	92 ± 8	77	161	93 ± 7	77	147	90,9 ± 2,6	0,41 ± 0,01						
MZO	Todraž	125 ± 7	107	168	114 ± 9	88	178	124 ± 6	104	151	125 ± 8	109	171	126 ± 9	108	218	128 ± 8	111	172	124,0 ± 3,1	0,56 ± 0,01						
MZO	Trbovlje	70 ± 5	58	96	67 ± 5	57	92	68 ± 5	53	80	70 ± 6	55	94	69 ± 7	56	114	69 ± 7	57	133	68,7 ± 2,3	0,31 ± 0,01						
MZO	Zagorje	85 ± 5	71	113	82 ± 6	69	107	83 ± 5	70	98	85 ± 6	71	111	84 ± 6	70	123	85 ± 6	68	123	84,0 ± 2,3	0,38 ± 0,01						

Podatki o kontinuiranih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2012 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
		Julij				Avgust				September				Oktober				November						december	
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Borl	76 ± 6	60	115	78 ± 5	66	119	77 ± 8	62	138	78 ± 10	31	149	72 ± 7	48	115	73 ± 5	61	97	75,2 ± 1,6	0,66 ± 0,01				
MZO	Brinje	113 ± 9	94	191	119 ± 11	96	229	112 ± 15	94	235	113 ± 16	93	205	110 ± 11	93	192	108 ± 8	87	160	109,4 ± 2,5	0,96 ± 0,02				
MZO	Brnik	122 ± 9	104	190	130 ± 13	101	275	122 ± 16	98	264	123 ± 21	92	247	120 ± 13	98	237	117 ± 9	92	174	121,0 ± 2,8	1,06 ± 0,02				
MZO	Celje	88 ± 6	73	124	91 ± 8	77	144	89 ± 10	74	154	90 ± 11	75	160	89 ± 7	70	125	89 ± 6	73	123	88,1 ± 1,8	0,77 ± 0,02				
MZO	Dolenje	83 ± 5	65	103	84 ± 5	69	109	82 ± 7	70	133	84 ± 9	68	149	82 ± 7	68	121	83 ± 7	69	120	81,8 ± 1,6	0,72 ± 0,01				
MZO	Dvor	97 ± 8	82	178	100 ± 7	84	153	97 ± 10	82	169	99 ± 12	80	166	97 ± 9	79	158	97 ± 7	81	132	96,2 ± 2,0	0,84 ± 0,02				
MZO	Gačnik	119 ± 11	100	200	123 ± 10	104	227	118 ± 11	101	227	120 ± 15	102	249	117 ± 8	99	161	114 ± 7	91	149	117,9 ± 2,3	1,03 ± 0,02				
MZO	Gornja Radgona	104 ± 9	18	138	106 ± 6	94	138	105 ± 8	91	156	106 ± 9	90	164	105 ± 7	89	142	104 ± 5	87	126	104,4 ± 1,8	0,91 ± 0,02				
MZO	Hrastje	82 ± 8	67	154	85 ± 10	70	172	83 ± 14	68	204	85 ± 15	66	179	83 ± 10	65	168	83 ± 7	70	129	81,5 ± 2,2	0,71 ± 0,02				
MZO	Hrastnik	84 ± 6	68	137	86 ± 8	72	142	85 ± 12	67	186	85 ± 13	69	177	84 ± 7	69	130	84 ± 6	71	110	83,1 ± 1,9	0,73 ± 0,02				
MZO	Ilirska Bistrica	113 ± 6	98	164	116 ± 7	99	145	111 ± 9	95	180	109 ± 10	92	174	107 ± 10	84	170	107 ± 9	87	175	109,1 ± 2,1	0,96 ± 0,02				
MZO	Iska vas	85 ± 8	71	167	88 ± 11	20	178	86 ± 13	70	190	88 ± 14	70	176	86 ± 10	64	157	84 ± 8	67	124	84,3 ± 2,2	0,74 ± 0,02				
MZO	Jesenice na Dolenskem	81 ± 6	65	116	83 ± 7	70	133	83 ± 12	67	165	83 ± 9	64	139	82 ± 7	68	124	82 ± 7	68	124	76,9 ± 1,9	0,67 ± 0,02				
MZO	Kamnik	73 ± 5	62	102	75 ± 6	60	131	73 ± 8	60	131	75 ± 10	59	125	73 ± 7	58	118	74 ± 6	58	100	73,8 ± 1,6	0,65 ± 0,01				
MZO	Koper	90 ± 5	78	119	92 ± 6	79	135	89 ± 8	72	144	89 ± 8	75	151	87 ± 7	72	124	88 ± 8	75	150	88,7 ± 1,8	0,78 ± 0,02				
MZO	Lendava	105 ± 8	89	162	108 ± 7	92	151	107 ± 10	89	179	105 ± 10	90	180	103 ± 7	90	162	100 ± 6	83	126	102,5 ± 1,9	0,90 ± 0,02				
MZO	Levec	96 ± 7	78	149	99 ± 10	81	177	96 ± 11	81	180	98 ± 13	80	196	95 ± 8	79	143	93 ± 7	72	130	95,7 ± 2,0	0,84 ± 0,02				
MZO	Loče	105 ± 7	88	147	107 ± 8	90	187	102 ± 10	85	198	103 ± 10	86	178	100 ± 6	86	139	99 ± 6	84	133	100,5 ± 1,9	0,88 ± 0,02				
MZO	Malkovec	98 ± 7	84	179	101 ± 8	84	191	99 ± 13	80	195	99 ± 13	72	178	98 ± 8	83	154	97 ± 7	79	143	96,9 ± 2,0	0,85 ± 0,02				
MZO	Maribor Center	82 ± 6	65	113	89 ± 7	73	145	89 ± 9	74	146	89 ± 10	76	155	88 ± 6	73	119	88 ± 5	73	113	85,7 ± 1,6	0,75 ± 0,01				
MZO	Maribor Slivnica	101 ± 10	83	172	103 ± 9	88	176	100 ± 13	83	199	102 ± 16	84	253	99 ± 9	83	175	96 ± 7	78	141	97,6 ± 2,3	0,85 ± 0,02				
MZO	Muta	105 ± 11	86	189	107 ± 11	88	233	105 ± 13	88	184	107 ± 14	87	212	104 ± 8	87	143	101 ± 6	83	140	102,6 ± 2,2	0,90 ± 0,02				
MZO	Nazarje	88 ± 6	73	118	90 ± 8	74	152	85 ± 8	71	144	86 ± 8	66	135	83 ± 6	65	113	85 ± 5	71	102	87,1 ± 1,7	0,76 ± 0,01				
MZO	Nova Gorica	95 ± 6	82	128	97 ± 6	83	124	96 ± 8	78	159	97 ± 9	79	172	96 ± 7	79	144	97 ± 6	84	126	95,4 ± 1,7	0,84 ± 0,02				
MZO	Podbočje	98 ± 7	83	145	102 ± 9	82	171	100 ± 13	81	216	100 ± 11	78	172	98 ± 8	81	147	98 ± 8	78	156	97,3 ± 2,1	0,85 ± 0,02				
MZO	Podčetrtek	104 ± 8	87	154	108 ± 9	87	177	103 ± 13	82	188	103 ± 12	84	192	101 ± 9	86	172	99 ± 7	77	151	104,6 ± 2,3	0,92 ± 0,02				
MZO	Podroteja	85 ± 7	70	117	87 ± 7	71	141	87 ± 9	70	135	87 ± 10	70	151	86 ± 10	70	144	86 ± 8	68	121	85,7 ± 2,1	0,75 ± 0,02				
MZO	Ptuj	121 ± 10	98	181	127 ± 8	110	190	120 ± 13	102	228	119 ± 14	99	215	115 ± 8	99	165	111 ± 7	92	137	116,4 ± 2,3	1,02 ± 0,02				
MZO	Radenci	99 ± 9	82	156	101 ± 6	88	150	100 ± 11	86	174	101 ± 11	84	194	99 ± 8	83	153	97 ± 5	83	123	97,7 ± 1,9	0,86 ± 0,02				
MZO	Rogla	122 ± 7	106	163	124 ± 8	106	188	124 ± 11	107	207	125 ± 13	103	203	124 ± 9	105	165	117 ± 7	99	146	117,2 ± 2,2	1,03 ± 0,02				
MZO	Rudno polje	126 ± 12	107	218	126 ± 9	110	216	127 ± 13	105	242	127 ± 12	109	200	126 ± 12	96	193	112 ± 8	95	159	117,8 ± 2,5	1,03 ± 0,02				
MZO	Solkan	67 ± 5	54	105	68 ± 5	55	90	69 ± 8	56	140	71 ± 11	58	155	70 ± 8	56	115	72 ± 8	57	116	68,3 ± 1,8	0,60 ± 0,02				
MZO	Suha	93 ± 7	77	142	96 ± 8	78	186	93 ± 10	79	168	95 ± 13	74	197	95 ± 10	78	148	93 ± 7	75	131	92,0 ± 2,1	0,81 ± 0,02				
MZO	Todraž	131 ± 8	109	172	134 ± 9	111	209	130 ± 11	111	209	130 ± 15	111	224	130 ± 12	110	202	125 ± 10	96	185	126,2 ± 2,5	1,11 ± 0,02				
MZO	Trbovlje	69 ± 7	56	129	72 ± 8	59	126	71 ± 11	58	150	73 ± 14	56	173	70 ± 8	55	116	71 ± 6	59	98	69,4 ± 1,9	0,61 ± 0,02				
MZO	Zagorje	85 ± 7	70	129	87 ± 7	73	143	85 ± 9	69	146	87 ± 11	68	170	85 ± 6	71	113	85 ± 6	71	106	84,6 ± 1,8	0,74 ± 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 2012 T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2012 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				februar				marec				april				maj				junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
ARSO	Bovec	95 ± 7	81	148	95 ± 6	81	126	93 ± 5	79	128	99 ± 11	77	161	95 ± 10	81	180	95 ± 8	80	159	94,6 ± 2,9	0,43 ± 0,01						
ARSO	Dobliče	111 ± 7	92	140	122 ± 12	98	162	139 ± 9	116	169	136 ± 9	116	193	136 ± 10	114	181	138 ± 10	97	176	128,4 ± 3,7	0,58 ± 0,02						
ARSO	Kočevje	171 ± 11	138	207	141 ± 13	107	197	165 ± 13	130	205	170 ± 10	145	216	169 ± 12	146	281	172 ± 11	147	212	166,0 ± 4,7	0,75 ± 0,02						
ARSO	Kredarica	130 ± 17	64	156	136 ± 8	112	159	127 ± 7	106	155	135 ± 8	108	165	134 ± 8	115	173	132 ± 8	114	165	132,4 ± 3,4	0,60 ± 0,02						
ARSO	Krvavec	83 ± 4	71	104	83 ± 4	70	96	87 ± 6	73	106	93 ± 6	76	115	95 ± 5	84	138	95 ± 6	82	131	87,8 ± 2,0	0,40 ± 0,01						
ARSO	Lesce	97 ± 6	83	127	98 ± 6	84	124	95 ± 5	82	132	98 ± 8	84	146	97 ± 10	81	176	98 ± 9	82	148	96,8 ± 2,7	0,44 ± 0,01						
ARSO	Lisca	107 ± 6	87	140	90 ± 9	70	116	103 ± 7	83	127	108 ± 7	92	156	107 ± 8	92	151	106 ± 8	90	185	104,4 ± 3,0	0,47 ± 0,01						
ARSO	Ljubljana Bežigrad	113 ± 7	96	157	110 ± 6	95	162	111 ± 6	90	143	113 ± 8	95	155	113 ± 10	98	194	114 ± 9	94	166	111,9 ± 3,0	0,50 ± 0,01						
ARSO	Maribor Tabor	113 ± 5	100	141	104 ± 7	86	134	113 ± 6	96	129	116 ± 8	100	175	115 ± 10	94	181	115 ± 7	98	170	112,4 ± 2,7	0,51 ± 0,01						
ARSO	Murska Sobota Rakičan	100 ± 5	88	129	97 ± 5	81	111	100 ± 5	87	117	103 ± 7	84	142	102 ± 9	86	170	102 ± 7	88	159	100,0 ± 2,4	0,45 ± 0,01						
ARSO	Nova Gorica Bilje	70 ± 4	59	99	68 ± 4	61	94	69 ± 3	60	80	70 ± 6	59	108	69 ± 6	59	134	69 ± 5	59	106	69,1 ± 1,7	0,31 ± 0,01						
ARSO	Novo mesto	68 ± 5	55	90	62 ± 5	51	76	64 ± 5	54	77	65 ± 4	54	90	65 ± 6	54	96	65 ± 6	54	102	64,8 ± 2,0	0,29 ± 0,01						
ARSO	Sečovelje	63 ± 4	55	95	64 ± 4	52	102	64 ± 3	55	72	65 ± 4	54	85	65 ± 7	56	133	65 ± 4	56	102	64,2 ± 1,6	0,29 ± 0,01						
ARSO	Postojna	120 ± 9	101	163	111 ± 9	91	164	118 ± 8	99	151	118 ± 7	98	147	119 ± 10	101	181	119 ± 8	99	153	117,6 ± 3,4	0,53 ± 0,02						
ARSO	Rateče	87 ± 4	76	115	82 ± 5	67	103	120 ± 8	91	154	129 ± 8	110	184	127 ± 9	111	224	128 ± 8	108	177	100,0 ± 2,5	0,45 ± 0,01						
ARSO	Slovenj Gradec	119 ± 27	56	164	113 ± 16	61	145	131 ± 6	113	155	134 ± 7	113	172	134 ± 11	115	251	136 ± 8	115	193	132,0 ± 3,6	0,60 ± 0,02						
ARSO	Velenje	77 ± 4	67	102	75 ± 4	65	101	76 ± 4	66	90	105 ± 13	72	154	110 ± 10	93	199	109 ± 7	96	163	81,3 ± 2,1	0,37 ± 0,01						
EIMV	Vnajnjarje	116 ± 4	107	127	116 ± 4	107	127	117 ± 4	103	131	120 ± 5	106	146	122 ± 8	111	155	117,8 ± 2,4	0,53 ± 0,01									
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
ARSO	Bovec	96 ± 14	79	184	96 ± 8	82	164	94 ± 10	79	158	96 ± 14	81	235	97 ± 12	81	154	91 ± 7	77	127	94,5 ± 2,3	0,83 ± 0,02						
ARSO	Dobliče	144 ± 10	119	214	149 ± 12	126	244	141 ± 15	115	240	139 ± 14	116	235	136 ± 11	113	190	134 ± 11	98	202	132,9 ± 2,9	1,16 ± 0,03						
ARSO	Kočevje	178 ± 11	149	256	184 ± 15	149	339	172 ± 15	145	249	169 ± 15	132	245	169 ± 12	142	220	156 ± 16	117	214	168,6 ± 3,6	1,48 ± 0,03						
ARSO	Kredarica	131 ± 9	115	179	130 ± 7	116	182	134 ± 9	110	185	135 ± 10	110	193	133 ± 9	114	162	137 ± 7	121	163	132,8 ± 2,4	1,16 ± 0,02						
ARSO	Krvavec	93 ± 5	80	117	96 ± 9	80	159	115 ± 11	100	186	117 ± 11	99	168	117 ± 9	99	158	104 ± 9	84	134	91,7 ± 1,7	0,80 ± 0,01						
ARSO	Lesce	99 ± 11	82	178	100 ± 9	85	186	99 ± 14	84	263	101 ± 19	81	234	100 ± 13	80	174	98 ± 7	82	142	97,5 ± 2,3	0,85 ± 0,02						
ARSO	Lisca	108 ± 8	92	173	109 ± 9	92	195	107 ± 12	92	210	107 ± 12	80	175	107 ± 7	92	144	101 ± 8	80	133	105,2 ± 2,3	0,92 ± 0,02						
ARSO	Ljubljana Bežigrad	115 ± 9	95	183	122 ± 11	101	249	114 ± 14	97	233	115 ± 16	96	222	113 ± 11	98	195	110 ± 8	89	152	112,6 ± 2,4	0,99 ± 0,02						
ARSO	Maribor Tabor	117 ± 9	98	173	120 ± 11	102	233	116 ± 14	99	232	117 ± 16	101	246	114 ± 9	97	182	111 ± 7	90	152	113,2 ± 2,3	0,99 ± 0,02						
ARSO	Murska Sobota Rakičan	103 ± 10	84	197	106 ± 6	92	153	104 ± 15	87	272	104 ± 12	86	199	102 ± 9	85	168	98 ± 6	81	133	100,8 ± 2,0	0,88 ± 0,02						
ARSO	Nova Gorica Bilje	71 ± 6	61	125	72 ± 5	62	100	71 ± 8	61	145	71 ± 10	58	147	70 ± 7	61	123	70 ± 7	58	111	69,6 ± 1,5	0,61 ± 0,01						
ARSO	Novo mesto	66 ± 6	55	108	69 ± 8	56	157	67 ± 10	54	127	67 ± 8	49	119	65 ± 7	52	112	66 ± 6	52	104	65,4 ± 1,7	0,57 ± 0,01						
ARSO	Sečovelje	67 ± 3	59	76	68 ± 4	58	109	66 ± 6	56	128	65 ± 5	55	107	64 ± 6	53	102	64 ± 6	53	105	65,1 ± 1,2	0,57 ± 0,01						
ARSO	Postojna	125 ± 8	107	158	129 ± 9	111	187	120 ± 12	102	216	119 ± 12	102	208	119 ± 11	101	188	115 ± 11	86	166	119,5 ± 2,6	1,05 ± 0,02						
ARSO	Rateče	129 ± 12	104	193	130 ± 10	113	234	126 ± 10	109	195	127 ± 13	108	216	126 ± 12	101	187	118 ± 7	98	151	106,6 ± 2,1	0,93 ± 0,02						
ARSO	Slovenj Gradec	138 ± 11	115	234	140 ± 14	115	284	135 ± 14	115	229	136 ± 13	112	230	134 ± 10	113	185	129 ± 8	106	164	132,8 ± 2,8	1,16 ± 0,02						
ARSO	Velenje	111 ± 8	96	173	116 ± 11	97	213	111 ± 14	93	224	112 ± 15	92	219	110 ± 10	93	170	108 ± 7	88	152	87,8 ± 1,9	0,77 ± 0,02						
EIMV	Vnajnjarje	117,8 ± 2,4	117,8	1,03 ± 1,03																							

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2012 T - 56/e

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2012 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
URSJV	Sveti Mohor																									81,0 ± 2,6	0,37 ± 0,01
URSJV	Šoštanj	126 ± 4	115	148		124 ± 4	113	145		125 ± 4	115	138		127 ± 5	115	148		127 ± 6	113	173		128 ± 5	115	167	125,9 ± 1,8	0,57 ± 0,01	
URSJV	Lakonca	68 ± 5	56	96		65 ± 5	54	94		65 ± 4	53	79		68 ± 6	54	98		67 ± 7	56	115		68 ± 8	55	161	66,4 ± 2,2	0,30 ± 0,01	
URSJV	Prapretno	95 ± 5	80	120		88 ± 6	72	116		94 ± 5	76	109		96 ± 7	84	128		95 ± 8	78	150		95 ± 8	79	146	93,7 ± 2,5	0,42 ± 0,01	
URSJV	NEK, URSJV	79 ± 5	100	90		70 ± 6	60	90		78 ± 5	100	90		76 ± 8	0	90		73 ± 7	0	90		74 ± 9	100	90	75,7 ± 2,5	0,34 ± 0,01	
URSJV	Ljubljana Brinje, URSJV	104 ± 8	100	90		94 ± 6	100	90		99 ± 6	100	90		109 ± 10	100	90		94 ± 10	0	90		94 ± 9	100	90	98,3 ± 3,1	0,44 ± 0,01	
URSJV	Ljubljana Brinje, IJS	88 ± 9	100	98		87 ± 8	100	98		87 ± 8	100	98		88 ± 10	100	98		86 ± 11	100	98		88 ± 11	100	98	87,3 ± 3,8	0,39 ± 0,02	
URSJV	Ljubljana Vič, IJS	116 ± 4	106	138		115 ± 4	106	151		115 ± 4	105	130		117 ± 5	108	139		116 ± 7	106	198		117 ± 10	107	229	115,7 ± 2,0	0,52 ± 0,01	

Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
URSJV	Sveti Mohor	82 ± 6	70	117		83 ± 6	71	136		82 ± 10	69	155		83 ± 9	68	139		82 ± 7	64	126		81 ± 6	64	114	81,5 ± 1,9	0,71 ± 0,02	
URSJV	Šoštanj	129 ± 5	118	165		132 ± 8	120	204		129 ± 9	116	192		130 ± 11	116	210		128 ± 7	116	165		126 ± 5	113	159	126,7 ± 1,5	1,11 ± 0,01	
URSJV	Lakonca	67 ± 7	54	137		68 ± 8	56	136		69 ± 13	54	161		72 ± 15	56	204		70 ± 8	55	131		69 ± 6	51	100	67,1 ± 1,8	0,59 ± 0,02	
URSJV	Prapretno	97 ± 7	81	161		101 ± 9	85	168		97 ± 13	79	196		98 ± 13	75	191		96 ± 8	81	142		94 ± 7	77	130	94,7 ± 2,0	0,83 ± 0,02	
URSJV	NEK, URSJV	77 ± 7	100	90		80 ± 7	100	90		74 ± 12	100	90		74 ± 10	100	90		73 ± 7	100	90		73 ± 7	100	90	75,6 ± 2,0	0,66 ± 0,02	
URSJV	Ljubljana Brinje, URSJV	95 ± 7	100	90		100 ± 10	100	90		108 ± 16	100	90		76 ± 12	100	90		74 ± 9	100	90		72 ± 6	100	90	91,8 ± 2,3	0,80 ± 0,02	
URSJV	Ljubljana Brinje, IJS	91 ± 10	100	98		97 ± 12	100	98		91 ± 16	100	98		92 ± 17	100	98		89 ± 12	100	98		88 ± 10	100	98	88,7 ± 3,0	0,78 ± 0,03	
URSJV	Ljubljana Vič, IJS	118 ± 10	106	239		121 ± 11	107	233		117 ± 7	104	169		118 ± 9	107	180		117 ± 7	106	169		116 ± 5	105	143	116,1 ± 1,6	1,02 ± 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 2012

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													
Januar	8,68E-08	1,01E-07	8,96E-08	7,84E-08	8,17E-08	3,02E-08	1,79E-08	3,00E-08	4,66E-08	7,01E-08	5,45E-08	4,11E-08	8,42E-08	1,91E-08
Februar	1,13E-07	9,80E-08	1,19E-07	7,28E-08	7,01E-08	3,93E-08	1,85E-08	2,26E-08	4,53E-08	9,45E-08	9,50E-08	3,31E-08	4,94E-08	1,60E-08
Marec	1,65E-07	1,91E-07	1,51E-07	9,02E-08	9,39E-08	6,39E-08	2,53E-08	2,70E-08	4,72E-08	1,43E-07	1,00E-07	3,15E-08	4,82E-08	3,27E-08
April	2,47E-07	2,68E-07	1,14E-07	1,49E-07	1,43E-07	2,13E-08	1,16E-08	1,25E-08	5,84E-08	1,23E-07	7,74E-08	4,82E-08	1,16E-07	9,88E-09
Maj	4,75E-07	4,59E-07	2,53E-07	1,20E-07	2,33E-07	4,74E-08	2,53E-08	3,76E-08	6,94E-08	1,07E-07	6,77E-08	5,84E-08	9,10E-08	3,46E-08
Junij	1,33E-06	1,17E-06	7,01E-07	1,79E-07	4,65E-07	6,20E-08	2,85E-08	2,98E-08	7,30E-08	1,96E-07	1,01E-07	8,57E-08	1,13E-07	3,37E-08
Julij	2,56E-06	2,04E-06	1,14E-06	1,80E-07	7,38E-07	7,03E-08	3,43E-08	4,67E-08	1,19E-07	2,36E-07	7,72E-08	6,86E-08	1,32E-07	2,95E-08
Avgust (*)	2,67E-06	2,35E-06	1,45E-06	1,01E-07	7,88E-07	1,25E-07	3,30E-08	4,49E-08	1,33E-07	2,56E-07	8,59E-08	4,49E-08	8,70E-08	7,14E-08
September	5,76E-07	5,26E-07	3,36E-07	1,79E-07	2,26E-07	3,11E-08	2,55E-08	3,74E-08	1,06E-07	1,23E-07	9,37E-08	7,55E-08	9,64E-08	2,15E-08
Oktober	2,18E-07	2,00E-07	2,11E-07	1,91E-07	1,52E-07	3,86E-08	1,66E-08	2,24E-08	5,49E-08	1,81E-07	1,50E-07	6,39E-08	9,64E-08	1,95E-08
November	1,32E-07	1,44E-07	1,07E-07	1,32E-07	1,05E-07	1,59E-08	1,65E-08	2,57E-08	5,35E-08	1,84E-07	1,51E-07	5,95E-08	9,79E-08	7,32E-09
December	9,83E-08	8,54E-08	1,01E-07	1,77E-07	9,97E-08	2,73E-08	1,30E-08	1,93E-08	3,17E-08	7,51E-08	7,60E-08	4,41E-08	1,92E-07	1,81E-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	2,07E-06	6,14E-07	4,31E-07	1,17E-07	1,30E-07	1,75E-08	1,87E-08	2,21E-08	4,54E-08	8,12E-08	3,09E-08	3,18E-08	8,23E-08	1,06E-08
Februar	2,09E-06	1,08E-06	3,29E-07	6,27E-08	9,71E-08	1,23E-08	1,73E-08	2,07E-08	4,26E-08	1,83E-07	5,07E-08	2,32E-08	6,28E-08	5,61E-09
Marec	2,00E-06	1,09E-06	4,45E-07	6,65E-08	1,26E-07	2,05E-08	2,71E-08	2,64E-08	3,86E-08	1,83E-07	5,98E-08	2,60E-08	4,08E-08	1,20E-08
April	2,15E-06	7,37E-07	3,06E-07	1,63E-07	1,34E-07	1,21E-08	1,56E-08	1,61E-08	6,24E-08	1,01E-07	4,96E-08	2,96E-08	9,97E-08	4,02E-09
Maj	2,24E-06	7,17E-07	4,72E-07	1,15E-07	1,44E-07	2,35E-08	1,89E-08	2,59E-08	5,26E-08	7,53E-08	4,36E-08	3,93E-08	8,70E-08	1,33E-08
Junij	2,87E-06	1,15E-06	5,65E-07	1,31E-07	2,81E-07	2,67E-08	1,97E-08	1,99E-08	5,56E-08	1,32E-07	7,06E-08	7,71E-08	9,84E-08	1,32E-08
Julij	2,84E-06	1,19E-06	5,98E-07	9,23E-08	2,30E-07	2,71E-08	2,83E-08	3,76E-08	8,57E-08	1,39E-07	5,41E-08	5,87E-08	6,97E-08	1,29E-08
Avgust (*)	2,92E-06	1,24E-06	7,26E-07	7,28E-08	2,70E-07	4,55E-08	2,69E-08	2,99E-08	7,12E-08	1,49E-07	6,06E-08	3,93E-08	6,30E-08	2,68E-08
September	3,54E-06	1,15E-06	5,33E-07	1,43E-07	2,05E-07	1,57E-08	2,04E-08	3,08E-08	1,50E-07	1,23E-07	5,38E-08	6,69E-08	7,78E-08	9,52E-09
Oktober	3,23E-06	1,52E-06	4,89E-07	2,06E-07	2,30E-07	1,89E-08	2,20E-08	2,07E-08	6,10E-08	2,40E-07	8,57E-08	6,90E-08	1,12E-07	8,02E-09
November	3,38E-06	1,69E-06	3,78E-07	1,84E-07	2,16E-07	1,53E-08	1,89E-08	2,09E-08	6,86E-08	2,75E-07	9,08E-08	6,00E-08	1,16E-07	6,13E-09
December	3,33E-06	9,05E-07	5,24E-07	2,37E-07	1,37E-07	2,11E-08	3,18E-08	3,85E-08	9,33E-08	1,14E-07	4,05E-08	4,50E-08	1,96E-07	9,87E-09

9. ZEMLJA

LETO 2012 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, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,0	26,3	38,4	44,0	147,2	108,8	+ trava	256,0
Oznaka vzorca	K12ZN11T51	K12ZN11ABS1	K12ZN11CS1	K12ZN11DS1	K12ZN11ES1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		7,7E+02 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 7E+02	3,3E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	7,3E+03 ± 8E+02
Ra-226	2,6E-01 ± 1E-01	1,0E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 5E+02	4,0E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 3E+02	9,1E+03 ± 5E+02
Pb-210	1,3E+00 ± 1E-01	5,0E+03 ± 1E+03	2,0E+03 ± 1E+03	2,5E+03 ± 7E+02	< 1E+04	9,5E+03 ± 2E+03	9,5E+03 ± 2E+03	9,5E+03 ± 8E+03
Ra-228	7,1E-02 ± 2E-02	8,5E+02 ± 4E+01	1,2E+03 ± 7E+01	1,3E+03 ± 6E+01	4,1E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 1E+02	7,4E+03 ± 2E+02
Th-228	2,9E-02 ± 7E-03	8,6E+02 ± 4E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	4,1E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 9E+01	3,2E+03 ± 9E+01	7,3E+03 ± 2E+02
Th-230			3,1E+03 ± 2E+03	2,5E+03 ± 2E+03		5,6E+03 ± 3E+03	5,6E+03 ± 3E+03	5,6E+03 ± 3E+03
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	1,1E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	1,5E+04 ± 1E+03	5,1E+04 ± 5E+03	4,0E+04 ± 2E+03	4,0E+04 ± 2E+03	9,2E+04 ± 5E+03
Be-7	8,6E+00 ± 4E-01	2,2E+02 ± 7E+01				2,2E+02 ± 7E+01	2,3E+02 ± 7E+01	2,2E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,8E-02 ± 5E-03	2,3E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 7E+01	1,1E+04 ± 3E+02	1,1E+04 ± 3E+02	1,2E+04 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,3E-02 ± 3E-03	3,6E+01 ± 3E+00	7,5E+01 ± 5E+00	9,5E+01 ± 6E+00	2,6E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 9E+00	2,1E+02 ± 9E+00	4,6E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,14	0,32	0,39	0,41	0,46	poprečje	poprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,0	26,3	38,4	44,0	147,2	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K12ZN11T51	K12ZN11ABS1	K12ZN11CS1	K12ZN11DS1	K12ZN11ES1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,9E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00
Ra-226	7,1E+00 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,4E+01 ± 4E+00	1,9E+02 ± 4E+01	5,3E+01 ± 3E+01	5,6E+01 ± 2E+01	< 9E+01	8,7E+01 ± 2E+01	3,7E+01 ± 3E+01	3,7E+01 ± 3E+01
Ra-228	2,0E+00 ± 6E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01
Th-228	8,1E-01 ± 2E-01	3,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01
Th-230			8,2E+01 ± 6E+01	5,6E+01 ± 3E+01		5,2E+01 ± 2E+01	2,2E+01 ± 1E+01	2,2E+01 ± 1E+01
K-40	7,1E+02 ± 7E+01	4,1E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01
Be-7	2,4E+02 ± 1E+01	8,2E+00 ± 2E+00				2,0E+00 ± 6E-01	8,5E-01 ± 3E-01	8,5E-01 ± 3E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E+00 ± 1E-01	8,7E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 6E+00	9,0E+01 ± 5E+00	1,0E+01 ± 5E-01	9,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 1E+00	4,8E+01 ± 1E+00
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 9E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 1E-01	2,2E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 8E-02	1,8E+00 ± 8E-02	1,8E+00 ± 8E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 57b

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, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (lg/m ²)	0,2	27,8	38,4	42,6	140,1	108,8	+ trava	248,9
Oznaka vzorca	K12ZN11TA1	K12ZN11ABA1	K12ZN11CA1	K12ZN11DA1	K12ZN11EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		7,4E+02 ± 8E+01	1,0E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 9E+01	3,3E+03 ± 5E+02	2,8E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 2E+02	6,1E+03 ± 5E+02
Ra-226	1,1E+00 ± 7E-01	1,0E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	8,6E+03 ± 5E+02
Pb-210	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+03 ± 1E+02	< 2E+03	2,4E+03 ± 4E+02	5,5E+03 ± 2E+03	5,1E+03 ± 1E+03	5,2E+03 ± 1E+03	1,1E+04 ± 2E+03
Ra-228	7,5E-01 ± 1E-01	8,4E+02 ± 4E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,8E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 9E+01	3,2E+03 ± 9E+01	6,9E+03 ± 2E+02
Th-228	4,4E-01 ± 6E-02	8,2E+02 ± 4E+01	1,1E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,6E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 9E+01	3,2E+03 ± 9E+01	6,8E+03 ± 2E+02
Th-230				2,0E+03 ± 6E+02		2,0E+03 ± 6E+02	2,0E+03 ± 6E+02	2,0E+03 ± 6E+02
K-40	7,0E+01 ± 7E+00	1,1E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	4,5E+04 ± 4E+03	4,0E+04 ± 2E+03	4,0E+04 ± 2E+03	8,4E+04 ± 5E+03
Be-7	1,4E+02 ± 7E+00	3,3E+02 ± 5E+01				3,3E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	3,3E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,0E-01 ± 4E-02	1,9E+03 ± 9E+01	4,2E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02	9,4E+03 ± 3E+02	9,4E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,7E+01 ± 3E+00	7,4E+01 ± 5E+00	9,4E+01 ± 6E+00	2,3E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 9E+00	2,0E+02 ± 9E+00	4,3E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (lg)	0,17	0,34	0,37	0,43	0,45	0-15	0-30	
Kol. (lg/m ²)	0,2	27,8	38,4	42,6	140,1			
Oznaka vzorca	K12ZN11TA1	K12ZN11ABA1	K12ZN11CA1	K12ZN11DA1	K12ZN11EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,4E+00 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,3E+02 ± 7E+00	9,9E+01 ± 5E+00	< 5E+01	5,6E+01 ± 9E+00	3,9E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 8E+00	
Ra-228	3,5E+00 ± 6E-01	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-228	2,1E+00 ± 3E-01	3,0E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 8E-01	
Th-230				4,7E+01 ± 1E+01		1,8E+01 ± 5E+00	8,0E+00 ± 2E+00	
K-40	3,3E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	
Be-7	6,8E+02 ± 3E+01	1,2E+01 ± 2E+00				3,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,9E+00 ± 2E-01	6,8E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 6E+00	7,6E+01 ± 6E+00	1,4E+01 ± 7E-01	8,6E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,3E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 1E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 8E-02	1,7E+00 ± 9E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 58a

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	108,6	110,6	107,5	121,3	106,9	326,8	448,1	554,9
Oznaka vzorca	K12ZP13A51	K12ZP13B51	K12ZP13C51	K12ZP13D51	K12ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	4,0E+03 ± 5E+02	2,0E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 4E+02	3,5E+03 ± 5E+02	9,5E+03 ± 6E+02	1,3E+04 ± 7E+02	1,7E+04 ± 9E+02
Ra-226	4,7E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	5,1E+03 ± 5E+02	4,4E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,9E+04 ± 9E+02	2,3E+04 ± 1E+03
Pb-210	3,2E+03 ± 2E+03	4,9E+03 ± 4E+02	< 3E+03	3,7E+03 ± 3E+02	6,7E+03 ± 3E+03	8,2E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 4E+03
Ra-228	3,8E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 4E+02
Th-228	3,8E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 4E+02
Th-230				3,5E+03 ± 2E+03			3,5E+03 ± 2E+03	3,5E+03 ± 2E+03
K-40	4,8E+04 ± 5E+03	4,8E+04 ± 5E+03	4,6E+04 ± 4E+03	5,0E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 4E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,9E+05 ± 9E+03	2,4E+05 ± 1E+04
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 8E+01	5,8E+02 ± 3E+01	7,8E+01 ± 1E+01	5,4E+03 ± 2E+02	6,0E+03 ± 2E+02	6,1E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,48	0,48	0,51	0,47	0,48	0-40	0-50	
Kol. (kg/m ²)	108,6	110,6	107,5	121,3	106,9			
Oznaka vzorca	K12ZP13A51	K12ZP13B51	K12ZP13C51	K12ZP13D51	K12ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,7E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	
Pb-210	3,0E+01 ± 2E+01	4,5E+01 ± 4E+00	< 2E+01	3,1E+01 ± 3E+00	6,3E+01 ± 3E+01	2,7E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 7E+00	
Ra-228	3,5E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,6E+01 ± 8E-01	
Th-228	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,6E+01 ± 8E-01	
Th-230				2,9E+01 ± 2E+01		7,9E+00 ± 5E+00	6,4E+00 ± 4E+00	
K-40	4,4E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 9E-01	1,6E+01 ± 8E-01	4,8E+00 ± 3E-01	7,3E-01 ± 1E-01	1,3E+01 ± 5E-01	1,1E+01 ± 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.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2012 T - 58b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	99,6	108,0	114,7	115,6	112,0	222,8	338,3	450,4
Oznaka vzorca	K12ZP13AA1	K12ZP13BA1	K12ZP13CA1	K12ZP13DA1	K12ZP13EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	3,0E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 6E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,7E+04 ± 8E+02
Ra-226	4,3E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 5E+02	4,9E+03 ± 5E+02	4,8E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,8E+04 ± 9E+02	2,3E+04 ± 1E+03
Pb-210	4,1E+03 ± 2E+03	2,2E+03 ± 1E+03	4,1E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 2E+03	1,3E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03
Ra-228	3,6E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 5E+02
Th-228	3,5E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 5E+02
Th-230			4,9E+03 ± 2E+03	7,2E+03 ± 3E+03	2,0E+03 ± 1E+03	4,9E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 3E+03	1,4E+04 ± 3E+03
K-40	4,3E+04 ± 4E+03	4,5E+04 ± 4E+03	5,1E+04 ± 5E+03	5,6E+04 ± 5E+03	5,1E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,9E+05 ± 1E+04	2,5E+05 ± 1E+04
Be-7	3,9E+02 ± 1E+02					3,9E+02 ± 1E+02	3,9E+02 ± 1E+02	3,9E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+03 ± 9E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+02 ± 6E+01	3,6E+02 ± 2E+01	4,9E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje		Uteženo povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,49	0,52	0,50	0,49	0,46	0-40		0-50
Kol. (kg/m ²)	99,6	108,0	114,7	115,6	112,0			
Oznaka vzorca	K12ZP13AA1	K12ZP13BA1	K12ZP13CA1	K12ZP13DA1	K12ZP13EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,0E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	
Ra-226	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	
Pb-210	4,1E+01 ± 2E+01	2,0E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	
Ra-228	3,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-228	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-230			4,2E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 2E+01	1,8E+01 ± 1E+01	2,7E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 6E+00	
K-40	4,3E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	4,6E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	
Be-7	3,9E+00 ± 1E+00					9,0E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+01 ± 9E-01	1,7E+01 ± 8E-01	1,2E+01 ± 1E+00	1,4E+00 ± 5E-01	3,2E+00 ± 2E-01	1,2E+01 ± 4E-01	9,9E+00 ± 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2012 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 Urbina							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,1	48,0	50,4	47,6	145,4	146,0	+ trava	291,4
Oznaka vzorca	K12ZN2T51	K12ZN2AB51	K12ZN2C51	K12ZN2D51	K12ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		1,6E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 3E+02	7,6E+03 ± 5E+02
Ra-226	< 7E-01	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	4,9E+03 ± 5E+02	4,7E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	9,6E+03 ± 5E+02
Pb-210	5,6E-01 ± 2E-01	< 2E+03	< 2E+03	1,2E+03 ± 3E+02	4,2E+03 ± 4E+02	1,2E+03 ± 2E+03	1,2E+03 ± 2E+03	5,4E+03 ± 2E+03
Ra-228	1,4E-01 ± 7E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,6E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	7,1E+03 ± 2E+02
Th-228	3,9E-02 ± 2E-02	1,1E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,4E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	6,9E+03 ± 2E+02
Th-230			3,2E+03 ± 2E+03			3,2E+03 ± 2E+03	3,2E+03 ± 2E+03	3,2E+03 ± 2E+03
K-40	6,3E+01 ± 6E+00	1,5E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 1E+03	4,1E+04 ± 4E+03	4,7E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	8,7E+04 ± 5E+03
Be-7	7,7E+00 ± 4E-01						7,7E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-02 ± 2E-02	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 2E+01	6,0E+02 ± 8E+01	4,1E+02 ± 3E+01	4,1E+02 ± 3E+01	1,0E+03 ± 8E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,6E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 5E+00	< 4E+01	8,3E+01 ± 2E+01	5,6E+01 ± 2E+01	5,6E+01 ± 2E+01	1,4E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Kusova Urbina							
Datum vzor.	17. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,47	0,47	0,46	0,47	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,1	48,0	50,4	47,6	145,4	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K12ZN2T51	K12ZN2AB51	K12ZN2C51	K12ZN2D51	K12ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		3,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Ra-226	< 1E+01	3,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	
Pb-210	8,1E+00 ± 3E+00	< 5E+01	< 4E+01	2,5E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 3E+00	8,1E+00 ± 1E+01	1,8E+01 ± 6E+00	
Ra-228	2,0E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	
Th-228	5,6E-01 ± 3E-01	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	
Th-230			6,3E+01 ± 3E+01			2,2E+01 ± 1E+01	1,1E+01 ± 6E+00	
K-40	9,1E+02 ± 9E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,1E+02 ± 6E+00							
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,9E-01 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 5E-01	4,1E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,4E-01 ± 7E-02	6,0E-01 ± 9E-02	< 8E-01	5,7E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 1E-01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 59b

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.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	47,9	53,3	55,3	161,4	156,6	+ trava	318,0
Oznaka vzorca	K12ZN2TA1	K12ZN2ABA1	K12ZN2CA1	K12ZN2DA1	K12ZN2EA1			
IZOTOP								
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
U-238		1,2E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 4E+02	2,6E+03 ± 6E+02	3,9E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 4E+02	6,5E+03 ± 8E+02
Ra-226		1,9E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 1E+02	5,3E+03 ± 5E+02	6,1E+03 ± 3E+02	6,1E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	1,3E+01 ± 2E+00	2,2E+03 ± 8E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02	< 7E+03	6,1E+03 ± 8E+02	6,1E+03 ± 8E+02	6,1E+03 ± 4E+03
Ra-228	4,1E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 7E+01	1,5E+03 ± 8E+01	1,5E+03 ± 8E+01	3,6E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	8,0E+03 ± 2E+02
Th-228	1,0E-01 ± 6E-02	1,3E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 8E+01	1,5E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	8,0E+03 ± 2E+02
Th-230			1,1E+03 ± 8E+02	2,2E+03 ± 9E+02	1,1E+04 ± 6E+03	3,3E+03 ± 1E+03	3,3E+03 ± 1E+03	1,4E+04 ± 6E+03
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,6E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 1E+03	4,7E+04 ± 5E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,3E+04 ± 3E+03	1,0E+05 ± 5E+03
Be-7	7,6E+01 ± 4E+00	3,8E+02 ± 5E+01				3,8E+02 ± 5E+01	4,6E+02 ± 5E+01	3,8E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-01 ± 2E-02	3,0E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 1E+01	6,8E+02 ± 3E+01	9,0E+02 ± 3E+01	9,0E+02 ± 3E+01	1,6E+03 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 5E+00	7,6E+01 ± 1E+01	9,4E+01 ± 8E+00	9,4E+01 ± 8E+00	1,7E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje		Uteženo povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,19	0,49	0,47	0,52	0,52	0-15		0-30
Kol. (kg/m ²)	0,2	47,9	53,3	55,3	161,4			
Oznaka vzorca	K12ZN2TA1	K12ZN2ABA1	K12ZN2CA1	K12ZN2DA1	K12ZN2EA1			
IZOTOP								
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								
U-238		2,5E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 7E+00	1,6E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	
Ra-226		3,9E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Pb-210	6,2E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 2E+01	3,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	< 4E+01	3,9E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 1E+01	
Ra-228	2,0E+00 ± 6E-01	2,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 7E-01	
Th-228	4,9E-01 ± 3E-01	2,7E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 7E-01	
Th-230			2,0E+01 ± 1E+01	4,0E+01 ± 2E+01	6,5E+01 ± 3E+01	2,1E+01 ± 8E+00	4,3E+01 ± 2E+01	
K-40	4,9E+02 ± 5E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	
Be-7	3,7E+02 ± 2E+01	7,9E+00 ± 1E+00				2,4E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,7E-01 ± 1E-01	6,4E+00 ± 4E-01	5,9E+00 ± 3E-01	5,1E+00 ± 3E-01	4,2E+00 ± 2E-01	5,8E+00 ± 2E-01	5,0E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,9E-01 ± 8E-02	6,6E-01 ± 9E-02	5,6E-01 ± 9E-02	4,7E-01 ± 7E-02	6,0E-01 ± 5E-02	5,4E-01 ± 4E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 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							
Datum vzor.	18. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,1	38,1	48,2	55,8	188,9	142,1	+ trava	331,0
Oznaka vzorca	K12ZN3T51	K12ZN3AB51	K12ZN3C51	K12ZN3D51	K12ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		9,3E+02 ± 1E+02	2,2E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	5,3E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 4E+02	5,3E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 7E+02
Ra-226		1,5E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	7,1E+03 ± 7E+02	6,4E+03 ± 4E+02	6,4E+03 ± 4E+02	1,3E+04 ± 8E+02
Pb-210	3,1E+00 ± 5E-01	< 2E+03	4,9E+03 ± 3E+03	3,5E+03 ± 1E+03	5,7E+03 ± 6E+02	8,4E+03 ± 4E+03	8,4E+03 ± 4E+03	1,4E+04 ± 4E+03
Ra-228	1,1E-01 ± 5E-02	1,1E+03 ± 6E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,6E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-228	3,6E-02 ± 2E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,6E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-230			4,5E+03 ± 3E+03		< 4E+04	4,5E+03 ± 3E+03	4,5E+03 ± 3E+03	4,5E+03 ± 2E+04
K-40	6,0E+01 ± 6E+00	1,5E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	6,9E+04 ± 7E+03	5,5E+04 ± 3E+03	5,5E+04 ± 3E+03	1,2E+05 ± 7E+03
Be-7	1,7E+01 ± 8E-01						1,7E+01 ± 8E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		7,3E+02 ± 4E+01	1,4E+03 ± 8E+01	2,4E+03 ± 1E+02	3,0E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 2E+02	7,5E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,4E+01 ± 3E+00	6,7E+01 ± 5E+00	6,6E+01 ± 5E+00	2,6E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 8E+00	1,7E+02 ± 8E+00	4,2E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	18. 5. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,21	0,40	0,42	0,46	0,49	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,1	38,1	48,2	55,8	188,9	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K12ZN3T51	K12ZN3AB51	K12ZN3C51	K12ZN3D51	K12ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,4E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	
Ra-226		4,0E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+00	
Pb-210	3,1E+01 ± 5E+00	< 5E+01	1,0E+02 ± 7E+01	6,3E+01 ± 2E+01	3,0E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+01	4,2E+01 ± 1E+01	
Ra-228	1,1E+00 ± 5E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 9E-01	
Th-228	3,6E-01 ± 2E-01	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	
Th-230			9,3E+01 ± 5E+01		< 2E+02	3,2E+01 ± 2E+01	1,4E+01 ± 7E+01	
K-40	6,1E+02 ± 6E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,7E+02 ± 8E+00							
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,9E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	8,9E-01 ± 9E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 9E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 6E-02	1,3E+00 ± 8E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 60b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	40,3	51,0	59,3	184,2	150,6	+ trava	334,8
Oznaka vzorca	K12ZN3TA1	K12ZN3ABA1	K12ZN3CA1	K12ZN3DA1	K12ZN3EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	1,0E+00 ± 6E-01	1,0E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 5E+02	4,0E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 4E+02	8,2E+03 ± 6E+02
Ra-226	9,5E-01 ± 5E-01	1,6E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	5,9E+03 ± 1E+03	6,3E+03 ± 3E+02	6,3E+03 ± 3E+02	1,2E+04 ± 1E+03
Pb-210	2,0E+01 ± 1E+00	3,2E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 2E+02	< 2E+03	4,9E+03 ± 5E+02	6,0E+03 ± 1E+03	6,0E+03 ± 1E+03	1,1E+04 ± 2E+03
Ra-228	4,0E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 9E+01	4,8E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	9,4E+03 ± 3E+02
Th-228	2,2E-01 ± 6E-02	1,3E+03 ± 6E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 9E+01	5,0E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	9,5E+03 ± 3E+02
Th-230		1,1E+03 ± 6E+02			< 7E+04	1,1E+03 ± 6E+02	1,1E+03 ± 6E+02	1,1E+03 ± 4E+04
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,7E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	2,2E+04 ± 2E+03	6,4E+04 ± 6E+03	5,7E+04 ± 3E+03	5,7E+04 ± 3E+03	1,2E+05 ± 7E+03
Be-7	1,2E+02 ± 6E+00	4,5E+02 ± 7E+01				4,5E+02 ± 7E+01	5,7E+02 ± 7E+01	4,5E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-01 ± 3E-02	9,3E+02 ± 7E+01	1,7E+03 ± 8E+01	2,3E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 2E+02	4,9E+03 ± 2E+02	6,7E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,6E-01 ± 1E-02	3,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 5E+00	7,5E+01 ± 8E+00	2,2E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	4. 10. 2012							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,19	0,41	0,45	0,51	0,53	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,2	40,3	51,0	59,3	184,2	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K12ZN3TA1	K12ZN3ABA1	K12ZN3CA1	K12ZN3DA1	K12ZN3EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	5,4E+00 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,0E+00 ± 2E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 3E+00	
Pb-210	1,1E+02 ± 5E+00	8,0E+01 ± 5E+00	5,4E+01 ± 5E+00	< 4E+01	2,6E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 5E+00	
Ra-228	2,1E+00 ± 7E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-228	1,2E+00 ± 3E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-230		2,8E+01 ± 2E+01			< 4E+02	7,5E+00 ± 4E+00	3,4E+00 ± 1E+02	
K-40	5,3E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	
Be-7	6,4E+02 ± 3E+01	1,1E+01 ± 2E+00				3,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,7E-01 ± 2E-01	2,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 6E-01	3,2E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,3E-01 ± 5E-02	9,6E-01 ± 8E-02	9,7E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 7E-02	1,1E+00 ± 9E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO, PERUTNINA, JAJCA

LETO 2012 T - 61 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,34	5,30	5,31	5,37	5,40	4,89	
Oznaka vzorca	MLPE0112	MLPE0212	MLPE0312	MLPE0412	MLPE0512	MLPE0612	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,0E-01 ± 4E-02		4,4E-02 ± 4E-02	7,2E-02 ± 4E-02			3,6E-02 ± 2E-02
Ra-226	4,5E-02 ± 5E-03	1,1E-02 ± 3E-03			5,3E-02 ± 1E-02		1,8E-02 ± 1E-02
Pb-210		< 5E-02				< 1E-01	< 2E-02
Ra-228			4,7E-02 ± 3E-02	3,2E-02 ± 2E-02		4,4E-02 ± 2E-02	2,1E-02 ± 9E-03
Th-228	5,1E-02 ± 1E-02		1,7E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 2E-02	2,2E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 7E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,1E-02 ± 5E-03	4,2E-02 ± 3E-03	4,6E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 4E-03	3,8E-02 ± 7E-03	3,7E-02 ± 4E-04	3,8E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E-02 ± 4E-03	3,5E-02 ± 5E-03	3,0E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 4E-03	2,0E-02 ± 5E-03	1,0E-02 ± 4E-03	2,3E-02 ± 4E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 61 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,42	5,37	5,43	5,33	5,31	5,37	
Oznaka vzorca	MLPE0712	MLPE0812	MLPE0912	MLPE1012	MLPE1112	MLPE1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,3E-01 ± 4E-02	8,0E-02 ± 6E-02	1,8E+00 ± 3E-01				1,9E-01 ± 1E-01
Ra-226	9,4E-03 ± 5E-03	1,2E-02 ± 4E-03	9,8E-02 ± 8E-03				1,9E-02 ± 9E-03
Pb-210	5,3E-02 ± 4E-02		8,9E-01 ± 7E-02		< 1E-01	< 6E-02	7,9E-02 ± 7E-02
Ra-228	2,7E-02 ± 1E-02		1,5E-01 ± 1E-02				2,5E-02 ± 1E-02
Th-228	1,3E-02 ± 1E-02		5,2E-02 ± 1E-02				1,8E-02 ± 6E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,5E-02 ± 3E-03	3,0E-02 ± 3E-03	4,0E-02 ± 5E-03	2,9E-02 ± 4E-03	3,9E-02 ± 5E-03	2,3E-02 ± 4E-03	3,5E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,6E-02 ± 4E-03	7,1E-03 ± 5E-03	3,7E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 4E-03	2,1E-02 ± 4E-03	1,2E-02 ± 3E-03	2,1E-02 ± 3E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Datum vzor.	5,23	5,25	5,12	5,35	5,24	5,09	
Kol. vzorca (lg)	MLVH0112	MLVH0212	MLVH0312	MLVH0412	MLVH0512	MLVH0612	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	5,9E-02 ± 4E-02	5,7E-02 ± 3E-02		6,6E-02 ± 6E-02		3,9E-02 ± 2E-02	3,7E-02 ± 1E-02
Ra-226	3,7E-02 ± 5E-03			9,5E-02 ± 8E-02		2,8E-02 ± 1E-02	2,7E-02 ± 2E-02
Pb-210		< 6E-02		9,2E-02 ± 8E-02	< 6E-02		1,5E-02 ± 2E-02
Ra-228	2,4E-02 ± 1E-02					2,3E-02 ± 7E-03	7,8E-03 ± 5E-03
Th-228		1,4E-02 ± 7E-03		3,4E-02 ± 1E-02		1,4E-02 ± 6E-03	1,0E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	4,3E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,1E-03 ± 2E-03	1,6E-02 ± 2E-03	< 5E-02	< 3E-02	1,3E-02 ± 4E-03	1,6E-02 ± 3E-03	8,9E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E-02 ± 4E-03	3,4E-02 ± 4E-03	1,7E-02 ± 4E-03	1,1E-02 ± 4E-03	2,6E-02 ± 4E-03	1,0E-02 ± 4E-03	2,1E-02 ± 4E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Datum vzor.	5,09	5,22	5,16	5,10	5,24	5,31	
Kol. vzorca (lg)	MLVH0712	MLVH0812	MLVH0912	MLVH1012	MLVH1112	MLVH1212	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	3,2E-02 ± 2E-02		1,3E+00 ± 2E-01	1,5E-01 ± 6E-02			1,4E-01 ± 1E-01
Ra-226		7,2E-02 ± 6E-03	9,5E-02 ± 8E-03		1,6E-01 ± 5E-03	3,1E-02 ± 7E-03	4,3E-02 ± 1E-02
Pb-210			8,2E-01 ± 8E-02	6,2E-02 ± 5E-02			8,1E-02 ± 7E-02
Ra-228			1,4E-01 ± 2E-02			3,0E-02 ± 2E-02	1,8E-02 ± 1E-02
Th-228	1,1E-02 ± 6E-03	2,3E-02 ± 1E-02	9,3E-02 ± 2E-02		7,4E-03 ± 5E-03		1,6E-02 ± 8E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,0E-02 ± 3E-03	8,5E-03 ± 6E-03	1,7E-01 ± 5E-03	< 4E-02	8,7E-03 ± 2E-03	1,0E-02 ± 3E-03	2,3E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E-02 ± 4E-03	1,5E-02 ± 5E-03	1,4E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 3E-03	1,8E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Breg						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,31	4,83	5,17	5,39	5,28	5,03	
Oznaka vzorca	MLBG0112	MLBG0212	MLBG0312	MLBG0412	MLBG0512	MLBG0612	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238				9,3E-02 ± 6E-02	1,0E-01 ± 4E-02	4,5E-02 ± 4E-02	4,0E-02 ± 2E-02
Ra-226	1,9E-02 ± 7E-03	5,5E-03 ± 4E-03					4,1E-03 ± 3E-03
Pb-210	< 1E-01	< 5E-02	< 4E-01		< 4E-02		< 6E-02
Ra-228	2,2E-02 ± 1E-02						3,7E-03 ± 4E-03
Th-228	1,6E-02 ± 1E-02		1,9E-02 ± 1E-02		2,0E-01 ± 1E-02		3,9E-02 ± 3E-02
Th-230							
K-40	4,6E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,3E-02 ± 5E-03	5,1E-02 ± 4E-03	3,9E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 5E-03	2,6E-02 ± 4E-03	< 4E-02	3,7E-02 ± 9E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,8E-02 ± 4E-03	2,5E-02 ± 4E-03	1,0E-02 ± 3E-03	1,4E-02 ± 3E-03	3,1E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 4E-03	2,0E-02 ± 3E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Breg						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,15	5,28	4,84	5,00	5,14	5,12	
Oznaka vzorca	MLBG0712	MLBG0812	MLBG0912	MLBG1012	MLBG1112	MLBG1212	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,4E+00 ± 2E-01	1,7E-01 ± 7E-02		2,2E-01 ± 7E-02		8,9E-02 ± 3E-02	1,8E-01 ± 1E-01
Ra-226	7,2E-02 ± 5E-03				2,9E-01 ± 1E-02		3,2E-02 ± 2E-02
Pb-210	9,0E-01 ± 7E-02	< 1E-01		< 9E-01			7,5E-02 ± 8E-02
Ra-228	1,3E-01 ± 1E-01			4,0E-02 ± 2E-02			1,6E-02 ± 1E-02
Th-228	5,8E-02 ± 9E-03			4,2E-02 ± 2E-02			2,8E-02 ± 2E-02
Th-230							
K-40	4,0E+01 ± 1E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,3E-02 ± 3E-03	3,1E-02 ± 6E-03	< 3E-02	2,3E-02 ± 4E-03	4,7E-02 ± 5E-03	1,4E-02 ± 3E-03	3,2E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E-02 ± 3E-03	2,4E-02 ± 5E-03	1,7E-02 ± 5E-03	1,4E-02 ± 4E-03	1,6E-02 ± 4E-03	1,9E-02 ± 4E-03	1,9E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 64
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčevanja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		SPECIFIČNA AKTIVNOST I-131 [Bq/L]		
15. 5. 2012	16. 5. 2012	< 5,01E-3	< 5,64E-3	< 5,96E-3
1. 6. 2012	1. 6. 2012	< 4,89E-3	< 5,28E-3	< 5,49E-3
19. 6. 2012	20. 6. 2012	< 6,31E-3	< 5,50E-3	< 5,96E-3
2. 7. 2012	3. 7. 2012	< 6,63E-3	< 5,79E-3	< 6,89E-3
1. 8. 2012	2. 8. 2012	< 7,16E-3	< 5,94E-3	< 7,54E-3
13. 8. 2012	14. 8. 2012	< 7,16E-3	< 6,04E-3	< 6,75E-3
3. 9. 2012	4. 9. 2012	< 7,28E-3	< 6,26E-3	< 7,29E-3
1. 10. 2012	2. 10. 2012	< 7,72E-3	< 6,38E-3	< 6,91E-3

LETO 2012 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	17. 9. 2012	17. 9. 2012	17. 9. 2012	17. 9. 2012	
Kol. vzorca (kg)	0,62	0,62	0,66	0,60	
Odstoteksuhe snovi	16,80	15,10	10,10	17,00	
Oznaka vzorca	K12HSJB191	K12HSJB291	K12HSJB591	K12HSJB891	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238		2,9E-01 ± 2E-01	< 3E-01	< 2E-01	7,2E-02 ± 7E-02
Ra-226		< 1E-01	< 7E-02	5,5E-02 ± 3E-02	1,4E-02 ± 3E-02
Pb-210	< 4E-01	< 4E-01	< 2E-01	2,3E-01 ± 6E-02	5,9E-02 ± 9E-02
Ra-228			5,6E-02 ± 3E-02		1,4E-02 ± 1E-02
Th-228	< 5E-02	2,4E-02 ± 2E-02	< 2E-02	1,0E-02 ± 6E-03	8,6E-03 ± 1E-02
Th-230					
K-40	4,4E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 2E+00
Be-7	6,6E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 6E-02	6,5E-01 ± 8E-02	5,2E-01 ± 8E-02
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E-02	< 3E-02		7,5E-03 ± 4E-03	1,9E-03 ± 5E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	8,4E-03 ± 2E-03	9,1E-03 ± 2E-03	5,1E-03 ± 1E-03	1,2E-02 ± 2E-03	8,6E-03 ± 1E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško	
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovla	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	17. 9. 2012	17. 9. 2012	
Kol. vzorca (lg)	0,67	0,71	
Odstoteksuhe snovi	18,90	18,70	
Oznaka vzorca	K12HSHR191	K12HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238		< 5E-01	< 1E-01
Ra-226	< 2E-01	< 2E-01	< 9E-02
Pb-210	5,6E-01 ± 3E-01	7,2E-01 ± 4E-01	6,4E-01 ± 3E-01
Ra-228	< 1E-01	6,6E-02 ± 5E-02	3,3E-02 ± 4E-02
Th-228	2,0E-02 ± 1E-02	< 5E-02	9,9E-03 ± 2E-02
Th-230			
K-40	5,6E+01 ± 5E+00	6,0E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 4E+00
Be-7	1,8E+00 ± 2E-01	6,5E-01 ± 9E-02	1,2E+00 ± 6E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	3,0E-02 ± 2E-02		1,5E-02 ± 1E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,5E-02 ± 2E-03	2,6E-02 ± 2E-03	2,5E-02 ± 1E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Zgornja Pohanca	Spodnji Stari Grad	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	22. 5. 2012	4. 6. 2012	
Kol. vzorca (lg)	0,29	0,24	
Odstoteksuhe snovi	7,00	4,70	
Oznaka vzorca	K12HSJG2251	K12HSJG451	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238		< 1E-01	< 5E-02
Ra-226		5,0E-02 ± 3E-02	2,5E-02 ± 3E-02
Pb-210	< 2E-01	< 6E-02	< 7E-02
Ra-228	2,5E-02 ± 2E-02		1,2E-02 ± 1E-02
Th-228	< 4E-02	5,8E-03 ± 4E-03	2,9E-03 ± 1E-02
Th-230			
K-40	3,1E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Be-7		1,3E-01 ± 3E-02	6,4E-02 ± 6E-02
I-131			
Cs-134			
Cs-137		1,0E-02 ± 6E-03	5,2E-03 ± 5E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	3,2E-02 ± 2E-03	4,1E-02 ± 2E-03	3,6E-02 ± 5E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo vino ter bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Vinska klet Leskovec	Vinska klet Leskovec	Pečice
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Vino - belo	Bezeg
Datum vzor.	14. 11. 2012	14. 11. 2012	26. 7. 2012
Kol. vzorca (kg)	0,17	0,23	0,24
Odstoteksuhe snovi	2,10	2,60	19,00
Oznaka vzorca	K12HSV11B1	K12HSV12B1	K12HSBZ171
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 8E-02	< 1E-01	5,2E-01 ± 3E-01
Ra-226	< 4E-02	< 7E-02	9,0E-01 ± 3E-01
Pb-210	1,2E-01 ± 5E-02	6,9E-02 ± 4E-02	1,2E+00 ± 3E-01
Ra-228	< 2E-02		1,0E-01 ± 6E-02
Th-228	< 7E-03	< 3E-02	< 6E-02
Th-230			
K-40	3,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7	1,7E-01 ± 3E-02	1,7E-01 ± 2E-02	1,2E+01 ± 6E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	1,1E-02 ± 3E-03	6,2E-03 ± 2E-03	
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,9E-02 ± 2E-03	1,0E-02 ± 1E-03	1,7E-01 ± 1E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2012 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, redkvice, krompir, čebula

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Pesje	Vihre	Vrbina
Vrsta vzorca	solata	redkvice	krompir	čebula
Datum vzor.	19. 6. 2012	19. 6. 2012	19. 6. 2012	19. 6. 2012
Oznaka vzorca	SZNEK010612	SZNEK020612	SZNEK030612	SZNEK040612
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,8E-01 ± 5E-02	4,4E-01 ± 1E-01	8,9E-02 ± 6E-02	1,4E-01 ± 7E-02
Ra-226	8,5E-02 ± 8E-03	7,2E-02 ± 1E-02	3,0E-02 ± 1E-02	4,5E-02 ± 1E-02
Pb-210	2,9E-01 ± 8E-02	< 2E-01		< 2E-01
Ra-228	9,9E-02 ± 1E-02	5,6E-02 ± 4E-02		
Th-228	1,1E-01 ± 1E-02	3,8E-02 ± 3E-02	3,0E-02 ± 2E-02	
Th-230				
K-40	1,1E+02 ± 5E+00	1,1E+02 ± 3E+00	1,1E+02 ± 6E+00	6,7E+01 ± 4E+00
Be-7	5,3E+00 ± 2E-01	3,8E-01 ± 7E-02	3,6E-01 ± 7E-02	1,0E+00 ± 9E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,4E-02 ± 4E-03	2,1E-02 ± 5E-03	< 3E-02	< 7E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	9,5E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 1E-02	< 9E-03	2,0E-01 ± 2E-02

LETO 2012 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – blitva, peteršilj, paradižnik, paprika

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Žadovinek	Spodnji Stari Grad	Spodnji Stari Grad	Brege
Vrsta vzorca	blitva	peteršilj	paradižnik	paprila
Datum vzor.	28. 7. 2012	28. 7. 2012	28. 7. 2012	28. 7. 2012
Oznaka vzorca	SZNEK050712	SZNEK060712	SZNEK070712	SZNEK080712
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	2,7E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	3,7E-02 ± 2E-02
Ra-226	6,9E-02 ± 2E-02	1,9E-01 ± 2E-02	6,7E-02 ± 1E-02	8,3E-03 ± 5E-03
Pb-210	8,2E-01 ± 1E-01	2,3E+00 ± 2E-01	< 1E-01	
Ra-228	1,6E-01 ± 3E-02	2,7E-01 ± 3E-02		
Th-228	8,7E-02 ± 3E-02	2,7E-01 ± 3E-02	6,9E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 1E-02
Th-230				
K-40	1,6E+02 ± 4E+00	1,3E+02 ± 9E+00	6,7E+01 ± 3E+00	5,5E+01 ± 3E+00
Be-7	9,0E+00 ± 3E-01	2,5E+01 ± 8E-01		
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,5E-02 ± 1E-02	4,5E-02 ± 7E-03	< 5E-02	< 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,8E-01 ± 2E-02	2,6E-01 ± 2E-02	< 9E-03	< 1E-02

LETO 2012 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – melancani, rdeča pesa, pšenica, repa

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Trnje	Trnje	Trnje
Vrsta vzorca	melancani	rdeča pesa	pšenica	repa
Datum vzor.	28. 7. 2012	28. 7. 2012	22. 9. 2012	22. 9. 2012
Oznaka vzorca	SZNEK100712	SZNEK090712	SZNEK110912	SZNEK120912
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,6E-01 ± 5E-02	< 5E-01		
Ra-226	1,5E-02 ± 6E-03		6,2E-02 ± 1E-02	
Pb-210	< 7E-02	< 6E-01	1,4E-01 ± 9E-02	
Ra-228	4,2E-02 ± 2E-02	7,9E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 3E-02	5,9E-02 ± 3E-02
Th-228	1,5E-02 ± 1E-02	3,7E-02 ± 1E-02		3,2E-02 ± 2E-02
Th-230				
K-40	6,7E+01 ± 4E+00	1,3E+02 ± 6E+00	1,4E+02 ± 8E+00	9,8E+01 ± 5E+00
Be-7		1,1E+00 ± 8E-02	6,5E-01 ± 7E-02	6,2E-01 ± 7E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-02	3,6E-02 ± 7E-03	1,2E-01 ± 9E-03	< 7E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	< 1E-02	2,8E-02 ± 2E-02	9,8E-02 ± 2E-02	6,1E-01 ± 4E-02

LETO 2012 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE –koleraba, ječmen, feferoni, zelje

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre	Vihre	Brege	Brege
Vrsta vzorca	koleraba	ječmen	feferoni	zelje
Datum vzor.	22. 9. 2012	22. 9. 2012	22. 9. 2012	22. 9. 2012
Oznaka vzorca	SZNEK130912	SZNEK140912	SZNEK150912	SZNEK160912
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,5E+00 ± 2E-01		2,3E+00 ± 3E-01	1,2E-01 ± 4E-02
Ra-226	1,3E-01 ± 8E-03		1,2E-01 ± 9E-03	
Pb-210	1,3E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	4,8E-02 ± 4E-02
Ra-228	2,3E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 9E-02	2,2E-01 ± 2E-02	3,2E-02 ± 2E-02
Th-228	1,1E-01 ± 2E-02		1,2E-01 ± 2E-02	1,7E-02 ± 8E-03
Th-230				
K-40	8,7E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 8E+00	6,4E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 3E+00
Be-7		5,3E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 8E-02	3,4E-02 ± 1E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,1E-02 ± 5E-03	< 2E-01	< 5E-02	1,4E-02 ± 2E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	3,4E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 3E-02	1,4E-02 ± 7E-03	1,4E-01 ± 1E-02

LETO 2012 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – koruza, črna redkev, korenje, brokoli

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Pesje	Žadovinek	Vrbina
Vrsta vzorca	koruza	črna redkev	korenje	brokoli
Datum vzor.	22. 9. 2012	22. 9. 2012	22. 9. 2012	22. 9. 2012
Oznaka vzorca	SZNEK170912	SZNEK180912	SZNEK190912	SZNEK200912
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,5E-01 ± 8E-02	2,0E+00 ± 2E-01	3,7E-01 ± 8E-02	1,6E-01 ± 7E-02
Ra-226	3,1E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 9E-03	1,2E-01 ± 1E-02	
Pb-210		1,3E+00 ± 1E-01	< 2E-01	1,5E-01 ± 1E-01
Ra-228		2,4E-01 ± 2E-02	3,0E-01 ± 3E-02	
Th-228		1,5E-01 ± 2E-02	4,5E-02 ± 3E-02	2,3E-02 ± 2E-02
Th-230				
K-40	1,2E+02 ± 7E+00	1,2E+02 ± 3E+00	1,2E+02 ± 6E+00	1,1E+02 ± 5E+00
Be-7				1,1E+00 ± 6E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,8E-02 ± 1E-02	< 5E-02	1,7E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 5E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	< 2E-02	3,7E-01 ± 3E-02	4,2E-01 ± 3E-02	4,0E-01 ± 3E-02

LETO 2012 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		Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	22. 2. 2012	19. 3. 2012		22. 2. 2012
Kol. vzorca (kg)	0,25	0,28		0,26
Odstoteksuhne snovi	23,00	25,00		26,60
Oznaka vzorca	K12HJ131	K12HJ331		K12HMK131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 4E-01		< 1E-01	
Ra-226	< 4E-01	7,6E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 4E-01	< 5E-01
Pb-210		< 9E-01	< 3E-01	< 9E-01
Ra-228	1,1E-01 ± 4E-02	9,9E-02 ± 4E-02	1,0E-01 ± 3E-02	
Th-228	5,1E-02 ± 3E-02	8,1E-02 ± 5E-02	6,6E-02 ± 3E-02	< 7E-02
Th-230				
K-40	3,8E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	9,3E+01 ± 9E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137				8,3E-02 ± 5E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 2E-02	3,3E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 2E-02	< 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

LETO 2012 T - 75
13. HRANILA – SVINJSKO IN GOVEJE MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Brege		Pleterje pri Zdolah	Brege
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	22. 2. 2012	1. 3. 2012		1. 6. 2012	1. 3. 2012
Kol. vzorca (kg)	0,50	0,43		0,37	0,21
Odstoteksuhne snovi	29,80	27,60		28,50	30,50
Oznaka vzorca	K12HMS131	K12HMS231		K12HMG461	K12HMD131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238	< 1E+00		< 3E-01	5,0E-01 ± 4E-01	
Ra-226	< 1E+00	< 4E-01	< 4E-01		4,8E-01 ± 2E-01
Pb-210	< 8E-01	< 7E-01	< 3E-01	< 8E-01	< 1E+00
Ra-228		< 2E-01	< 7E-02		
Th-228	< 1E-01	7,8E-02 ± 5E-02	3,9E-02 ± 5E-02	< 1E-01	9,7E-02 ± 4E-02
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	9,9E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 1E+01	9,0E+01 ± 9E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,8E-01 ± 3E-02	7,7E-02 ± 2E-02	1,3E-01 ± 5E-02	9,4E-02 ± 2E-02	6,1E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,5E-02 ± 3E-03	< 1E-02	7,5E-03 ± 7E-03	< 2E-02	< 3E-02

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

**TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV**

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2011
NPL – Velika Britanija
(B1, B2, GL – kontaminirane vodne raztopine in
S – kontrolirano kontaminiran trdni vzorec - pesek)**

V juliju 2012 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2011" [NPL REPORT IR 27, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2011, C. Gilligan and A. Harms, julij 2012], kjer sta sodelovala IJS Odsek O-2 (koda laboratorija 106), pri meritvah vzorcev B1 in B2 ter ZVD (koda laboratorija 114) pri meritvi vzorcev vod z oznakama B2, GL in vzorca peska S (SiO₂). Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$\text{odmik} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot 100 \% / \text{NPL vrednost}$$

$$\zeta\text{-preskus} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot [(\text{IJS negotovost})^2 + (\text{NPL negotovost})^2]^{1/2}$$

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra do decembra 2011</i> končno poročilo objavljeno <i>julija 2012</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
H-3	1,493 ± 0,020	1,51 ± 0,10	1,3	0,22
C-14	0,807 ± 0,014	0,768 ± 0,046	-4,9	-0,88

NPL – B2 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra do decembra 2011</i> , končno poročilo objavljeno <i>julija 2012</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
H-3	0,3429 ± 0,0048	0,343 ± 0,038	0,0	0,00
Sr-90	1,613 ± 0,008	1,55 ± 0,16	-3,9	-0,67

REZULTATI ZVD

NPL – B2 / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina analize ZVD opravljene <i>od septembra do decembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2012</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
Sr-90	1,613 ± 0,008	2,11 ± 0,24	30,8	5,29

NPL – GL / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize ZVD opravljene <i>od septembra do decembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2012</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/kg)			
Be-7	17,7 ± 0,6	16,9 ± 4,8	-4,6	-0,78
Na-22	11,74 ± 0,26	11,5 ± 1,4	-2,1	-0,35
K-40	16,9 ± 1,6	14,9 ± 3,6	-11,6	-2,00
Co-57	2,352 ± 0,032	2,4 ± 0,6	2,5	0,42
Fe-59	10,85 ± 0,22	10,4 ± 1,6	-4,6	-0,79
Zr-95	5,88 ± 0,10	5,3 ± 1,0	-9,5	-1,63
Nb-95	12,96 ± 0,22	13,7 ± 4,6	5,5	0,94
Cs-134	6,28 ± 0,20	6,0 ± 0,8	-3,7	-0,63

NPL – S / Lab Code 114 kontrolirano kontaminiran pesek analize ZVD opravljene <i>od septembra do decembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2012</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
Co-60	9,1 ± 0,8	9,7 ± 1,0	6,6	1,14
Cs-137	9,5 ± 0,8	10,3 ± 0,6	9,0	1,54
U-234	7,8 ± 1,0	8,4 ± 4,6	8,5	1,46
U-235	0,368 ± 0,030	0,40 ± 0,08	8,7	1,50
U-238	7,9 ± 1,0	8,4 ± 1,8	7,2	1,23
Am-241	6,8 ± 0,8	7,98 ± 0,48	17,4	3,00

**PRELIMINARNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2012
NPL – Velika Britanija
(GL – kontaminirana vodna raztopina)**

V februarju 2013 smo prejeli preliminarno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2012" [NPL REPORT DRAFT ONLY, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2011, J. Dean, S. Collins and G. Ham, februar 2013], kjer je sodeloval IJS Odsek F-2 (koda laboratorija 21), pri meritvi vzorca GL. Preliminarni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednji preglednici. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$\text{odmik} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot 100 \% / \text{NPL vrednost}$$

$$\zeta\text{-preskus} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot [(\text{IJS negotovost})^2 + (\text{NPL negotovost})^2]^{1/2}$$

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS, Odsek F-2:

NPL – GL / Lab Code 114				
kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti				
analize IJS opravljene <i>novembra 2012</i> ,				
preliminarni rezultati objavljeni <i>februarja 2013</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/kg)			
Co-60	17,68 ± 0,08	17,5 ± 0,6	-1,0	-0,30
Cs-134	2,190 ± 0,017	2,16 ± 0,07	-1,4	-0,23
Cs-137	4,12 ± 0,04	4,25 ± 0,13	3,1	0,53
K-40	16,4 ± 0,8	16,4 ± 0,8	0,0	0,00
Pb-210	19,46 ± 0,22	21,6 ± 0,9	11,0	2,30

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-17 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V decembru 2012 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-17 [Study MRAD-17, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 12/12/12, ERA Customer Number: R460987 (za IRB) in Z495414 (za ZVD), Arvada, ZDA, december 2012] petih vzorcev (vzorec vegetacije, zemlje in trije vzorci vode, od katerih je bil eden za določitev tritija, eden za celotne sevalce alfa in beta in eden za druge radionuklide), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2012. Sodelovala sta IRB in ZVD, pri čemer je IRB poročal rezultate za vseh pet vzorcev, ZVD pa za vzorce zemlje, vegetacije in zračnega filtra.

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 5 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-17 Soil Radionuclides					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Ac-228	1240	795–1720	1410	Acceptable	1,03
Am-241	728	426–946	782	Acceptable	0,353
Bi-214	1290	777–1860	1150	Acceptable	–0,298
Cs-134	1980	1290–2380	2056	Acceptable	0,722
Cs-137	3470	2660–4460	3666	Acceptable	0,153
Co-60	4310	2910–5930	4575	Acceptable	0,200
K-40	12300	8980–16500	11213	Acceptable	0,415
Sr-90	6860	2620–10800	6878	Acceptable	0,190
Th-234	3420	1080–6430	2858	Acceptable	–1,03
U-238	3420	2120–4340	3280	Acceptable	–0,644
Zn-65	2880	2290–3830	3083	Acceptable	–0,321

ERA, Study MRAD-17 Water Tritium					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
H-3	18700	12500–26700	19579	Acceptable	0,858

**ERA, Study MRAD-17
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2012*, končni rezultati objavljeni *decembra 2012*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Am-241	3540	2160–4710	3685	Acceptable	0,178
Cs-134	2350	1510–3050	2463	Acceptable	0,387
Cs-137	2070	1500–2880	2154	Acceptable	–0,436
Co-60	2030	1400–2840	2190	Acceptable	0,0284
K-40	29600	21400–41500	31792	Acceptable	–0,104
Sr-90	10000	5700–13300	7865	Acceptable	–1,29
U-238	4280	2860–5440	4175	Acceptable	0,466
Zn-65	1970	1420–2760	2199	Acceptable	0,141

**ERA, Study MRAD-17
Water Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2012*, končni rezultati objavljeni *decembra 2012*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Am-241	91,8	61,8–123	94,8	Acceptable	0,332
Cs-134	876	643–1010	922	Acceptable	1,70
Cs-137	2040	1730–2440	2184	Acceptable	1,43
Co-60	1260	1090–1470	1255	Acceptable	–0,0774
Fe-55	548	327–743	811	Not acceptable	1,42
Sr-90	681	444–900	723	Acceptable	0,339
Zn-65	879	733–1110	853	Acceptable	–1,55

**ERA, Study MRAD-17
Water Gross Alpha/Beta**

analize opravljene *oktobra in novembra 2012*, končni rezultati objavljeni *decembra 2012*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Gross Alpha	76,9	27,3–119	104	Acceptable	3,50
Gross Beta	62,6	35,8–92,7	61,2	Acceptable	0,255

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) za vzorce zemlje, vegetacije in aerosolnega filtra so zbrane v naslednjih 3 preglednicah.

REZULTATI ZVD:

ERA, Study MRAD-17 Soil Radionuclides analize opravljene <i>oktobra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/kg]				
Ac-228	1240	795–1720	1103,6	Acceptable	–1,24
Am-241	728	426–946	737,2	Acceptable	–0,17
Bi-212	1240	330–1820	1245,5	Acceptable	0,0345
Bi-214	1290	777–1860	1024,8	Acceptable	–1,01
Cs-134	1980	1290–2380	1974,1	Acceptable	0,272
Cs-137	3470	2660–4460	3361	Acceptable	–0,85
Co-60	4310	2910–5930	4306,8	Acceptable	–0,444
Pb-212	1240	812–1730	1181,1	Acceptable	–0,27
Pb-214	1290	753–1920	1050	Acceptable	–0,839
K-40	12300	8980–16500	9449,3	Acceptable	–1,02
Sr-90	6860	2620–10800	5378	Acceptable	–1,7
Th-234	3420	1080–6430	3393	Acceptable	–0,393
U-238	3420	2120–4340	3393	Acceptable	–0,256
Zn-65	2880	2990–3830	2877	Acceptable	–0,874

ERA, Study MRAD-17 Vegetation Radionuclides analize opravljene <i>oktobra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/kg]				
Am-241	3540	2160–4710	3840,3	Acceptable	0,601
Cs-134	2350	1410–3050	2507,9	Acceptable	0,607
Cs-137	2070	1500–2880	2163,7	Acceptable	–0,364
Co-60	2030	1400–2840	2156,8	Acceptable	–0,199
K-40	29600	21400–41500	29467,6	Acceptable	–1,08
Sr-90	10000	5700–13300	7730	Acceptable	–1,41
U-238	4280	2860–5440	4167,3	Acceptable	0,445
Zn-65	1970	1420–2760	2051,4	Acceptable	–0,563

ERA, Study MRAD-17
Air Filter Radionuclides

analize opravljene *oktobra 2012*, končni rezultati objavljeni *decembra 2012*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/Filter]				
Am-241	67,1	41,4–90,8	66	Acceptable	–0,318
Cs-134	429	273–532	429,5	Acceptable	1,03
Cs-137	793	596–1040	769	Acceptable	–0,886
Co-60	521	403–651	511,5	Acceptable	–0,721
Sr-90	166	81,1–249	153	Acceptable	–1,46
U-238	54,7	35,3–75,6	54,6	Acceptable	0,0621
Zn-65	692	496–955	676,5	Acceptable	–1,22

**REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV**

**Study RAD-91
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA**

V novembru 2012 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne meritve RAD-91 [Study RAD-91, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 11/28/12, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, november 2012] za dva vzorca vode, ki ju je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala oktobra 2012.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti sevalcev gama in stroncija v vzorcih vode. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih dveh preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study RAD-91 Water Radionuclides					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Ba-133	84,8	71,3–93,3	90,7	Acceptable	1,40
Cs-134	76,6	62,6–84,3	76,9	Acceptable	0,882
Cs-137	183	165–203	188	Acceptable	0,769
Co-60	78,3	70,5–88,5	77,9	Acceptable	–0,63
Zn-65	204	184–240	211	Acceptable	–0,648

ERA, Study RAD-91 Water Radionuclides					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2012</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Sr-89	39,1	29,7–46,1	44,9	Acceptable	0,495
Sr-90	20,1	14,4–23,8	17,0	Acceptable	–1,37

**REZULTATI PREVERJANJA
RADIOCHEMICAL CROSS CHECK PROGRAM
ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, ZDA**

IRB je v letu 2012 sodeloval pri treh preskusnih meritvah ("cross check") vzorcev vodne raztopine v 0,1 M HCl Analytica [Results of Radiochemistry Cross Check Program, Ruđer Bošković Institute, Third Quarter 2012, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, 2012] za določanje vsebnosti H-3, Fe-55 in Sr-89/Sr-90.

REZULTATI IRB:

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Sr-89/Sr-90 A27704, Date 8/17/12, Third Quarter 2012 analize, opravljene <i>septembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2012</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μ Ci/mL]				
Sr-89	9,11E-03	8,10E-03	1,12	17	agreement
Sr-90	8,70E-04	9,03E-04	0,96	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, H-3 A27703, Date 8/17/12, Third Quarter 2012 analize, opravljene <i>septembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2012</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μ Ci/mL]				
H-3	1,03E-03	1,00E-03	1,03	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Fe-55 A27705, Date 8/17/12, Third Quarter 2012 analize, opravljene <i>septembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2012</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μ Ci/mL]				
Fe-55	8,29E-04	7,00E-04	1,18	12,5	agreement

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA Worldwide open proficiency test
on the determination of natural and artificial radionuclides in soil and water
IAEA-TEL-2011-03
IAEA, Analytical Quality Control Services

V drugi polovici 2011 je IAEA, Analytical Quality Control Services, razposlala 3 interkomparacijske vzorce umetno kontaminirane vode in en vzorec zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju sta sodelovala ZVD in IJS, Odsek O-2. ZVD je sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama, IJS, Odsek O-2 pa pri določanju vsebnosti tritija v vodi in stroncija v zemlji. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem junija [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 154 (ZVD) in No. 159 (IJS, Odsek O-2), on the IAEA-TEL-2011-03 Worldwide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, S. Tarjan, Seibersdorf, januar 2013 (ZVD) in september 2012 (IJS, Odsek O-2)*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz ZVD (koda laboratorija 154) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode in zemlje.

REZULTATI ZVD:

IAEA-TEL-2011-03					
Sample 1, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>od novembra 2011 do februarja 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2013</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 154	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	4,7 ± 0,1	4,8 ± 0,4	2,13	0,24	A
Ba-133	5,0 ± 0,1	4,6 ± 0,3	-8,00	-1,26	A
Co-60	15,3 ± 0,2	15,3 ± 0,5	0,00	0,00	A
Cs-134	7,7 ± 0,1	7,6 ± 0,3	-1,30	-0,32	A
Cs-137	6,2 ± 0,1	6,2 ± 0,4	0,00	0,00	A
Eu-152	15,4 ± 0,2	14,4 ± 0,6	-0,64	-1,58	A

IAEA-TEL-2011-03					
Sample 2, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>od novembra 2011 do februarja 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2013</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 154	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,2	0,00	0,00	A
Ba-133	2,5 ± 0,1	2,2 ± 0,2	-12,00	-1,34	A
Co-60	7,6 ± 0,1	7,7 ± 0,3	1,32	0,32	A
Cs-134	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,2	0,00	0,00	A
Cs-137	3,1 ± 0,1	3,1 ± 0,2	0,00	0,00	A
Eu-152	7,7 ± 0,1	7,2 ± 0,4	-6,49	-1,21	A

IAEA-TEL-2011-03
Sample 3, Spiked Water

analize ZVD opravljene *od novembra 2011 do februarja 2012*,
končni rezultati objavljeni *januarja 2013*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 154	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,3	-3,03	-0,32	A
Ba-133	3,5 ± 0,1	3,3 ± 0,2	-5,71	-0,89	A
Co-60	10,7 ± 0,2	10,8 ± 0,4	0,93	0,22	A
Cs-134	5,4 ± 0,1	5,5 ± 0,2	1,85	0,45	A
Cs-137	4,4 ± 0,1	4,4 ± 0,3	0,00	0,00	A
Eu-152	10,8 ± 0,2	9,9 ± 0,5	-8,33	-1,67	A

IAEA-TEL-2011-03
Sample 4, Soil

analize ZVD opravljene *od novembra 2011 do februarja 2012*,
končni rezultati objavljeni *januarja 2013*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 154	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ac-228	41,0 ± 2,0	37,9 ± 1,0	-7,56	-1,39	A
Bi-214	50,0 ± 2,8	39,3 ± 1,0	-21,40	-3,60	N
Cs-137	14,4 ± 0,6	14,7 ± 0,5	2,08	0,38	A
K-40	485 ± 11	495,2 ± 26,8	2,10	0,35	A
Pb-210	42,6 ± 2,2	43,7 ± 4,5	2,58	0,22	A
Pb-212	36,5 ± 1,6	38,9 ± 1,3	6,58	1,16	A
Pb-214	50,0 ± 3,8	41,6 ± 0,7	-16,80	-2,17	A
Ra-226	50,2 ± 2,0	39,8 ± 0,9	-20,72	-4,74	N
Sr-90	2,4 ± 0,5	2,65 ± 0,2	10,42	0,46	n. e.
Tl-208	13,0 ± 0,7	12,6 ± 0,4	-3,08	-0,50	A
U-238	27,0 ± 1,4	27,7 ± 3,9	2,59	0,17	A

n. e. (not evaluated) – rezultat ni bil ovrednoten zaradi nizke aktivnosti

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2011-03					
Samples 1, 2 and 3, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>od novembra 2011 do decembra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2012</i>					
IZOTOP / SAMPLE	IAEA	IJS Lab. No. 159	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
H-3 (sample 1)	50,2 ± 0,9	50,5 ± 1,0	0,60	0,22	A
H-3 (sample 2)	25,0 ± 0,5	28,1 ± 0,5	12,40	4,38	W
H-3 (sample 3)	35,1 ± 0,6	37,2 ± 1,0	5,98	1,80	A

IAEA-TEL-2011-03					
Sample 4, Soil					
analize IJS opravljene <i>od januarja 2012 do februarja 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>septembra 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 159	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Sr-90	2,4 ± 0,5	2,37 ± 0,20	-1,25	-0,06	n. e.

n. e. (not evaluated) – rezultat ni bil ovrednoten zaradi nizke aktivnosti

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA ALMERA proficiency test
on the determination of natural and artificial radionuclides in soil and water
IAEA-TEL-2011-04
IAEA, Analytical Quality Control Services

V oktobru 2011 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode in en vzorec zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju sta sodelovala IJS, Odsek F-2 in ZVD. IJS, Odsek F-2 je sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama in vsebnost tritija s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, ZVD pa pri visokoločljivostni spektrometriji gama. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem maja 2012 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 39 (IJS, Odsek F-2) in No. 51 (ZVD) on the IAEA-TEL-2011-04 ALMERA proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, S. Tarjan, Seibersdorf, maj 2012*]

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 39 za Odsek F-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode in zemlje.

REZULTATI IJS, Odsek F-2:

IAEA-TEL-2011-04					
Sample 1, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 39	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	4,7 ± 0,1	4,64 ± 0,18	-1,28	-0,29	A
Ba-133	5,0 ± 0,1	5,36 ± 0,24	7,20	1,38	A
Co-60	15,3 ± 0,2	14,87 ± 0,73	-2,81	-0,57	A
Cs-134	7,7 ± 0,1	7,28 ± 0,22	-5,45	-1,74	A
Cs-137	6,2 ± 0,1	6,15 ± 0,18	-0,81	-0,24	A
Eu-152	15,4 ± 0,2	14,71 ± 0,44	-4,48	-1,43	A
H-3	50,2 ± 0,9	51,93 ± 2,15	3,45	0,74	A

IAEA-TEL-2011-04
Sample 2, Spiked Water

analize IJS opravljene *oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *maja 2012*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 39	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	2,4 ± 0,1	2,53 ± 0,13	5,42	0,79	A
Ba-133	2,5 ± 0,1	2,54 ± 0,11	1,60	0,27	A
Co-60	7,6 ± 0,1	7,48 ± 0,22	-1,58	-0,50	A
Cs-134	3,8 ± 0,1	3,69 ± 0,12	-2,89	-0,70	A
Cs-137	3,1 ± 0,1	3,11 ± 0,14	0,32	0,06	A
Eu-152	7,7 ± 0,1	8,05 ± 0,42	4,55	0,81	A
H-3	25,0 ± 0,5	27,24 ± 1,35	8,96	1,56	A

IAEA-TEL-2011-04
Sample 3, Spiked Water

analize IJS opravljene *oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *maja 2012*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 39	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	3,3 ± 0,1	3,5 ± 0,17	6,06	1,01	A
Ba-133	3,5 ± 0,1	3,83 ± 0,11	9,43	2,22	A
Co-60	10,7 ± 0,2	10,5 ± 0,32	-1,87	-0,53	A
Cs-134	5,4 ± 0,1	5,32 ± 0,16	-1,48	-0,42	A
Cs-137	4,4 ± 0,1	4,31 ± 0,16	-2,05	-0,48	A
Eu-152	10,8 ± 0,2	10,6 ± 0,54	-1,85	-0,35	A
H-3	35,1 ± 0,6	36,69 ± 1,32	4,53	1,10	A

IAEA-TEL-2011-04**Sample 4, Soil**analize IJS opravljene *oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *maja 2012*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 39	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ac-228	41,0 ± 2,0	36,3 ± 1,1	-11,46	-2,06	A
Am-241	0,21 ± 0,08	0,54 ± 0,06	153,52	3,27	n. e.
Bi-214	50,0 ± 2,8	52,1 ± 1,6	4,20	0,65	A
Cs-137	14,4 ± 0,6	13,8 ± 0,4	-4,17	-0,83	A
K-40	485 ± 11	466 ± 14	-3,92	1,07	A
Pb-210	42,6 ± 2,2	40,4 ± 2,4	-5,16	-0,68	A
Pb-212	36,5 ± 1,6	36,4 ± 1,1	-0,27	-0,05	A
Pb-214	50,0 ± 3,8	51,9 ± 1,6	3,80	0,46	A
Ra-226	50,2 ± 2,0	52,7 ± 3,5	4,98	0,62	A
Tl-208	13,0 ± 0,7	12,7 ± 0,4	-2,31	-0,37	A
U-238	27,0 ± 1,4	24,6 ± 2,9	-8,89	-0,75	A

n. e. (not evaluated) – rezultat ni bil ovrednoten zaradi nizke aktivnosti

REZULTATI ZVD:

IAEA-TEL-2011-04 Sample 1, Spiked Water analize ZVD opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 51	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	4,7 ± 0,1	5,0 ± 0,6	6,38	0,49	A
Ba-133	5,0 ± 0,1	4,7 ± 0,5	-6,00	-0,59	A
Co-60	15,3 ± 0,2	15,5 ± 0,6	1,31	0,32	A
Cs-134	7,7 ± 0,1	7,7 ± 0,4	0,00	0,00	A
Cs-137	6,2 ± 0,1	6,8 ± 0,5	9,68	1,18	A
Eu-152	15,4 ± 0,2	14,3 ± 0,8	-7,14	-1,33	A

IAEA-TEL-2011-04 Sample 2, Spiked Water analize ZVD opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 51	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,3	-4,17	-0,32	A
Ba-133	2,5 ± 0,1	2,2 ± 0,2	-12,00	-1,34	A
Co-60	7,6 ± 0,1	7,7 ± 0,3	1,32	0,32	A
Cs-134	3,8 ± 0,1	3,6 ± 0,2	-5,26	-0,89	A
Cs-137	3,1 ± 0,1	3,0 ± 0,3	-3,23	-0,32	A
Eu-152	7,7 ± 0,1	7,3 ± 0,5	-5,19	-0,78	A

IAEA-TEL-2011-04 Sample 3, Spiked Water analize ZVD opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 51	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	3,3 ± 0,1	3,4 ± 0,4	3,03	0,24	A
Ba-133	3,5 ± 0,1	3,1 ± 0,3	-11,43	-1,26	A
Co-60	10,7 ± 0,2	10,9 ± 0,4	1,87	0,45	A
Cs-134	5,4 ± 0,1	5,4 ± 0,3	0,00	0,00	A
Cs-137	4,4 ± 0,1	4,6 ± 0,3	4,55	0,63	A
Eu-152	10,8 ± 0,2	10,5 ± 0,6	-2,78	-0,47	A

IAEA-TEL-2011-04**Sample 4, Soil**analize ZVD opravljene *oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *maja 2012*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 51	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ac-228	41,0 ± 20	37,6 ± 1,3	-8,29	-1,43	A
Bi-214	50,0 ± 2,8	37,8 ± 1,5	-24,40	-3,84	N
Cs-137	14,4 ± 0,6	15,2 ± 0,6	5,56	0,94	A
K-40	485 ± 11	513 ± 28	5,77	0,93	A
Pb-210	42,6 ± 2,2	43,1 ± 4,5	1,17	0,10	A
Pb-212	36,5 ± 1,6	40,5 ± 1,7	10,96	1,71	A
Pb-214	50,0 ± 3,8	39,3 ± 1,4	-21,40	-2,64	N
Ra-226	50,2 ± 2,0	38,9 ± 1,0	-22,51	-5,05	N
Sr-90	2,4 ± 0,5	2,54 ± 0,20	5,83	0,26	n. e.
Tl-208	13,0 ± 0,7	34,3 ± 1,5	163,85	12,87	N
U-238	27,0 ± 1,4	31,8 ± 5,6	17,78	0,83	A

n. e. (not evaluated) – rezultat ni bil ovrednoten zaradi nizke aktivnosti

REZULTATI PREVERJANJA
"Fortluft 2012" sevalci gama v aerosolnem filtru
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V oktobru 2012 sta ZVD in IJS, Odsek F-2 sodelovala pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov –*Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft)*, 34. Ringversuch "Fortluft 2012", SW 1.4-05/2012, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, december 2012, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 64, IJS pa 114. Končni rezultati so bili objavljeni decembra 2012. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

BfS - "Fortluft 2012, ZVD					
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama					
analize (ZVD) opravljene <i>oktobra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	BfS PTB-Wert	ZVD		odmik (%)	z-score
	(Bq) masa filtra (794,0 ± 0,5) mg	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) ²		
Co-57	3,98 ± 0,08	4,987	0,00527	-0,45	0,06
Co-60	2,39 ± 0,05	2,947	0,00406	-2,09	0,35
Sr-85	2,41 ± 0,05	2,895	0,00085	-4,78	0,64
Ru-106	11,9 ± 0,6	14,265	0,03323	-4,90	0,63

REZULTATI IJS, Odsek F-2:

BfS - "Fortluft 2012", IJS, Odsek F-2					
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama					
analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2012</i>					
IZOTOP	BfS PTB-Wert	IJS, Odsek F-2		odmik (%)	z-score
	(Bq/g) masa filtra (998,6 ± 0,6) mg	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) ²		
Co-57	5,00 ± 0,10	4,919	0,01513	-1,83	0,24
Co-60	3,01 ± 0,06	2,756	0,00660	-8,45	1,42
Sr-85	3,03 ± 0,06	2,847	0,04030	-6,34	0,84
Ru-106	15,0 ± 0,7	13,168	0,11965	-12,21	1,57

PRELIMINARNI REZULTATI PREVERJANJA

IRMM EC 2011

EC interlaboratory comparison on ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{40}K in wild bilberry powder EC, JRC, IRMM, Belgium

V letu 2011 sta IJS (Odsek F-2 in Odsek O-2) in ZVD sodelovala pri preskusnih ("cross check") meritvah vsebnosti Sr-90, Cs-137 in K-40 v vzorcu borovnic, ki jih je organiziral IRMM iz Belgije v okviru Evropske skupnosti. Vzorci so bili poslani in pripravljani v prvi polovici 2011. Rok za poročanje rezultatov meritev je bil 15. september 2011, preliminarne grafične primerjave smo prejeli v decembru 2011 (*dopis Preliminary results of the EC interlaboratory comparison on ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{40}K in wild bilberry powder, Geel, 6 December 2011, JRC.DG.D5-D164-ARES(2011)1319738*).

V naslednjih treh tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (Odseka F-2 in O-2) in ZVD za vzorec borovnic in primerjava z referenčnimi vrednostmi in u-preskusi. Pri IRMM so navedene so referenčne vrednosti, ki so bile predstavljene na konferenci ICRM-LLRMT 2012 od 17.do 21. septembra 2012 v Jejuju v Koreji.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	IRMM	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 8	u-preskus	Rel. Bias %
	Bq/kg			
	meritve opravljene <i>od maja do julija 2011</i> , preliminarni rezultati so bili sporočeni po elektronski pošti <i>decembra 2011</i>			
Cs-137	772 ± 32	772,7 ± 15,5	0,02	-0,09
K-40	250 ± 17	237,7 ± 7,8	0,66	4,92

REZULTATI IJS (Odsek O-2)

Radionuklid	IRMM	IJS (Odsek O-2) Lab. No. 18	u-preskus	Rel. Bias %
	Bq/kg			
	meritve opravljene <i>julija in avgusta 2011</i> , preliminarni rezultati so bili sporočeni po elektronski pošti <i>decembra 2011</i>			
Sr-90	153 ± 8	155,5 ± 7,8	0,22	1,61

REZULTATI ZVD

Radionuklid	IRMM	ZVD Lab. No. 53	<i>u</i> -preskus	Rel. Bias %
	Bq/kg			
	meritve opravljene <i>maja in septembra 2011</i> , preliminarni rezultati so bili sporočeni po elektronski pošti <i>decembra 2011</i>			
Sr-90	153 ± 8	244 ± 22	3,03	31,70
Cs-137	772 ± 32	818 ± 20	1,79	5,54
K-40	250 ± 17	254 ± 19	0,79	6,42

REZULTATI PRIMERJAVE
Meritve koncentracije radionuklidov
v vzocu kamnine z otoka JABUKA

Na začetku leta 2012 je IMI iz Zagreba organiziral primerjavo meritve vzorca kamnine z otoka Jabuka z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorec je bil odvzet v letu 2007 ter pripravljen na IMI, kamnina je bila zmleta v posebnem mlinu do velikosti zrn največ 2 mm. Pri meritvah so sodelovali IJS (Odsek F-2), ZVD, IMI in IRB. Rezultate je zbral IMI, poročilo z naslovom *Izjvešće o usporednom međulaboratorijskom gamaspektrometrijskom određivanju koncentracije aktivnosti radionuklida u površinskom uzorku stijenskog materiala s otoka Jabuke* so pripravili in objavili septembra 2012.

Rezultati posameznih laboratorijev in primerjave s povprečno vrednostjo so v spodnji tabeli.

REZULTATI MERITEV IJS, IRB, IMI in ZVD

Radionuklid	Povprečna vrednost	IJS	IRB	IMI	ZVD
	Bq/kg				
U-238	14,3 ± 1,5	12,5 ± 1,1	15,0 ± 5,6	18,4 ± 1,0	11,9 ± 1,3
Ra-226	13,9 ± 0,5	18,3 ± 0,8	12,9 ± 1,9	11,4 ± 0,2	13,1 ± 0,3
Ra-228	18,1 ± 0,5	18,2 ± 0,6	20,4 ± 0,2	16,4 ± 0,2	17,5 ± 0,5
K-40	239 ± 8	224 ± 8	271 ± 31	236 ± 2	225 ± 10
Cs-137	0,268 ± 0,081	0,17 ± 0,08	0,350 ± 0,308	0,33 ± 0,03	0,22 ± 0,05

