

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2010



**Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, Hrvatska
Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija
Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija**

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2010

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 ostali sodelujoči

so navedeni na strani 3 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2010, IJS-DP-10699*, ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: dr. Jože Gasperič

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič - Cindro

Likovno in grafično uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Fotografije: Toni Petrovič

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: 31. marec 2011

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

Pogodba št.: POG-3439

Redakcija je bila končana marca 2011.

Vse pravice pridržane. Noben del Ovrednotenja rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško 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

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozicijskih prenosnih poteh so podani z ocenami efektivnih doz. Konzervativne ocene doznih obremenitev posameznikov zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2010 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,4 μSv na leto in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* manj kot 0,02 μSv na leto. Ta vrednost (0,4 μSv na leto) je 0,8 % avtorizirane mejne letne doze (50 μSv) 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.

KLJUČNE BESEDE:

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 zunanjega sevanja, ocena efektivnih doz, razredčitveni faktor, referenčna skupina prebivalstva, primerjalne meritve

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

ABSTRACT:

Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic 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 2010 to a value of the *effective dose* of 0,4 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, 0,4 μSv per year, presents 0,8 % of the authorized dose limit (50 μSv) 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.

KEYWORDS:

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





VSEBINA

Uvod in upravne podlage	v / xliv
Izveček	ix / xliv
Summary	xxi / xliv
Meritve plinastih in tekočih efluentov	xxxiii / xliv
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	xxxix / xliv

AVTORJI

Poročilo	doc. dr. Matej Lipoglavšek mag. Denis Glavič - Cindro
Izveček	mag. Matjaž Koželj
Meritve plinastih in tekočih efluentov	mag. Tea Bilić Zabric, INKO
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	dr. Aleš Fajgelj, MAAE mag. Denis Glavič - Cindro dr. Benjamin Zorko

**Ocena vplivov radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško na prebivalstvo,
ISBN 978-961-264-030-9**

**Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2010, IJS-DP-10699**

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-110
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-89 / M-110

Poročilo *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2010, IJS-DP-10699* je na priloženi zgoščenki.





UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega obseva zaradi majhne količine radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna v Krškem. 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 [2]. 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. 0, 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 ter sevanje neposredno iz elektrarne) in koncentracije radioaktivnih snovi v zraku, hrani in vodi, ki 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 na 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 2010;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2010;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS, d. o. o., za okolico NEK v letu 2010;
- 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 sprotne 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 pooblaščenata za izvajanje 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 Uprave 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 Republika 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 pogojev 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 594-1/2006-5-04103
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 594-11/2007-5 in 594-11/2007-7
- doc. dr. Mateja Lipoglavška z odločbo 1846-10/2010-5-04103
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 594-14/2004-3-04103
- mag. Bogdana Puclja z odločbo 594-19/2007-4
- Matjaža Stepišnika, univ. dipl. fiz., z odločbo 594-10/2006-6-04103 ter
- dr. Benamina Zorka z odločbo 1864-10/2008-3-04103

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 594 18/2007-8 z dne 11. 4. 2007 na podlagi 30. in 138. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04) 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. 594-21/2007-4 z dne 18. 6. 2007, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 27. in 138. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04) ter 11. 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 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.

REFERENCI

- [1] Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško (Poročilo za leto 2009), Ljubljana, marec 2010, interna oznaka 7/2010, ISBN 978-961-264-016-3
- [2] 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





IZVLEČEK

UVOD

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

Omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva je bila določena že v lokacijski dokumentaciji NEK leta 1974, kjer je navedena zahteva, da celotna letna efektivna doza 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;
 - žlahtni plini: letno mejo določa omejitev letne efektivne doze (50 μSv) na robu ožje varstvene cone;
 - H-3 in C-14: letne meje niso določene.
- 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 preходом 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 H-3, 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) oz. *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur.l. RS, št. 97/2009) [2]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Obseg nadzora radioaktivnosti določa priloga 4 omenjenega pravilnika (Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti jedrske elektrarne). Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizo opremo in načine ter poti izpostavljenosti, ki jih je treba upoštevati pri ocenjevanju doz. Poleg NEK, ki meri emisije, sodelujejo pri izvedbi nadzora radioaktivnosti tudi različni *pooblaščenim izvajalcem nadzora*.

To poročilo podaja rezultate nadzora radioaktivnosti, ki so ga NEK kot zavezanec in pooblaščenim izvajalcem nadzora radioaktivnosti opravili v letu 2010. 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 VZORČENJA IN MERITEV

Vzorčenje in meritve so v letu 2010 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora s rezultati iz preteklih let in določitev mogočih teženj. Značilnosti so naslednje:

1) Reka Sava:

- a) kontinuirno vzorčenje na treh lokacijah: (Krško – 3,2 km protitočno, Brežice – 8,2 km sotočno in Jesenice na Dolenjskem – 17,4 km sotočno) za dolgožive radionuklide in enkratni vzorci nefiltrirane vode v Krškem, Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem za kratkožive radionuklide;
- b) vzorčenje sedimentov na šestih lokacijah (Krško protitočno, pod jezom NEK, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused - HR sotočno);
- 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 s radiokemično separacijo in štetjem na porcionalnem števcu.

2) Vodovodi in črpališča:

- a) enkratni četrtletni 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) vzorčenje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtletni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in dveh vrtinah na Hrvaškem (Medsave in Šibice).

Meritve so potekale na enak način, kot pri vzorcih iz 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).

Na 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) vzorčenje 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) vzorčenje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčenje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčenje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebnimi črpalkami v Dobovi in Ljubljani;



- d) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvzemajo vzorci za meritev joda, tritija (H-3), ogljika C-14, aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- e) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO₂ je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2010 bilo skupno zbranih sedem 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) 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 79 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.

6) Zemlja:

- a) vzorce zemlje se zbira na štirih lokacijah sotočno 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; vzorčenje 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.

7) Hrana:

- a) vzorčenje poteka na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (zelenjava, žito, mleko, meso), Vihre (mleko), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (zelenjava, meso, jajca), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Drnovo (zelenjava), Pleterje, Loka (meso), Krško – vinska klet (vino);
- b) pogostost vzorčenja 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) vzorčenje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje vsebnosti C-14 je potekalo v letu 2010 dvakrat na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi.

Meritve specifičnih aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, vsebnost Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo.



8) Efluenti:

Poleg meritev emisij, ki jih izvaja NEK kot zavezanec za obratovalni nadzor, se izvajajo tudi nadzorne meritve efluentov, namenjene preverjanju oziroma dopolnjevanju emisijskih meritev NEK:

- a) nadzorne specifične meritve radionuklidov, ki jih NEK rutinsko ne opravlja, to so meritve Sr-90/Sr-89 in Fe-55 v alikvotno sestavljenih mesečnih vzorcih tekočih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev in kaluže uparjalnikov, meritve H-3 in C-14 v zračnih izpustih (štirinajstdnevni vzorci) ter Sr-90/Sr-89 v vzorcih partikulatnih filtrov (merijo se trimesečni vzorci);
- b) določanje povprečnih mesečnih tekočinskih izpustov na podlagi visokoločljivostne spektrometrije gama, analize vsebnosti H-3 v alikvotno sestavljenih vzorcih tekočih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev in kaluže uparjalnikov;
- c) meritve na izviru zračnih izpustov, to so meritve aerosolnih filtrov z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

REZULTATI MERITEV

1) Reka Sava

Meritve v savski vodi so, tako kot v preteklih letih, pokazale prirastek koncentracije H-3 zaradi tekočinskih efluentov NEK. Tako je bila izmerjena povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($5,9 \pm 2,0$) kBq/m³, tj. osemkrat višja od povprečne izmerjene vrednosti na referenčnem mestu Krško. Najvišja mesečna vrednost je bila izmerjena v juniju (20 ± 2) kBq/m³. V Jesenicah na Dolenskem so bile izmerjene vrednosti nižje za faktor 1,6 v povprečju, kar je posledica dodatnega redčenja zaradi Krke in Sotle.

Izmerjena povprečna vrednost koncentracije I-131 v Brežicah (kjer so izmerjene najvišje vrednosti) je bila ($7,2 \pm 2,0$) Bq/m³, pri čemer je bila najvišja izmerjena vrednost v tretjem četrtletju (13 ± 4) Bq/m³. Izmerjene vrednosti v drugih rekah po Sloveniji so bile do (4 ± 2) Bq/m³ (Sava pri Ljubljani). V sedimentih in vzorcih rib I-131 ni bil zaznan.

Cs-137 in Sr-90 sta v vzorcih vode, v filtrskih ostankih in sedimentih prisotna kot posledica globalne kontaminacije: meritve vode v Brežicah (Cs-137: $< 0,3$ Bq/m³, Sr-90: ($3,5 \pm 0,3$) Bq/m³) dajo podobne rezultate kot v Jesenicah na Dolenjskem in na referenčni točki v Krškem, izmerjene vrednosti pri filtrskem ostanku pa so celo nižje kot na referenčni točki. Meritve aktivnosti sedimentov dajo najvišjo vrednost za Cs-137 pod jezom NEK ($7,6 \pm 0,7$) Bq/kg, pri čemer je vrednost na referenčni točki ($2,5 \pm 0,4$) Bq/kg podobna izmerjenim vrednostim na drugih merskih točkah. Povprečne koncentracije Sr-90 v sedimentih so okrog 0,15 Bq/kg, kar je primerljivo z vrednostmi iz preteklih let.

Izmerjene koncentracije Cs-137 in Sr-90 v ribah se gibljejo do ($0,08 \pm 0,06$) Bq/kg (Cs-137) in ($0,22 \pm 0,07$) Bq/kg, kar je podobno kot v preteklih letih.

Drugi umetni radionuklidi, ki so prisotni v efluentih NEK, niso bil zaznani.

Izmed naravnih radionuklidov so izmerjeni radionuklidi iz uranove (U-238, Ra-226, Pb-210) in torijeve vrste (Ra-228 in Th-228). Koncentracije U-238 so bile okrog 5 Bq/m³ in Ra-228 okrog 1 Bq/m³. Koncentracije K-40 so bile približno desetkrat višje. Izmerjen je tudi kozmogeni Be-7 v koncentracijah, podobnim tistim pri K-40.



2) Vodovodi in podtalnice

Najvišje vrednosti H-3 so bile v letu 2010 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad. Letno povprečje v črpališču Brege je bilo $(1,4 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$, najvišja mesečna vrednost pa decembra $(1,8 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$. Izmerjene vrednosti v črpališčih Drnovo in Spodnji Stari Grad so bile nekoliko nižje. Letno povprečje v vodovodu Brežice je bilo $(123 \pm 29) \text{ Bq/m}^3$, v črpališču Brežice pa $(64 \pm 17) \text{ Bq/m}^3$. V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izmerjena povprečna vrednost $(1,0 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$. Primerjalne meritve v ljubljanskem vodovodu so dale povprečno vrednost koncentracije H-3 $(0,8 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$.

Letno povprečje koncentracije H-3 v vrtini E1 je bilo $(1,6 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$, v vrtini VOP-4 v Vrbini pa $(6,1 \pm 2,0) \text{ kBq/m}^3$, pri čemer so bile izmerjene najvišje vrednosti julija, avgusta in septembra, ko so bili tudi največji izpusti iz NEK, in sicer $(15,6 \pm 1,4) \text{ kBq/m}^3$, $(21,5 \pm 2,1) \text{ kBq/m}^3$ in $(12,9 \pm 1,7) \text{ kBq/m}^3$.

Visoke vrednosti H-3 so bile izmerjene tudi na vzorcih iz vzorčevalnega mesta Medsave na Hrvaškem, in sicer avgusta $(9,0 \pm 0,8) \text{ kBq/m}^3$ in septembra $(4,6 \pm 0,5) \text{ kBq/m}^3$.

Specifične meritve Sr-90 so pokazale, da so najvišje povprečne letne specifične aktivnosti $(1,1 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$ v Spodnjem Starem Gradu, v brežiških črpališčih in vodovodu pa so izmerjene vrednosti približno tretjina tiste v Spodnjem Starem Gradu. Nekoliko višje vrednosti letnega povprečja so bile izmerjene v vrtini E1 (znotraj ograje NEK) in na Hrvaškem, v Medsavi in Šibicah, kjer so bila izmerjena letna povprečja $(2,4 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$ oziroma $(2,7 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$.

Cs-137 v vzorcih vode iz vodovodov in vrtin ni bil zaznan, ali pa so bile zaznane le sledi, pogosto pod mejo detekcije. Podobno kot v preteklih letih I-131 ni bil zaznan v nobenem od vzorcev vode iz vodovodov in vrtin.

Izmed naravnih radionuklidov so bili v vzorcih vode iz vodovodov in vrtin izmerjeni K-40 (letna povprečja do 69 Bq/m^3), U-238 (letna povprečja do $3,6 \text{ Bq/m}^3$), Ra-226 (letna povprečja do $1,4 \text{ Bq/m}^3$), Pb-210 (letna povprečja do $2,8 \text{ Bq/m}^3$), Ra-228 (letna povprečja do $1,4 \text{ Bq/m}^3$), Th-228 (letna povprečja do $0,7 \text{ Bq/m}^3$) in Be-7 (letna povprečja do $3,1 \text{ Bq/m}^3$).

3) Padavinski in suhi usedi

V letu 2010 je bilo največ padavin v mesecu septembru, najmanj pa v marcu in oktobru. Povprečne koncentracije H-3 v padavinah v Bregah in Krškem so bile $2,3 \text{ kBq/m}^3$ in $1,9 \text{ kBq/m}^3$, v Dobovi in Ljubljani (referenčna lokacija) pa $1,1 \text{ kBq/m}^3$ in $1,0 \text{ kBq/m}^3$, kar so približno enake vrednosti, kot jih izmerijo v drugih državah. Najvišje mesečne koncentracije so bile izmerjene v Bregah in Krškem oktobra $(6,5 \text{ kBq/m}^3$ in 5 kBq/m^3), ko je bil izmerjen tudi največji mesečni zračni izpust H-3. Podobno korelacijo opazimo tudi aprila, ko je bil mesečni zračni izpust tritija prav tako nekoliko višji. V padavinskem usedu posebne korelacije z izpusti ne opazimo.

Zaznavne koncentracije Sr-90/Sr-89 v padavinah so bile izmerjene le občasno in so bile nižje kot v preteklih dveh letih. Podobno velja za koncentracije Cs-137 v padavinah, ki so bile reda velikosti $0,5 \text{ Bq/m}^3$, in v suhem usedu, kjer so bile izmerjene nizke vrednosti reda velikosti $0,1 \text{ Bq/m}^2$.

4) Zrak

Rezultati meritev aerosolov pokažejo, da sta v letu 2010 bila zaznana samo dva umetna radionuklida in sicer Cs-137 in Sr-90/Sr-89, katerih prisotnost je posledica globalne kontaminacije. Koncentracije Cs-137 ne kažejo odstopanja od letnega povprečja preteklih let ($1,2 \mu\text{Bq/m}^3$ v obdobju 2007–2009) in so primerljive z vrednostmi v Ljubljani. V zelo nizkih koncentracijah se Cs-137 pojavlja v izpustih iz NEK, vendar je njegova izračunana koncentracija v zraku v okolju (imisije) več velikostnih redov pod detekcijsko mejo (slika 4.1, stran 47/100). Izmerjene vrednosti za Sr-90 (Sr-89



ni bil zaznan v izpustih NEK) so prav tako nizke ($0,28\text{--}7,8 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Prisotnost Sr-90 je posledica resuspenzije z zemlje in ne izpustov iz NEK

Jod I-131 ni bil zaznan na nobenem od sedmih merilnih mest.

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih so pokazale 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 drugimi lokacijami po Sloveniji. Podobna ugotovitev velja tudi za U-238, čeprav je raztros koncentracije U-238 na lokacijah v okolici NEK večji. Ker prihaja U-238 v zrak z resuspenzijo prašnih delcev z zemlje, pričakujemo večjo koncentracijo U-238 na mestih, kjer je v bližini obdelana zemlja.

5) Zunanje sevanje

Letne doze zunanjega sevanja v okolici NEK, kot so izmerjene s TL-dozimetri se gibljejo med $0,615 \text{ mSv}$ in $1,003 \text{ mSv}$, pri čemer je bila povprečna vrednost ($0,792 \pm 0,159$) mSv na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med $0,495 \text{ mSv}$ in $0,644 \text{ mSv}$ na leto in povprečna vrednost ($0,588 \pm 0,047$) mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost ($0,886 \pm 0,146$) mSv na leto. Glede na leto 2009 so letne doze v povprečju nižje za 5 %, kar je znotraj merske negotovosti.

Dozimetri na Hrvaškem so v okviru natančnosti dali enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK.

Meritev doz s kontinuirnimi merilniki je v letu 2010 dala povprečno vrednost ($0,66 \pm 0,07$) mSv na leto, kar je 17 % pod vrednostjo, dobljeno s TL-dozimetri.

6) Zemlja

Razen Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije, meritve vzorcev zemlje niso pokazale drugih umetnih radionuklidov, ki bi jih lahko pripisali izpustom NEK. Izmerjene koncentracije Sr-90 so bile med $0,26 \text{ Bq}/\text{kg}$ in $2,1 \text{ Bq}/\text{kg}$ in niso močno odvisne od globine (do 30 cm). Pri Cs-137 koncentracije kažejo močnejšo odvisnost od lokacije in globine vzorčenja, pri čemer se vrednosti gibljejo od $5 \text{ Bq}/\text{kg}$ do $120 \text{ Bq}/\text{kg}$ in kažejo značilno odvisnost koncentracije od globine.

Povprečni used Cs-137 (do globine 30 cm) izmerjen v letu 2010 na treh lokacijah v okolici NEK je bil med $0,81 \text{ kBq}/\text{m}^2$ in $7,5 \text{ kBq}/\text{m}^2$, kar je manj kot na treh drugih lokacijah po Sloveniji, izmerjenih v okviru nadzora radioaktivnosti ($1,86 \text{ kBq}/\text{m}^2$ do $9,9 \text{ kBq}/\text{m}^2$). Usedi Sr-90 so primerljivi z rezultati dobljenimi drugod po Sloveniji v okviru nadzora radioaktivnosti, in so med $0,07 \text{ kBq}/\text{m}^2$ in $0,21 \text{ kBq}/\text{m}^2$.

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 [20]. Meritve tudi niso pokazale odvisnosti koncentracij radionuklidov od globine, razen za Pb-210 (višja koncentracija na površini je posledica spiranja iz atmosfere) in podobno za Be-7.

7) Hrana

Cs-137 in Sr-90 sta edina umetna radionuklida, ki sta bila izmerjena v vzorcih hrane. Cs-137 je bil izmerjen v vzorcih mleka in mesa ter v rdeči pesi, brokoliju, koruzi, hruškah in vinu. Povprečna izmerjena specifična aktivnost v hrani je bila ($0,019 \pm 0,007$) Bq/kg , pri čemer je bila najvišja izmerjena vrednost v svinjskem mesu ($0,19 \pm 0,14$) Bq/kg , v hrani rastlinskega izvora pa v brokoliju ($0,05 \pm 0,01$) Bq/kg . Povprečna izmerjena specifična aktivnost Sr-90 v hrani v letu 2010 je bila



($0,13 \pm 0,01$) Bq/kg, najvišje vrednosti pa so bile izmerjene v zelenjavi, predvsem v paradižniku ($0,87 \pm 0,05$) Bq/kg in ječmenu ($0,37 \pm 0,04$) Bq/kg, najnižje pa v mesu, jabolkih in hruškah.

V hrani je bila določena tudi specifična aktivnost naravnih radionuklidov, pri čemer so bile dobljene naslednje vrednosti: za K-40 (87 ± 28) Bq/kg, za Pb-210 ($0,10 \pm 0,20$) Bq/kg, za U-238 ($0,29 \pm 0,46$) Bq/kg, za Ra-226 ($0,15 \pm 0,12$) Bq/kg in za Ra-228 ($0,07 \pm 0,03$) Bq/kg.

Meritve specifične aktivnosti ogljika C-14 v hrani so bile opravljene samo pri vzorcih, ki so bili zbrani pred poletjem 2010. Izmerjene vrednosti se gibljejo od ($224,6 \pm 5,2$) Bq/kg do ($253,1 \pm 5,7$) Bq/kg, pri čemer je izmerjena vrednost za vzorce iz Dobove ($234,4 \pm 3,6$) Bq/kg.

8) Meritve plinastih in tekočih efluentov

Podrobni rezultati o meritvah plinastih in tekočih efluentih NEK so podani v posebnem zbirnem poročilu »Poročilo o radioaktivnih emisijah iz NE Krško za leto 2010«, ki ga je pripravila NEK.

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 bili v letu 2010 tekoči izpusti H-3 enaki kot v letu 2007, a višji kakor v letih 2008 in 2009, pri čemer so bile najvišje vrednosti izpustov dosežene v mesecih maj in junij. Izmerjene koncentracije drugih radionuklidov, tako umetnih kot naravnih, so bile vsaj za tri velikostne rede nižje in se v zadnjih desetih letih znižujejo (slika G na strani xxxviii/xliv).

Izračunani prirastki 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 Brežicah ($5,2 \pm 2$) kBq/m³.

Neposredna povezava med izpusti H-3 in koncentracijo H-3 v podtalnici je razvidna le pri podatkih iz vrtine VOP-4, kjer se najvišje izmerjene vrednosti skladajo z večjimi izpusti iz NEK. Izmerjene povprečne letne koncentracije H-3 v vodi iz črpališč, vodovodov in zajetij so nižje ali primerljive s preteklimi leti (slika 2.3, stran 24/100), kar pomeni, da vpliva NEK ni ali pa je zanemarljivo majhen. Preglednica 2.1 na strani 25/100 sicer kaže na možno korelacijo med tekočimi izpusti iz NEK in izmerjenimi koncentracijami H-3 v vodovodu Spodnji Stari Grad. Za primerjavo lahko navedemo, da je bil v letu 2008 korelacijski koeficient za Spodnji Stari Grad še višji (0,61) kot letos (0,47), v lanskem letu pa je bil izrazito negativen (-0,51). Letošnja vrednost 0,47 pomeni, da je vpliv tekočih izpustov H-3 iz NEK na podtalnico nemogoče zanesljivo potrditi, saj je korelacijski koeficient za več kot 50 % odmaknjen od vrednosti 1.

I-131

Kratkoživi I-131 je občasno prisoten v tekočih izpustih NEK, vendar v tekočih izpustih v letu 2010 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. Ločene meritve I-131 v zraku prav tako niso pokazale njegove prisotnosti.

Cs-137, Sr-90/Sr-89

Aktivnosti Cs-137 in Sr-90/Sr-89 so bile v letu 2010 v tekočih izpustih nekoliko nižje (Cs-137) oziroma enake (Sr-90, Sr-89 v izpustih ni bil zaznan) kot v letu 2009. 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 prisotnost Cs-137 ali Sr-90, ki bi izviral iz NEK. Meritve zadnjih let kažejo težnjo zmanjševanja koncentracij, kar je naravna posledica radioaktivnega razpada radionuklidov.

Vpliva emisij Cs-137 na podtalnico z meritvami ni bilo mogoče zaznati, kar pa, podobno kot lansko leto, ne velja za Sr-90. Emisije Sr-90 so vplivale na izmerjene vrednosti v črpališčih Drnovo, Brege in vodovod Spodnji Stari Grad, kjer so bile izmerjene koncentracije Sr-90 med $1,5 \text{ Bq/m}^3$ in $2,7 \text{ Bq/m}^3$. Tudi v Brežicah so bile izmerjene višje koncentracije Sr-90 v mesecih, ko so bili opravljeni izpusti.

Koncentracije Cs-137 in Sr-90 v padavinah in suhih usedih ne kažejo posebnosti v letu 2010 in so podobne kot v drugih krajih po Sloveniji. Iz večletnih podatkov o izmerjeni koncentraciji Cs-137 v suhih usedih je celo mogoče razbrati eksponentno pojemanje aktivnosti. Sklepamo lahko, da je prisotnost obeh radionuklidov zgolj posledica resuspenzije.

Izmerjene vrednosti Cs-137 in Sr-90 v zraku v okolici NEK ne kažejo odmikov od povprečij prejšnjih let. Modelski izračun pokaže, da so koncentracije Cs-137 v zraku, ki so posledica zračnih emisij NEK, vsaj štiri velikostne rede pod izmerjenimi koncentracijami in da z meritvami ne moremo določiti prispevka NEK.

Vzorčenje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosne poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčenja. Primerjava z meritvami v preteklih letih kaže postopno zniževanje useda Cs-137 do globine 30 cm, kar je posledica delno razpada in delno pronicanja v nižje plasti.

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, ali za svinjsko meso, ki ima v Bohinjski Bistrici za velikostni red večjo koncentracijo Sr-90. Podobno velja tudi za Cs-137 in Sr-90 v hrani rastlinskega izvora in krmi, kjer so v nekaterih primerih koncentracije predvsem Cs-137 pa tudi Sr-90 na meji detekcije.

Naravni radionuklidi

Izmerjene aktivnosti naravnih radionuklidov (uranova in torijeva vrsta, K-40, Be-7) se ne odmikajo bistveno od vrednosti, izmerjenih v drugih krajih Slovenije, in vrednosti, ki jih podaja literatura. To velja tako za reko Savo, podtalnice in vodovode, 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 tudi prisoten v plinastih efluentih NEK in prispeva k povečanju koncentracije C-14 v zraku. Meritve C-14 v atmosferskem CO₂ na ograji NEK so pokazale, da je zunaj časa remonta koncentracija višja za 5–10 %, med remontom v NEK pa tudi za več kot 200 %.

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrabno verigo. Meritve v letu 2010 so pokazale, podobno kot v preteklih letih, izrazitejši dvig koncentracije C-14 med remontom na merilni točki, ki je v smeri prevladujočih vetrov (merilna točka je na jugozahodnem delu ograje NEK).

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 za približno 1 %. V letu 2010 so bile žal opravljene samo meritve vzorcev, ki so bili pridobljeni pred poletjem, ne pa tudi tistih v septembru. Izmerjena razlika med vzorci v okolici NEK in v Dobovi je okoli 3 Bq/kg, kar je pod negotovostjo meritve in je lahko samo groba ocena.



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 ocenjujejo izpostavljenosti prebivalstva.

Za tekočinske izpuste je bil razvit model, ki kot referenčno skupino prebivalstva upošteva ribiče, ki lovijo 350 m sotočno od jezca NEK in uživajo savske ribe. Modelski izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevajoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da najvišja efektivna doza zaradi izpustov v reko Savo v letu 2010, podobno kot v letu 2009, ni presegla 2 E-5 mSv na leto. Pri tem so najpomembnejši prispevki Co-58 in Co-60 (zunanja izpostavitve) ter H-3 in Cs-137 (ingestija rib).

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 modelskim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2010 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti. Razredčitvene faktorje od leta 2007 ocenjujemo z dvema modeloma: z Gaussovimi, kot v preteklosti, in z Lagrangeevim modelom (bolj realističen, upošteva značilnosti terena). Vrednosti v tabeli A za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo so dobljene z Lagrangeevim modelom, razen prispevka sevanja iz useda, ki je ocenjen z uporabo Gaussovega modela. Ocena za imerzijo v letu 2010 je višja kot v letu 2009 zaradi večjih emisij Ar-41 (skoraj dvakrat več), ocena za inhalacijo pa nižja zaradi nižjih emisij H-3 v letu 2010 (v letu 2009 približno 50 % višje emisije kot v letu 2010).

Ingestijska doza zaradi C-14 je samo ocena za prvo poletje leta 2010 in je rezultat študije, ki poteka od leta 2006. Primerjava s preteklimi leti pokaže, da celoletna doza (ko bo ocenjena) ne bo bistveno višja (čas remonta, ki močno vpliva na ocenjeno dozo, je bil v jeseni po vegetativnem obdobju). Ugotavljamo, da so bili vsi načini izpostavitve prebivalstva zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.



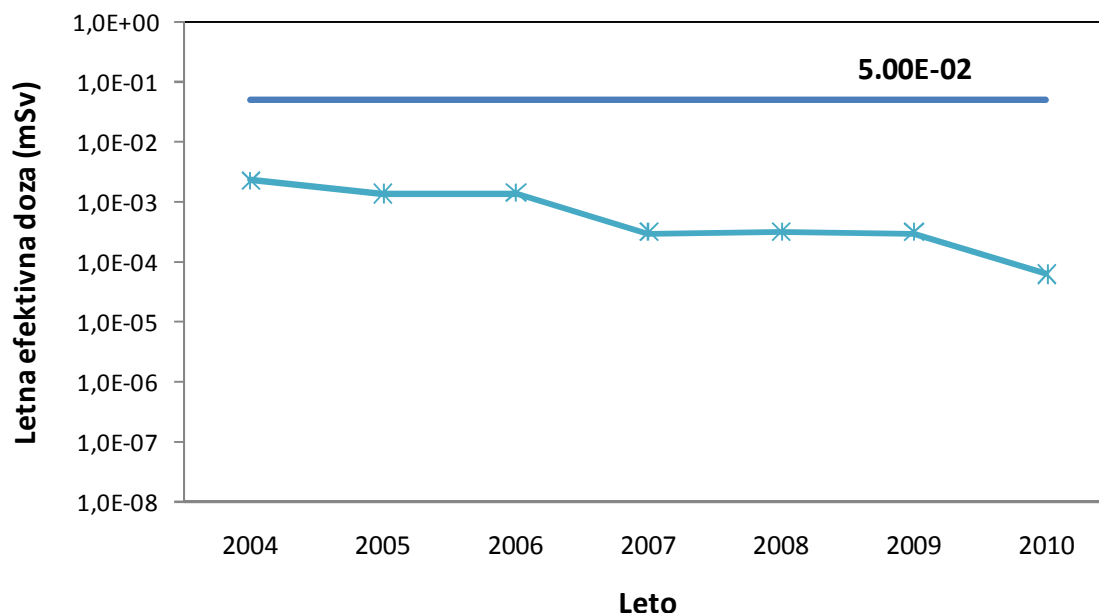
Tabela A: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2010

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41) – aerosoli (Co-58, Co-60, I-132)	7 E–6 2 E–6
inhalacija	oblak	H-3	3 E–6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	3 E–5*

* Ocenjena doza v letu 2010 do remonta v oktobru (Poročilo IRB z dne 10. 2. 2010 in osebno sporočilo Krajcar Bronić)

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 2010. Posebej je označena avtorizirana letna meja 50 μ Sv. 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. 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 2010. Označena je tudi avtorizirana letna meja (50 μ Sv).



Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2010 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, ki ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letna doza sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okolici NEK je bila na prostem v povprečju 0,79 mSv, za zaprte prostore pa je bila leta 1998 ocenjena na 0,83 mSv. K temu je treba dodati še prispevek nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,08 mSv na leto. Tako je bila skupna efektivna doza zunanjega sevanja v letu 2010 v okolici NEK 0,87 mSv na leto, kar je enako podatku za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Tabela B: Efektivne doze zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2010

Vir	Letna efektivna doza (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje	0,79
– kozmični nevtroni [20]	0,08
ingestija (K, U, Th) [20]	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222) [#]	1,3
Skupaj	2,44

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

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 [20].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,44 mSv, kar je zelo blizu svetovnega povprečja 2,4 mSv na leto [20].

Černobilska kontaminacija in poskusne jedrske eksplozije

V letu 2010 sta bila, podobno kot v preteklih letih, od antropogenih radionuklidov v zemlji merljiva le še Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na 1 μ Sv do 11,6 μ Sv na leto, kar je manj kot 1,3 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva s tistimi v preteklih letih.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledih v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2010 ocenjena na $(0,14 \pm 0,1)$ μ Sv na leto za Cs-137 in $(1,08 \pm 0,08)$ μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 0,4 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2010 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije ter poskusnih jedrskih eksplozij.


Tabela C: Povzetek letnih izpostavitv prebivalstva v okolici NEK za leto 2010

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	gama in ionizirajoče kozmično sevanje kozmični nevtroni	0,79 0,08
	ingestija (K, U, Th)	0,27
	inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	skupaj	2,44
NEK – neposredno sevanje	neposredno sevanje iz objektov NEK	zanemarljivo
NEK atmosferski izpusti *	zunanje sevanje iz oblaka	7 E-6
	zunanje sevanje iz useda (Co-58, Co-60, I-132)	2 E-6
	inhalacija iz oblaka (H-3)	3 E-6
	ingestija (C-14)	3 E-5
NEK tekočinski izpusti (Sava) *	referenčna skupina	<2 E-5
černobilska kontaminacija in jedrski poskusi	zunanje sevanje	≤0,02
	ingestija	0,001

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

- v letu 2010 so bili vsi sevalni vplivi NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,1 μSv na leto;
- ocenjena vrednost je zanemarljiva v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μSv na leto na razdalji 500 m in doza zunanjega sevanja 200 μSv na leto na ograji NEK);
- ocenjena vrednost je približno 0,004 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja;
- atmosferski in tekočinski izpusti iz NEK so primerljivi s tistimi iz podobnih jedrskih elektrarn v Evropi; razen tekočinskih izpustov tritija, ki presegajo normalizirane vrednosti glede na količino proizvedene električne energije v podobnih elektrarnah, so izpusti drugih radionuklidov primerljivi ali nižji od povprečnih vrednosti v evropskih elektrarnah.



S U M M A R Y

The population of Slovenia, like elsewhere in the world, is exposed to natural radioactivity and to certain anthropogenic sources of radioactivity. These anthropogenic radioactivity sources primarily are the remaining Chernobyl contamination and the contamination due to nuclear tests. For the local population around Krško NPP there is an additional possibility for exposure to atmospheric and liquid discharges of radioactive substances from the Krško NPP and to direct radiation from certain facilities within the perimeter of the Krško NPP.

The first radiation impact limitations of the Krško NPP on the local population was established in the Location Permit, which required that the total annual effective dose to the reference person on the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond shall not exceed 50 μSv per year. 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 , and additional restrictions regarding liquid and atmospheric effluents emissions from Krško NPP. The imposed 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,
 - Noble gases: annual limit is calculated from the dose limit (50 μSv per year) on the border of the restricted protective zone according to adopted models,
 - H-3 and C-14: there were no explicit limits for released activities.
- b) For liquid effluents:
 - For all radionuclides except H-3, C-14 and dissolved gases: 100 GBq per year, 40 GBq per trimester,
 - H-3: 45 TBq per year.

The limits for liquid effluents have been in force from the year 2007, when the previous limits for liquid effluents were modified to allow for longer (18 month, previously 12 month) fuel cycles in Krško NPP. Former limits 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).

Krško NPP is required to comply with listed *authorised limits* and other constrains regarding the emissions, as well as other radiation impacts on the environment and population. The Krško NPP is required to provide evidence of compliance by performing operational monitoring in accordance with the "Regulation on radioactivity monitoring" (Official Gazette of Republic Slovenia No. 20/2007). Operational monitoring includes measurements of emissions on the premises, surroundings, dose rate measurements in the environment, evaluation of data and dose estimation. The scope of monitoring is defined in the Annex 4 of the Regulation (Design of the operational radioactivity monitoring for Nuclear Power Plant).

The regulation also defines requirements that should be fulfilled by organisations involved in the monitoring implementation, technical equipment requirements and exposure pathways that must be considered in the dose evaluation. Apart from Krško NPP, who is in charge of emission measurements, the monitoring is performed by authorised organisations.

This report presents the operational monitoring results for the year 2010. The report does not include population medical exposure data, which represents the second main source of exposure after natural radiation in the developed world.



CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In the year 2010, the extent of sampling and measurements was not changed from previous years. Therefore, trend determination and direct comparison with results from previous years is possible. The main characteristics were as follows:

1) River Sava:

- a) Continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, Brežice – 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.4 km downstream) for long lived radionuclide's and single samples of unfiltered water in Krško, Brežice and Jesenice na Dolenjskem for shortlived radionuclides,
- b) Sediment samples at six locations (Krško upstream, downstream from the Krško NPP dam, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused in Croatia - downstream),
- c) Fish samples: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (Croatia) and Otok (Croatia).

The sample measurement comprised of determining the gamma emitter concentration using high resolution gamma-ray spectrometry, tritium concentration determination with liquid scintillation beta spectrometry and Sr-90/Sr-89 radiochemical separation and counting with a proportional counter.

2) Waterworks and pumping stations:

- a) Quarterly samples from waterworks in Krško, Brežice and Ljubljana (reference location),
- b) Monthly composite samples from pumping stations in Brege, Drnovo, Brežice and waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice,
- c) Sampling of groundwater in the immediate vicinity of NPP (quarterly samples from the E1 well inside the NPP perimeter fence and monthly samples from the VOP-4 well in Vrbina) and wells in Croatia (Medsave and Šibice).

The measurements were performed using the same methodology as that of the river Sava sample measurements.

3) Precipitations and dry fallouts:

- a) Monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško, Dobova and Ljubljana (reference location),
- b) Monthly exchange of vaseline collecting plates for dry fallout at eight locations in surroundings of Krško NPP, and in Ljubljana (reference location).

The precipitation sample measurements were performed using the same methodology as that of the river Sava sample measurements. The vaseline samples were analysed with high resolution gamma-ray spectrometry.

4) Air:

- a) Aerosol sampling comprised of continuously pumping air flow through aerosol filters, which were exchanged every two weeks. Pumps are located at eight locations in the neighbourhood of Krško NPP (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna and Dobova) and in Ljubljana (control location).
- b) Iodine sampling was performed with special pumps and filters at same the locations as that of the aerosol sampling locations (except for the location Dobova).
- c) Sr-90/Sr-89 sampling is performed with the special pumps in Dobova and Ljubljana.



- d) Krško NPP emission measurements are performed at the Plant Vent, where samples for measurement of Iodine, Tritium (H-3), Carbon (C-14), aerosols and noble gases are collected.
- e) C-14 sampling is performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In the year 2010, seven separate samples were collected. The control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

The aerosol filter and I-131 measurements were performed with high resolution gamma-ray spectrometry, and the Sr-90/Sr-89 determination was performed with beta scintillation spectrometry.

5) External radiation:

- a) External dose (gamma radiation and ionising contribution of cosmic radiation) has been measured with 57 TL dosimeters in the vicinity of Krško NPP (the locations encircle the plant up to a 10 km distance) and 9 TL dosimeters on the NPP perimeter fence. Dosimeters were evaluated every six months. Ljubljana was the reference dosimeter location for all external radiation measurements. An additional 10 dosimeters were located in Croatia.
- b) In parallel with the measurements in the Krško NPP vicinity, measurements with 50 TL dosimeters at locations distributed over Slovenia were performed.
- c) 14 continuous detectors operate in the vicinity of Krško NPP as a part of the Early Warning Network. In addition to these, 79 other detectors are operating 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 in Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The data from continuous detectors are collected and processed by the Slovenian Nuclear Safety Administration.

6) Soil:

- a) The soil samples were collected at four locations downstream of Krško NPP at flood plains (Amerika – 3.5 km from NPP, Gmajnice – 2.5 km from NPP, Gmajnice – 3.6 km from NPP, and Kusova Vrbina-Trnje – 8.5 km from NPP). One location is on cultivated land, the others are not. The samplings were performed yearly with samples taken in layers from different depths (up to 30 cm on non-cultivated land and up to 50 cm on cultivated land).

The sample measurements were performed with high resolution gamma-ray spectrometry, while determination of Sr-90/Sr-89 was performed with radiochemical analysis.

7) Food:

- a) Sampling of food was performed at: orchard near Krško NPP (fruits), Pesje (milk), Spodnja in Zgornja Pohanca (fruits), Brege (vegetables, cereals, milk, meat), Vihre (milk), Vrbina (eggs, vegetables), Spodnji Stari Grad (vegetables, meat, eggs), Žadovinek (vegetables, cereals), Trnje (vegetables), Drnovo (vegetables), Pleterje, Loka (meat), Krško – wine cellar (wine).
- b) Sampling frequency depends on the food type: milk was sampled monthly (quarterly for Sr-90/Sr-89 measurements), meat, eggs and cereals were sampled yearly, vegetables, crops and fruits once per season.
- c) Sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 determination took place twice in year 2010 at 16 locations in the Krško NPP vicinity and in Dobova.

Specific activity measurement of gamma emitters were performed with high resolution gamma-ray spectrometry, while Sr-90/Sr-89 determination was performed with radiochemical analysis.



8) Effluents:

Apart from the measurements of emissions which are performed by Krško NPP, also supervisory and supplementary measurements were performed. These are:

- a) Specific measurements of radionuclides that are not performed routinely by Krško NPP. These are measurements of Sr-90/Sr-89 in combined aliquot monthly samples of liquid effluents from the Waste Monitoring Tanks (WMT) and Steam Generator Blowdown System (SGBD), measurements of H-3 and C-14 in atmospheric releases (fourteen days samples), and measurements of particulate filters (three months samples) for Sr-90/Sr-89.
- b) Determination of average monthly liquid releases from combined aliquot monthly samples of liquid effluents from Waste Monitoring Tanks and Steam Generator Blowdown System with high resolution gamma-ray spectrometry and determination of H-3.
- c) Measurements of atmospheric releases "on the source", i.e. measurements of aerosol filters with high resolution gamma-ray spectrometry.

RESULTS OF MEASUREMENTS

1) River Sava

Like in previous years, river Sava water measurements have shown an increase of H-3 concentration due to liquid effluents from Krško NPP. The average annual concentration of H-3 in Brežice was (5.9 ± 2.0) kBq/m³, which is the eightfold value of the concentration measured at the reference location in Krško. The highest monthly value (20 ± 2) kBq/m³ was measured in June. In the Jesenice na Dolenjskem the measured values were on average 1.6 times lower, due to the dilution effect of waters from rivers Krka and Sotla.

The average I-131 concentration in Brežice (where the highest values were measured) was (7.2 ± 2.0) Bq/m³, with the highest value (13 ± 4) Bq/m³ in the third quarter of the year. Values measured in other rivers in Slovenia were up to (4 ± 2) Bq/m³ (Sava near Ljubljana). I-131 was not detected in river sediments and fish samples.

Cs-137 and Sr-90 are present in the samples of water, filter residues and sediments due to global contamination. Water measurements results in Brežice (Cs-137: <0.3 Bq/m³, Sr-90: (3.5 ± 0.3) Bq/m³) were similar to results in Jesenice na Dolenjskem and the reference location in Krško. The measured values in filter residues were even lower than at the reference location. Sediment activity measurements show the highest value of Cs-137 (7.6 ± 0.7) Bq/kg just below the NPP dam, while the reference location value (2.5 ± 0.4) Bq/kg is similar to results from other locations. The average concentration of Sr-90 in sediments was about 0.15 Bq/kg, which is comparable with results from previous years.

The measured values of Cs-137 and Sr-90 in fish samples were up to (0.08 ± 0.06) Bq/kg (Cs-137) and up to (0.22 ± 0.07) Bq/kg (Sr-90), which is similar to previous years.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of Krško NPP, were not detected.

Among the naturally occurring radionuclides the representatives of Uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and Thorium decay series (Ra-228 and Th-228) were measured. The concentrations of U-238 were about 5 Bq/m³ and Ra-228 about 1 Bq/m³. Measured concentrations of K-40 were about ten times higher. Also the cosmogenic Be-7 was measured, with concentrations that were similar to those for K-40.



2) Waterworks and groundwater

In the year 2010, the highest H-3 values were measured in the pumping stations of Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad. The annual average value in the Brege pumping station was (1.4 ± 0.1) kBq/m³, while the highest value (1.8 ± 0.2) kBq/m³ was in December. The results of measurements in pumping stations Drnovo and Spodnji Stari Grad were slightly lower. The annual average in Brežice waterworks and pumping station was (123 ± 29) Bq/m³ and (64 ± 17) Bq/m³, respectively. In Krško waterworks (Petrol gas station) the average annual value was (1.0 ± 0.1) kBq/m³. The result of comparative measurements of H-3 in Ljubljana waterworks gave the average value of (0.8 ± 0.1) kBq/m³.

The annual average H-3 concentration in the E1 well was (1.6 ± 0.2) kBq/m³. In VOP-4 well in Vrbina the annual average was (6.1 ± 2.0) kBq/m³, with the highest values in July, August and September (these months also correspond to the months with the highest releases from Krško NPP) when the measured values were (15.6 ± 1.4) kBq/m³, (21.5 ± 2.1) kBq/m³ and (12.9 ± 1.7) kBq/m³ respectively.

High H-3 concentrations were also measured in samples from the location Medsave in Croatia, especially in August (9.0 ± 0.8) kBq/m³ and September (4.6 ± 0.5) kBq/m³.

Specific measurements of Sr-90 have shown the highest annual average (1.1 ± 0.1) Bq/m³ in Spodnji Stari Grad, while the values measured in Brežice pumping station and waterworks were approximately one third of the value in Spodnji Stari Grad. Higher annual averages were also measured in the E1 well (inside Krško NPP perimeter fence) and in locations Medsave and Šibice in Croatia with annual averages (2.4 ± 0.3) Bq/m³ and (2.7 ± 0.3) Bq/m³.

Cs-137 was either not detected in samples from waterworks and wells, or traces were detected which were often below the detection limit. Like in the previous years, I-131 was not detected in any sample from waterworks and wells.

Measurements of naturally occurring radionuclides have shown the presence of K-40 (annual averages up to 69 Bq/m³), U-238 (annual averages up to 3.6 Bq/m³), Ra-226 (annual averages up to 1.4 Bq/m³), Pb-210 (annual averages up to 2.8 Bq/m³), Ra-228 (annual averages up to 1.4 Bq/m³), Th-228 (annual averages up to 0.7 Bq/m³) and Be-7 (annual averages up to 3.1 Bq/m³).

3) Precipitations and dry fallouts

The highest precipitation month was September, while the lowest precipitation occurred in March and October. The average H-3 precipitation concentrations in Brege and Krško were 2.3 kBq/m³ and 1.9 kBq/m³, respectively. The average H-3 precipitation concentrations in Dobova and Ljubljana (reference location) were 1.1 kBq/m³ and 1.0 kBq/m³, which are approximately equal to values measured in other countries. The highest monthly values were measured in Brege and Krško in October (6.5) kBq/m³ and (5) kBq/m³, when also the highest atmospheric H-3 release was measured. Similar correlation could be observed also in April, when the monthly release of H-3 was also higher than other months. The correlation could not be observed in dry fallouts.

Detectable concentrations of Sr-89/Sr-90 in precipitations were measured occasionally and were lower than in previous two years. Similar conclusions apply for Cs-137 concentration in precipitations (approximately 0.5 Bq/m³), and dry fallouts, where the measured values were low and approximately 0.1 Bq/m².

4) Air

The aerosols measurements results have shown the presence of only two artificial radionuclides. Those were Cs-137 and Sr-90/Sr-89, whose presence is the consequence of global contamination



and to the less extent, the consequence of Krško NPP emissions. Concentration of Cs-137 did not show a deviation from the previous year's annual average ($1.2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in period 2007–2009), and are comparable with values measured in Ljubljana. In very low concentrations Cs-137 is present in Krško NPP emissions, but calculated concentrations in the environment (immission) are a few orders of magnitude below the detection limit (cf. Figure 4.1, page 47/100). Measured values of Sr-90 (Sr-89 was not detected in releases) are also low ($0.28\text{--}7.8 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) and are consequence of resuspension.

I-131 was not detected at any location.

Measurement of naturally occurring radionuclides have shown the presence of radionuclides, which are also detected at other locations in Slovenia. The values for Be-7 and Pb-210 are practically the same as in Ljubljana (reference location) and other locations in Slovenia, while the concentrations of other radionuclides show more significant differences. This applies especially for U-238, where the results differ significantly. This is not surprising, since the source of U-238 is mostly resuspension from the ground, and higher concentrations are expected near cultivated land.

5) External radiation

Annual doses of external radiation in the vicinity of Krško NPP measured with TL dosimeters were between 0.615 and 1.003 mSv per year, with average value (0.792 ± 0.159) mSv per year. Measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.495 mSv and 0.644 mSv per year with average value (0.588 ± 0.047) mSv per year. Results from TL dosimeters distributed in Slovenia gave average value (0.886 ± 0.146) mSv per year. Comparison with the year 2009 shows that the values are approximately 5 % lower, which is within measurement accuracy.

The annual doses of external radiation measured with TL dosimeters in Croatia were, within measurement accuracy, the same as the doses measured in the vicinity of Krško NPP.

The annual average of data from the continuous detectors in the vicinity of Krško NPP in the year 2010 was (0.66 ± 0.07) mSv per year, which is 17 % below the value measured with the TL dosimeters.

6) Soil

With the exception of Cs-137 and Sr-90, which are present everywhere due to global contamination, other artificial radionuclides that could be assigned to Krško NPP were not discovered.

The measured Sr-90 concentrations exhibited little dependence with sampling depth (up to 30 cm), the values were between 0.26 Bq/kg and 2.1 Bq/kg. The measured Cs-137 concentrations exhibited a stronger dependency on sampling depth, and also differences regarding sampling locations. The values were from 5 Bq/kg to 120 Bq/kg with a characteristic depth profile.

The average Cs-137 deposit (up to 30 cm depth) measured in year 2010 at three locations was between $0.81 \text{ kBq}/\text{m}^2$ and $7.5 \text{ kBq}/\text{m}^2$. This is less than the results from three other locations in Slovenia (from $1.86 \text{ kBq}/\text{m}^2$ to $9.9 \text{ kBq}/\text{m}^2$) that were evaluated within the Slovenian program for measurements of radioactivity in the environment. Sr-90 deposits (between $0.07 \text{ kBq}/\text{m}^2$ and $0.21 \text{ kBq}/\text{m}^2$) were comparable with results from other parts of Slovenia.

The measurement results of naturally occurring radionuclides in soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) were close to the average concentrations listed in United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) for South Europe. The values do not show the concentration dependency with sampling depth, except for Pb-210 (where higher surface concentrations are the result of atmospheric washout). Similar applies for Be-7.



7) Food

The only artificial radionuclide detected in the food samples were Cs-137 and Sr-90. Cs-137 was detected in milk and meat samples, and also in samples of red beet, broccoli, corn, pears and wine. The average specific activity in the food was (0.019 ± 0.007) Bq/kg, with the highest measured value (0.19 ± 0.14) Bq/kg in pork meat. If we consider only vegetables, the highest value was measured in broccoli (0.05 ± 0.01) Bq/kg. The average Sr-90 specific activity in food was (0.13 ± 0.01) Bq/kg, while the highest measured values were in vegetables. Measured concentration in tomatoes was (0.87 ± 0.05) Bq/kg and in barley (0.37 ± 0.04) Bq/kg. The lowest values were measured in meat, apples and pears.

Measured concentrations of naturally occurring radionuclides were as follows:
 K-40 (87 ± 28) Bq/kg, Pb-210 (0.10 ± 0.20) Bq/kg, U-238 (0.29 ± 0.46) Bq/kg,
 Ra-226 (0.15 ± 0.12) Bq/kg and Ra-228 (0.07 ± 0.03) Bq/kg.

Measurements of carbon C-14 specific activity in food samples were completed only for samples collected before the summer of 2010. The values were between (224.6 ± 5.2) Bq/kg and (253.1 ± 5.7) Bq/kg, with the reference value (samples from Dobova) (234.4 ± 3.6) Bq/kg.

8) Effluents

Detail results of measurements of atmospheric and liquid effluents are given in a separate "*Report on radioactive releases from Krško NPP in year 2010*" which has been prepared by Krško NPP.

DISCUSSION

H-3

Like in previous years, the H-3 activity was prevailing among all other radionuclides released in the river Sava. The data on liquid effluents show that released H-3 activity in liquid effluents was similar to year 2007, but higher than in years 2008 and 2009. The highest monthly values were measured in May and June. Measured values for all other radionuclides are at least three orders of magnitude lower and are decreasing in last ten years (Figure G on page xxxviii / xlv).

The calculated H-3 concentration increase based on NPP release data shows a good agreement in magnitude and time dependence with the measurement data from Brežice. The measured average annual concentration increase in sampling location Brežice due to the Krško NPP influence was (5.2 ± 2) kBq/m³.

Direct connection between H-3 releases and H-3 concentration in the underground water is evident only for data from VOP-4 well, where the highest measured values coincide with the higher releases from Krško NPP. Measured average annual concentrations of H-3 in water from pumping stations, waterworks and wells are lower or comparable with the data from recent years (Figure 2.3, page 24/100) which means that the influence of Krško NPP is negligibly low, or not present. This confirms also the calculation of correlation coefficients and also comparison with recent years.

I-131

Short-lived I-131 is occasionally present in the liquid effluents of Krško NPP, but it was not detected in the year 2010. The measured river Sava values were similar to the values measured in other rivers in Slovenia. Therefore we can attribute these values only to the medical use of I-131.

The presence of I-131 in air was not detected.



Cs-137, Sr-90/Sr-89

In year 2010 the activity of released Cs-137 and Sr-90/Sr-89 in liquid effluents was lower (Cs-137) or equal (Sr-90, Sr-89 was not detected in releases) to released activity in the year 2009. Since these radionuclides are part of global contamination, they are present everywhere and we cannot directly prove their origin. Therefore our measurements cannot affirm that the measured Cs-137 or Sr-90 originate from Krško NPP. Measurements in the recent years show diminishing values, which is simply the consequence of radioactive decay.

While the influence of Cs-137 releases to underground water were not detectable, this is not true for Sr-90. Like last year, releases of Sr-90 influenced measured values in the pumping stations Drnovo, Brege and Spodnji Stari Grad waterworks with measured concentrations of Sr-90 were from 1.5 Bq/m³ to 2.7 Bq/m³. Also in Brežice measured values were higher in months when Sr-90 was released.

Concentrations of Cs-137 and Sr-90 in precipitations and dry fallout do not show peculiarities in the year 2010 and are similar to the values from other locations in Slovenia. From data collected in recent years it is possible to perceive exponential activity decay. We can conclude that the presence of both radionuclides is simply the result of resuspension.

Measured values of Cs-137 and Sr-90 in the air in the vicinity of Krško NPP do not show deviation from averages in recent years. The results of model calculations reveal that the released Cs-137 concentration in the air is at least four orders of magnitude lower than measured concentrations. Therefore it is not possible to detect and prove Krško NPP contribution to measured Cs-137 and Sr-90 concentrations.

Soil is sampled on flood plains, therefore deposition from air and flooding are possible transport mechanisms for radionuclides from Krško NPP. Comparison with measurements from previous years shows gradual lowering of Cs-137 deposit in samples up to the 30 cm depth, which is the consequence of decay and leakage to deeper layers of soil.

The existences of Cs-137 and Sr-90 in food are due to the presence of radionuclides in soil, and partially the consequence of fallout to vegetation during the growth period. The radionuclides concentrations differ from year to year, but are decreasing after the Chernobyl accident and for some food categories (e.g. milk) we can conclude, that the concentrations are already at the pre-Chernobyl level. Comparison of samples from Krško NPP surroundings and samples from other parts of Slovenia shows that the concentrations of Cs-137 and Sr-90 in animal products from other parts are even an order of magnitude higher than in the animal products from Krško NPP surroundings. This applies to milk, which has a similar Cs-137 concentration as milk in Ljubljana, but an order of magnitude lower concentration than the milk from Kobarid. This applies also for pork meat, which has an order of magnitude higher Sr-90 concentration in Bohinjska Bistrica. The similar conclusions apply for vegetables and pasture, where the concentrations in some cases are on the detection limits.

Natural radionuclides

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

C-14

C-14 is a cosmogenic radionuclide, but it is also present in the atmospheric releases of Krško NPP and contributes to the C-14 concentration increase in air. Measurements of C-14 in atmospheric CO₂ at the NPP perimeter fence have shown that the C-14 concentrations are usually 5–10 % higher, but during the outage the concentration increases up to 200 %.

In the year 2010, measurements have shown, similarly like in the past years, increase of the C-14 concentration at the measurement location (SW Krško NPP perimeter fence) with prevailing winds coming from NPP technological buildings.



C-14 is incorporated in vegetation and enters the food chain. Measurements of the food samples (i.e. comparison of samples from the Krško NPP vicinity and samples from Dobova) have shown in the past years that the additional C-14 from Krško NPP increases the concentration in vegetation for approximately 1 %. In year 2010, the measurements are completed only for samples collected before the summer. Samples collected in September were not analysed yet. Measured differences between samples from the NPP vicinity and samples from Dobova is about 3 Bq/kg, which is below measurement accuracy and can only be used as a raw estimate.

DOSE ESTIMATE

Liquid effluents

During the normal operation of NPP, the concentrations of released radionuclides in the environment are well below detection limits. Therefore the influence to population and environment could be evaluated only indirectly from the data on released liquid and atmospheric effluents. The doses to population could be estimated with models which describe spreading of radionuclides in the environment and transfer to humans.

Model has been developed for liquid discharges, which takes into account specific reference group, fishermen fishing 350m downstream the Krško NPP dam and eat fish from river Sava. Model calculation, which takes into account releases from Krško NPP, river flow and other particularities of the group, has shown, that the highest effective dose due to the liquid discharges in year 2010 (like in year 2009) did not exceed 2×10^{-5} mSv per year. The most important radionuclides for this group were Co-58 and Co-60 (for external exposure) and H-3 and Cs-137 (for ingestion of fish).

Atmospheric effluents

In the evaluation of dose contribution of atmospheric effluents 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** like H-3 and C-14, which are radiologically important as they get built into the body, mostly during inhalation and in case of C-14 due to vegetables and milk ingestion exposure pathways,
- **beta/gamma emitters** present in aerosols (Co, Cs, Sr etc.), which are important for the inhalation exposure pathway, external exposure to deposited radionuclides, and ingestion of radionuclides deposited on vegetations,
- **Iodine radionuclides** in different physical and chemical forms, which are important for inhalation exposure in case of immersion in a radioactive cloud and due to their transport into milk and dairy products.

The evaluation of activity concentrations in the environment and the resulting model calculations using dilution factors based on actual meteorological data for the year 2010 demonstrated that for individual above-mentioned groups of radionuclides, the exposure pathways listed in Table A were the most significant ones. From the year 2007, the evaluation of dilution factors is performed by use of two models, namely the Gaussian model which was used in the past, and the Lagrange model (more realistic, considers the terrain specifics). The data in Table A are results of the Lagrange model, except for the estimate of the fallout exposure, where the Gaussian model was used. Estimates for the immersion is in the year 2010 higher in comparison with the year 2009 due to the higher emissions of Ar-41 (almost double) and estimate for inhalation lower due to lower emissions of H-3 (emissions in the year 2009 were 50 % higher than in the year 2010).

Ingestion dose from C-14 is only estimated for the first half of year 2010 and is a result of a study that



started in the year 2006. Comparison with previous years shows, that the final dose for the year 2010 (when estimated) should not differ significantly from the current value (the outage time, which strongly influences the dose, was in autumn, after the vegetation period). We can conclude that all the different contributions to the radiation exposure of the general public are very low in comparison to exposure from natural sources, authorised and legal limits.

Table A: General public exposures at the settlement Spodnji Stari Grad due to atmospheric releases of the Krško NPP in 2010

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – fallout exposure	– noble gases (Ar-41) – aerosols (Co-58, Co-60, I-132)	7 E–6 2 E–6
inhalation	radioactive cloud	H-3	3 E–6
ingestion	vegetal food	C-14	3 E–5*

* Dose estimate for the year 2010 until the outage in October (Report from Ruđer Bošković Institute from the 10th of February, 2011 and personal communication from Ms. Krajcar Bronić).

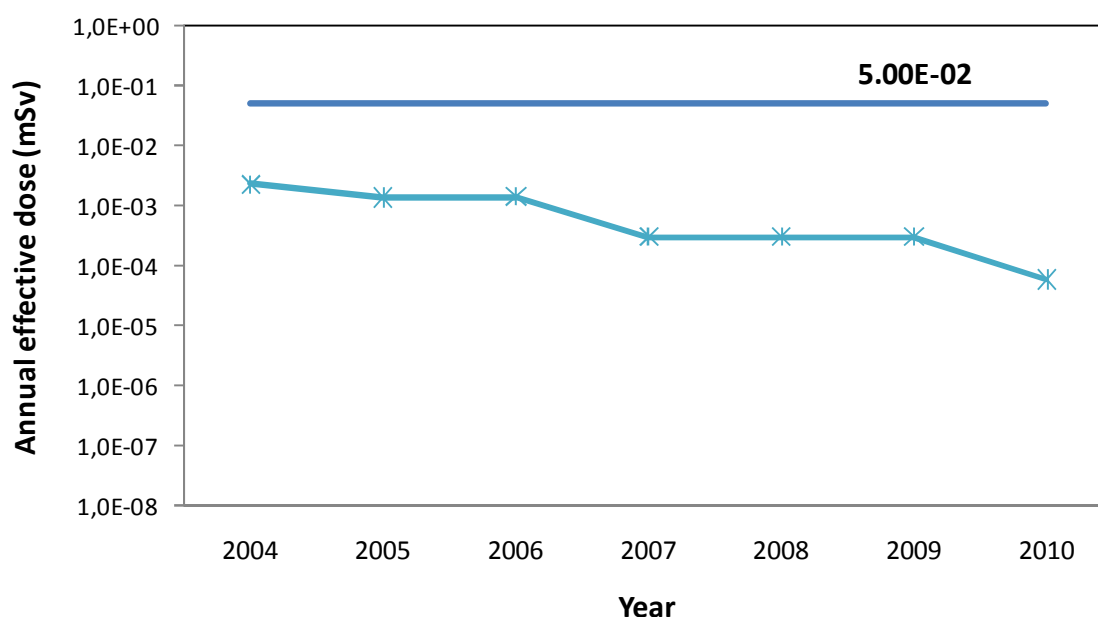


Figure A: Sum of estimated annual effective doses to reference groups due to Krško NPP emissions from the years 2004 to 2010. The dashed line represents the authorised annual limit (50 µSv).

Comparison with previous years

On Figure A comparison of sum of estimated effective dose to reference groups due to Krško NPP emissions from the years 2004 to 2010 is given. The authorised annual limit (50 µSv) is marked for reference. The data are presented in Table C. We must emphasize that contributions are related to



different groups, and the sum is only coarse estimate of annual effective dose. It can be seen from Figure A that the influence of Krško NPP emissions is decreasing with years. When comparing the individual contributions, it must be taken into account that since the year 2007 the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and inhalation dose. The Lagrange model typically provides lower dose values. Also, before the year 2006, the contribution of atmospheric emissions to ingestion dose (i.e. the contribution of C-14) was estimated based on available data on emissions and environmental measurements in the vicinity of similar power plants in other countries.

Natural radioactivity

Measurements of the external exposure around the Krško NPP showed in 2010 that we are dealing with a typical natural environment, present elsewhere in Slovenia and the world, as far as natural radioactivity is concerned. The annual external effective dose due to gamma radiation and ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted on average to 0.79 mSv per year in the open. In the dwellings it was estimated at 0.83 mSv per year. To this value the contribution of the neutron component of cosmic radiation needs to be added, which for the area of Krško amounts to 0.08 mSv per year. The total effective annual external dose in the vicinity of the Krško NPP thus amounted to **0.87 mSv per year** in the year 2010, which is comparable to the average worldwide value.

Table B: Effective doses due to natural radioactivity around Krško in 2010

Vir	Annual effective dose (mSv)
– external gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.79
– neutron component of cosmic radiation [20]	0.08
ingestion (K, U, Th) [20]	0.27
inhalation (Rn and daughters) [#]	1.3
Total	2.44

Note #: A typical contribution of radon short-lived daughter isotopes on the effective dose was discussed in the report 2000 (IJS-DP-8340, #3, page 7).

The measurements of natural radionuclide concentrations in foodstuffs yielded results comparable with the average worldwide data. The conclusions of UNSCEAR 2000 [20] have therefore been generically adopted for the estimation of ingestion effective dose in this case.

Different contributions to the effective dose are shown in Table B. The total effective dose in 2010 amounts to **2.44 mSv per year**, which is very close to the average worldwide value 2.4 mSv per year [20].

Chernobyl contamination and the nuclear weapons tests

In the year 2010 the main gamma-emitting remaining isotopes originating from the Chernobyl accident and nuclear test explosions measured in soil samples were Cs-137 and Sr-90.

The contribution of Cs-137 to the external background annual dose were estimated to be between 1 and 11,6 µSv per year, which is less than 1.3% of the average external natural radiation dose in the vicinity of Krško NPP. The values are comparable with previous estimates.



Traces of Chernobyl and weapons-tests related Cs-137 and Sr-90 were detected in certain food samples. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at $(0.14 \pm 0.1) \mu\text{Sv}$ per year for Cs-137 and at $(1.08 \pm 0.08) \mu\text{Sv}$ per year for Sr-90, which amounts in total to some 0.4 % of the annual effective dose due to the presence of naturally occurring radionuclides in foodstuffs. The dose is comparable with doses from previous years.

CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of general public to ionizing radiation in the vicinity of the Krško NPP is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the Krško NPP and the Chernobyl and nuclear-weapons-tests contamination to the effective dose in 2010 are listed.

Table C: Summary of the annual exposure of the general public around the Krško NPP in 2010.

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.79
	– neutron component of cosmic radiation	0.08
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn short-lived daughters)	1.30
	total	2.44
Krško NPP direct radiation	direct radiation from Krško-NPP	negligible
Krško NPP atmospheric discharges*	external dose (immersion)	7 E-6
	deposition	2 E-6
	inhalation	3 E-6
	ingestion	3 E-5
Krško NPP liquid discharges*	reference group	<2 E-5
Chernobyl and nuclear-weapons tests	– external dose	≤0.02
	– ingestion	0.001

* The sum of contributions of the Krško NPP from different pathways is not given, since the exposures are not necessarily additive.

We can conclude that:

- In the year 2010 the impact of the Krško NPP on the exposure of the general public to ionizing radiation were estimated as being lower than $0.1 \mu\text{Sv}$ per year.
- Estimated effective dose is negligible compared to the two authorized dose limits for general public around the Krško NPP (effective dose $50 \mu\text{Sv}$ per year at a distance of 500 m from the plant perimeter and external radiation $200 \mu\text{Sv}$ per year at the perimeter fence).
- The value amounts to about 0.004 % of natural background radiation dose.
- The atmospheric and liquid discharges of the Krško NPP are comparable to those of other similar nuclear installations in Europe. Except for H-3, the discharges of other radionuclides are comparable or lower than the average discharges of similar NPPs.



MERITVE PLINASTIH IN TEKOČIH EFLUENTOV

POVZETEK

NEK kot jedrski objekt med svojim obratovanjem izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v zrak in savsko vodo. Neposredne izpuste v okolje spremljajo v NEK, neodvisne institucije pa merijo vnos radioaktivnih snovi v okolje. Aktivnost cepitvenih in aktivacijskih produktov v odpadni vodi je bila pod letno omejitvijo, aktivnost tritija je bila približno 50 % letne omejitve. Izpuščene aktivnosti radionuklidov v zrak so bile pod letnimi omejitvami.

OBSEG PRIMERJALNIH IN NADZORNIH MERITEV

V skladu s 35. in 36. členom Pogodbe EURATOM o nadzoru stopnje radioaktivnosti v okolju za namene ocenjevanja izpostavljenosti prebivalstva, ter Priporočilom Komisije 2000/473/EURATOM in Priporočilom Komisije 2004/2/EURATOM o standardiziranih podatkih o atmosferskih in tekočinskih radioaktivnih izpustih v okolje iz reaktorjev jedrskih elektrarn je v Sloveniji narejena zasnova programa nadzora radioaktivnosti, načina in obsega nadzora radioaktivnosti okolja ter obratovalnega nadzora radioaktivnosti, vrste meritev ter metode vzorčevanja in merjenja radioaktivnosti in kakovosti opreme za meritve radioaktivnosti.

Upravljalca jedrskega objekta, ki sme izpuščati v okolje radioaktivne snovi, izvaja obratovalni nadzor radioaktivnosti, da dokaže, da aktivnosti izpustov pri normalnem obratovanju ne presegajo avtoriziranih mej in mejnih vrednosti, določenih s predpisi, ter da obratovanje jedrskega objekta ne povzroča izpostavitve sevanju prebivalstva nad avtoriziranimi mejami in drugimi mejami, določenimi s predpisi. V skladu s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [2], mora URSJV zagotavljati stalne nadzorne meritve emisij in imisij. Teh meritev ne sme izvajati zavezanec za obratovalni nadzor ali izvajalec nadzora radioaktivnosti, ki izvaja te iste meritve za zavezanca za obratovalni nadzor.

Meritve nadzornega dela programa meritev efluentov so namenjene dodatnemu preverjanju oziroma dopolnjevanju emisijskih meritev, ki jih stalno opravljajo službe NEK, in jih razvrščamo na:

- nadzorne specifične meritve elementov, ki jih NEK rutinsko ne opravlja:
 - Sr-90/Sr-89 in Fe-55 v alikvotno sestavljenih mesečnih vzorcih tekočinskih izpustov iz WMT in SGBD; meritve je opravil IRB;
 - H-3 in C-14 v zračnih izpustih dimnika, štirinajstdnevni kontinuirano zbirani vzorci za analize H-3 (T) v vodnih hlapih (HTO), vodiku (HT) ter tritiranih ogljikovodikih (CH_3T) in analize C-14 v ogljikovem dioksidu ($^{14}\text{CO}_2$) ter ogljikovodikih ($^{14}\text{CH}_4$) oziroma neoksidiranem ogljiku so na IJS analizirali mesečno;
 - Sr-90/Sr-89 v sestavljenih vzorcih partikulatnih filtrov, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 na sestavljenih trimesečnih vzorcih; meritve je opravil IJS;
- določanje povprečnih mesečnih tekočinskih izpustov na podlagi analiz z visokoločljivostno spektrometrijo gama, analize vsebnosti H-3 v alikvotno sestavljenih reprezentančnih mesečnih vzorcih iz izpustnih tankov (WMT) in kaluže uparjalnikov (SGBD); meritve je opravil IRB;
- meritve na izviru zračnih izpustov, visokoločljivostna spektrometrija gama v aerosolnih filtrih; meritve je opravil IJS.

Nadzorne meritve obratovalnega nadzora NEK izvajajo Institut "Jožef Stefan" (IJS) iz Ljubljane, Institut "Ruđer Bošković" (IRB) iz Zagreba in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) iz Ljubljane, ki so pooblaščen za izvajanje nadzora radioaktivnosti. Posamezni rezultati meritev tekočinskih izpustov NEK so predstavljeni na slikah B, C in D. Podrobni rezultati so v zbirnem poročilu "*Poročilo o radioaktivnih emisijah iz NE Krško za leto 2010*", ki ga je pripravil NEK.



OBRAVNAVA REZULTATOV

Obravnava rezultatov meritev je podana v tem poročilu v poglavjih o zračnih in tekočinskih emisijah "Sava" in "Zrak".

Vzporedne primerjalne meritve izpustnih tankov (WMT) in kaluže uparjalnikov (SGBD) in tudi meritve radionuklidov Fe-55 in Sr-90/Sr-89 v WMT in SGBD je tudi v letu 2010 izvajal IRB.

OCENA VPLIVOV

Zračni izpusti

Za vrednotenje vplivov atmosferskih izpustov je treba na osnovi slovenske in zakonodaje EU opredeliti vpliv naslednjih skupin radionuklidov: tritija H-3, C-14, jodovih izotopov, žlahtnih plinov, drugih sevalcev beta in gama ter sevalcev alfa.

Nadzor in oceno vplivov zračnih emisij omogočajo podatki, ki jih zbere NEK in jih dopolnjujejo specifične meritve elementov H-3 in C-14, ki ji izvaja IJS na vzorcih, pridobljenih s kontinuirnim zbiranjem na oddušniku elektrarne, ter z meritvami z visokoločljivostno spektrometrijo gama na aerosolnih filtrih z vzorčevanjem na oddušniku NEK.

Program meteoroloških meritev v okolici NEK zagotavlja podatke za izračun povprečnih razredčitvenih koeficientov, ki jih za posamezne mesece in mesta v okolici elektrarne pripravi Agencija RS za okolje (ARSO). Tudi v letošnjem ovrednotenju smo poleg razredčitvenih faktorjev ARSO uporabili še povprečne razredčitvene koeficiente, ki jih je izračunalo podjetje MEIS, d. o. o. z Lagrangeevim modelom širjenja izpustov v atmosferi.

Zbrani podatki o emisijah na oddušniku NEK so podani v mesečnih poročilih NEK. Iz omenjenih podatkov in razredčitvenih koeficientov je mogoče oceniti prispevka zaradi inhalacije in imerzije k letni efektivni dozi za prebivalstvo v okolici NEK zaradi zračnih emisij NEK. V preglednici 4.2 so zbrani tako ocenjeni prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi, izračunani za odraslega človeka v referenčnem naselju Spodnji Stari Grad.

Iz preglednice 4.2 je razvidno, da je inhalacijska doza predvsem posledica emisij tritija v obliki tritirane vode (HTO). Imerzijska doza je predvsem posledica emisij Ar-41 (približno 96 %), ter Xe-131m in Kr-85 (oba približno 2 %). Od drugih radionuklidov, detektiranih v hlapih, plinih in aerosolih prispeva k skupni letni inhalacijski dozi še C-14 v obliki $^{14}\text{CO}_2$ (približno 0,5 %) ter Xe-133 in C-14 v obliki $^{14}\text{CH}_4$, vendar približno dva velikostna razreda manj. Prispevki drugih detektiranih radionuklidov k skupni letni dozi so še bistveno manjši od omenjenih. Pri tem je treba omeniti, da je pri C-14 upoštevana samo inhalacijska izpostavljenost, ne pa tudi doza, ki je posledica prehoda v ingestijsko prenosno pot.

Prispevek tritija k inhalacijski dozi (v obliki HTO) smo v letu 2010 ocenili na 9 nSv z uporabo Lagrangeevih razredčitvenih faktorjev oziroma na 1,1 μSv z uporabo razredčitvenih koeficientov, ki jih je izračunal ARSO, kar je približno štirikrat več kot leta 2009, ko smo dozo ocenili 0,29 μSv in približno enako kot leta 2008, ko smo dozo ocenili 1,30 μSv , ter približno petkrat več kot v letih 2007, 2006 in 2005, ko je bila ta doza ocenjena na 0,19 μSv , 0,21 μSv , 0,16 μSv . Pri tem je treba poudariti, da so razredčitveni faktorji, določeni po Lagrangeevi metodi, od 2 do 3 redov velikosti nižji od vrednosti razredčitvenih faktorjev, izračunanih od ARSO. Prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, tako da je bila v letu 2010 skupna letna inhalacijska doza 9 nSv na leto. Za otroka je bila v letu 2010 celotna inhalacijska efektivna doza 7,2 nSv na leto, za dojenčka je pa 2,8 nSv na leto.

Imerzijski prispevek k skupni letni dozi je bil za odraslo osebo 16 nSv (2,5 μSv z uporabo razredčitvenih faktorjev, ki jih je izračunal ARSO), za otroka 9,7 nSv (1,5 μSv z uporabo razredčitvenih faktorjev, ki jih je izračunal ARSO) in za dojenčka 1,8 nSv (0,29 μSv z uporabo razredčitvenih faktorjev, ki jih je izračunal ARSO) in je bil v letu 2010 predvsem posledica izpustov Ar-41 (15 nSv za odraslo osebo, 9,2 nSv za otroka, in 1,7 nSv za dojenčka na osnovi Lagrangeevih razredčitvenih faktorjev), ki so bili



porazdeljeni čez celo leto 2010. Približno dvajsetino te vrednosti pa je prispeval še Xe-131m. Skupna efektivna doza za odraslega človeka v Vrbinu, ki je posledica inhalacije in imerzije, je bila v letu 2010 11 nSv na leto, za otroka, starega od sedem do dvanajst let, 7,1 nSv na leto ter za dojenčka, starega do enega leta, 1,9 nSv na leto (1 μ Sv, 0,71 μ Sv, in 0,19 μ Sv z uporabo razredčitvenih faktorjev, ki jih je izračunala ARSO). V drugih naseljih v okolici NEK so bile te doze še nižje. Povzetek vseh ocenjenih skupnih letnih inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2010 je v preglednici 4.3.

Primerjava zračnih izpustov H-3 iz NEK in povprečnih emisij jedrskih elektrarn v EU je prikazana na sliki E. Podatki so zbrani na osnovi poročil evropske komisije "Radiation Protection 164 - Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 2004–08" in "Radiation Protection 143 - Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999 – 2003". Primerjani so samo tlačnovodni reaktorji.

Tekočinski izpusti

NE Krško pri obratovanju kontrolirano mesečno izpušča manjše količine radionuklidov v reko Savo. Tekočine se izpuščajo iz izpustnih tankov (Waste Monitoring Tank - WMT) in iz kaluž uparjalnikov (Steam Generator Blowdown System Discharge – SGBD). Glede na zahteve slovenske zakonodaje (Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)) se sprotno opravljajo neposredne meritve sevalcev gama in H-3 v tekočinskih izpustih nadzornih tankov in kalužah uparjalnikov ter laboratorijske analize sevalcev gama, H-3, Sr-89, Sr-90 in Fe-55 vseh tekočinskih izpustov iz nadzornih tankov in kaluž uparjalnikov.

V reko Savo je bilo izpuščenih 2230 m³ vode iz WMT in 4010 m³ iz SGBD. Primerjava z letom 2009 (1850 m³ vode iz WMT in 2660 m³ iz SGBD) in 2008 (1060 m³ vode iz WMT in 1110 m³ iz SGBD) kaže zvišanje volumna tekočinskih izpustov, kar je odvisno od načina obratovanja jedrske elektrarne.

Meritve nerazredčenih efluentov v zadrževalnikih WMT in meritve kaluž uparjalnikov (SGBD), ki sta jih opravila NEK in IRB, so v letu 2010 pokazale precej višje emisije kot v letu 2009 (približno 300 %), kar je še vedno nižja vrednost od svetovnega povprečja. Večji izpusti so bili ugotovljeni v času od marca do septembra (slika B).

Tekoči izpusti H-3 v letu 2010 so bili na podlagi meritev NEK 22 TBq na leto, kar je precej višje kot v letu 2009 (7,3 TBq) in 2008 (7 TBq) in primerljivo z izpusti v preteklih letih: 22 TBq (2007), 13 TBq (2006), 19 TBq (2005), 11 TBq (2004), 10,3 TBq (2003), 13 TBq (2002), prikazani so na sliki B.

Tekoči izpusti H-3 so od leta 2004 dalje nekoliko večji in so bili v letu 2010 20 TBq, kar je enako kot leta 2007 in je rezultat daljšega gorivnega cikla in načina obratovanja elektrarne. Vpliv povečanih izpustov se je kazal tudi v povečanih koncentracijah H-3 v Savi in v podtalnici nizvodno od NEK. Letna omejitev tekočih izpustov H-3 v NEK je 45 TBq na leto. Skupna omejitev za druge radionuklide je 100 GBq (sevalci beta/gama) na leto.

Primerjava tekočih izpustov H-3 iz NEK in jedrskih elektrarn v EU (z različnim številom reaktorjev) je podana na sliki F. Podatki so zbrani na osnovi poročil evropske komisije "Radiation Protection 164 - Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 2004-08" in "Radiation Protection 143 -Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003". Primerjani so samo tlačnovodni reaktorji.

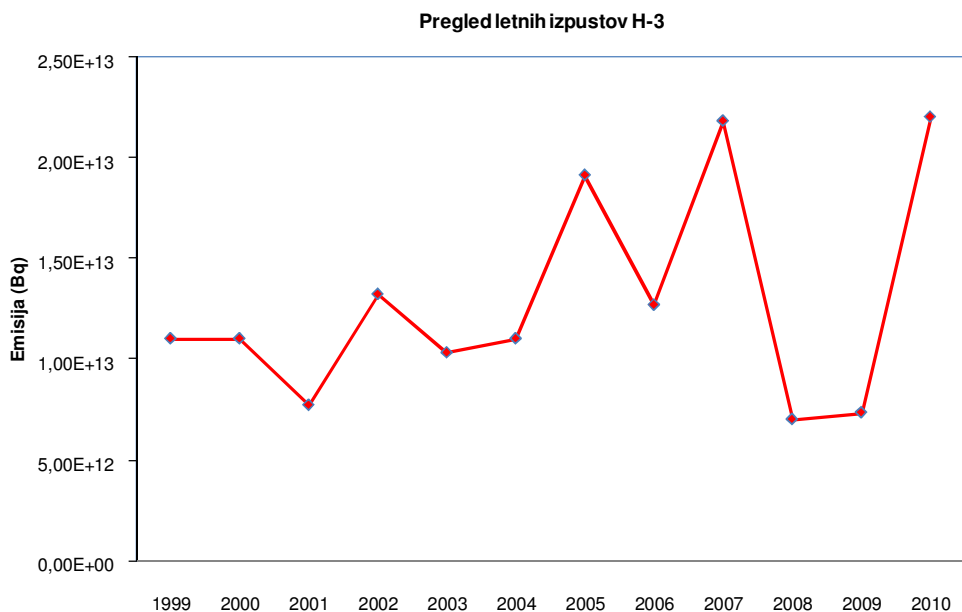
Normaliziran izpust H-3 glede na količino proizvedene električne energije je bil tako 4 GBq / (GW h) (letna proizvodnja (2010) električne energije 5,38 TW h). Primerjava normaliziranih tekočih izpustov H-3 glede na proizvedeno električno energijo kaže višje vrednosti kot v državah EU (okrog 2 GBq / (GW h) za reaktorje PWR). Količina izpuščenega tritija je precej odvisna od načina obratovanja elektrarne in dolžine gorivnega cikla (NEK že nekaj let obratuje z 18-mesečnim ciklom).

Analize Sr-90/Sr-89 v alikvotnih tekočih vzorcih so dale oceno velikosti emisij (1,6 E+5) Bq na leto (meritve je opravil IRB), kar je nižje kot v letu 2009 in primerljivo z vrednostmi v letih 2004–2008 (slika D).

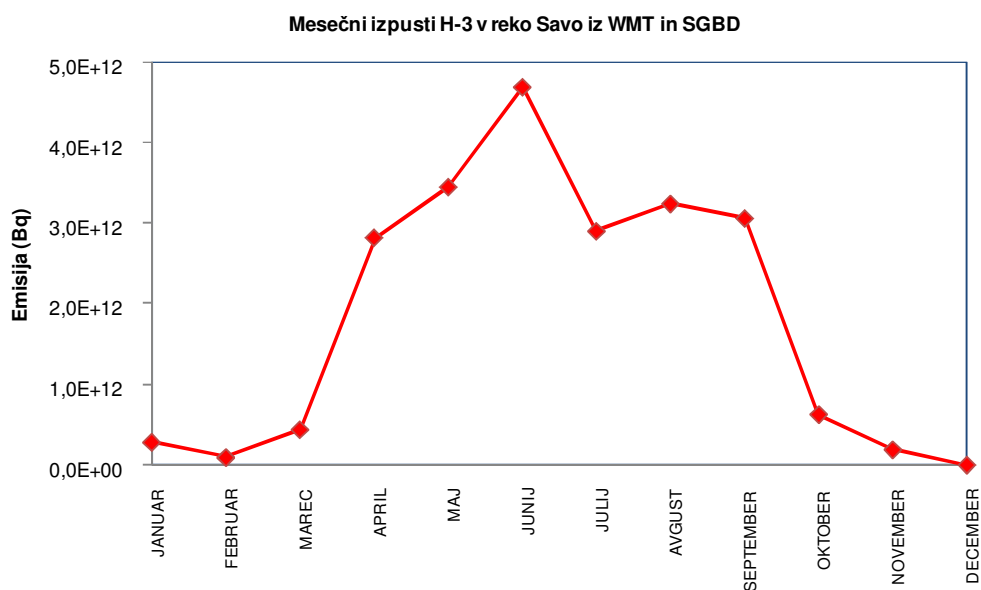


Poleg H-3 je bilo med izpuščenimi radionuklidi največ Co-58 ((1,4 E+7) Bq na leto), Co-60 ((5,1 E+6) Bq na leto) ter Ag-110 m ((1,1 E+7) Bq na leto), Fe-55 ((5,9 E+6) Bq na leto), Cs-137 ((5,9 E+6) Bq na leto). V efluentih je izmerjen tudi I-131 ((4,3 E+5) Bq na leto) in Xe-133 ((6,8 E+6) Bq na leto).

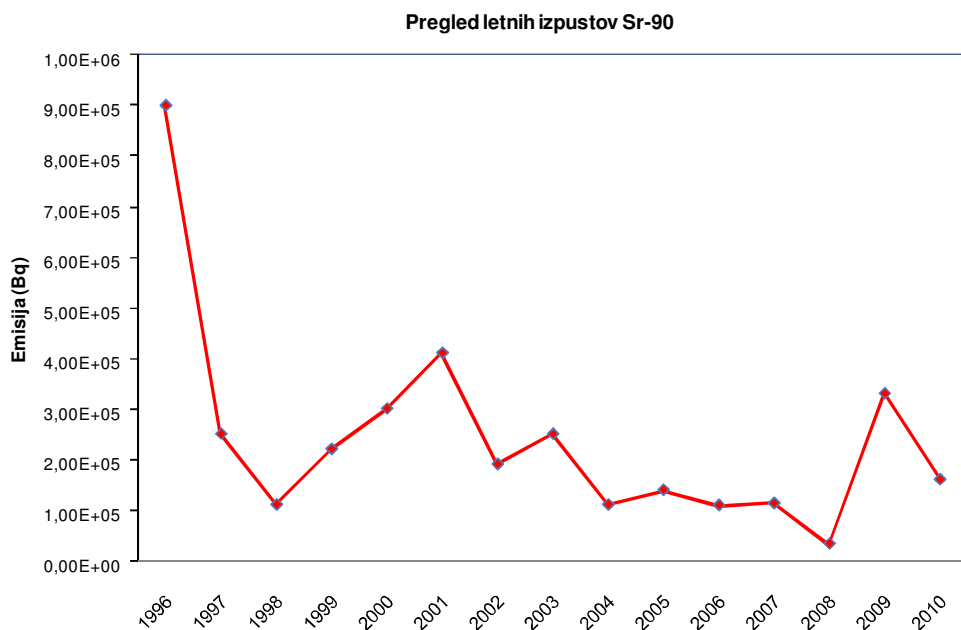
Primerjava letnih izpustov Co-60, Co-58 in Cs-137 v zadnji dekadi kaže težnjo njihovega zmanjševanja (slika G).



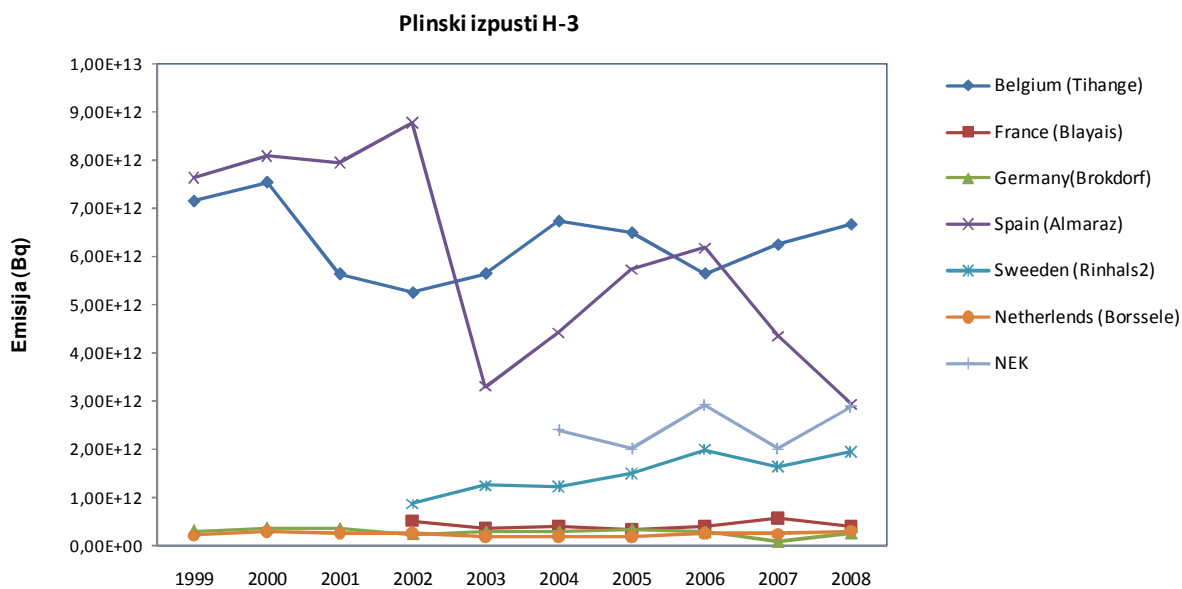
Slika B: Letni izpusti H-3 v reko Savo (največja izpusta H-3 sta bila v letih 2007 in 2010)



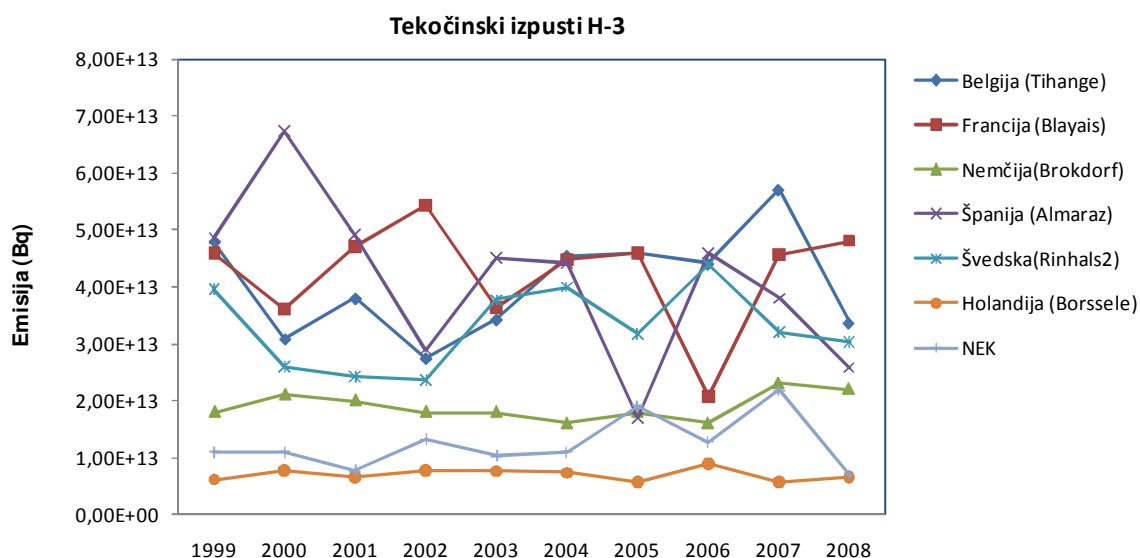
Slika C: Mesečni izpusti H-3 v reko Savo v letu 2010



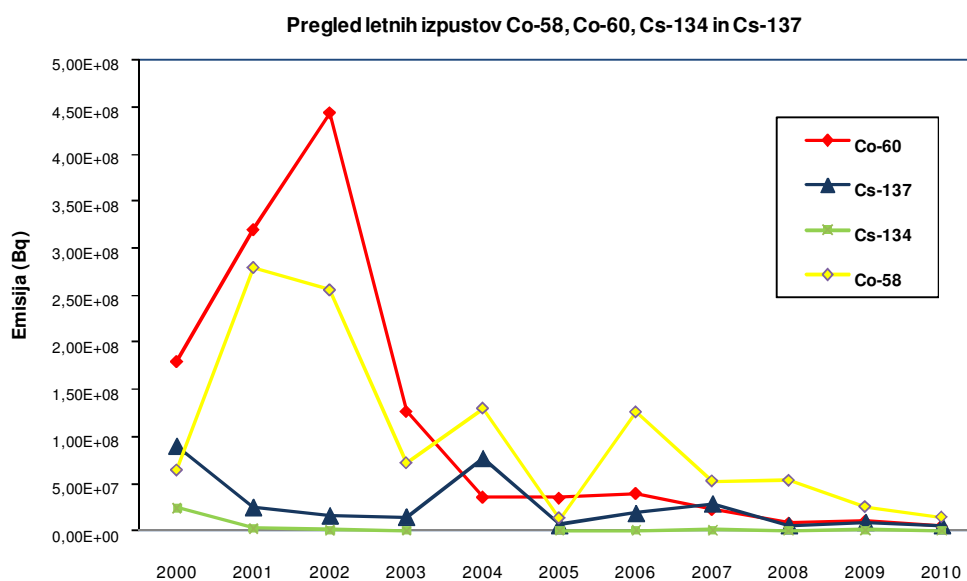
Slika D: Letni izpusti Sr-90/Sr-89 v reko Savo



Slika E: Letni plinski izpusti H-3 za različne evropske PWR-elektrarne



Slika F: Letni tekočinski izpusti H-3 za različne evropske PWR elektrarne



Slika G: Letni izpusti Co-58, Co-60 in Cs-137 v reko Savo

SKLEP

Ker so največkrat koncentracije radionuklidov v okolju zaradi izpustov iz NEK pod mejami zaznave instrumentov, je treba vplive vrednotiti iz merjenih emisijskih podatkov in z uporabo modelov za razširjanje radionuklidov v okolje. Pregled letnih izpustov kaže na težnjo zmanjševanja izpustov v zadnji dekadi za večino radionuklidov, izjema je tritij, ki je posledica prehoda na daljši gorivni cikel in je v skladu s pričakovanji večji.



NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljen je bil pregled rezultatov meritev za okoljske vzorce (emisije) laboratorijev IJS in ZVD pri neodvisnem nadzoru obratovalnega nadzora NE Krško za leto 2010. Glede na kompleksnost postopkov lahko ocenimo, da so ujemanja med IJS in ZVD 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) in Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) se izvaja neodvisni nadzor meritev v sklopu obratovalnega nadzora NE Krško. 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 2010* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo imisijskih meritev (meritev vzorcev iz okolja). V tem poglavju obravnavamo le primerjavo rezultatov meritev iz okolja, saj je celotna obravnava neodvisnega nadzora predstavljena v poročilu "Neodvisni monitoring NEK - poročilo za leto 2010". Program meritev v sklopu 3 neodvisnega nadzora je prikazan v tabeli 1.

Pri neodvisnem nadzoru sta IJS in ZVD vzorčevala istočasno in na istih lokacijah, vsak po svojih postopkih. Vzorčevanje je potekalo pod nadzorom predstavnika URSJV. ZVD je o rezultatih teh meritev poročal v okviru rednega obratovalnega nadzora.

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 na IJS (Odsek O-2) teh meritev ni opravil.

Tabela 1: Program nadzora imisij za leto 2010

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 × letno	polletno 2 × 2
	Brežice		2 × letno	
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Rečna voda, enkratni vzorec	2 × letno	polletno 2 × 2
	Brežice		2 × letno	
Meritve tritija (H-3) specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Krško	Rečna voda, enkratni vzorec	2 × letno	polletno 2 × 2
	Brežice		2 × letno	



REZULTATI MERITEV

V tabelah od 2 do 5 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev IJS in ZVD ter njihova medsebojna primerjava. Rezultate smo med seboj primerjali z u -preskusom, ki je definiran kot:

$$u\text{-preskus} = | \text{rezultat IJS} - \text{rezultat ZVD} | / [(\text{negotovost IJS})^2 + (\text{negotovost ZVD})^2]^{1/2}$$

Prednost u -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), smo ta rezultat obravnavali kot ($0 \pm$ vrednost). Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili ista merila, kot jih uporabljajo pri NPL za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev, in sicer:

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

V naši primerjavi smo predpostavili, da so rezultati primerljivi, če je u -preskus $u < 1,96$. V tabelah od 2 do 5 so z odebeljenim tiskom označene vse vrednosti u -preskusov, ki so večje od 1,96.

Iz tabele 2, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce reke Savo v Krškem, je bilo med seboj primerjanih 13 rezultatov, od katerih so 3 rezultati označeni kot nesprejemljivi. Največja razhajanja so pri rezultatih Be-7, kjer je ZVD poročal o bistveno višjih vrednostih z majhnimi negotovostmi. Razhajanja so bila tudi pri Ra-228, vendar so bile v tem primeru poročane nizke vrednosti z veliko negotovostjo. V tabeli 3 so prikazani rezultati meritev savske vode v Brežicah. V tem primeru je bilo primerjanih 14 rezultatov, od katerih se je odmikal le eden, in sicer za Ra-226 pri drugem vzorčevanju. V vzorcih vod IJS Be-7 ni bil zaznan nad detekcijsko mejo, ZVD pa je poročal o vrednosti istega reda velikosti kot pri savski vodi, odvzeti v Krškem.

V tabeli 4 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčevanih v Krškem, v tabeli 5 pa v Brežicah. Na lokaciji Krško je bilo med seboj primerjanih 16 rezultatov, od katerih sta se odmikala le 2, in sicer za Ra-226 in Ra-228 pri drugem vzorčevanju. Pri drugem vzorčevanju je IJS poročal tudi o I-131 v sledih, ZVD pa ne. Na lokaciji Brežice je bilo primerjanih 14 rezultatov, od teh je imelo u -preskus večji od 1,96 5 rezultatov, in sicer za U-238 pri drugem vzorčenju, Ra-226 in Cs-137 pri prvem vzorčenju ter za K-40 pri obeh vzorčenjih. IJS je na obeh lokacijah in za obe vzorčevanja poročal o rezultatih za Be-7 in Th-230, ZVD pa le za Be-7 na lokaciji Krško.

Razlike v rezultatih za Be-7 v vodnih vzorcih morda kažejo na nehomogenost vzorca reke, saj lahko že majhna prisotnost suspendirane snovi v vzorcu reke pomeni višjo koncentracijo Be-7. Razhajanje pri K-40 v vzorcu sedimenta v Brežicah lahko ravno tako pripišemo nehomogenosti vzorčevanega materiala, saj so lahko na različnih mikrolokacijah vsebnosti radionuklidov precej drugačne. Poleg tega se lahko poleg sedimentov vzorci tudi zemlja pod njim, kar lahko poveča vsebnost kalija. Razhajanja pri naravnih radionuklidih in pri Cs-137 v sedimentu v Brežicah so lahko zaradi nizkih aktivnosti ali zaradi prenizko ocenjenih negotovosti teh rezultatov.


Tabela 2: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem

Vzroč. mesto Pooblaščen organizacija	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	6. 7. 2010 46,14 K110SN171	13. 10. 2010 47,42 K110SN1A1	6. 7. 2010 46,26 RSKRRK310	13. 10. 2010 46,10 RSKRRK410		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)					
U-238	5,6E+00 ± 3E+00		2,5E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	0,94	
Ra-226		2,7E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 3E-01			
Pb-210	< 5E+00	< 3E+00		6,3E+00 ± 3E+00		1,43
Ra-228	1,0E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	3,0E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 8E-01	2,46	0,92
Th-228	8,4E-01 ± 2E-01	8,0E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 7E-01		1,19	
Th-230						
K-40	4,2E+01 ± 9E+00	1,9E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00	0,76	0,90
Be-7	2,1E+00 ± 8E-01	3,6E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	4,83	6,24
I-131	8,7E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 1E+00	4,2E+00 ± 8E-01	1,23	1,92
Cs-134						
Cs-137			< 1E+00	< 2E+00		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	1,1E+03 ± 2E+02	8,9E+02 ± 2E+02	8,4E+02 ± 9E+01	6,8E+02 ± 8E+01	0,94	1,00
Sr-90	-----	-----	3,7E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 4E-01		

Tabela 3: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah

Vzroč. mesto Pooblaščen organizacija	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	6. 7. 2010 50,10 K110SN371	13. 10. 2010 46,16 K110SN3A1	6. 7. 2010 44,32 RSBRK310	13. 10. 2010 44,64 RSBRK410		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)					
U-238	3,5E+00 ± 2E+00		4,1E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	0,22	
Ra-226		3,4E+01 ± 5E+00		4,0E+00 ± 3E-01		6,26
Pb-210	< 5E+00	< 3E+00	3,6E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	0,71	1,30
Ra-228	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	0,57	0,71
Th-228	6,4E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	9,9E-01 ± 4E-01	4,1E-01 ± 4E-01	0,74	1,36
Th-230						
K-40	3,4E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	0,33	1,15
Be-7			1,7E+01 ± 1E+00	7,6E+00 ± 1E+00		
I-131	7,9E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	7,8E+00 ± 4E-01	4,2E+00 ± 5E-01	0,13	1,89
Cs-134						
Cs-137		< 3E-01	< 8E-01	< 8E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	1,2E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 2E+02	7,0E+02 ± 6E+01	1,3E+03 ± 2E+02	1,72	0,49
Sr-90	-----	-----	3,1E+00 ± 2E-01	8,1E+00 ± 5E-01		


Tabela 4: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem.

Vzrč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010		
Pooblaščen organizacija						
Datum vzor.	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010
Kol. vzorca (L)	0,52	0,51	0,083	0,0873		
Koda vzorca	KI10SD171	KI10SD1A1	SDKRK310	SDKRK410	u-preskus	u-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/g)					
U-238	1,7E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 4E+00	0,38	1,52
Ra-226	2,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 6E-01	2,1E+01 ± 6E-01	1,69	3,70
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	0,28	0,49
Ra-228	1,3E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 1E+00	1,37	3,68
Th-228	1,4E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	0,30	1,36
Th-230	< 4E+01	< 5E+02				
K-40	1,6E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 8E+00	3,0E+02 ± 2E+01	1,06	1,35
Be-7	5,5E+00 ± 5E-01	3,3E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	1,11	0,06
I-131		2,1E-01 ± 9E-02				
Cs-134						
Cs-137	1,3E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	0,75	0,01
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	2,4E-01 ± 4E-02	3,3E-01 ± 4E-02		

Tabela 5: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah.

Vzrč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010		
Pooblaščen organizacija						
Datum vzor.	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010
Kol. vzorca (L)	0,50	0,50	0,0807	0,0801		
Koda vzorca	KI10SD371	KI10SD3A1	SDBRK310	SDBRK410	u-preskus	u-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/g)					
U-238	1,8E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 3E+00	1,17	2,42
Ra-226	2,8E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 7E-01	2,24	1,35
Pb-210	2,2E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	0,75	0,99
Ra-228	1,8E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 9E-01	0,39	1,91
Th-228	1,8E+01 ± 9E-01	2,0E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 8E-01	1,6E+01 ± 1E+00	1,63	3,13
Th-230	2,8E+01 ± 2E+01	< 1E+02				
K-40	2,2E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 8E+00	3,35	3,01
Be-7	5,0E+00 ± 6E-01	2,8E+00 ± 9E-01				
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,3E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 9E-02	1,8E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,77	1,87
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	4,8E-01 ± 8E-02	2,9E-01 ± 5E-02		



DISKUSIJA

Pooblašчени laboratoriji sodelujejo na mednarodnih primerjalnih testih, kjer dosegajo odlične rezultate (glej poglavje "*Medlaboratorijske primerjalne meritve*"), vendar pa je med mednarodnimi primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah vzorčevanja 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 vzorčevanje 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.

Primerjava vzorcev iz okolja je zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročanih rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni oziroma je matrika slabo definirana. Po vzorčevanju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki priprave vzorcev za analizo različne v pooblaščenih laboratorijih, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati. Nato sledi še analiza vzorcev, kjer pa spet lahko pričakujemo odmike od poročanih vrednosti, saj so analizni postopki v laboratorijih različni.

Pri neodvisnem nadzoru okoljskih vzorcev (imisije) je njihovo število premajhno za zanesljivo statistično obdelavo primerjave rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev in v tem obsegu nam daje le grobo oceno sprejemljivosti poročanih rezultatov meritev.

Glede na kompleksnost postopkov lahko rečemo, da so ujemanja med IJS in ZVD zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, obdelana je bila različna količina vzorca (sediment), priprava za analizo je prav tako različna (izparevanje itd.), pa tudi postopki analize se razlikujejo v obeh laboratorijih. Opaziti je namreč, da se negotovosti rezultatov meritev razlikujejo tudi za faktor dve ali več. Poznano je, da vzorčevanje in priprava vzorca navadno največ prispevata k merilni negotovosti.

SKLEPI

Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru so zadovoljivo majhna. V diskusiji sta bila vzorčevanje 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.



OCENA VPLIVOV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO NA PREBIVALSTVO



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





OCENA VPLIVOV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO NA PREBIVALSTVO

Odgovorni za izdajo: dr. Benjamin Zorko

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

Lektoriral: dr. Jože Gasperič

SKLOP ALI POGLAVJE

Sava

Črpališča, vodovodi in zajetja

Padavinski in suhi usedi

Zrak

Zunanje sevanje

Zemlja

Hrana

Medlaboratorijske primerjalne meritve

AVTORJI

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

dr. Urška Repinc

dr. Rafael Martinčič, IJS

dr. Gregor Omahen, ZVD

dr. Marija Zlata Božnar, MEIS

dr. Primož Mlakar, MEIS

dr. Benjamin Zorko, IJS

mag. Branko Vodenik, IJS

dr. Katarina Vogel - Mikuš, BF

dr. Aleš Fajgelj, MAAE

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

Prva izdaja: marec 2011

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

504.064:539.16

621.311.25(497.4 Krško)

OCENA vplivov radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško na prebivalstvo / [avtorji Matjaž Stepišnik ... [et al.] ; urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič-Cindro]. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2011

ISBN 978-961-264-030-9

1. Stepišnik, Matjaž 2. Zorko, Benjamin

255302656

Vse pravice pridržane. Noben del monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v katerikoli obliki oziroma na katerikoli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©.

Naklada: 50 izvodov



VSEBINA

Predgovor urednika

1	Sava	1 / 100
2	Črpališča, vodovodi in zajetja	19 / 100
3	Padavinski in suhi usedi	31 / 100
4	Zrak	43 / 100
5	Zunanje sevanje	57 / 100
6	Zemlja	69 / 100
7	Hrana	77 / 100
8	Medlaboratorijske primerjalne meritve	89 / 100
9	Pregled referenc	97 / 100





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Ocena vplivov radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško na prebivalstvo* obravnava radiološko stanje v okolici NEK, pri čemer lahko pride do direktnega ali indirektnega obseva posameznikov zaradi izpustov NEK. Prebivalci v okolici NEK so poleg potencialne izpostavitve zaradi vplivov NEK vsakodnevno izpostavljeni še naravnim in drugim umetnim (globalno onesnaženje, medicinska diagnostika) virom ionizirajočega sevanja. Upoštevane so značilne prenosne poti razširjanja naravnih in umetnih radioaktivnih izotopov do vnosa izotopov v telo z oceno prejetih letnih efektivnih doz. Avtorji monografije sporočajo, da je prispevek NEK k izpostavljenosti prebivalstva zanemarljiv.

Monografija je vsebinsko smiselno razdeljena na poglavja, kjer se obravnavajo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji in uživanju hrane, pri čemer avtorji uporabljajo različne modele in izvirne načine ovrednotenja merskih podatkov, kar kritično komentirajo in ocenjujejo mogoč vpliv na posameznika iz prebivalstva. Tak način je pokazal tudi časovne težnje, ki jih pričakujemo za naravne in umetne radionuklide, ter omogoča podajanje sklepov.

Avtorji monografije so znanstveniki in strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji.

Ovrednotenje rezultatov meritev in izračun obsevnih doz ima podlago v slovenski zakonodaji z vidika varstva pred sevanji, ki zahteva takšno ovrednotenje, 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.

Monografijo sta neodvisno recenzirala ("peer review") mag. Bogdan Pucelj in dr. Ines Krajcar Bronić.

Prvi recenzent, mag. Bogdan Pucelj, je mednarodno uveljavljen ekspert s področja jedrske varnosti, zaščite pred ionizirajočem sevanjem, okoljskega radiološkega nadzora in jedrske fizike. Od leta 1982 je bil programski vodja Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME), ki deluje v okviru Uprave RS za zaščito in reševanje. Leta 1986 je prevzel vodenje Službe za varstvo pred ionizirajočim sevanjem na IJS. V letu 1986 je intenzivno sodeloval pri Republiškem štabu za civilno zaščito ob spremljanju černobilske nesreče. Svoje strokovno znanje na področju radiološke zaščite je dopolnjeval na različnih mednarodnih tečajih pod pokroviteljstvom IAEA in mednarodnih primerjalnih meritvah. Rednih letnih obhodov Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) – ROMENEK pa se je udeleževal od leta 1991 dalje. Je avtor 25 recenziranih prispevkov v mednarodnih znanstvenih revijah, poleg tega pa je avtor več kot 100 strokovnih sestavkov, končnih poročil o rezultatih raziskav, elaboratov in študij. Svoja znanja uspešno posreduje mlajšim generacijam kot mentor in predavatelj na tečajih, mednarodnih konferencah ipd. Mednarodna atomska agencija (IAEA) ga je večkrat izbrala za eksperta na misijah v svetu. Od leta 1991 je član republiške komisije za varstvo pred ionizirajočim sevanjem in komisije za preizkus usposobljenosti operaterjev NE Krško, od leta 1993 pa je vodja ekspertne skupine za ocenjevanje doz v primeru radiološke nesreče pri URSJV. Je član upravnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred ionizirajočim sevanjem. Od leta 2007 ima pooblastilo izvedenca varstva pred sevanji.

Druga 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.). Dr. Ines Krajcar Bronić je zaposlena 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 Humboldtianner Club" in "Croatian Radiation Protection Association", katerega sekretarka je že od leta 2008. Dr. Ines Krajcar Bronić je avtorica 59 znanstvenih člankov v uglednih mednarodnih revijah in ima okoli 100 prispevkov v drugih revijah, knjigah itd.

Dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik



1 SAVA

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi in ocena vplivov na okolje po savski prenosni poti v okviru nadzornega programa NEK. V letu 2010 so bili tekočinski izpusti v okolje nekoliko višji kot v letu 2009 in primerljivi z letom 2007. Tritij je edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri drugih radionuklidih je vpliv NEK v okolju nemerljiv. Ocena dozne obremenitve za prebivalstvo po savski prenosni poti je manjša od 0,02 μSv na leto.

UVOD

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

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

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. Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na vzorčevalnih lokacijah razen pri tritiju večinoma pod detekcijsko mejo meritev v okolju.

Vplive v okolju ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je bil razvit leta 2009 in upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva. Ocena vpliva na okolje ne vključuje ovrednotenje prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

V letu 2010 ni bilo sprememb glede lokacij vzorčevanja reke Save. Kontinuirno vzorčevanje vode je potekalo na treh lokacijah, in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km protitočno od NEK na levem bregu), v Brežicah (8,2 km sotočno od NEK in 400 m sotočno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km sotočno od NEK na desnem bregu). Od leta 1997 deluje na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) kontinuirni vzorčevalnik. Meritve vzorcev s te lokacije se izvajajo kvartalno. Podobno deluje od leta 2000 na referenčnem mestu v Brežicah kontinuirno vzorčevanje vode. V Jesenicah na Dolenjskem vzorčevanje še vedno poteka ročno. Meritve vzorcev iz Brežic in Jesenic na Dolenjskem se izvajajo mesečno. Vzorčevanje je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljal neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.

Kontinuirna avtomatska vzorčevanja in meritve sestavljenih vzorcev savske vode so namenjeni predvsem za določanje povprečne vsebnosti dolgoživih izotopov. 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 v Krškem pod mostom, v Brežicah pod starim mostom in v Jesenicah na Dolenjskem. Vzorčevanje in meritve enkratnih vzorcev vode je opravil ZVD.

Poznanje radioaktivnosti sedimentov je pomembno zaradi spremljanja dolgoletnih treženj, povezanih z globalno kontaminacijo, in tudi ničelnega stanja v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčevanje talnih sedimentov je potekalo na šestih lokacijah, in sicer protitočno 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 (okrog 30 km sotočno od NEK). Vzorčevanja in meritve sedimentov so se podvajali (ZVD in IRB) na lokacijah Krško (pod mostom), v Brežicah in v Jesenicah na Dolenjskem.

Ulov vzorcev rib je potekal na podobnih lokacijah, in sicer v Krškem, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem ter v Republiki Hrvaški v krajih Podsused in Otok. Meritve rib sta opravila ZVD in IRB.

Vsebnost sevalcev gama v vzorcih se je določala z visokoločljivostno spektrometrijo gama po postopku, ki vključuje sušenje in homogenizacijo. S tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je bila merjena vsebnost tritija (H-3) v vodnem destilatu savske vode, medtem ko se je vsebnost Sr-90/Sr-89 določala z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu.

Vzorčevanje reke Save in meritve ločimo glede na vrsto vzorcev:

- vzorčevanje vode skupaj s fino suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vod 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 gibljevih 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 20 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.

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 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011. 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).

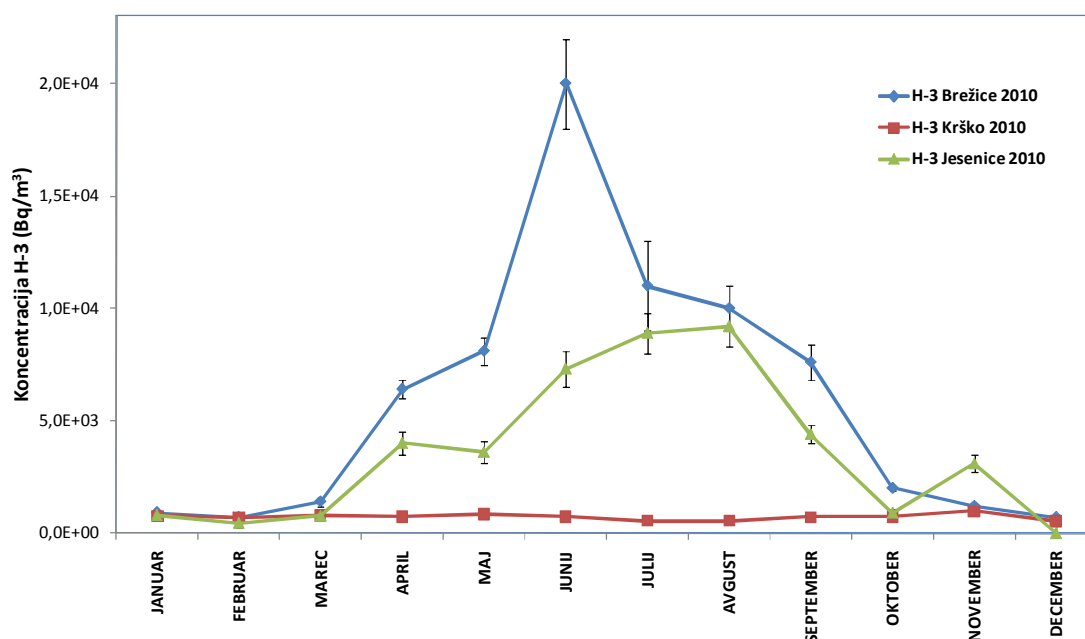
H-3

Tritij (H-3) je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.1 so prikazane primerjave vsebnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2010. Povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($5,9 \pm 2,0$) kBq/m³ je osemkrat večja kot je na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,73 \pm 0,04$) kBq/m³. Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v juniju (20 ± 2) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju vrednost na referenčnem odvzemu Krško ($0,75 \pm 0,08$) kBq/m³. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje ($3,6 \pm 1,0$) kBq/m³, z največjo vrednostjo ($9,2 \pm 0,9$) kBq/m³ v avgustu.



V letu 2010 so bile koncentracije H-3 v Brežicah v primerjavi s tistimi v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju višje za faktor 1,6. 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 je bil najvišji v mesecu decembru ($540 \text{ m}^3/\text{s}$) in najnižji v juliju ($84 \text{ m}^3/\text{s}$), letno povprečje je bilo $278 \text{ m}^3/\text{s}$. Na vseh vzorčevalnih lokacijah pod NEK je bilo mogoče opaziti povečane koncentracije H-3 ravno v poletnih mesecih, ko je bil pretok Save najnižji.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije H-3 okrog 1 kBq/m^3 [5].



Slika 1.1: 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.

I-131

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno prisoten 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.

Suhi ostanek po izparevanju vzorca vode

I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako protitočno od elektrarne kot sotočno 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. Povprečna letna vsebnost I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $(4,8 \pm 2,0) \text{ Bq/m}^3$ do $(7,2 \pm 2,0) \text{ Bq/m}^3$ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Najvišja vrednost $(13 \pm 4) \text{ Bq/m}^3$ je bila izmerjena v tretjem četrtletju.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije I-131 do $(4 \pm 2) \text{ Bq/m}^3$ [5], najvišje so bile v Savi pri Ljubljani.



Sedimenti

V preteklosti je bil v sedimentih I-131 občasno prisoten v nizkih koncentracijah na nekaterih vzorčevalnih mestih. V letu 2010 ni bil jod izmerjen na nobeni lokaciji.

Vodna biota – ribe

V vzorcih celih rib iz referenčnega odvzema in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest (meritve ZVD in IRB) ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je podobno kot v preteklih letih. Glede na koncentracije joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 10 Bq/m^3) bi teoretično pričakovali, da je koncentracija joda v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,02 \text{ m}^3/\text{kg}$), kar je pod mejo detekcije.

Cs-137

Radioaktivni izotop cezij je kot posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu) prisoten povsod v okolju. Najti ga je tudi v tekočinskih efluentih NEK.

Suhi ostanek po izparevanju vzorca vode

Rezultati meritev suhega ostanka po izparevanju vzorca vode na večini odvzemnih mest so bili na meji kvantifikacije. Letna povprečna vrednost na referenčnem mestu v Krškem je bila $(0,11 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$, kar je v okviru negotovosti podobno kot v Brežicah $<0,3 \text{ Bq/m}^3$.

Filtrski ostanek

Cs-137 se je v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku, kot tudi v vodni sušini. Rezultati meritev filtrskega ostanka so bili na večini odvzemnih mest na meji kvantifikacije.

Na sliki 1.2 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 na različnih odvzemnih mestih v letu 2010. V letnem povprečju $(0,04 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$ je v Brežicah vsebnost nižja kot na referenčnem mestu Krško $(0,24 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$. Podobne vrednosti so izmerjene v Jesenicah na Dolenjskem $(0,07 \pm 0,06) \text{ Bq/m}^3$. Najvišja posamična vrednost je bila izmerjena v septembru v Jesenicah na Dolenjskem $(0,64 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$. Primerjava vrednosti z upoštevanjem velikih merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

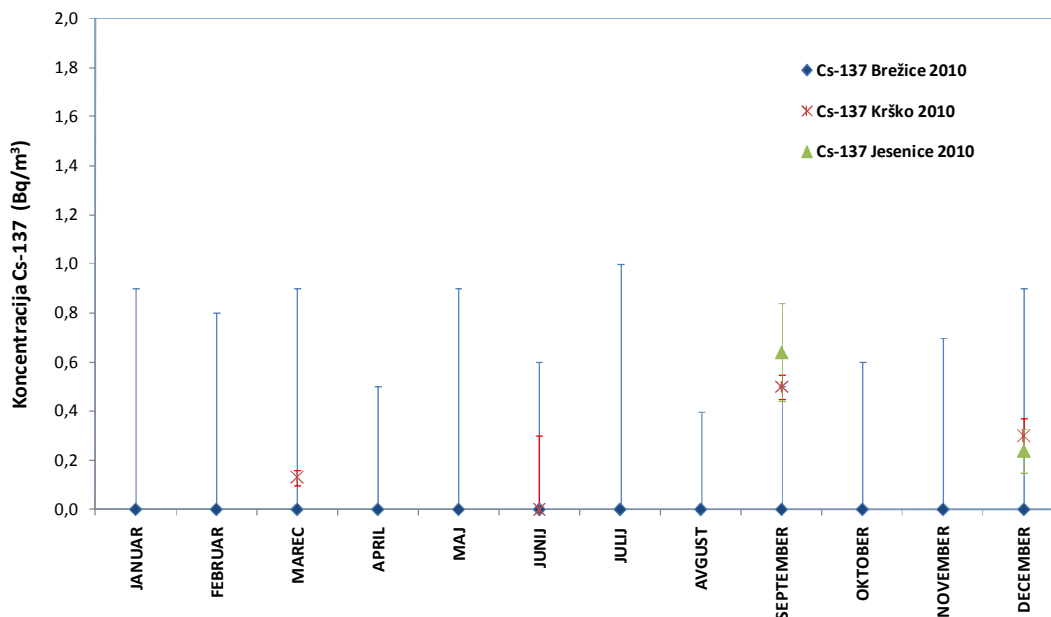
Enkratni vzorci nefiltrirane vode

Rezultati meritev enkratnih vzorcev vode so bili na skoraj vseh odvzemnih mestih pod mejo kvantifikacije. Letna povprečna vrednost na referenčnem mestu v Krškem je bila $<0,7 \text{ Bq/m}^3$, kar je podobno kot v Brežicah $<0,4 \text{ Bq/m}^3$ ali Jesenicah na Dolenjskem $(0,1 \pm 0,7) \text{ Bq/m}^3$.

Povprečne koncentracije cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija je bila izmerjena v reki Muri $(2,2 \pm 0,8) \text{ Bq/m}^3$ [5].

Sedimenti

Povprečna aktivnost cezija v talnih sedimentih (IRB) je v Krškem (pod mostom) $(2,5 \pm 0,4) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(3,3 \pm 0,6) \text{ Bq/kg}$), pod jezom NEK $(7,6 \pm 2,0) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(13 \pm 2) \text{ Bq/kg}$), v Pesju $(2,7 \pm 0,5) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(4,2 \pm 0,7) \text{ Bq/kg}$), v Brežicah $(2,7 \pm 0,4) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(3,6 \pm 0,9) \text{ Bq/kg}$), v Jesenicah na Dolenjskem $(2,4 \pm 1,0) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(5,2 \pm 1,0) \text{ Bq/kg}$) in v Podsusedu $(0,7 \pm 0,3) \text{ Bq/kg}$ (z največjo vrednostjo $(1,4 \pm 0,4) \text{ Bq/kg}$). Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru merske negotovosti primerljivi meritvam IRB. Najvišja povprečna koncentracija je bila izmerjena pod jezom NEK.



Slika 1.2: Primerjava mesečnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem

Vodna biota – ribe

Analize celih rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa pod izpustom NEK, kažejo povprečne vsebnosti Cs-137 od $(0,03 \pm 0,06)$ Bq/kg do $(0,08 \pm 0,06)$ Bq/kg (meritve ZVD), IRB v ribah ni zaznal prisotnosti cezija.

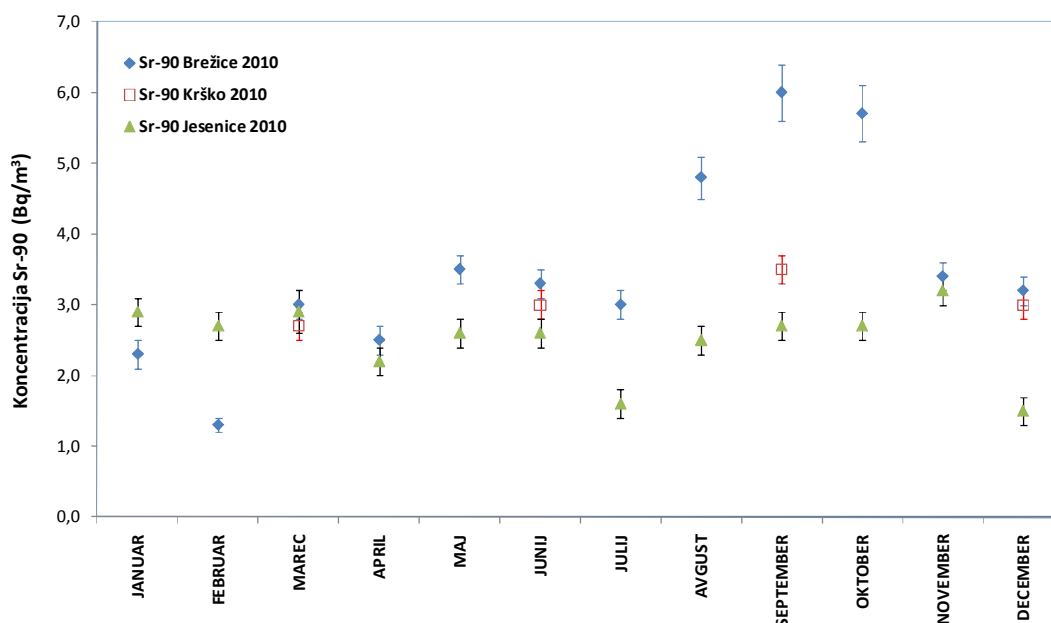
Sr-90

Radioaktivni izotop stroncija je podobno kot cezij prisoten 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.

Suhi ostanek po izparevanju vzorca vode

Večina stroncija je v sami vodi. V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 1.3 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 na različnih odvzemnih mestih v letu 2010.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni povprečni koncentraciji $(3,1 \pm 0,2)$ Bq/m³ kot v nadzornem mestu v Brežicah $(3,5 \pm 0,3)$ Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem $(2,5 \pm 0,2)$ Bq/m³.



Slika 1.3: Primerjava mesečnih vsebnosti Sr-90 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode reke Save na lokacijah Krško in Brežice

Filtrski ostanek

V grobi suspendirani snovi (filtrskem ostanku) je vsebnost Sr-90 navadno 10-krat nižja kot v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in se giblje okrog $0,1 \text{ Bq/m}^3$. Vsebnosti so podobne kot pri ceziju. Najvišja povprečna vsebnost je bila izmerjena v Krškem ($0,16 \pm 0,03 \text{ Bq/m}^3$).

Enkratni vzorci nefiltrirane vode

Vrednosti v enkratnih vzorcih so zelo podobne kot v vzorcih filtrirane vode. Letna povprečja so od $(3,1 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$ do $(4,1 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Brežicah $(8,1 \pm 0,5) \text{ Bq/m}^3$. Vrednosti so približno 10-krat višje, kot so koncentracije cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode.

Sedimenti

Pri meritvah IRB stroncij v talnih sedimentih ni bil merjen, razen na lokaciji Podsused, kjer je bila povprečna vrednost $(0,6 \pm 0,4) \text{ Bq/kg}$. Povprečne vrednosti, ki jih je izmeril ZVD, so se gibale okrog $0,15 \text{ Bq/kg}$. Vrednosti so primerljive z rezultati iz predhodnih let. Vsebnosti stroncija v talnih sedimentih so 10-krat nižje kot vsebnosti cezija.

Vodna biota – ribe

Stroncij je bil izmerjen v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (cele ribe) se gibljejo povprečja po lokacijah od $(0,19 \pm 0,06) \text{ Bq/kg}$ do $(0,22 \pm 0,07) \text{ Bq/kg}$, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.



Cs-134, Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-110m, Xe-133

V letu 2010 noben od naštetih radionuklidov ni dosegel meje detekcije.

Naravni radionuklidi

V vseh vzocih vod so bili redno detektirani 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 5 Bq/m^3 in Ra-228 okrog 1 Bq/m^3 . Koncentracije K-40 so bile približno desetkrat višje. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7, katerega aktivnost v vodi je bila istega velikostnega reda kot K-40. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije U-238 in Ra-228 okrog 25 Bq/kg .

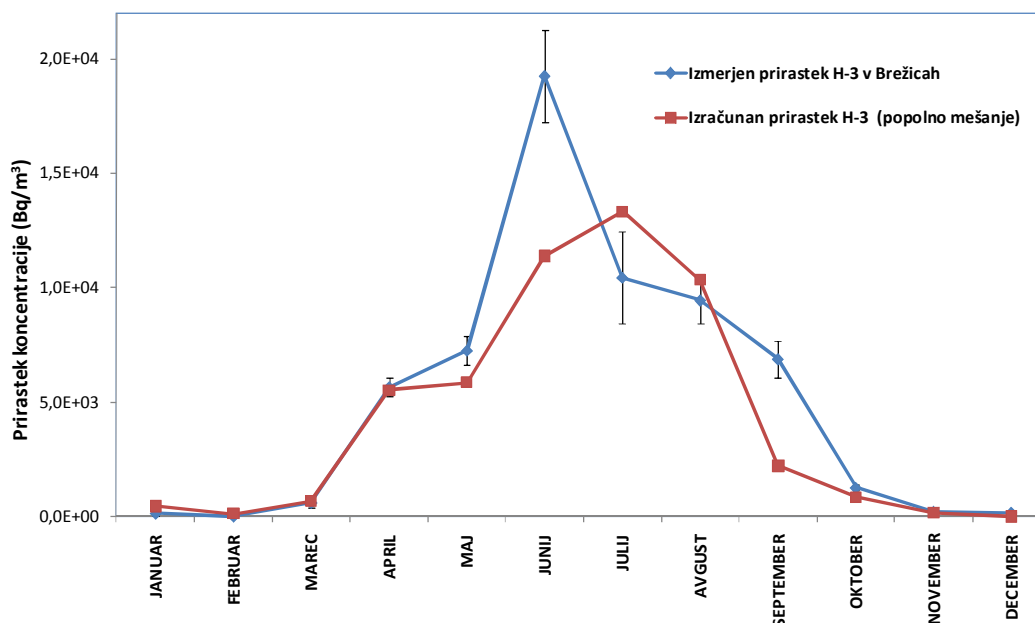
DISKUSIJA

H-3

V vseh jedrskih elektrarnah je radioaktivni izotop vodika tritij (H-3) prisoten v tekočinskih in atmosferskih izpustih. Kot kozmogeni radionuklid nastaja tudi v zgornji plasti atmosfere, pri jedrskih reakcijah visokoenergijskega kozmičnega sevanja na kisiku in 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 [6].

Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz izpustnih tankov – WMT in kaluže uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save. Po podatkih NEK so bili največji izpusti opravljeni v poletnih mesecih posebej v juniju, ko je bil mesečni izpust okrog $4,7 \text{ TBq}$ H-3 (letni izpust 22 TBq). V juniju je bila izmerjena tudi najvišja koncentracija tritija v Savi v Brežicah (20 ± 2) kBq/m^3 . Povišana je bila tudi koncentracija tritija v vrtini VOP-4 ($(22 \pm 2) \text{ kBq/m}^3$) predvsem v mesecu avgustu, neposredno po obdobju večjih izpustov tritija v Savo. Povišana koncentracija tritija v črpališčih krškega in brežiškega vodovoda ni bila zaznana. Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Tritij lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju.

Razlika v povprečni letni koncentraciji med referenčno lokacijo Krško in lokacijami sotočno od NEK so podobne kot v preteklih letih. Na sliki 1.4 je prikazana korelacija med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije H-3 in izračunanimi prirastki koncentracije H-3 v Brežicah. Izračunane koncentracije so dobljene tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Tako predpostavimo, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji. Pri izmerjenih koncentracijah smo vzeli prirastek koncentracije v Brežicah v primerjavi z referenčnim mestom v Krškem.



Slika 1.4: 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 1.4 je razvidno, da obstaja močna korelacija med izpusti in prirastkom koncentracije H-3 v Savi v Brežicah. Enaka ugotovitev velja tudi za Jesenice na Dolenjskem. Zelo dobro so vidni dejanski povečani izpusti v poletnih mesecih in potrjujejo zanesljivost meritev efluentov. V Brežicah najverjetneje še ne pride do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. To je vidno na sliki 1.5, kjer so izmerjeni prirastki koncentracije 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 na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{w,tot}$ prirastek koncentracije na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3). Prirastek koncentracije na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (2):

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

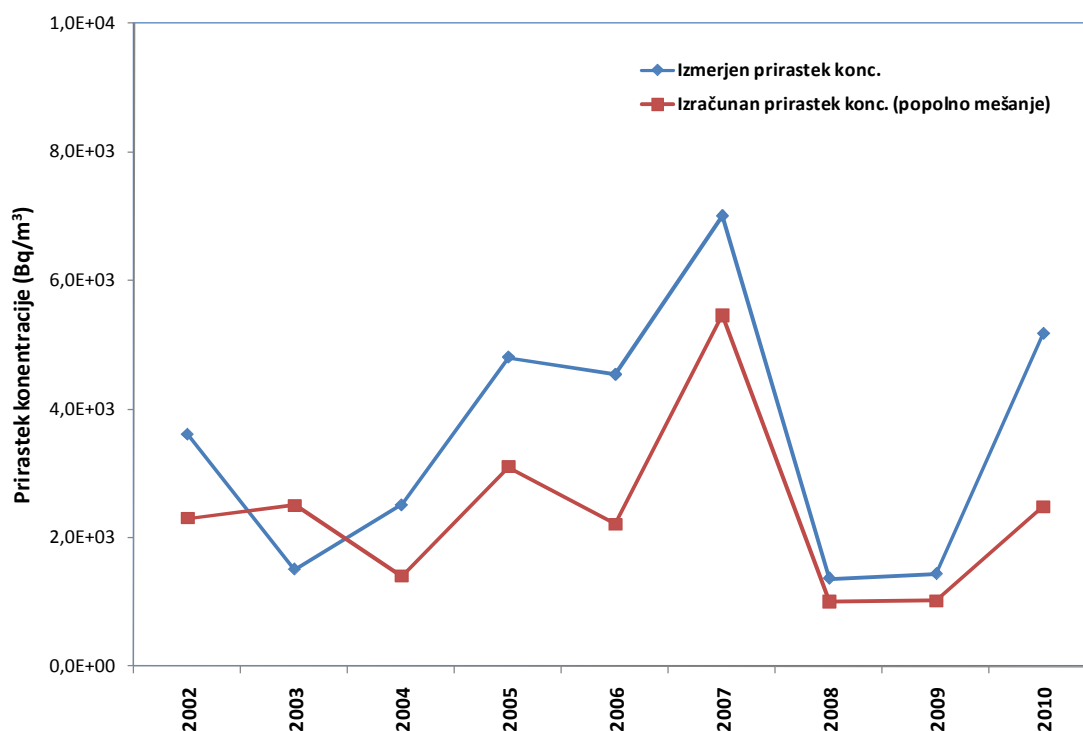
kjer sta A_{H-3} skupna letna izpuščena aktivnost tritija (Bq), produkt $F \times t$ pa celotni letni volumen pretečene Save v kubičnih metrih.

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.



Na sliki 1.5 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije in izračunanimi koncentracijami H-3 v Brežicah od leta 2002. Izračunane koncentracije tritija v Brežicah, dobljene iz celoletnega izpusta in povprečnega letnega pretoka Save, so v povprečju nekoliko nižje od izmerjenih letnih povprečnih vrednosti, kar pomeni, da do popolnega mešanja dejansko še ni prišlo. Razmerje obeh vrednosti je razredčitveno razmerje DR . Izmerjen povprečni letni prispevek koncentracije tritija v savski vodi zaradi vpliva NEK na odvzemnem mestu Brežice je bil $(5,2 \pm 2,0)$ kBq/m³, kar je več kot v predhodnem letu (slika 1.5), vendar podobno kot v letih od 2005 do 2007.

Izračunan prirastek koncentracije tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil 2,48 kBq/m³. Tako je bilo v letu 2010 razredčitveno razmerje DR v Brežicah $2,1 \pm 0,8$. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2002 do 2010) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $1,5 \pm 0,4$.

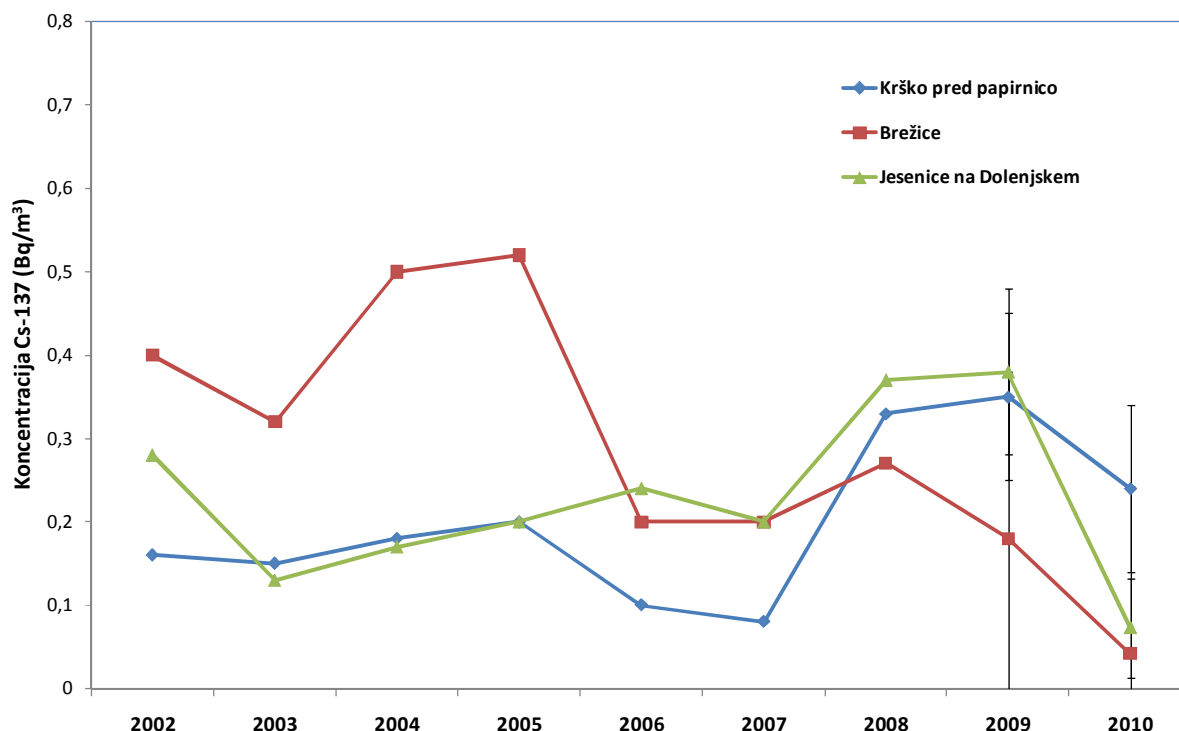


Slika 1.5: Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije H-3 v reki Savi v Brežicah in izračunanimi koncentracijami, dobljenimi na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save (letni izpust / letna prostornina pretečene Save) ob predpostavki popolnega mešanja.

I-131, Cs-137 in Sr-90

Koncentracije joda so na vseh odvzemnih mestih podobne kot v drugih rekah po Sloveniji. Vrednosti so običajne in sistematičnih razlik, ki bi kazale na vpliv NEK, ni bilo zaznani. Prisotnost I-131 v rekah je tako posledica uporabe tega izotopa v medicini.

Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov). 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 vseh vzorcih vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah, na meji kvantifikacije. 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 1.6). 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.

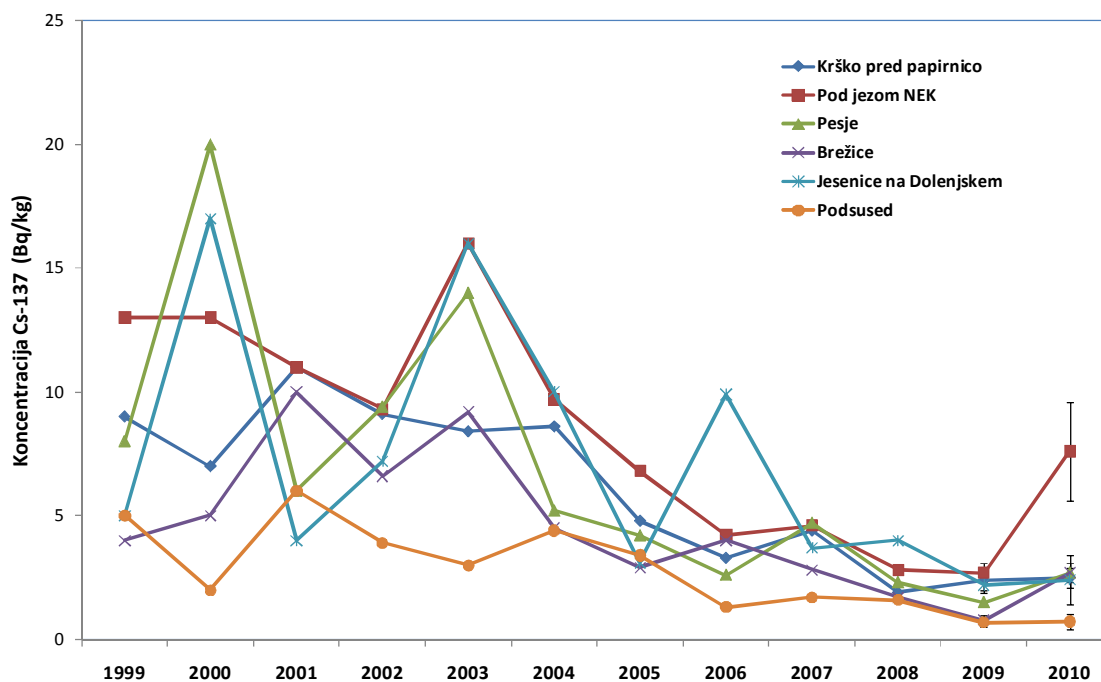


Slika 1.6: Primerjava povprečnih letnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Negotovosti povprečnih vrednosti so od $0,1 \text{ Bq/m}^3$ do $0,2 \text{ Bq/m}^3$.

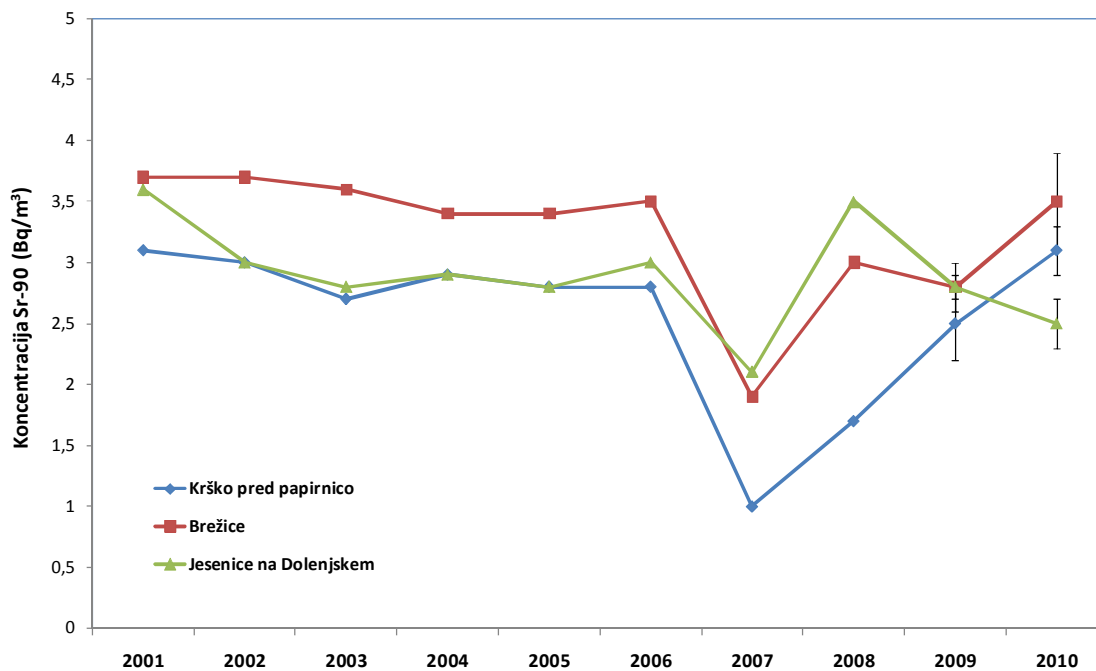
Vsebnosti cezija v sedimentih kažejo najvišje povprečne koncentracije pod jezom NEK, kar nakazuje na morebiten vpliv NEK (slika 1.7). Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti tega ni mogoče z gotovostjo potrditi. S slike je razvidno, da se vsebnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa iz globalne kontaminacije ter 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). Vpliva NEK v sedimentu ni mogoče zaznati. Lahko tudi ugotovimo, da je prisotnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK prav tako nemerljiva.

Stroncij je redno prisoten v tekočinskih izpustih NEK, vendar so aktivnosti izpustov 40-krat nižje od izpustov cezija. Kot že rečeno, se večina stroncija nahaja v sami vodi (vodni sušini). Vrednosti so v okviru merske negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.8).

Ugotavljamo tudi, da je prisotnost 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.



Slika 1.7: 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 1.8: Primerjava povprečnih vsebnosti Sr-90/Sr-89 v vodi reke Save



Cs-134, Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-110m, Xe-133

Fisijski in aktivacijski produkti Cs-134, Co-58, Co-60, Mn-54, Ag-110m, Xe-133 se redno pojavljajo v izpustih NEK. Največji mesečni izpusti Co-58, Co-60 in Cs-137 so bili v oktobru. Njihova skupna izpuščena aktivnost je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. V zadnjih nekaj letih ni bil noben zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60, in sicer leta 2003 in 2006.

Izredne meritve v letu 2010 so potrdile tudi prisotnost C-14 v tekočinskih efluentih. 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 imajo tudi druge jedrske elektrarne po Evropi.

Naravni radionuklidi

Aktivnosti naravnih radionuklidov so primerljive z rezultati meritev v drugih rekah po Sloveniji. V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zaradi tega ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje. Aktivnosti naravnih radionuklidov so znatno pod izpeljanimi koncentracijami za pitno vodo, kot jih določa *Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)*[3].

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 [7]. 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)* [8]. 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 brežičkih 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 je uporabna le za celoletno vrednotenje vplivov in ne pri ocenjevanju večletnega vpliva (večletni depozit in radioaktivni razpad nista upoštevana). Prvotne ocene so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščene radioaktivnosti v reko Savo. Kasneje je bilo ugotovljeno, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova referenčna lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezom NEK), ki je prikazana na sliki 1.9. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [8] 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 ugotovila, da tudi na stari referenčni lokaciji v Brežicah še ne pride do popolnega mešanja Save, kjer naj bi bilo razredčitveno razmerje DR 1,5.

V tabeli 1.1 je prikazan inventar letnih tekočinskih izpustov NEK v obdobju zadnjih sedem let, ki so vhodni podatki pri oceni doz. V tabeli 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 z vidika radiotoksičnosti nepomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Od naštetih radionuklidov v izračunih doz žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov nismo upoštevali, ker pri ingestiji niso pomembni.

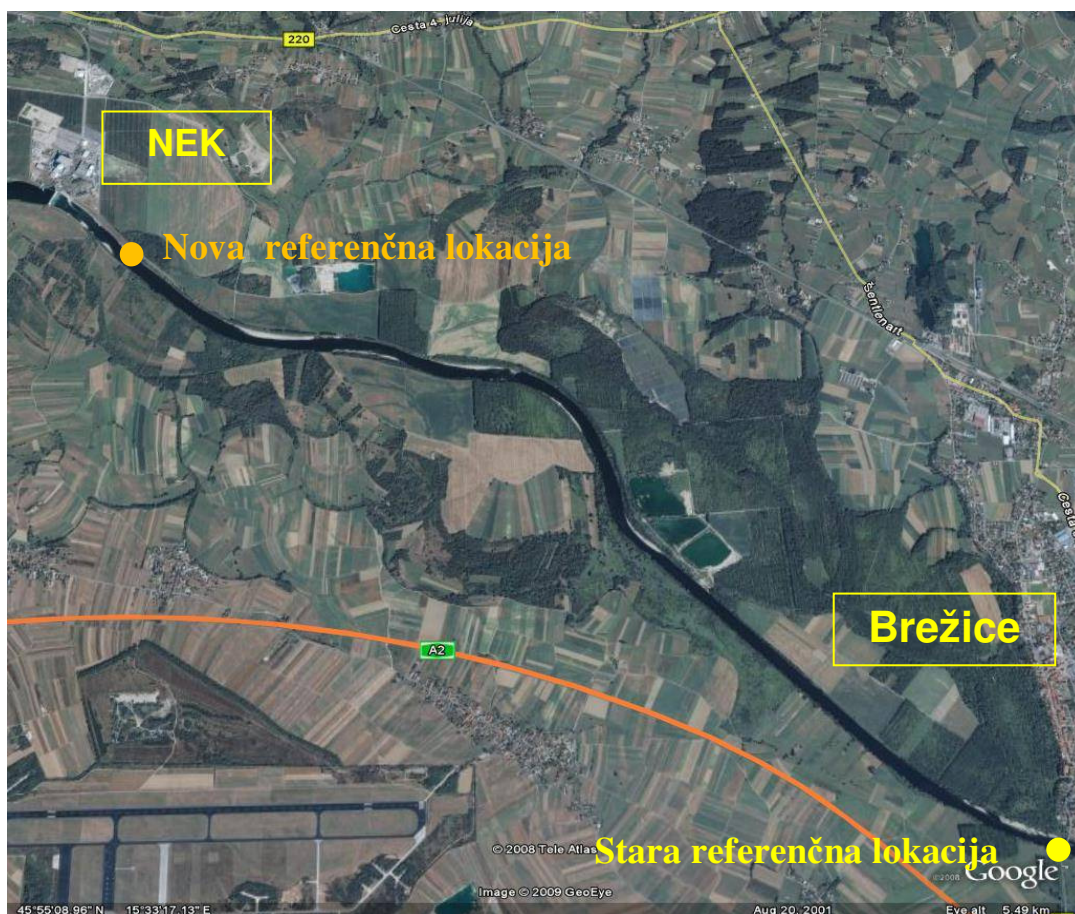
Za izračun doz v letu 2010 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- podatki o letnem izpustu radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($278 \text{ m}^3/\text{s}$);



- razredčitveno razmerje na novi referenčni lokaciji (350 m sotočno od jezua NEK) $DR = 3 \pm 2$ in v Brežicah $DR = 1,5 \pm 0,4$ (dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2010, dobljeno iz meritev tritija);
- povprečna koncentracija suspendirane snovi ($0,02 \text{ kg/m}^3$);
- zaradi konservativnosti smo predpostavili maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremno porabo).

Od številnih možnih prenosnih poti so za prebivalce v okolici NEK kot najverjetnejše evidentirane tiste, ki so navedene v tabeli 1.2. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo podrobneje analizirali. Direktno pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Ocenjena je tudi izpostavitvev pri plavanju v reki Savi, vendar se ta prenosna pot zdi malo verjetna, saj je savski breg pod NEK težko dostopen in neprijazen. Mnogo verjetnejše je kopanje v reki Krki. Analiza izpostavitvev je pokazala, da do najvišjih izpostavitvev pride zaradi zadrževanja na bregu in uživanja rečnih rib. Oboje je značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. 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. Za oceno izpostavljenosti pri pitju savske vode (malo verjetna prenosna pot) so uporabljeni podatki za letno porabo Evropske unije in slovenske zakonodaje: 260 L (<1 leto), 350 L (mladinci 7–12 let) in 750 L (odrasli >17 let).



Slika 1.9: Nova in stara referenčna lokacija za ribolov. Stara lokacija je 7,7 km sotočno od jezua NEK, nova pa 350 m od jezua.


Tabela 1.1: Inventar tekočinskih izpustov do leta 2010. Emisijske vrednosti so vzete iz meritev NEK.

Radio-nuklid	2003 (Bq na leto)	2004 (Bq na leto)	2005 (Bq na leto)	2006 (Bq na leto)	2007 (Bq na leto)	2008 (Bq na leto)	2009 (Bq na leto)	2010 (Bq na leto)
H-3	1,03E+13	1,1E+13	1,9E+13	1,27E+13	2,18E+13	7,03E+12	7,33E+12	2,18E+13
Na-24	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr-51	-	-	-	-	-	6,72E+04	-	-
Mn-54	5,62E+5	7,2E+04	-	1,11E+06	1,13E+06	2,51E+06	6,87E+05	2,64E+05
Fe-55	1,03E+8	7,0E+07	3,9E+06	2,48E+06	1,39E+07	1,66E+06	1,06E+07	5,91E+06
Fe-59	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-57	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-58	7,16E+7	1,3E+08	1,3E+07	1,26E+08	5,24E+07	5,29E+07	2,48E+07	1,40E+07
Co-60	1,27E+8	3,6E+07	3,5E+07	3,99E+07	2,29E+07	8,44E+06	1,03E+07	5,07E+06
Zn-65	-	-	-	-	-	-	-	-
Se-75	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-85	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-89	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-90	2,46E+5	1,1E+05	1,4E+05	1,09E+05	1,56E+05	8,50E+03	5,16E+05	5,59E+05
Y-92	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr-95	2,84E+6	7,0E+05	-	1,26E+06	1,55E+06	1,50E+05	4,68E+04	1,69E+05
Nb-95	2,84E+6	7,0E+05	5,9E+04	1,26E+06	1,55E+06	-	-	3,84E+05
Nb-97	2,00E+6	-	-	-	-	-	-	-
Mo-99	-	-	-	-	-	-	-	-
Tc-99m	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-87	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-88	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb-88	-	-	-	-	-	-	-	-
Ru-103	-	-	-	-	-	-	-	-
Ru-106	-	-	-	-	-	-	-	-
Ag-110m	2,77E+6	-	2,8E+05	8,02E+05	1,03E+07	1,74E+06	6,04E+06	8,64E+06
Sn-113	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb-124	-	-	-	-	-	-	-	8,27E+04
Sb-125	3,35E+7	1,5E+05	5,3E+05	-	-	-	-	2,34E+05
Te-123m	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-125m	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-127m	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-129m	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-132	-	-	-	-	-	-	-	-
I-129	-	-	-	-	-	-	-	-
I-131	-	6,6E+05	-	-	1,67E+06	8,43E+04	4,30E+05	-
I-132	-	-	-	-	-	-	-	-
I-133	-	-	-	-	8,42E+04	5,00E+05	-	-
I-134	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs-134	1,91E+5	-	7,9E+04	2,79E+05	6,73E+05	1,58E+05	7,46E+05	5,78E+04
Cs-137	1,49E+7	7,7E+07	6,0E+06	1,89E+07	2,89E+07	5,90E+06	9,20E+06	5,91E+06
Cs-136	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs-138	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-133	-	2,5E+08	2,4E+07	4,95E+08	1,92E+08	6,79E+05	1,46E+07	6,82E+06
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-135	-	-	-	-	-	1,20E+06	-	-
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	-	8,87E+04
Ba-140	-	-	-	-	-	-	-	-
La-140	-	-	-	-	-	-	-	-
Ce-141	-	-	-	-	-	-	-	-
Ce-144	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg-203	-	-	-	-	-	-	-	-



Tabela 1.2: 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 1.3: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva v Brežicah, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	Brežice	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
odrasli (>17 let)	0,006 μSv	0,05 μ Sv
mladinci (od 7 do 12 let)	0,002 μSv	0,03 μ Sv
dojenčki (<1 leto)	0 μSv	0,06 μ Sv

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

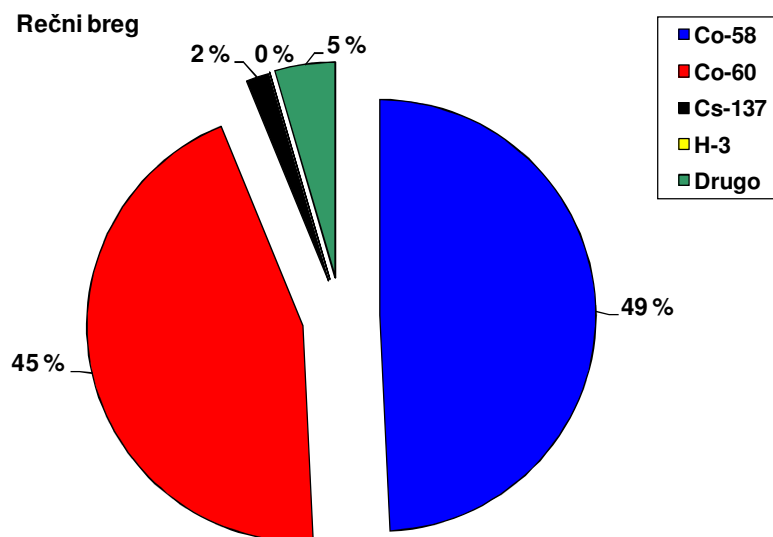
Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
odrasli (>17 let)	0,011 μSv	0,10 μ Sv
mladinci (od 7 do 12 let)	0,004 μSv	0,06 μ Sv
dojenčki (<1 leto)	0 μSv	0,12 μ Sv

Ocene efektivnih doz, narejenih na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največjih izpostavitvev (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju), dajo vrednosti do $(0,006 \pm 0,002) \mu\text{Sv}$ na leto na stari referenčni lokaciji v Brežicah (tabela 1.3). Na novi referenčni lokaciji (350 m sotočno od NEK) z modelom dobimo vrednosti do $(0,011 \pm 0,003) \mu\text{Sv}$ na leto (tabela 1.4). Negotovosti smo ocenili iz negotovosti razredčitvenega razmerja. Efektivna doza za standardno prenosno

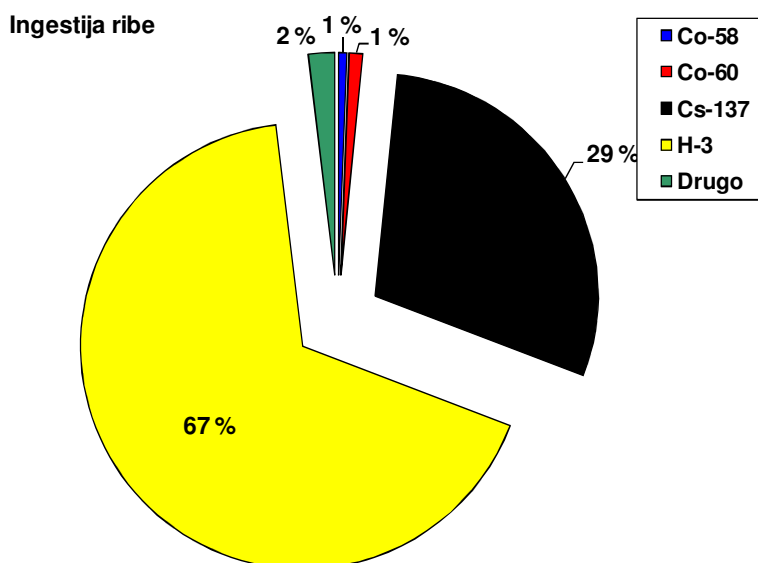


pot je podobna, kot smo jo ocenili v letu 2009. Na slikah 1.10 in 1.11 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri standardni prenosni poti.

Pri zadrževanju na bregu je praktično celotna obremenitev zaradi Co-60 in Co-58. K prejeti dozi pri ingestiji rib največ prispeva H-3 (67 %), medtem ko je prispevek Cs-137 29 %. V primeru upoštevanja prenosne poti pitja savske vode postane dominanten prispevek H-3 (100 %). V poročilu *IJS-DP-10114* [8] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.



Slika 1.10: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu. Največ prispevata Co-58 in Co-60.



Slika 1.11: Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi zaradi ingestije rib. Največ prispevata H-3 in Cs-137.



SKLEPI

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK, je tritij (H-3). V letu 2010 so bili izpusti tritija v okolje nekoliko višji kot v letu 2009 in primerljivi z letom 2007.

Vpliv NEK pri drugih radionuklidih je v okolju nemerljiv. Glede na podatke o količini izpustov NEK bi takoj za tritijem morali zaznati Co-58, Co-60 in Cs-137. Kobaltovih izotopov v letu 2010 nismo zaznali. Vsebnosti cezija in stroncija sotočno 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.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2010 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelski oceni, lahko sklenemo, da je efektivna doza referenčne skupine na kateri koli referenčni lokaciji sotočno od NEK zaradi savske prenosne poti nižja od 0,02 μ Sv na leto.

REFERENCE

- [3] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306)
- [4] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [5] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2010, IJS-DP-10676 (2011)
- [6] 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
- [7] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)
- [8] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)





2 ČRPALIŠČA, VODOVODI IN ZAJETJA

POVZETEK

V letu 2010 so bili vzorčevani viri vodovodne vode in črpališč vodovodov v Brežicah in Krškem, vrtine pri NEK ter podtalnica na Hrvaškem. V odvzetih vzorcih so bile določene vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov (H-3, Sr-90 in Cs-137, I-131 ni bil zaznan). Z večjo verjetnostjo kot v preteklih letih je bilo mogoče zaznati vpliv umetnih radionuklidov iz NEK predvsem v vrtini VOP-4. Na podlagi izmerjenih vrednosti je bila ocenjena letna 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. Ocenjene letne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v brežiškem vodovodu so 1,5 % in v krškem vodovodu 1,7 % celotne ocenjene letne doze zaradi vsebnosti vseh radionuklidov, tako umetnih kot naravnih. Četudi bi za pitje uporabljali vodo iz podtalnice v neposredni okolici NEK, je letna doza zaradi prispevka umetnih radionuklidov približno 4 % celotne ocenjene doze. Celotne ocenjene doze zaradi uporabe teh vodnih virov za pitje so znatno pod mejnimi vrednostmi, kot jih navaja uredba UV2 [4]. Na podlagi opravljenih meritev in iz teh izračunanih povprečnih letnih vsebnosti umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko rečemo, da je v letu 2010 vpliv NEK zanemarljivo majhen.

UVOD

NEK med svojim obratovanjem izpušča manjše količine radioaktivnih snovi v okolje. Na samem viru merimo emisije, to je vsebnost radionuklidov in njihovo aktivnost v tekočih izpustih v reko Savo, po drugi strani pa z neposrednimi meritvami v okolici NEK ugotavljamo imisije, to je vnos radionuklidov v podzemne vode oziroma podtalnice in vodovodne vode iz zajetij in črpališč v okolici NEK, kar omogoča neposredno ocenjevanje izpostavljenosti prebivalstva. Vodotoki so najpomembnejša transportna pot radionuklidov v tekočih izpustih NEK do človeka, saj rečna voda lahko vstopa v sistem podzemnih vod ter vpliva na vire pitne vode v okolici NEK.

Namen vzorčevanja in analiz mesečnih sestavljenih vzorcev vode iz črpališč in zajetij je nadzor najpomembnejših virov pitne vode v okolici NEK. Z analizami ugotavljamo vsebnost naravnih in umetnih radionuklidov ter s tem sklepamo na morebitni prispevek zaradi obratovanja NEK. Lokacije in obseg so določene v letnem programu nadzora za pitno vodo, ki ga pripravi upravni organ. Vzorčevalna mesta so izbrana tako, da so vključena črpališča vodovodov, za katera ni izključena možnost, da se napajajo iz reke med izlivom in točko mešanja. Za primerjavo je bil odvzet in analiziran tudi vzorec vode na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno tudi sevanju zaradi kontaminacije okolja, ki je posledica nekdanjih jedrskih zračnih poskusov in jedrske nesreče v Černobilu. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [2] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo. Pri tem upoštevamo dozne pretvorbene faktorje (predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi zaužitja $h(g)_{j,ing}$ za posameznike iz prebivalstva) iz tabele 1 v uredbi UV2 [4] za starostne skupine <1 leta, 7–12 let ter >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) [2]. V prilogi, ki določa zasnovo letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z



visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi 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) [4], *Tabela 4*, in povzete v Poročilu NEK za leto 2008 (Tabela 2.1).

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti* (JV10) [2], 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) [4]. 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 štetjem (SDN-O2-STC(01))*, *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice je potekalo v skladu s postopkom *Izvedba programov Rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji (LMR-OP-02)*. V letu 2010 se je vzorčevanje izvajalo 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
- črpališče Drnovo, 3,1 km od jeza NEK, 2,3 km od Save
- 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

V črpališčih Brege, Drnovo in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki. Vzorčevanje vode iz vodovoda Spodnji Stari Grad poteka iz hiše Spodnji Stari Grad 14. Dnevni nadzor so opravljali nadzorniki črpališč ali pa uporabniki pitne vode.

3. *Podtalnica*

Vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne je potekalo na dveh mestih:

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

Vzorčevanje na Hrvaškem se opravlja v dveh vrtinah v bližini Zagreba:

- Medsave, 22 km od NEK, 0,1 km od Save
- Šibice, 22 km od NEK, 1 km od Save

REZULTATI MERITEV

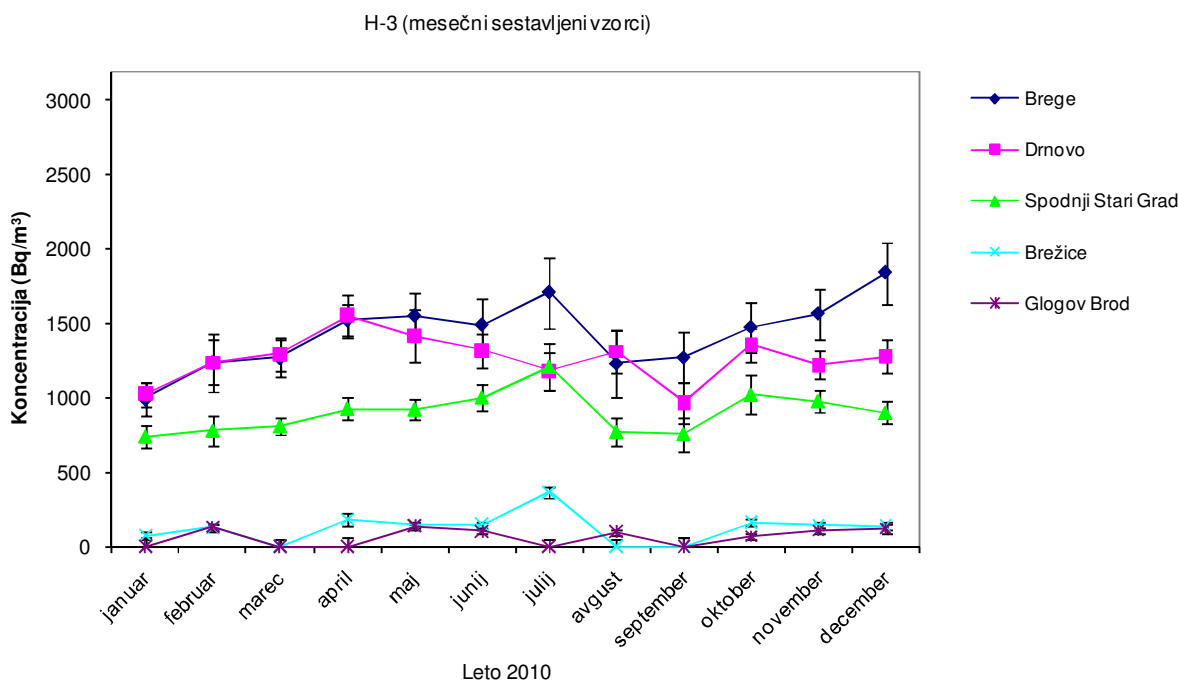
Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011.



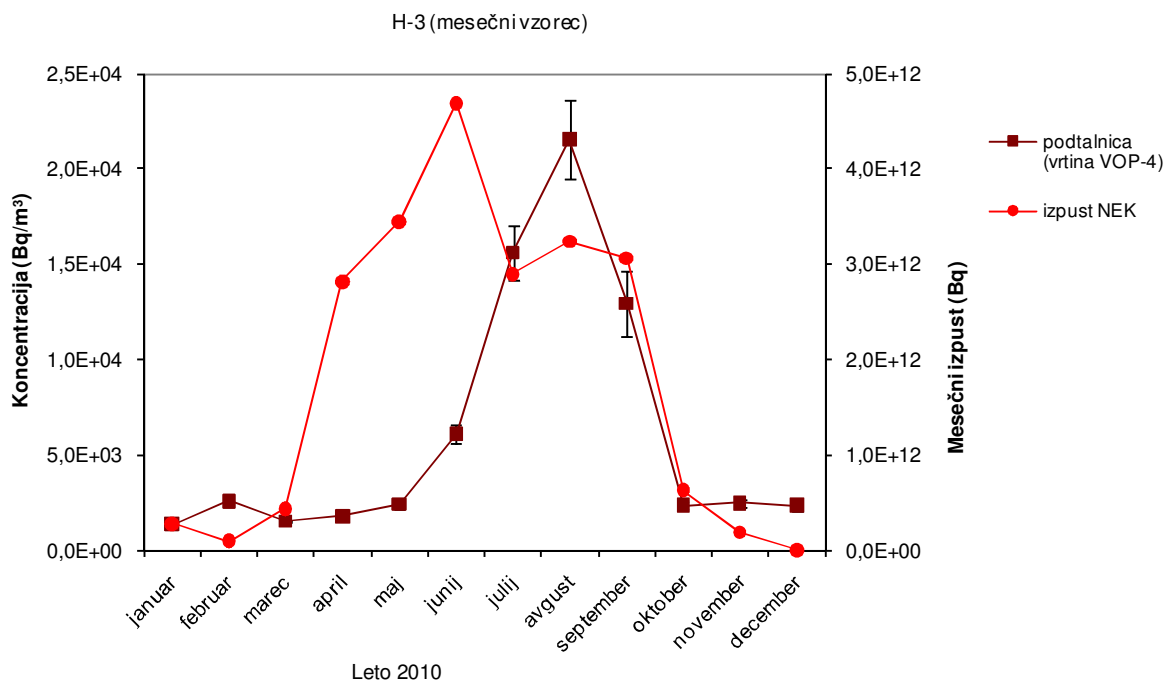
Rezultati meritev vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov (H-3 in Sr-90) v vodovodih, črpališčih in podtalnicah so predstavljeni v tabelah (T-28 do T-36). Predstavljeni so rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v enkratnih četrletnih vzorcih pitne vode v Krškem in Brežicah, sledijo rezultati mesečnih sestavljenih vzorcev iz črpališč vodovodov v Krškem, razvrščenih po oddaljenosti od NEK, rezultati mesečnih sestavljenih vzorcev črpališč vodovodov v Brežicah ter rezultati za podtalnice na Hrvaškem.

Na slikah 2.1a in 2.1b so prikazane koncentracije H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode črpališč in vodovodov ter koncentracije H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK v primerjavi z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 v Savo. Vzorčevanje v vrtini VOP-4 je bilo opravljeno v začetku meseca, vzorčevanje sestavljenih vzorcev pa v sredini meseca.

Najvišje koncentracije H-3 so bile v letu 2010 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad, kot je predstavljeno na sliki 2.1a. Najvišje mesečno povprečje H-3 je bilo izmerjeno decembra v črpališču Brege (1840 ± 200) Bq/m³. Izračunano letno povprečje v črpališču Brege (1430 ± 70) Bq/m³ je višje od letnega povprečja v črpališču Drnovo (1260 ± 50) Bq/m³, medtem ko je letno povprečje v Spodnjem Starem Gradu nižje in je (900 ± 40) Bq/m³. Izmerjene koncentracije H-3 v črpališču Brežice – Glogov Brod in v vodovodu v Brežicah so nižje, pogosto blizu meje zaznavnosti (50 Bq/m³), kar pomeni da sta vira dobro ločena od reke Save, njen vpliv pa je mogoče le občasno zaznati. Najvišja mesečna povprečja H-3 so bila izmerjena julija v vodovodu Brežice (370 ± 40) Bq/m³ in maja v črpališču Brežice – Glogov Brod (140 ± 20) Bq/m³. Posledično so tudi izračunana letna povprečja H-3 na teh lokacijah nizka. Izračunano letno povprečje H-3 v vodovodu Brežice je bilo (125 ± 30) Bq/m³, v črpališču Brežice – Glogov Brod pa (65 ± 20) Bq/m³. Izračunano letno povprečje H-3 v četrletnih vzorcih vodovoda na bencinskem servisu Petrol v Krškem je bilo (1020 ± 110) Bq/m³, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa (70 ± 40) Bq/m³. Najvišja koncentracija H-3 v četrletnih vzorcih je bila izmerjena v drugem četrletju na bencinskem servisu v Krškem (1280 ± 180) Bq/m³ in v prvem četrletju na bencinskem servisu v Brežicah (150 ± 15) Bq/m³. V ljubljanskem vodovodu je bila koncentracija H-3 (800 ± 120) Bq/m³.



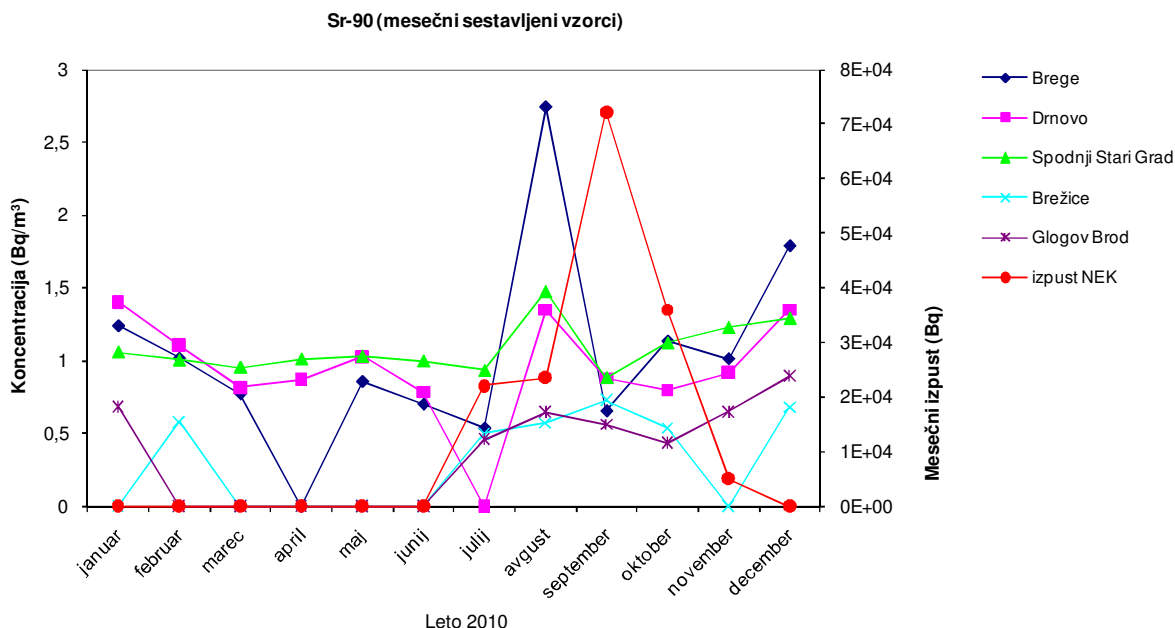
Slika 2.1a: Koncentracija H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov



Slika 2.1b: Koncentracija H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) ter mesečni tekoči izpusti H-3 v Savo (predstavljeni na sekundarni osi)

Letno povprečje meritev H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je (1580 ± 190) Bq/m³. Najvišja koncentracija H-3 je bila izmerjena v vzorcu iz prve četrtine leta (2130 ± 240) Bq/m³. Na sliki 2.1b je predstavljena primerjava koncentracij H-3 v mesečnih vzorcih vrtine VOP-4 s tekočimi izpusti H-3 iz NEK (mesečni izpusti so predstavljeni na sekundarni osi). Najvišje koncentracije H-3 v vrtini VOP-4 v Vrbini so bile izmerjene v juliju, avgustu in septembru, in sicer (15600 ± 1440) Bq/m³, (21600 ± 2060) Bq/m³ in (12940 ± 1720) Bq/m³, medtem ko je bilo letno povprečje odzemov (6080 ± 1960) Bq/m³. V podtalnici na področju Republike Hrvaške so bile na vzorčevalnem mestu Medsave izmerjene najvišje koncentracije H-3 v juliju, avgustu in septembru, in sicer (2310 ± 300) Bq/m³, (9040 ± 850) Bq/m³ in (4590 ± 470) Bq/m³. Vrednosti v vrtini Šibice so bile nižje, najvišje mesečno povprečje je bilo izmerjeno junija (750 ± 150) Bq/m³. Letni povprečni vrednosti H-3 sta bili (1980 ± 720) Bq/m³ v Medsavah in (430 ± 90) Bq/m³ v Šibicah.

V tabelah meritev stroncija v vzorcih črpališč in vodovodov se poročane specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 nanašajo na aktivnosti Sr-90, saj v poročanih izpustih iz NEK Sr-89 ni bil zaznan. V mesečno sestavljenih vzorcih v črpališčih krškega vodovoda je bilo izračunano letno povprečje Sr-90 največje v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $(1,1 \pm 0,1)$ Bq/m³. V brežiškem črpališču in vodovodu so letna povprečja Sr-90 nižja, in sicer $(0,30 \pm 0,09)$ Bq/m³ v vodovodu Brežice in $(0,36 \pm 0,10)$ Bq/m³ v črpališču Brežice – Glogov Brod.



Slika 2.2: Koncentracija Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov ter mesečni izpusti Sr-90 v Savo (predstavljeni na sekundarni osi)

V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bilo izračunano letno povprečje Sr-90 ($0,75 \pm 0,27$) Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Krškem in ($0,51 \pm 0,18$) Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Brežicah. Izmerjena koncentracija Sr-90 v ljubljanskem vodovodu je bila manjša od 0,61 Bq/m³. Koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov ter mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK (predstavljeni na sekundarni osi) so prikazani na sliki 2.2. Nekoliko višje letno povprečje Sr-90 je bilo določeno v vzorcih iz vrtine E1 NEK ($2,5 \pm 0,8$) Bq/m³, kjer je bila najvišja koncentracija Sr-90 izmerjena v zadnji četrtini leta ($4,0 \pm 0,3$) Bq/m³. Višje koncentracije Sr-90 so bile izmerjene tudi v podtalnici na Hrvaškem, kjer sta bili izračunani letni povprečji ($2,4 \pm 0,3$) Bq/m³ v Medsavi in ($2,7 \pm 0,3$) Bq/m³ v Šibicah, najvišje mesečno povprečje je bilo izmerjeno v septembru v Šibicah, in sicer ($3,6 \pm 0,4$) Bq/m³.

V mesečnih ali četrletnih vzorcih Cs-137 na večini vzorčenih mest v Krškem in Brežicah ni bil zaznan ali pa so bile zaznane le sledi, pogosto pod mejo kvantifikacije. V vzorcih vrtine E1 NEK so bile zaznane le sledi. Podobno kot v prejšnjih letih Cs-137 ni bil zaznan v vzorcih iz vrtin Medsave in Šibice na Hrvaškem.

Podobno kot v prejšnjih letih I-131 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovoda ali črpališč, kot tudi ne v vzorcih vrtine E1 NEK ali vrtin na Hrvaškem.

Vsebnosti K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih, letna povprečja se gibljejo od 30 Bq/m³ (Spodnji Stari Grad) do 69 Bq/m³ (Brege) v črpališčih in vodovodu v Krškem, v Brežicah pa od 21 Bq/m³ (črpališče Brežice – Glogov Brod) do 23 Bq/m³ (vodovod Brežice). Povprečna letna koncentracija K-40 v vrtini E1 NEK je bila (101 ± 7) Bq/m³. Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda ter vrtino E1 NEK velja, da so letna povprečja U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v Spodnjem Starem Gradu, in sicer ($3,6 \pm 0,7$) Bq/m³. Povprečne letne koncentracije Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od 0,4 Bq/m³ (vodovod Brežice in črpališče Brežice – Glogov Brod) do 1,4 Bq/m³ (črpališče Brege), medtem ko je letno povprečje v vrtini E1 NEK ($1,5 \pm 0,9$) Bq/m³. Pb-210

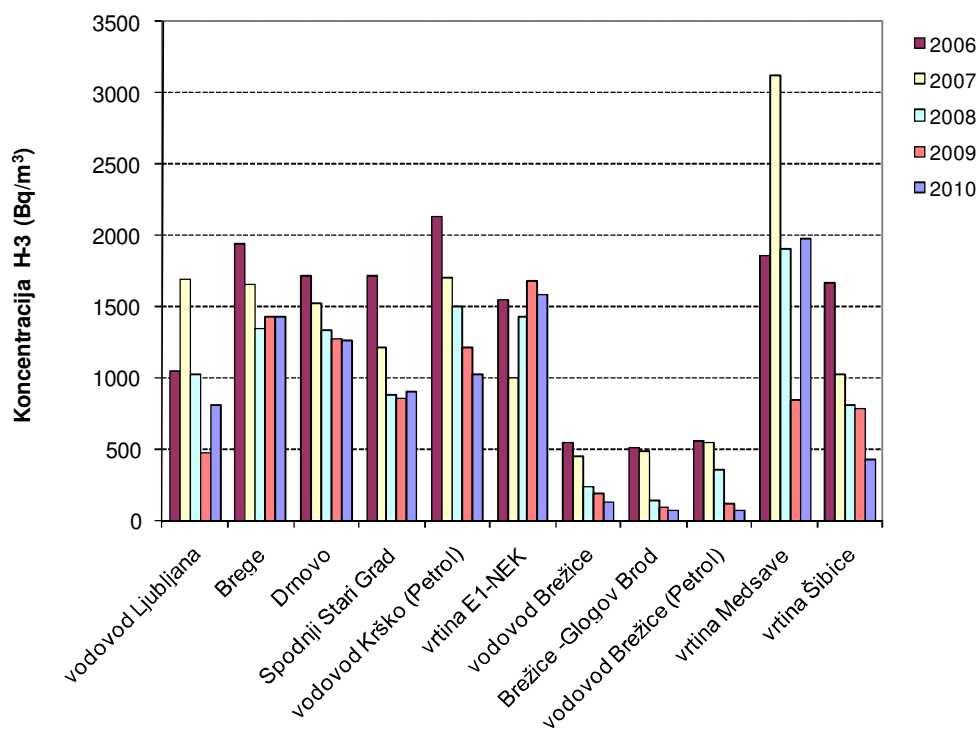


najdemo le v sledovih, najvišja izmerjena povprečna vsebnost Pb-210 je bila $(2,8 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$ v črpališču Brežice – Glogov Brod. Za Ra-228 se letna povprečja gibljejo med $0,1 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice – Petrol) do $1,4 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,2 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Drnovo) in $0,7 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Be-7 je bil detektiran v črpališču Brege, črpališču Drnovo, vodovodu Brežice in črpališču Brežice – Glogov Brod v posameznih sestavljenih mesečnih vzorcih, ter vrtini E1, najvišja vrednost je bila izmerjena januarja v črpališču Brege $(3,1 \pm 2,3) \text{ Bq/m}^3$.

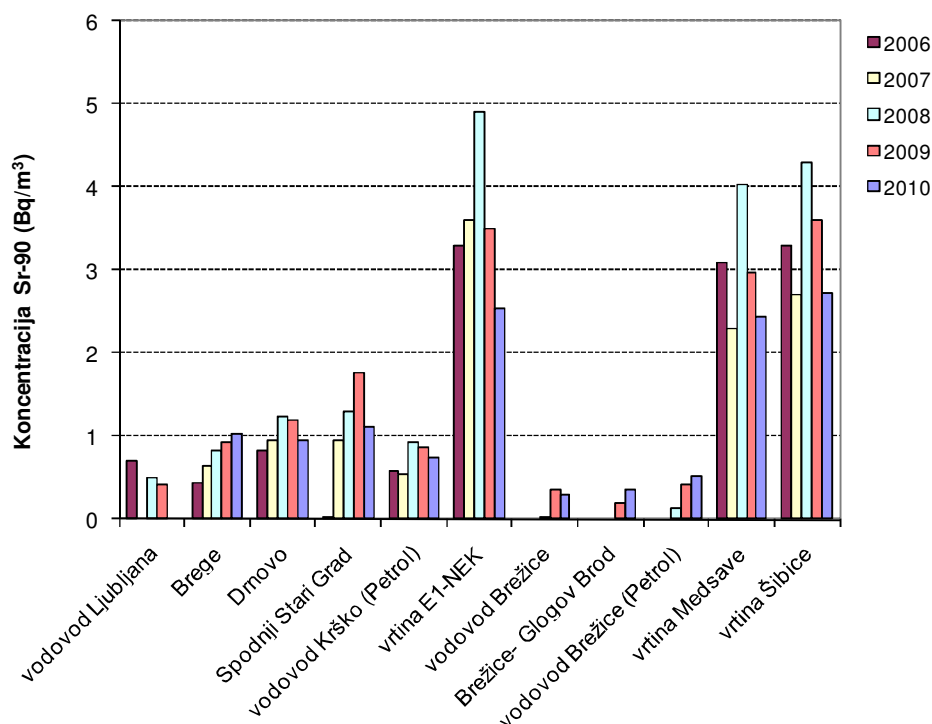
DISKUSIJA

Z analizami radionuklidov v vzorcih v okolici NEK ugotavljamo morebitni vpliv NEK na radioaktivnost v okolju. V tekočih izpustih NEK pride daleč največji delež aktivnosti na H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. Tekoči izpusti H-3 v letu 2010 so bili na podlagi meritev NEK 21,8 TBq, kar je približno trikrat več kot v preteklih dveh letih (7,3 TBq v 2009, 7,0 TBq v 2008). V letu 2010 so bili izpusti H-3 primerljive velikosti kot v letih 2007 in 2005 (22 TBq v 2007, 19 TBq v 2005). Največje vrednosti izpustov za H-3 so bile dosežene v mesecih maj (3,5 TBq) in junij (4,7 TBq). Tekoči izpusti Sr-90 v letu 2010 so bili $(1,6 \text{ E}+5) \text{ Bq}$, nižji kot v letu 2009 ter primerljivega reda velikosti kot v letih poprej ($(3,3 \text{ E}+5) \text{ Bq}$ v 2009, $(8,5 \text{ E}+3) \text{ Bq}$ v 2008, $(1,1 \text{ E}+05) \text{ Bq}$ v 2007, $(1,1 \text{ E}+5) \text{ Bq}$ v 2006, $(1,4 \text{ E}+5) \text{ Bq}$ v 2005 in $(1,1 \text{ E}+5) \text{ Bq}$ v letu 2004).

Primerjava povprečnih letnih koncentracij H-3 in Sr-90 v vzorcih vod črpališč, vodovodov in podtalnic v okolici NEK v zadnjih 5 letih so prikazane na slikah 2.3 in 2.4. V letu 2010 je bilo mogoče zaznati vpliv tekočih izpustov iz NEK, izračunane povprečne letne koncentracije umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK pa so v letu 2010 kljub temu nižje ali primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Vpliv NEK je bil v letu 2010 zanemarljivo majhen.



Slika 2.3: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici v zadnjih petih letih



Slika 2.4: Povprečne letne koncentracije Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici v zadnjih petih letih

V krškem vodovodu je prispevek umetnih radionuklidov višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. V letu 2010 je bilo mogoče zaslediti večji vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4. Pri obravnavi je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčevanje vod pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca (za februar od sredine januarja 2010 do sredine februarja 2010). Vzorčevanje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) se opravi v začetku meseca. Posledica je navidezni časovni zamik med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtini VOP-4. V preglednici 2.1 so predstavljeni korelacijski koeficienti (Pearson), izračunani za izmerjene mesečne koncentracije H-3 in Sr-90 v črpališčih Brege, Drnovo, vodovodu Spodnji Stari Grad, vodovodu Brežice, črpališčem Brežice – Glogov Brod in izmerjene mesečne koncentracije H-3 v vrtini VOP-4, ter mesečnimi tekočimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK. Pri izračunu je bil upoštevan enomesečni časovni zamik, tako da so podatki o emisijah iz enega meseca korelirani s podatki o izmerjenih koncentracijah v črpališčih in vodovodih v naslednjem mesecu.

Preglednica 2.1: Korelacijski koeficienti, izračunani med izmerjenimi mesečnimi koncentracijami H-3 in Sr-90 (Bq/m^3) v črpališčih in vodovodih in mesečnimi koncentracijami H-3 v vrtini VOP-4 ter mesečnimi tekočimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK (Bq)

Korelacija z mesečnimi izpusti	Brege	Drnovo	vodovod Spodnji Stari Grad	vodovod Brežice	Brežice – Glogov Brod	VOP-4
H-3	0,06	-0,28	0,47	0,33	-0,15	0,63
Sr-90	0,25	0,06	0,31	0,27	0,44	–



Najvišji korelacijski koeficient za H-3 je pri vrtini VOP-4. Letno povprečje H-3 v vrtini VOP-4 v letu 2010 je $(6080 \pm 1960) \text{ Bq/m}^3$ in je višje kot v preteklih letih ($(1650 \pm 160) \text{ Bq/m}^3$ v 2009, $(3200 \pm 390) \text{ Bq/m}^3$ v letu 2008 in $(5170 \pm 2400) \text{ Bq/m}^3$ v letu 2007). V letu 2010 sta bili najvišji koncentraciji H-3 v vrtini VOP-4 izmerjeni v mesecu juliju $(15600 \pm 1440) \text{ Bq/m}^3$ in avgustu $(21600 \pm 2060) \text{ Bq/m}^3$, čeprav so bili mesečni izpusti H-3 iz NEK največji v maju in juniju (3,5 TBq v maju in 4,7 TBq v juniju) in relativno visoki v juliju in avgustu (2,9 TBq v juliju in 3,2 TBq v avgustu). 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 cedi v reko. Pretok Save je bil v primerjavi z letnim povprečjem nizek v juniju, juliju in avgustu, ko so bili tekoči izpusti NEK visoki. V tem času je vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4 mogoče pojasniti z izredno visokim vodostajem reke Save v zadnji polovici meseca junija. Izpeljana vrednost koncentracije (IK) za H-3 v pitni vodi za odrasle osebe je $1 \text{ E}+5 \text{ Bq/m}^3$, kar pomeni da je najvišja izmerjena koncentracija H-3 v VOP-4 še vedno pod predpisano mejo ($\approx 22 \% \text{ IK}$). V povprečju se v rekah po Sloveniji koncentracija H-3 v okviru merske negotovosti giblje okoli 1000 Bq/m^3 . Najvišja izmerjena vrednost H-3 v rekah po Sloveniji v letu 2010 je bila $(1580 \pm 140) \text{ Bq/m}^3$ v Savinji [5].

Čeprav so bili tekoči izpusti Sr-90 v letu 2010 približno dvakrat nižji kot v prejšnjem letu, so povprečne letne koncentracije Sr-90 v vzorcih vodovodov, črpališč in podtalnic primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Višje koncentracije Sr-90 so bile izmerjene le v avgustu v Bregah ($(2,7 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$) in Spodnjem Starem Gradu ($(1,5 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$). S prvimi tekočimi izpusti Sr-90 je NEK začel v mesecu juliju ($(2,2 \text{ E}+4 \text{ Bq})$ Sr-90), v avgustu so bili izpusti Sr-90 primerljive velikosti ($(2,4 \text{ E}+4 \text{ Bq})$ Sr-90), medtem ko je bilo v septembru s tekočimi izpusti iz NEK izpuščeno ($7,2 \text{ E}+4 \text{ Bq}$) Sr-90 oziroma 46 % celotne aktivnosti tekočih izpustov Sr-90 v letu 2010. Kljub temu je bilo mogoče vpliv izpustov Sr-90 iz NEK zaslediti predvsem v času prvih izpustov na lokacijah črpališč vodovodov Krško. Vpliv izpustov Sr-90 v letu 2010 tako na črpališče Brege kot tudi na črpališče Drnovo potrjuje ugotovitev, da se črpališči Drnovo in Brege napajata iz istega vodonosnika, ki ga napajata reki Sava in Krka [9]. Kasneje, ko so bili tekoči izpusti Sr-90 iz NEK še večji, pa vpliva izpustov na teh lokacijah ni bilo mogoče zaslediti, verjetno zaradi večjih pretokov reke Save v jesenskem obdobju. V vodovodu Brežice so bile višje koncentracije Sr-90 izmerjene v času izpustov od julija do novembra, mesečne koncentracije Sr-90 v vodovodu Brežice pa so še vedno nizke (pod 1 Bq/m^3). 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 ($4,8 \text{ E}+3$) Bq/m^3 .

Izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov iz uranove in torijeve vrste so primerljive s tistimi, izmerjenimi drugod po Sloveniji, v splošnem pa so aktivnosti naravnih radionuklidov nizke. V rekah po Sloveniji so bile v letu 2010 izmerjene koncentracije U-238 do $26,7 \text{ Bq/m}^3$, Ra-226 do $21,5 \text{ Bq/m}^3$, Pb-210 do $17,4 \text{ Bq/m}^3$, Ra-228 do $6,4 \text{ Bq/m}^3$ in Th-232 do $5,5 \text{ Bq/m}^3$ [4].

OCENA VPLIVOV

V preglednicah 2.2a in 2.2b so ocenjene letne efektivne doze za referenčne skupine prebivalstva, ki uporabljajo to vodo za pitje. Za primerjavo so podane tudi vrednosti, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

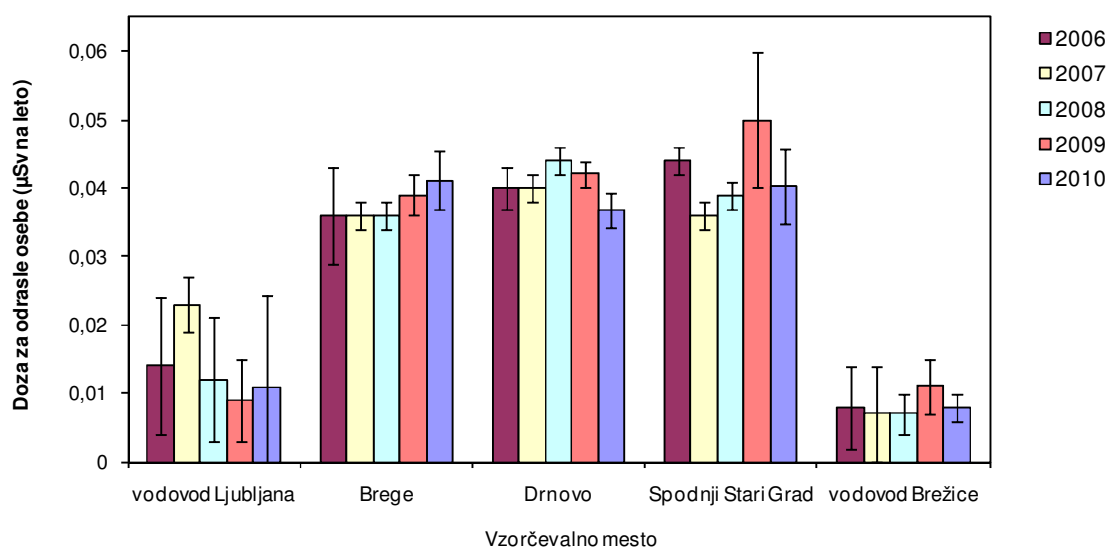
Prispevek umetnih radionuklidov zaradi globalne kontaminacije okolja ocenjujemo iz vsebnosti radionuklidov iz brežiškega vodovoda. V letu 2010 je ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v brežiškem vodovodu $(0,012 \pm 0,004) \mu\text{Sv}$, medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov $(0,8 \pm 0,5) \mu\text{Sv}$. Od naravnih radionuklidov prispeva k dozi največ Th-230.

Čeprav je v krškem vodovodu prispevek umetnih radionuklidov nekoliko višji, ni opaziti korelacije med ocenjeno letno dozo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov in razdaljo od jezua NEK. Čeprav je črpališče Brege najbližje jezua NEK oziroma Savi, je ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih

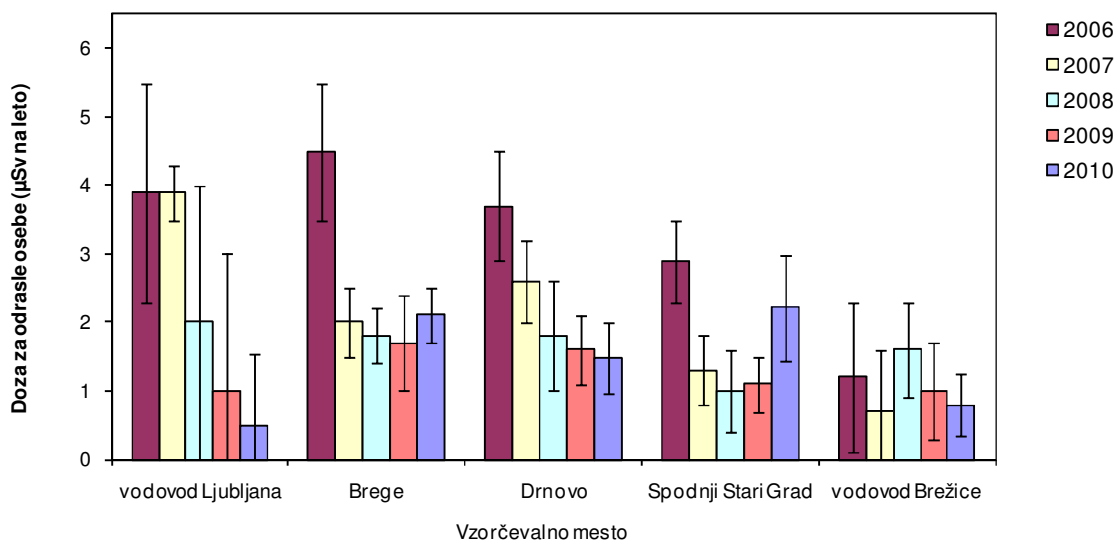


radionuklidov v Bregah primerljiva z ocenjeno letno dozo v Drnovem ali Spodnjem Starem Gradu. Prispevek umetnih radionuklidov k obremenitvi referenčnega človeka v krškem vodovodu je $(0,03 \pm 0,01) \mu\text{Sv}$ na leto, medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo $(1,7 \pm 0,9) \mu\text{Sv}$. Med naravnimi radionuklidi k dozi v krškem vodovodu največ prispevajo Ra-228 in Th-230.

V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na $(0,01 \pm 0,01) \mu\text{Sv}$ na leto za odraslo osebo, medtem ko je celotna ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov $(0,5 \pm 1,1) \mu\text{Sv}$. 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 $(0,08 \pm 0,02) \mu\text{Sv}$ na leto za odraslo osebo, medtem ko je celotna ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov $(1,7 \pm 0,6) \mu\text{Sv}$.



Slika 2.5a: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih petih letih



Slika 2.5b: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih petih letih



Preglednica 2.2a: Vodovodi in črpališča pitne vode in podtalnice v letu 2010 (meritve IJS). Povzetek prispevka umetnih in naravnih radionuklidov za dojenčka, otroka (7–12 let) in odraslega*, izračunanega iz merskih podatkov ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [4].

SKUPINA		Enkratni četrtletni vzorci			Mesečni sestavljeni vzorci					Enkratni vzorec
		VODOVOD LJUBLJANA (**) (μSv na leto)	VODOVOD BREŽICE (μSv na leto)	VODOVOD KRŠKO (μSv na leto)	VODOVOD BREŽICE (μSv na leto)	ČRPALIŠČE DRNOVO (μSv na leto)	ČRPALIŠČE BREGE (μSv na leto)	VODOVOD SPODNJI STARI GRAD (μSv na leto)	ČRPALIŠČE BREŽICE Glogov brod (μSv na leto)	VRTINA E1 V NEK (***) (μSv na leto)
ENOLETNI OTROK	Umetni radionuklidi	0,01 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,18 ± 0,05
	Umetni in naravni radionuklidi	6 ± 5	5 ± 4	16 ± 5	5 ± 2	13 ± 4	16 ± 3	18 ± 5	10 ± 3	16 ± 3
DESET-LETNI OTROK	Umetni radionuklidi	0,006 ± 0,013	0,012 ± 0,004	0,024 ± 0,006	0,007 ± 0,002	0,030 ± 0,002	0,033 ± 0,004	0,035 ± 0,005	0,008 ± 0,002	0,07 ± 0,02
	Umetni in naravni radionuklidi	1,0 ± 1,4	0,8 ± 0,7	2,6 ± 1,1	1,0 ± 0,5	2,2 ± 0,6	3,1 ± 0,5	3,0 ± 0,9	2,5 ± 0,8	3,0 ± 0,8
ODRASLI	Umetni radionuklidi	0,011 ± 0,013	0,012 ± 0,004	0,030 ± 0,006	0,008 ± 0,002	0,037 ± 0,002	0,041 ± 0,004	0,040 ± 0,010	0,009 ± 0,002	0,075 ± 0,017
	Umetni in naravni radionuklidi	0,5 ± 1,1	0,8 ± 0,5	1,7 ± 0,9	0,60 ± 0,36	1,5 ± 0,5	2,1 ± 0,4	2,2 ± 0,8	1,9 ± 0,6	1,7 ± 0,6

(*) ob predpostavki, da referenčni odrasel človek zaužije na leto 0,75 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ vode

(**) meritev iz programa nadzora radioaktivnosti v RS (enkratni vzorec)

(***) vzorčevanje in meritve izvaja IRB iz Zagreba



Preglednica 2.2b : Podtalnica v letu 2010 (meritve IRB). Povzetek prispevka umetnih in naravnih radionuklidov za dojenčka, otroka (7–12 let) in odraslega*, izračunanega iz merskih podatkov ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [4].

SKUPINA		MEDSAVE (μSv na leto)	ŠIBICE (μSv na leto)
ENOLETNI OTROK	Umetni radionuklidi	$0,18 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,02$
	Umetni in naravni radionuklidi	10 ± 2	17 ± 3
DESETLETNI OTROK	Umetni radionuklidi	$0,07 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
	Umetni in naravni radionuklidi	$2,0 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,4$
ODRASLI	Umetni radionuklidi	$0,08 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
	Umetni in naravni radionuklidi	$1,3 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$

(*) ob predpostavki, da referenčni odrasel človek zaužije 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 slikah 2.5a in 2.5b je prikazana primerjava ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz (zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov) za odraslo osebo v črpališčih Krško v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih petih letih (za porabo pitne vode $0,75 \text{ m}^3$ na leto).

Čeprav so aktivnosti naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Zaradi visokih doznih faktorjev k celotni ocenjeni dozi največ prispevata sevalca alfa Ra-226 in Th-230 ter sevalca beta Pb-210 in Ra-228. Izpeljane vrednosti koncentracije naravnih radionuklidov v pitni vodi v tabeli 4 v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [4] so 480 Bq/m^3 za Ra-226, 190 Bq/m^3 za Pb-210, 190 Bq/m^3 za Ra-228 kot jih navaja medtem ko je iz doznih faktorjev izračunana izpeljana koncentracija Th-230 enaka 640 Bq/m^3 . Vse izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov v vzorcih črpališč, vodovodov in podtalnic so veliko nižje od mejnih vrednosti.

SKLEPI

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.

Celotna ocenjena letna doza v letu 2010 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodovodu je za odraslo osebo ($0,8 \pm 0,5$) μSv na leto. Obremenitev brežiškega vodovoda z umetnimi radionuklidi je približno 1,5 % celotne ocenjene letne doze za odraslo osebo.

Celotna ocenjena letna doza v krškem vodovodu v letu 2010 je za odraslo osebo ($1,7 \pm 0,9$) μSv na leto. Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno 1,7 % celotne ocenjene letne doze za odraslo osebo.

Celotna ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2010 je ($0,5 \pm 1,1$) μSv na leto za odraslo osebo. Obremenitev ljubljanskega vodovoda z umetnimi radionuklidi je približno 2,2 % celotne ocenjene letne doze za odraslo osebo.



Celotne ocenjene 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 [4]. Delež doze v primerjavi z letno mejno dozo v brežiškem vodovodu je 0,8 %, v krškem vodovodu pa 1,7 %, pri čemer je v obeh primerih prispevek umetnih radionuklidov še veliko nižji.

LITERATURA

- [9] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010



3 P A D A V I N S K I I N S U H I U S E D I

POVZETEK

V tem poglavju so obravnavane koncentracije radionuklidov v padavinah in talno odlaganje radioaktivnih snovi zaradi padavin in suhega useda. Ocenjeni so prispevki zračnih izpustov iz NEK k sevalni obremenitvi okoliškega prebivalstva. Rezultati meritev in ocen radioaktivnega onesnaženja kažejo, da je prispevek zračnih izpustov NEK k celotni prejeti dozi zanemarljiv.

UVOD

Aerosoli in plini se iz ozračja izpirajo s padavinami ali pa se vezani na prašne delce usedajo na talne površine. V obeh primerih se radioaktivne snovi v ozračju, zaradi padavin in suhega useda, kopičijo na površinah. Pri tem je izpiranje mnogo učinkovitejši proces kot suhi used. Vrsto in obseg useda določimo z lovilniki useda in s specifično analizo radionuklidov v vzorcih iz teh lovilnikov.

Odložene radioaktivne snovi na rastlinah in tiste, ki jih rastline vsrkajo prek korenin ali listov, pridejo z užitnimi deli v prehrabno verigo. Padavine lahko pridejo v podtalnico in tako kontaminirajo tudi pitno vodo. Zato igrajo padavine pomembno vlogo pri prenosu radioaktivnih onesnaževalcev iz zraka v živa bitja. Odložene radioaktivne snovi s sevanjem tudi neposredno prispevajo k prejeti dozi.

Zaradi človekovih dejavnosti so v okolju poleg naravnih tudi umetni radionuklidi. Jedrske elektrarne izpuščajo v okolje nekatere radioaktivne snovi, ki so že prisotne v okolju, kot sta naravna radionuklida H-3 in C-14 ter umetna radionuklida, kot sta Cs-137 in Sr-90, ki sta v naravi zaradi globalne in regionalne kontaminacije po poskusnih jedrskih eksplozijah oziroma černobilski nesreči. Dodatno pa so v izpustih tudi nekateri umetni radionuklidi, kot sta npr. Co-58 in Co-60. Za prve je prispevek elektrarne mogoče oceniti na podlagi primerjave rezultatov meritev na nadzirani in referenčni lokaciji, v drugem primeru pa neposredno.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Za lovilnike useda uporabljamo zbiralnike padavin in zbiralnike suhega useda. Za zbiralnike padavin uporabljamo lijake iz nerjavnega jekla z odprtino 0,25 m², za zbiranje suhega useda pa plošče iz pleksi stekla, postavljene od 1,8 m do 2 m nad površino tal, ploščine 0,3 m² in premazane s tanko plastjo vazelina (vazelinske plošče). Vzorčevanje poteka kontinuirno, vzorce pa pobiramo enkrat na mesec. Zbiralniki suhega useda lovijo tudi prašne delce, ki so v zraku zaradi resuspenzije.

Zbiralniki padavin so v Bregah, Krškem in Dobovi, zbiralniki suhega useda pa so od leta 2005 na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK.¹ Kot referenčno vzorčevalno mesto za padavinski in suhi used je bila izbrana Ljubljana.

Za meritev koncentracij sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama, za merjenje koncentracij Sr-90/Sr-89 radiokemični analizni postopek, aktivnosti H-3 pa merimo s tekočinskoscintilacijskim števcem. V vazelini merimo le sevalce gama.

¹ Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) v prilogi 4 podaja zasnovo programa obratovalnega nadzora radioaktivnosti za jedrsko elektrarno. Za vzorčevanje suhega useda je predvideno 12 vzorčevalnih mest v treh razdaljah od nuklearke (4 na ograji, 3 v bližnji in 5 v širši okolici). V programu NEK je bilo do leta 2005 vseh 12 vzorčevalnih mest, nato pa so bila vzorčevalna mesta na ograji NEK opuščena. Preostala vzorčevalna mesta so grupirana takole: bližnja 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 vzorčevalno mesto 6 (najdlje od NEK, na razdalji ≈4,5 km).



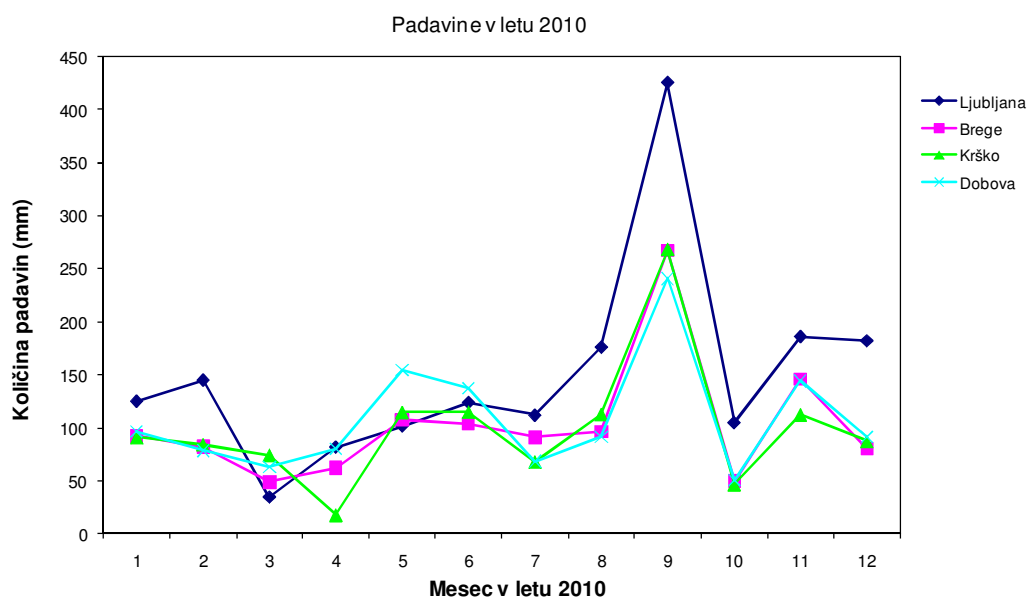
Zbrane padavine izparimo do suhega ostanka za meritev sevalcev gama in stroncija. En liter zbranih padavin se po vzorčevanju odlije od celotnega vzorca za elektrolitsko obogatitev in meritev vsebnosti tritija. Postrgano vazelino s plošč le rahlo segrejemo, da se enakomerno porazdeli po merski posodici. Priprava mora biti namreč hitra in enostavna, saj so vazelinske plošče namenjene predvsem hitrim meritvam useda v primeru izrednega dogodka v jedrski elektrarni oziroma ob nezgodnih izpustih radioaktivnih snovi v ozračje.

REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011. Rezultati meritev vzorcev padavin in suhih usedov so prikazani v tabelah T-37 (Padavine – Breghe), 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 Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi so prikazane na sliki 3.1. Ugotavljamo, da je bil izrazito deževen mesec le september, relativno sušni pa so bili marec, april in oktober. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1799 mm), najmanj pa v Krškem (1191 mm). V primerjavi z letom 2009 je v teh krajih padlo v povprečju 30 % več padavin.

V vzorcih padavin so bili v letu 2010 prisotni H-3, Be-7, Na-22, K-40, Cs-137, Sr-90/Sr-89² ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. V tabeli 3.1 so zbrani podatki o največjih izmerjenih koncentracijah, letna povprečja in razmerja med največjo in povprečno vrednostjo za H-3, Sr-90/Sr-89 in Cs-137 ter Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani. Koncentracija stroncija v vzorcih padavin iz Ljubljane je bila pod mejo kvantifikacije.



Slika 3.1: Mesečne količine padavin v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi v letu 2010

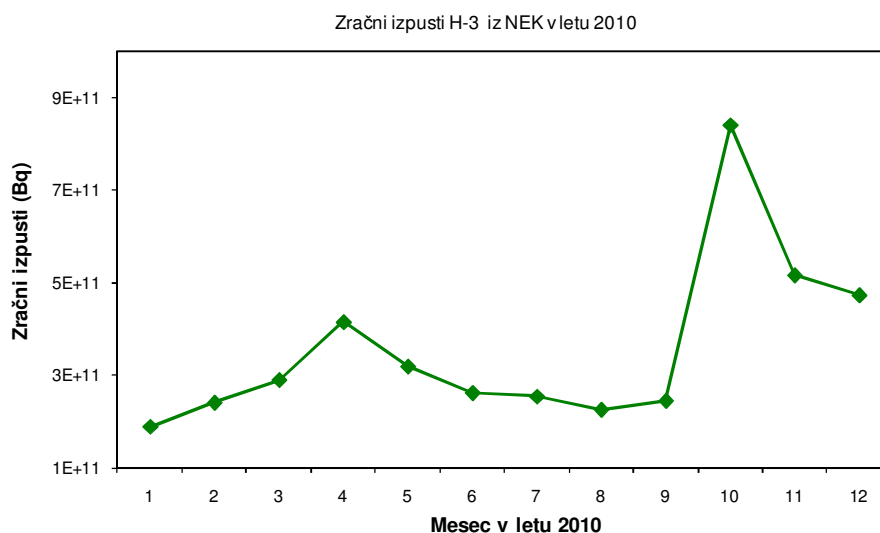
² Označba Sr-90/Sr-80 pomeni, da analiza na Y-90 ni bila narejena. Vendar se izmerjene specifične aktivnosti pod oznako Sr-90/Sr-89 vseeno nanašajo le na aktivnosti Sr-90, saj kratkoživi Sr-89 v izpustih NEK ni bil zaznan, Sr-89 iz černobilskega reaktorja pa je že zdavnaj razpadel.



Tabela 3.1: Letne povprečne in največje izmerjene mesečne koncentracije ter razmerja med največjo mesečno in povprečno letno koncentracijo za H-3, Sr-90/Sr-89 in Cs-137 ter Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2010

Radionuklid	BREGE			KRŠKO		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Največja koncentracija (Bq/m ³)	Največja / povprečna koncentracija	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Največja koncentracija (Bq/m ³)	Največja / povprečna koncentracija
H-3	2,3E+03 ± 4E+02	6,5E+03 ± 8E+02	2,8	1,9E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 4E+02	2,6
Sr-90/Sr-89	5,4E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 4E-01	3,7	1,1E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 4E-01	2,0
Cs-137	1,5E-01 ± 9E-02	9,1E-01 ± 2E-01	6,1	1,5E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 8E-01	8,7
Be-7	4,0E+02 ± 2E+02	2,1E+03 ± 1E+02	5,3	6,1E+02 ± 1E+02	1,3E+03 ± 7E+01	2,1
K-40	4,9E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,9	2,0E+01 ± 7E+00	7,8E+01 ± 1E+01	3,9
Pb-210	9,1E+01 ± 3E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,8	9,0E+01 ± 2E+01	2,7E+02 ± 2E+01	3,0
	DOBOVA			LJUBLJANA		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Največja koncentracija (Bq/m ³)	Največja / povprečna koncentracija	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Največja koncentracija (Bq/m ³)	Največja / povprečna koncentracija
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 3E+02	1,7	1,0E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,7
Sr-90/Sr-89	9,2E-01 ± 3E-01	3,7E+00 ± 3E-01	4,0	–	–	–
Cs-137	8,7E-02 ± 7E-02	5,6E-01 ± 2E-01	6,4	6,2E-02 ± 7E-02	7,4E-01 ± 4E-01	11,9
Be-7	7,4E+02 ± 2E+02	2,8E+03 ± 1E+02	3,8	5,9E+02 ± 9E+01	1,2E+03 ± 1E+02	2,0
K-40	8,5E+00 ± 4E+00	4,4E+01 ± 1E+01	5,2	4,9E+00 ± 2E+00	1,9E+01 ± 4E+00	3,9
Pb-210	1,1E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,1	8,9E+01 ± 1E+01	1,7E+02 ± 1E+01	1,9

Mesečni zračni izpusti tritija iz NEK³ v letu 2010 so prikazani na sliki 3.2, mesečne koncentracije H-3 v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi pa so prikazane na sliki 3.3.



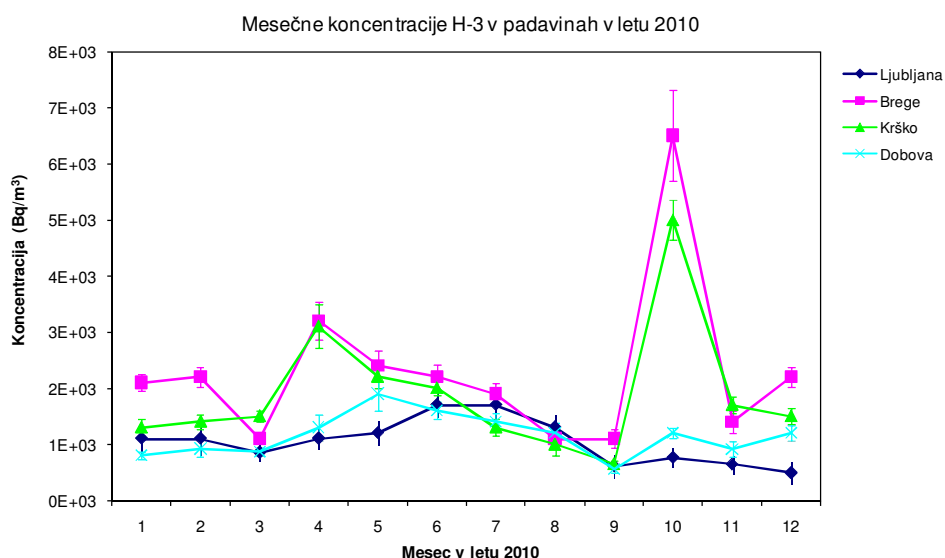
Slika 3.2: Mesečni zračni izpusti tritija iz NEK v letu 2010

³ Podatke je sporočila NEK.

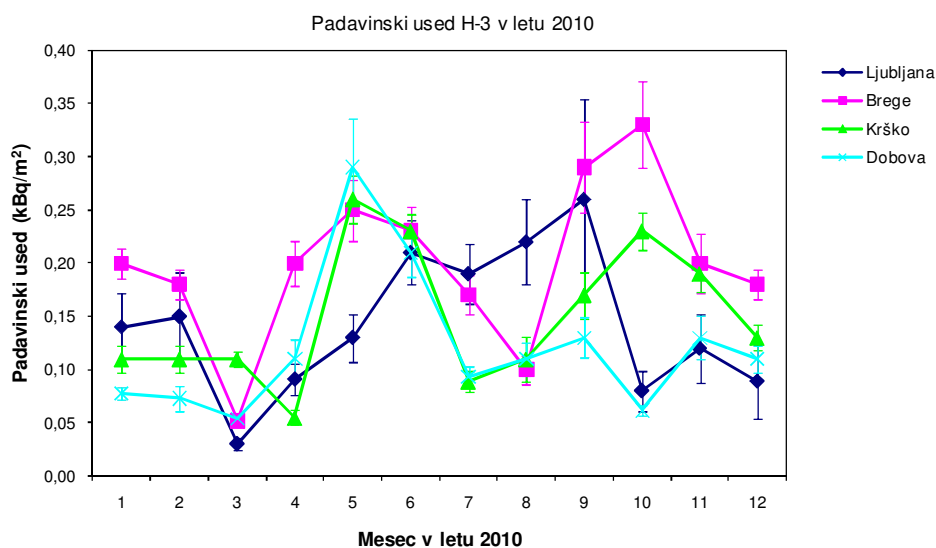


Mesečne koncentracije H-3 v padavinah ne izkazujejo kakih izrazitih posebnosti. Najnižje koncentracije so bile izmerjene v septembru (v tem mesecu je padlo največ padavin). Največja koncentracija H-3 je pa je bila izmerjena oktobra v Bregah. Primerjava mesečnih koncentracij z zračnimi izpusti tritija pokaže, da se koncentracije H-3 v padavinah v grobem ujemajo s potekom zračnih izpustov (predvsem v Krškem in Bregah). Na osnovi primerjav iz preteklih let menimo, da je to bolj izjema kot pravilo. Koncentracije tritija v padavinah v drugih evropskih državah in mestih (Hrvaška, Avstrija, Madžarska, Poljska) so bile v zadnjih letih nekoliko nižje in so se gibale v razponu med 1000 Bq/m^3 in 1300 Bq/m^3 [10–14].

Na sliki 3.4, ki prikazuje mesečni padavinski used H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta, je opaziti višje aktivnosti v mesecih okoli maja in oktobra. Korelacije s količino padavin skorajda ni. S slike 3.4 je tudi razvidno, da so vrednosti H-3 v padavinskem usedu le rahlo povezane z zračnimi izpusti tritija iz NEK (glej Krško in Brege).



Slika 3.3: Mesečne koncentracije H-3 v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi

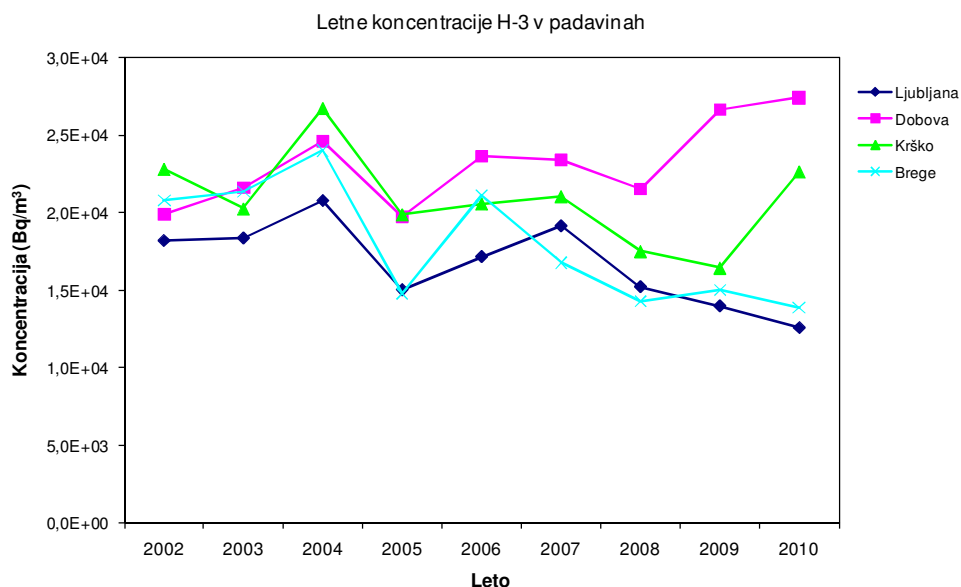


Slika 3.4: Mesečni padavinski used H-3 v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi

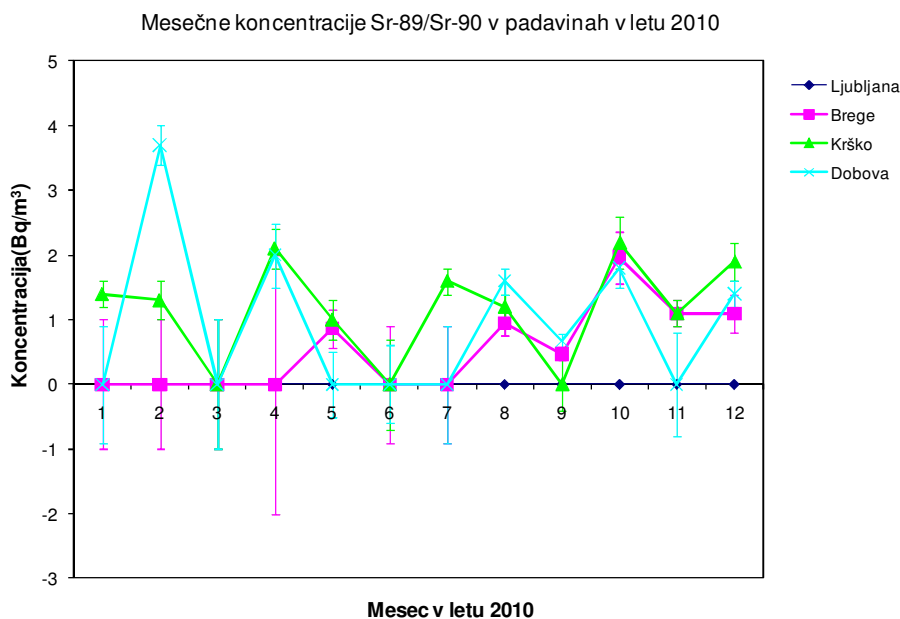


Letne koncentracije H-3 v padavinah od leta 2002 naprej prikazuje slika 3.5. V Ljubljani, Krškem in Bregah so bile najvišje vrednosti izmerjene leta 2004, v Dobovi pa letošnja vrednost nekoliko presega tisto iz leta 2004. V Ljubljani in Bregah so bile od leta 2002 v letošnjem letu izmerjene najnižje letne koncentracije H-3 v padavinah.

Slika 3.6 prikazuje mesečne koncentracije stroncija v padavinah. Zaznavne koncentracije stroncija so bile v tem letu izmerjene le občasno, v Ljubljani pa so bile koncentracije celo pod mejo kvantifikacije⁴.



Slika 3.5: Letne koncentracije H-3 v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi od leta 2002 naprej



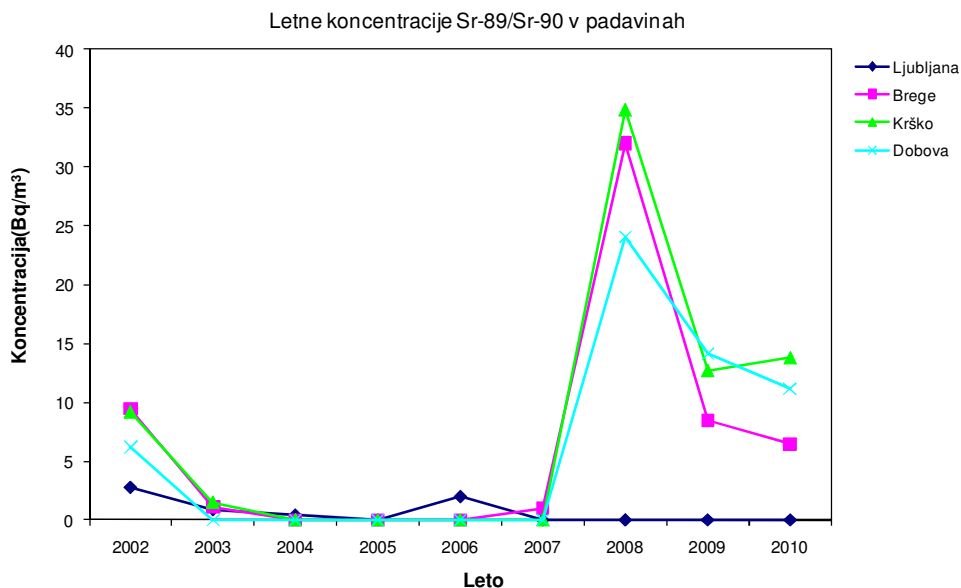
Slika 3.6: Mesečne koncentracije stroncija v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi

⁴ Pri teh meritvah je meja detekcije za stroncij 0,12 Bq/kg suhe snovi.

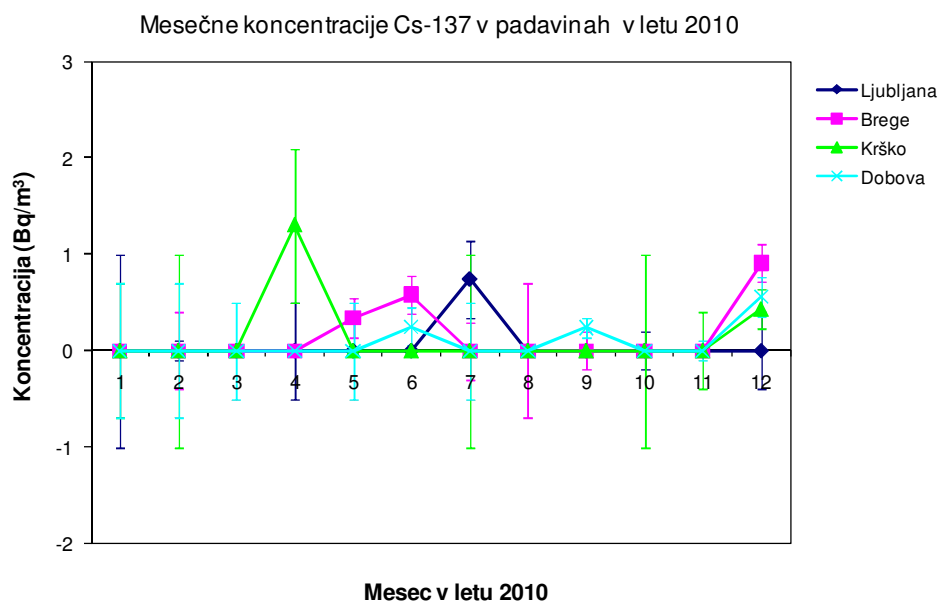


Letne koncentracije stroncija v padavinah od leta 2002 naprej prikazuje slika 3.7. Od leta 2002 so bile najvišje vrednosti izmerjene v letu 2008. Omembe vredno je le še leto 2002 ter lansko in letošnje leto. Treba pa je poudariti, da so vse vrednosti nizke, saj so tipične vrednosti nižje od 2 Bq/m^3 . V vseh drugih letih je bil stroncij v padavinah pod mejo določljivosti ali blizu nje.

Mesečne koncentracije Cs-137 v padavinah v Bregah, Krškem, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.8. Najvišje koncentracije Cs-137 v padavinah so bile izmerjene aprila v Krškem in julija v Ljubljani, vendar je treba poudariti, da so vse vrednosti nizke, reda velikosti $0,5 \text{ Bq/m}^3$.



Slika 3.7: Letne koncentracije stroncija v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi od leta 2002 naprej



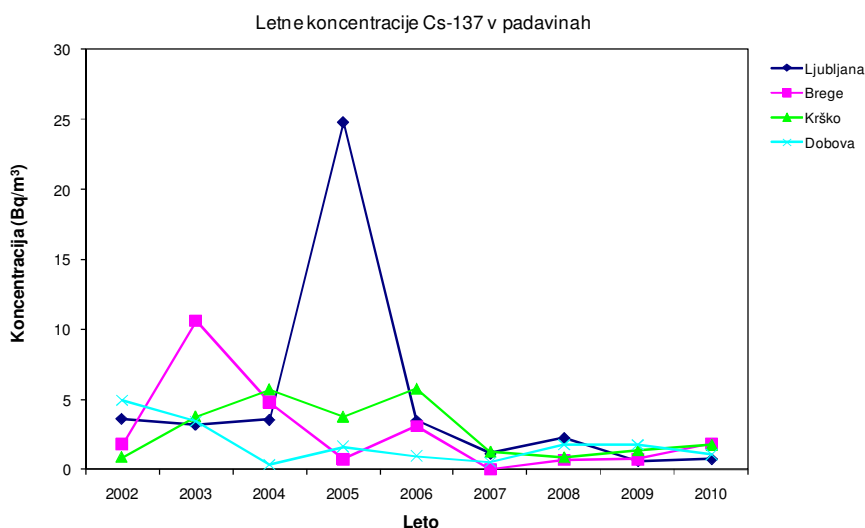
Slika 3.8: Mesečne koncentracije Cs-137 v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi



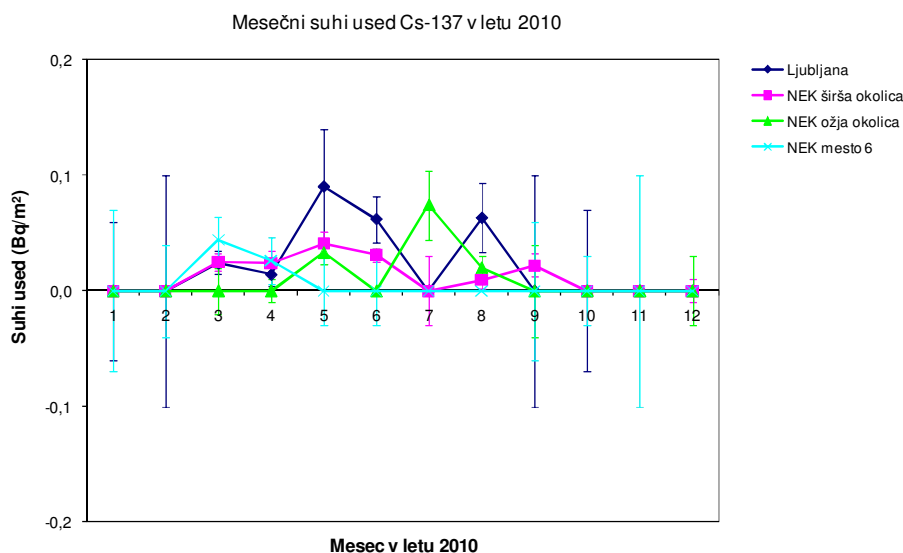
Letne koncentracije Cs-137 v padavinah od leta 2002 prikazuje slika 3.9⁵.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2010 prisotni Be-7, K-40, Cs-137 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste.

Mesečni suhi usedi Cs-137 v Ljubljani in okolici NEK so prikazani na sliki 3.10. Največji used je bil izmerjen maja v Ljubljani. Vendar lahko tudi tu ugotovimo, da so vse vrednosti nizke, reda velikosti 0,1 Bq/m².



Slika 3.9: Letne koncentracije Cs-137 v padavinah v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi od leta 2002 naprej



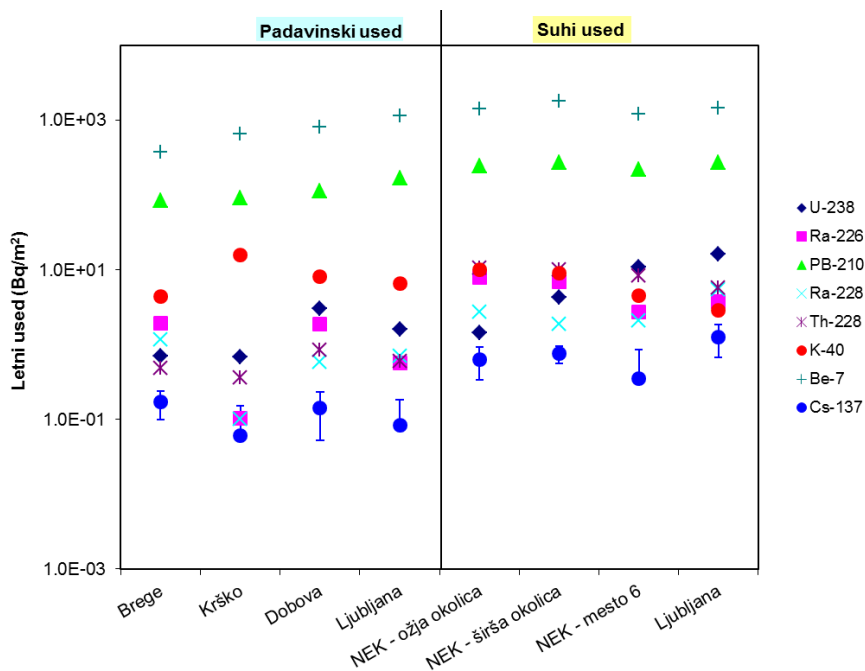
Slika 3.10: Mesečni suhi used Cs-137 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

⁵ Izmerjene koncentracije Cs-137 v padavinah v letu 2005 v okolici NEK ter meritve suhega useda v Ljubljani v tem letu (slika 3.12) ne potrjujejo povišane vrednosti Cs-137 v padavinah, zato tega povišanja ne moremo pripisati zračnim izpustom iz NEK ali iz drugih jedrskih objektov.

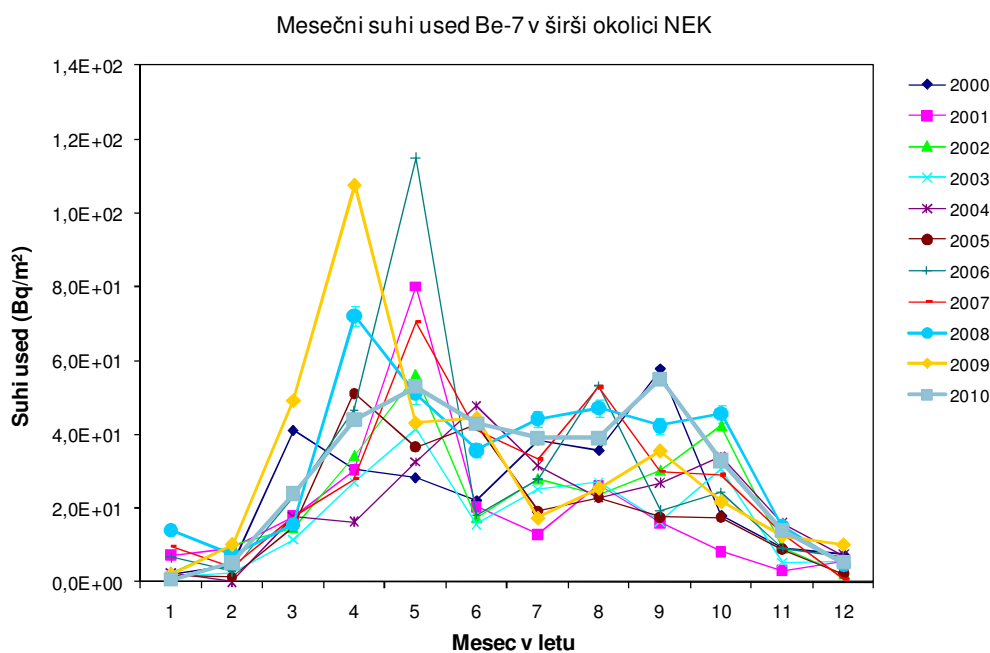


Na sliki 3.11 so prikazane količine letnih padavinskih in suhih usedov Cs-137 in naravnih radionuklidov v Ljubljani, Bregah, Krškem in Dobovi ter na vzorčevalnih mestih okrog NEK. S slike je razvidno, da je potek useda v grobem enak za vse radionuklide in za vsa vzorčevalna mesta.

Na sliki 3.12 so prikazane sezonske vrednosti suhega useda Be-7 od leta 2000 naprej (širša okolica NEK). S slike je razvidno, da je v zimskem času znatno manj suhega useda, največ pa ga je v spomladanskem obdobju.



Slika 3.11: Letni usedi Cs-137 in naravnih radionuklidov na različnih lokacijah okrog NEK in v Ljubljani v letu 2010



Slika 3.12: Mesečni suhi used Be-7 v širši okolici NEK v letih 2000–2010



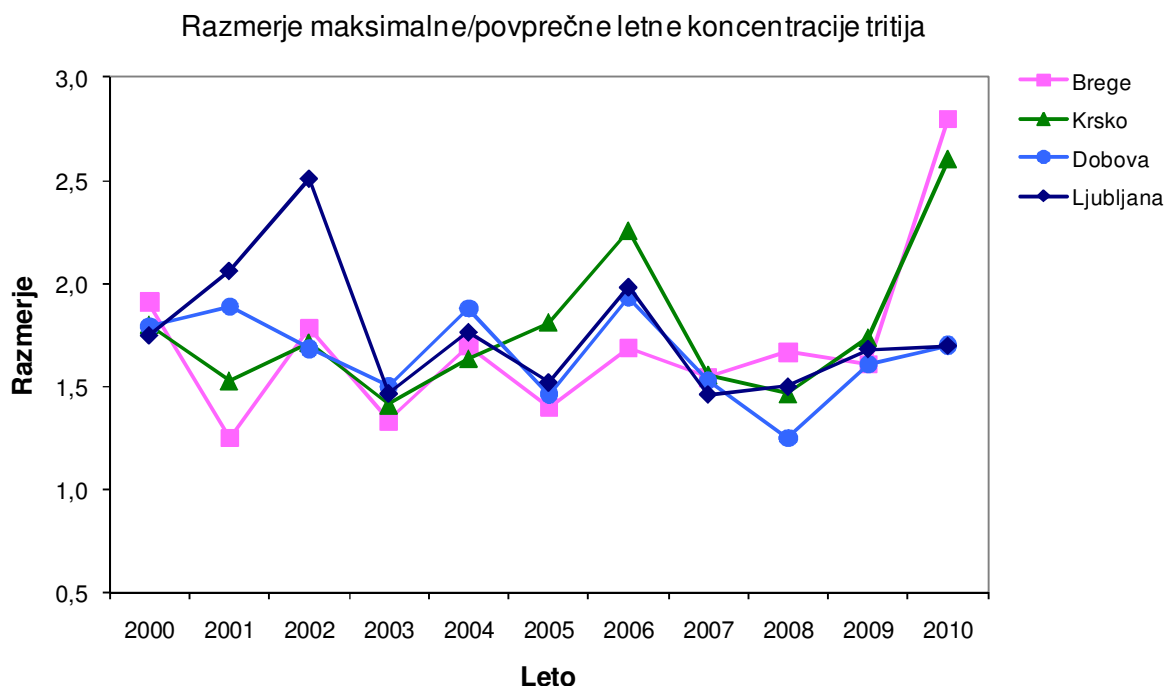
DISKUSIJA

Časovna primerjava rezultatov letnih koncentracij radionuklidov H-3, Sr-90 in Cs-137 v okolici NEK v obdobju od 2002 do 2010 ne kaže posebnih variacij ali odmikov. Vse izmerjene koncentracije umetnih radionuklidov so nizke ali na meji merske določljivosti.

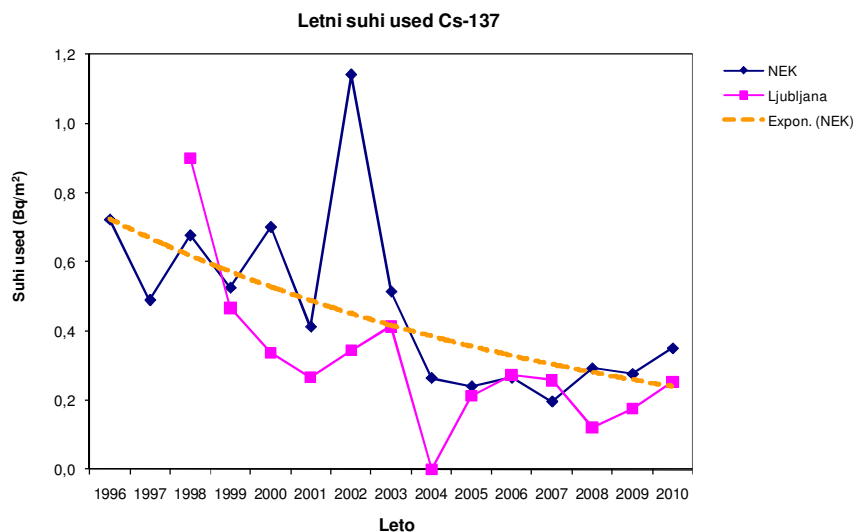
Povprečne letne koncentracije H-3 v padavinah okolici Krškega so v razponu od 1100 Bq/m³ (Dobova) do 2300 Bq/m³ (Breghe). Slovensko povprečje letnih koncentracij v padavinah v letu 2010 pa je nekaj čez 1000 Bq/m³. Potek razmerja med največjo in povprečno letno koncentracijo tritija od leta 2000 naprej prikazuje slika 3.13. Razmerje se z leti v grobem ne spreminja. Odmik imata le vrednosti v Ljubljani leta 2002, v Krškem 2006 ter v Bregah in Krškem v letošnjem letu.

Usedi v okolici Krškega se ne razlikujejo od usedov drugje po Sloveniji. Za ilustracijo vzemimo koncentracije Cs-137 v padavinah. Vrednosti v letu 2010 se gibljejo od 1,3 Bq/m³ v Bovcu do 2,3 Bq/m³ v Muski Soboti, med tem ko sta povprečni letni koncentraciji naravnih radionuklidov svinca in berilija nekaj pod 100 Bq/m³ za Pb-210 in blizu 600 Bq/m³ za Be-7.

Zanimiv je tudi pregled suhega useda Cs-137 v daljšem časovnem obdobju. Slika 3.14 prikazuje letni suhi used Cs-137 v okolici NEK in v Ljubljani od leta 1996 do 2010. Lepo je razvidno padanje usedov z leti (približno eksponentno). To kaže na dejstvo, da je glavi prispevek k usedu resuspenzija Cs-137 iz černobilskega onesnaženja.



Slika 3.13: Razmerje med največjo in povprečno letno koncentracijo tritija v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani od leta 2000 do leta 2010



Slika 3.14: Letni suhi used Cs-137 (Bq/m²) v okolici NEK in v Ljubljani v letih 1996–2010

OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z zunanjo in ingestijsko dozo. Efektivne zunanje doze ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [15] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.2 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz.

Tabela 3.2: Zunanje doze zaradi letnega useda v letu 2010 pri predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan

Doza (μSv)]	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,00019	0,00013
	VSI	0,078	0,13

Iz tabele 3.2 je razvidno, da je zunanja doza za umetne radionuklide praktično enaka za prebivalce Ljubljane (referenčna lokacija) kot za prebivalce v okolici NEK. Prebivalci, ki živijo v okolici NEK, zaradi usedov umetnih radionuklidov iz NEK niso izpostavljeni dodatnemu zunanjemu sevanju, naravnemu sevanju pa izpostavljeni 1,5-krat manj kot Ljubljjančani.

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

$$Doza = C_{v,d} \cdot f_d \cdot m \quad (3)$$

kjer oznake pomenijo:

$C_{v,d}$ /(Bq/kg)	koncentracija radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek
f_d /(Sv/Bq)	dozni faktor za posamezen radionuklid
m /kg	masa zaužitega rastlinja



V izračunu ingestijske doze smo za maso rastlinja, ki ga človek zaužije letno, privzeli vrednosti:

Odrasli	25 kg
Otroci (7–12 let)	15 kg
Dojenčki (do 1 leta)	2,5 kg

Vsebnost radionuklidov v rastlinju zaradi useda radionuklidov v primeru dolgotrajnega odlaganja ocenimo z izrazom [16]:

$$C_{v,d} = \frac{\dot{d} \cdot \alpha \cdot [1 - \exp(-\lambda_e \cdot t_e)]}{\lambda_e} \exp(-\lambda \cdot t_h) \quad (4)$$

kjer oznake pomenijo:

$C_{v,d}$ / (Bq/kg)	koncentracija radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek
\dot{d} / (Bq m ⁻² d ⁻¹)	hitrost depozicije
α / (m ² /kg)	delež površine, ki jo zavzema 1 kg pridelka
λ_e / d ⁻¹	efektivna razpadna konstanta za zmanjševanje aktivnosti v pridelku, ki je enaka $\lambda_e = \lambda + \lambda_w$
t_e / d	čas izpostavitve rastline depoziciji
λ / d ⁻¹	razpadna konstanta izotopa
λ_w / d ⁻¹	hitrost zmanjševanja radioaktivnosti na površini zaradi raznih efektov
t_h / d	čas med pobiranjem rastline in njenim zaužitjem

Izhodiščne vrednosti parametrov so:

Parameter	Vrednosti parametrov [16]
α	0,3 m ² /kg
λ_w	0,05 d ⁻¹
t_e	60 d
t_h	14 d

Rezultati ocenjenih ingestijskih doz zaradi usedov radionuklidov na rastlinje so zbrani v tabeli 3.3.

Tabela 3.3: Ingestijske doze zaradi letnega useda v letu 2010 za odrasle, otroke in dojenčke

Doza (μSv)	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
ODRASLI (od 17 leta)	UMETNI	0,023	0,012
	VSI	26	45
OTROCI (od 7 do 12 let)	UMETNI	0,023	0,009
	VSI	44	75
DOJENČKI (do 1 leta)	UMETNI	0,076	0,026
	VSI	200	340



Iz tabele 3.3 je razvidno, da sta dozi za umetne radionuklide, ki ju odrasli in otroci v okolici NEK prejmejo zaradi uživanja rastlinja približno dvakrat višji od tistih, ki ju odrasli in otroci prejmejo v Ljubljani. Pri dojenčkih je ta razlika celo nekoliko višja. Vendar pa je ta del zanemarljiv v primerjavi s prispevkom od naravnih radionuklidov, kjer pa Ljubljančani prejmejo letno 1,5-krat večjo dozo.

K skupni ingestijski dozi v okolici NEK od merjenih radionuklidov največ prispeva used Pb-210, ki je naravni radionuklid.

Skupna doza (vsota zunanje in ingestijske doze⁶) zaradi umetnih radionuklidov v usedu za prebivalce v okolici NEK je v letu 2010 tako ocenjena na $(0,023 \pm 0,002) \mu\text{Sv}$ za odrasle in otroke ter $(0,076 \pm 0,008) \mu\text{Sv}$ za dojenčke in se ne razlikuje od prejšnjih let. V primerjavi z dozo, ki jo prejmejo prebivalci zaradi naravnih radionuklidov, ne glede na to, da je ta nizka, so prispevki umetnih radionuklidov nedvomno zanemarljivi.

SKLEP

Analiza ocenjenih doz zaradi radionuklidov v usedu kaže, da prispevki umetnih radionuklidov v usedu ne vplivajo na skupno letno dozo prebivalcev v okolici NEK. V primerjavi z dozo zaradi naravnih radionuklidov so ti prispevki zanemarljivi. Zanemarljivi pa so tudi v primerjavi z avtorizirano mejo za prebivalstvo, ki je za NEK $50 \mu\text{Sv}$ na leto. Ugotavljamo torej, da je prispevek doze zaradi usedov radioaktivnih snovi iz Nuklearne elektrarne Krško na okoliško prebivalstvo zanemarljiv.

REFERENCE

- [10] F. Palcsu, E. Svingor, Z. Szanto et al., Isotopic composition of precipitation in Hungary in the last three years, Ger. Inst. Erdwissenschaften K.-F.-Univ. Graz, Bd. 8, ISSN 1608-8166, Gradec, 2004
- [11] International Atomic Energy Agency, Isotopic composition of precipitation in the Mediterranean Basin in relation to air circulation patterns and climate, IAEA-TECDOC-1453, Dunaj, 2005
- [12] Stamoulis K., Ioannides K., Kassomenos P. et al., Tritium concentrations in rainwater samples in northwestern Greece, Fusion Science and Technology, 48 (2005), 1, 512–515
- [13] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations, Journal of Hydrology, 330 (2006), 457–469
- [14] Z. Szanto, E. Svingor, I. Futo et al., A Hydrochemical and isotopic case study around a near surface radioactive waste disposal, Radiochimica Acta 95 (2007), 1, 55–65
- [15] 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
- [16] 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

⁶ Zunanja doza je v tej vsoti zanemarljiva.



4 ZRAK

POVZETEK

Nadzor radioaktivnosti zraka v okolici NEK je v letu 2010 potekal v enakem obsegu 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 0,17 μ Sv.

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.

Meritve radioaktivnosti zraka v okolici NEK se izvajajo z namenom, da se oceni doze posameznika iz referenčne skupine prebivalstva po inhalacijski in imerzijski prenosni poti. Meritve se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja radioaktivnih snovi 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 severovzhodu.

Aerosole smo vzorčevali na naslednjih osmih mestih v okolici NEK, ki so v zračni oddaljenosti od 1,4 km do 12 km od 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. Vzorečevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 je potekalo 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 jodov, tritija (H-3), ogljika C-14, aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2010 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil.

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 približno od 100 000 m³ do 150 000 m³ zraka. Izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorečevanje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorečevanje in meritev v Ljubljani (program nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS) je opravil IJS.

Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorečevanje I-131 potekalo ločeno s črpalkami z manjšim pretokom in s posebnimi filtri iz steklenih mikrovlaknen in aktivnega oglja, prepojenega s TEDA



– 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 1000 m³ do 1400 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 aerosole 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 2010 je bil v NEK redni remont v oktobru 2010. Navadno so izpusti med remontom večji kot med rednim obratovanjem, predvsem 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 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011.

Rezultati meritev **I-131** (Tabela T-43 (IJS)) vseh zbranih vzorcev so bili pod vrednostjo 1E-4 Bq/m³, ki jo privzemamo kot potrebno merilno mejo za izračun doz. Zato lahko sklenemo, da jod ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest.

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 ugotovljamo, 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 večje, kar posebej velja za U-238, kjer se povprečja posameznih krajev razlikujejo približno za faktor deset, izmerjeno povprečje v okolici NEK pa je višje od povprečja, izmerjenega v Ljubljani. Lokacija v Ljubljani je referenčna. 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 okolici NEK podobne tistim, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [17]. Razlike v koncentracijah U-238 med posameznimi lokacijami v okolici NEK so verjetno posledica samih značilnosti lokacij. U-238 v zraku je posledica resuspenzije iz zemlje in na lokacijah, kjer so v bližini obdelovalna polja in več mešanja zemlje, lahko pričakujemo večje koncentracije U-238 in potomcev.

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi poroča tudi o Na-22. Podobno kot Be-7 je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1000-krat nižje od koncentracij Be-7. Izvajalec meritev je v letu 2008 povečal občutljivost meritev in poročal tudi o Na-22. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

Izmed umetnih radionuklidov sta bila v letu 2010 v aerosolih zaznana le 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 modelske ocene. Izmerjene povprečne vsebnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK ne kažejo bistvenih odmikov od letnega povprečja (1,2 μBq/m³ v obdobju 2007–2009) in so primerljive z vrednostmi v okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS na lokacijah Ljubljana, Predmeja in Jareninski Vrh [17]. Specifične meritve Sr-90/Sr-89 so potekale v Dobovi. Izmerjene aktivnosti so nizke (0,28–7,8 μBq/m³). V izpustih NEK v 2010 so bile vrednosti Sr-89 pod mejo detekcije 1E-4 Bq/m³ [18]. Zato lahko sklenemo, da Sr-89 ni bil detektiran v izpustih NEK.



V letu 2010 je bil od umetnih radionuklidov v Ljubljani izmerjen le Cs-137. Izmerjene vrednosti Cs-137 so v okviru pričakovanih vrednosti (nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Iz meritev spektrometrije gama na aerosolnih in jodovih filtrih 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 učinkovite 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 $h(g)_{j,\text{inh}}$ (predvidena učinkovita doza na enoto vnosa) iz reference [4] in hitrosti dihanja 17 L/min (9000 m^3 na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5585 m^3 na leto) in 2,0 L/min (1044 m^3 na leto) za dojenčka. S seštevanjem predvidenih učinkovitih doz za posamezne radionuklide dobimo predvideno učinkovito dozo zaradi inhalacije umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih, vključno z naravnimi. Rezultati izračunov so zbrani v preglednici 4.1.

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 4.1), 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 4.1 so podane izračunane povprečne mesečne koncentracije Cs-137 za različna naselja v odvisnosti od razdalje od NEK z uporabo razredčitvenih koeficientov Lagrangeevega modela.



Tabela 4.1: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti χ/Q (s/m^3) v letu 2010 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS z uporabo Lagrangeevega modela.

2010	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško-Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
januar	2,4E-07	2,3E-07	2,1E-08	2,9E-08	3,0E-08	5,1E-08	1,9E-07	3,4E-07	4,0E-07	1,0E-07	1,5E-08	1,7E-07
februar	3,3E-07	2,3E-07	3,4E-08	4,1E-08	4,6E-08	7,5E-08	2,2E-07	2,3E-07	2,8E-07	1,3E-07	1,7E-08	3,7E-07
marec	1,1E-07	6,9E-08	3,0E-08	1,3E-08	1,5E-08	4,2E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,4E-08	1,1E-07	2,1E-08	9,5E-08
april	1,3E-07	1,5E-07	5,3E-08	3,0E-08	3,0E-08	8,3E-08	1,2E-07	1,3E-07	6,8E-08	7,8E-08	1,9E-08	2,0E-07
maj	1,8E-07	6,1E-08	4,4E-08	2,4E-08	2,3E-08	4,4E-08	4,9E-08	3,4E-08	2,4E-08	1,8E-07	1,9E-08	9,7E-08
junij	1,4E-07	2,5E-07	5,5E-08	3,9E-08	4,5E-08	1,3E-07	1,8E-07	1,3E-07	3,0E-08	1,6E-07	4,3E-08	1,0E-06
julij	1,7E-07	5,6E-07	1,8E-07	6,9E-08	9,1E-08	1,8E-07	2,4E-07	1,0E-07	6,5E-08	1,4E-07	5,8E-08	2,8E-06
avgust	1,3E-07	3,5E-07	7,9E-08	5,8E-08	6,8E-08	1,3E-07	2,7E-07	1,1E-07	5,2E-08	1,2E-07	2,9E-08	1,4E-06
september	6,0E-08	1,3E-07	6,0E-08	3,3E-08	4,0E-08	7,4E-08	1,4E-07	7,8E-08	5,8E-08	7,1E-08	3,0E-08	1,7E-07
oktober	6,8E-08	1,1E-07	2,6E-08	2,6E-08	2,7E-08	6,5E-08	1,8E-07	1,5E-07	3,9E-08	6,1E-08	1,6E-08	1,6E-07
november	1,2E-07	1,1E-07	2,2E-08	2,3E-08	2,8E-08	4,5E-08	9,4E-08	1,0E-07	6,5E-08	1,4E-07	1,1E-08	1,4E-07
december	1,2E-07	6,0E-08	2,4E-08	1,5E-08	1,6E-08	3,4E-08	7,6E-08	7,5E-08	3,3E-08	1,3E-07	1,8E-08	6,6E-08

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

$$A_{jl} = A_{js} \cdot \Phi_v \cdot N \cdot (\chi/Q)_l \quad (5)$$

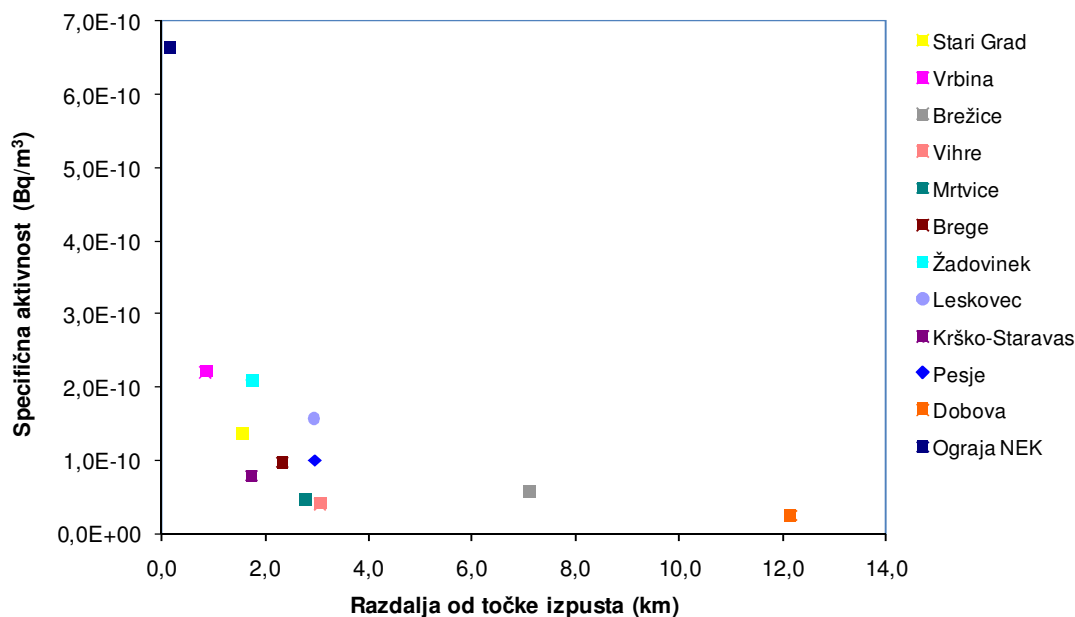
pri čemer je:

- A_j koncentracija j -tega radionuklida na lokaciji l
- A_{js} specifična koncentracija radionuklida j na točki izpusta
- Φ_v pretok oziroma hitrost izpusta (m^3/h)
- N trajanje izpusta
- $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l

Iz predstavljenih podatkov na sliki 4.1 je razvidno, da so izračunane povprečne koncentracije Cs-137 tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo (približno $1E-6$ Bq/ m^3), ki jo dosežemo pri meritvah aerosolov. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjeni Cs-137 na aerosolnih filtrih v okolici NEK ni posledica izpustov iz NEK, temveč posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje, ki je posledica črnobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega stoletja.

Na sliki 4.2 so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q , ki ga je naredil MEIS.

S slike 4.2 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katere se v poprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti severovzhodu. Zato so tudi izračunane koncentracije radionuklidov v naseljih severovzhodno in jugozahodno od NEK višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in jugovzhodno od NEK na približno isti oddaljenosti.



Slika 4.1: Primerjava izračunanih letnih povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih

DISKUSIJA

Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka v okolici NEK je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci, ki živijo v okolici NEK. Človek z vdihavanjem zraka v telo vnese določeno količino radionuklidov, ki so prisotni 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:

$$E = \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}} \quad (6)$$

pri čemer je:

$h(g)_{j,\text{inh}}$ predvidena efektivna doza na enoto vnosa j -tega radionuklida zaradi vdihavanja, izražena v Sv/Bq

$A_{j,\text{inh}}$ posamezni vnos j -tega radionuklida z vdihavanjem, izražen v Bq

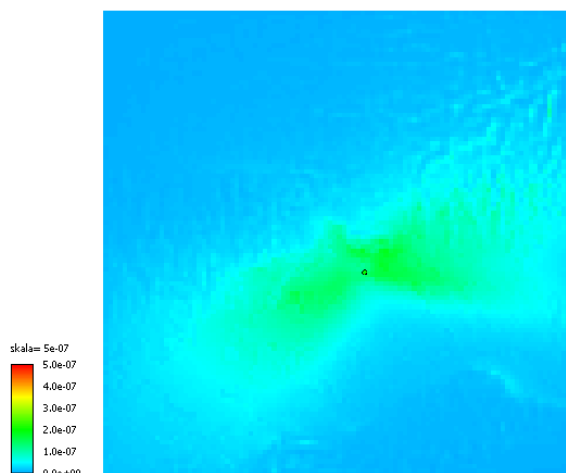
V našem primeru vnos j -tega radionuklida $A_{j,\text{inh}}$ izračunamo kot

$$A_{j,\text{inh}} = A_j V_d t$$

kjer je A_j koncentracije j -tega radionuklida iz enačbe 5, V_d hitrost dihanja in t trajanje vdihavanja.

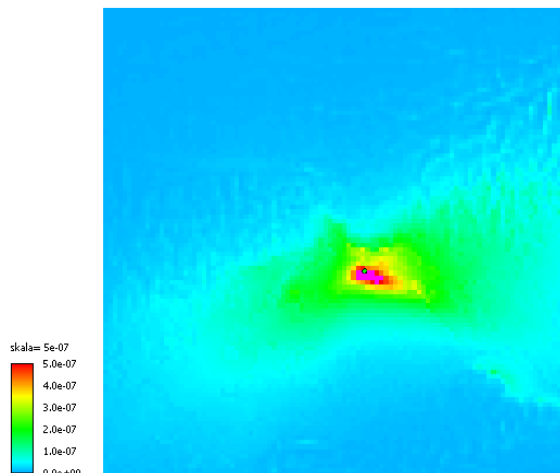


01-01-07, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



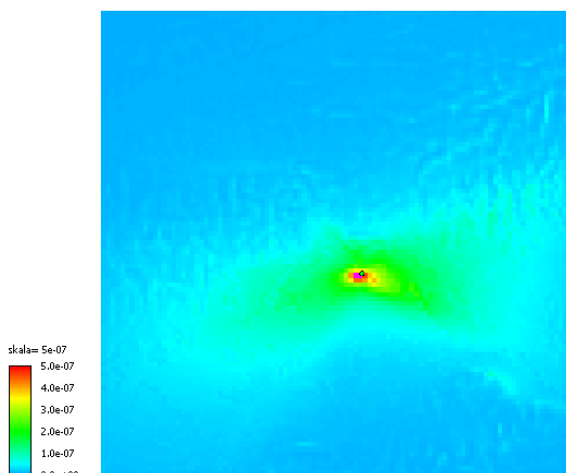
Max = 1.8202e-07, x = 60, y = 48, Avg = 2.9380e-08

01-01-08, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



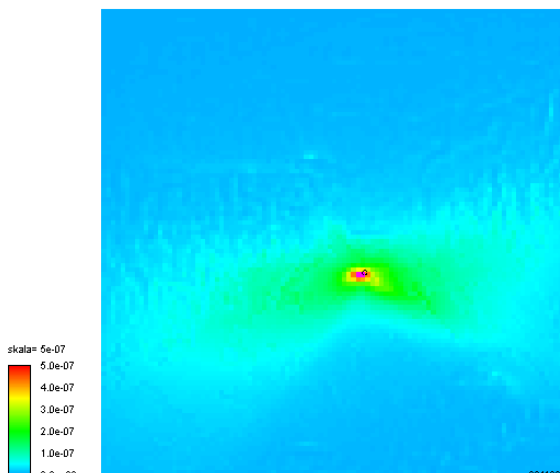
Max = 8.0147e-07, x = 55, y = 43, Avg = 3.9043e-08

01-01-09, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



Max = 5.8802e-07, x = 55, y = 43, Avg = 3.0323e-08

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



Max=5.7721e-07, x=55, y=43, Avg=2.7704e-08, MxR=3.9010e-08, x=99, y=53, %skala=7.80

Slika 4.2: Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2007, 2008, 2009, 2010 (Lagrangeev model)

Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino in podatkov o povprečnih mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,inh}/(Sv/Bq)$ [4] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. V preglednici 4.2 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, izbrano kot referenčno naselje z najvišjo izračunano dozo.

Na sliki 4.3 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 2010.



Kot je razvidno s slike 4.3, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je v zadnjih letih okoli ali manj od 1 nSv. Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je posledica prispevka Sr-90/Sr-89, ki je to leto prispeval kar $\frac{3}{4}$ doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno velja za celotno obdobje 2000–2004. Tudi v 2010 je doza zaradi umetnih radionuklidov večja kot v nekaj preteklih letih in podobna kot v obdobju 2000–2004. Tudi v letu 2010 prispeva glavnino doze zaradi umetnih radionuklidov Sr-90, za kar ravno tako ocenjujemo, da je posledica resuspenzije in ne izpustov iz NEK.

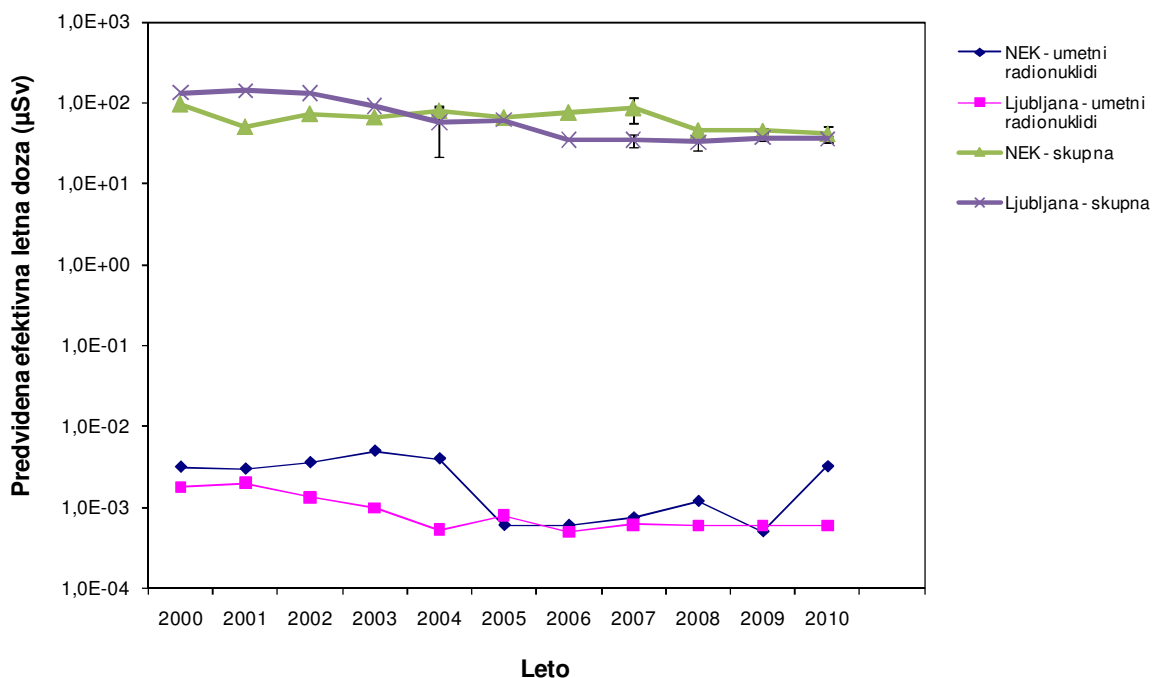
Prispevek Sr-90/Sr-89 k dozi v Ljubljani ni ovrednoten, ker se v zračnih filtrih v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije v Ljubljani ne določa vsebnost Sr-90/Sr-89. Z upoštevanjem tega dejstva lahko sklenemo, da so doze umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK podobne 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. Nekaj višja doza v letu 2007 je bila posledica previsoko ocenjenih koncentracij Th-228. Le-te so bile določene iz meritev kratkoživih razpadnih produktov Rn-220, ki niso bili v ravnovesju s Th-228. Pri izračunu doz ni upoštevan prispevek naravnega radionuklida Po-210, ki ga v okviru nadzora radioaktivnosti ne merimo. Prispevek Po-210 k inhalacijski dozi je sicer zelo pomemben, saj ima iztop velik dozni pretvorbeni faktor. V splošnem lahko rečemo, da so v okolici NEK učinkovite doze zaradi inhalacije naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10 μSv na leto [17].

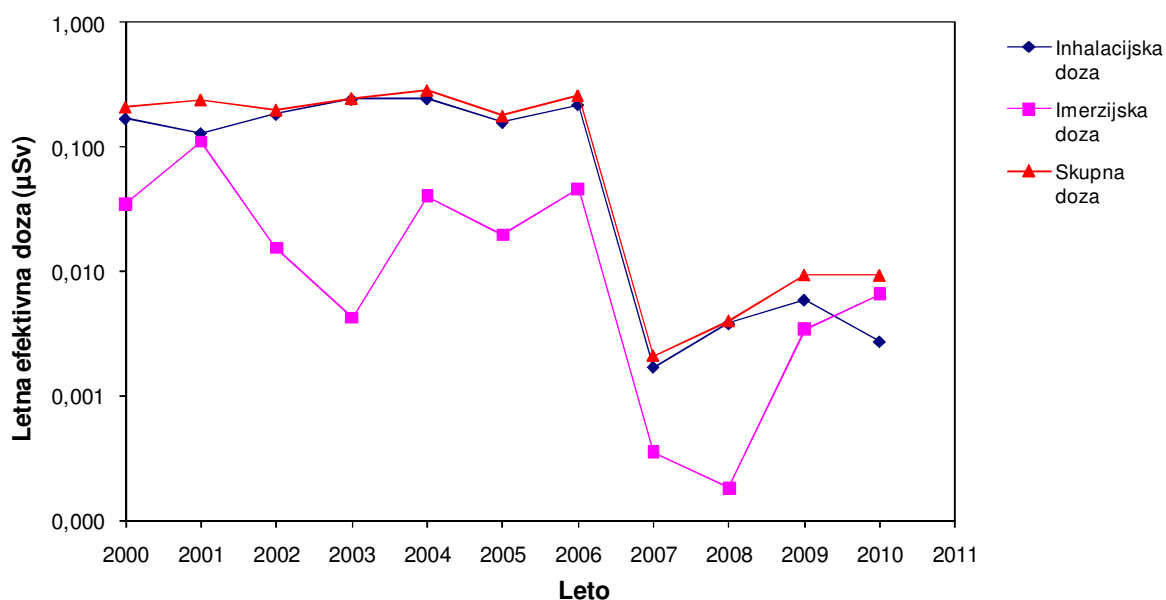
Na sliki 4.4 je povzetek ocen inhalacijskih in imerzijskih doz od leta 2000 dalje, izračunanih iz podatkov o emisijah NEK in iz povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/Q , ki so jih za Spodnji Stari Grad izračunali na Agenciji RS za okolje (do vključno leta 2006) in MEIS (od leta 2007 dalje). Razvidno je, da se z uporabo Lagrangeevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja radioaktivnosti v zraku, izračunana doza bistveno zmanjša (preglednica 4.3). Gaussov model je primeren predvsem za preproste ravninske geometrije in je zelo verjetno, da so bile vrednosti učinkovnih doz za inhalacijo in imerzijo zaradi emisij NEK v določeni meri precenjene v letih pred 2007, ko se je začel uporabljati Lagrangeev model. Sedanja ocenjena doza je kar za okrog faktor 100 manjša od tistih pred 2007. Največ prispeva inhalacija, submerzijska doza je v primerjavi z inhalacijsko približno petkrat nižja.

Prispevek C-14 k inhalacijski dozi je majhen, le nekaj desetink odstotka skupne inhalacijske doze, v letu 2010 tako le 0,000 019 μSv ali le 0,7 % celotne inhalacijske doze. Enak delež k skupni inhalacijski dozi je bil ocenjen v letu 2009.

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 letih 2009 [22] in 2010 [23] je Institut "Ruđer Bošković" izdelal dve študiji, v katerih se ocenjuje doza zaradi ingestije C-14 iz izpustov NEK. V študijah se primerja doza zaradi uživanja jabolka iz neposredne okolice NEK in kontrolne lokacije v Dobovi. Učinkovna letna doza je izračunana ob predpostavki, da človek poje vsak dan 0,3 kg jabolka, pri čemer jabolka iz lokacije, ki je znotraj kroga približno 750 m od NEK, uživa dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa uživa jabolka s kontrolne lokacije v Dobovi. Ocenjena letna učinkovna 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). V letu 2009 je bila ta doza ocenjena na 0,17 μSv . V letu 2010 je doza zaradi ingestije C-14 v [23] ocenjena na 0,03 μSv letno, vendar pa v študiji ni upoštevan čas, ko je v NEK potekal letni remont. Ker je pri oceni doz vsekakor treba upoštevati tudi to obdobje, ocenjujemo, da je prejeta doza zaradi inhalacije C-14 v 2010 podobna kot v 2009, to je okoli 0,17 μSv letno.



Slika 4.3: Primerjava predvidenih učinkovitih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide (μSv na leto). Ordinarna os je v logaritemski skali. Ocena negotovosti je zaradi logaritemске skale slabo vidna. Ocenjene negotovosti doz so okoli 10 % pri faktorju pokritja 68 %.



Slika 4.4: Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad v letih 2000–2010 (μSv na leto). Ordinarna os je v logaritemski skali. Ocenjene negotovosti izračuna doz so več 10 % pri faktorju pokritja 68 %.



OCENA VPLIVOV

Meritve I-131 v zraku (tabela T-43) kažejo, da merilna meja $1E-4 \text{ Bq/m}^3$ v letu 2010 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 $1E-4 \text{ Bq/m}^3$. Letne predvidene učinkovite doze, ki jih tako izračunamo, so za odraslega človeka 7 nSv, za dojenčka pa 11 nSv.

Meritve na aerosolnih filterih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni učinkoviti dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer $(35 \pm 2) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let $((37-44) \mu\text{Sv})$ na leto v obdobju 2005–2009). Prispevek Pb-210 je največji, ker ima radionuklid zelo visok dozni pretvorbni faktor.

Drugi po prispevku k dozi v letu 2010 je, podobno kot v preteklih letih, Th-230 $(7,2 \pm 5,0) \mu\text{Sv}$, vendar je negotovost ocene doze enake velikosti kot doza sama in vrednosti ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo.

V letu 2010 sta k dozi prispevala le dva umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90. Prispevka obeh radionuklidov sta v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov zanemarljiva. Večino doze zaradi umetnih radionuklidov prispeva Sr-90. Prispevek Sr-90 k dozi v 2010 ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije globalnega onesnaženja. Izračunana predvidena učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov je skoraj 100 000-krat manjša od doze naravnih radionuklidov. Učinkovita doza umetnih radionuklidov v letu 2010 je 3,2 nSv in je nekaj večja od povprečja v zadnjih petih letih (0,7 nSv v obdobju 2005–2010). Primerljiva je z obdobjem 2000–2004, ko je večjo dozo umetnih radionuklidov prav tako povzročal Sr-90 zaradi resuspenzije.

Celotna predvidena učinkovita doza je zaradi vseh detektiranih radionuklidov v letu 2010 za odraslega človeka v okolici NEK $(42 \pm 6) \mu\text{Sv}$ na leto in je zelo podobna vrednostim iz preteklih let. Prispevek umetnih radionuklidov je zanemarljiv. Celotna predvidena učinkovita doza za otroka je $(33 \pm 4) \mu\text{Sv}$ in za dojenčka $(15 \pm 1) \mu\text{Sv}$.

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 dozi Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalnega radioaktivnega onesnaženja. Obremenjenost prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 je nizka in je med 0,5 nSv in 1 nSv na leto.

Izračunana predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2010 je večja kot za prebivalca v Ljubljani, kar je posledica izmerjenih vrednosti naravnih radionuklidov. Večji prispevek naravnih radionuklidov v okolici NEK opazimo vsa leta in 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 učinkovitih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je v preglednici 4.1.



Preglednica 4.1: Aerosolni filtri v letu 2010 – povzetek vsot predvidenih učinkovitih doz (*) za odrasle, otroke in dojenčke, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbennih faktorjev iz reference [4].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE (μSv na leto)	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI <i>E(50)</i>	umetni radionuklidi	$0,0032 \pm 0,0028$	$0,0006 \pm 0,0001$
	umetni in naravni radionuklidi	42 ± 6	36 ± 3
OTROCI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	$0,0023 \pm 0,0010$	$0,0005 \pm 0,0001$
	umetni in naravni radionuklidi	33 ± 4	29 ± 2
DOJENČKI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	$0,001 \pm 0,0006$	$0,00020 \pm 0,00004$
	umetni in naravni radionuklidi	15 ± 1	13 ± 1

(*) Predvidene učinkovite doze so izračunane iz predpostavke, da odrasel vdahne 9000 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 17 L/min), da otrok (7–12 let) vdahne 5585 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja $10,6 \text{ L/min}$) in da dojenček (do 1 leta) vdahne 1044 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja $2,0 \text{ L/min}$).

Zaradi zelo nizkih koncentracij 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 4.1) nam omogočajo, da izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni učinkoviti dozi zaradi zračnih emisij NEK. V preglednicah 4.2 in 4.3 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje doze so v Spodnjem Starem Gradu, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Iz preglednice 4.2 je razvidno, da je praktično vsa inhalacijska doza posledica zračnih emisij tritija. Tritij prispeva k skupni inhalacijski dozi $2,7 \text{ nSv}$ na leto (predvsem v obliki emisij HTO), kar je približno dvakrat manj kot v 2009 ($5,9 \text{ nSv}$), ogljik C-14 pa še $0,02 \text{ nSv}$ na leto (predvsem emisije $^{14}\text{CO}_2$, $0,04 \text{ nSv}$ v 2009). Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. V letu 2010 je bilo zelo malo izpustov jodov, kar kaže na dobro integriteto goriva. Podobno je veljalo tudi v 2009.

Ocenjena predvidena učinkovita letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2010 je $2,7 \text{ nSv}$. Ocenjena učinkovita doza zaradi inhalacije v letu 2009 je bila $5,9 \text{ nSv}$, 2008 je bila $3,8 \text{ nSv}$ in v letu 2007 $1,7 \text{ nSv}$. Večja doza v 2009 je bila predvsem posledica večjih izpustov tritija ($5,9 \text{ E}+12$ v 2009 v primerjavi z $4,0 \text{ E}+12$ v 2010 ali $2,0 \text{ E}+12$ v 2008). Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnega plina Ar-41 $6,4 \text{ nSv}$ v 2010, kar je približno dvakrat več kot v 2009 ($2,8 \text{ nSv}$). Največja doza zaradi Ar-41 je bila v novembru 2010 (slika 4.5), 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 2010 je $6,5 \text{ nSv}$ za odraslo osebo, $4,1 \text{ nSv}$ za otroka in $0,8 \text{ nSv}$ za dojenčka. Imerzijska doza je podobna kot v 2009 in okoli 10-krat višja kot v preteklih letih, vendar ne toliko zaradi večjih izpustov iz NEK, temveč zaradi neugodnih vremenskih razmer in posledično manjših razredčitev. S slike 4.2 je razvidno, da so razredčitveni koeficienti v letih 2009 in 2010 zelo podobni in da so razredčitve v zadnjih dveh letih manjše kot npr. 2007 in 2008.

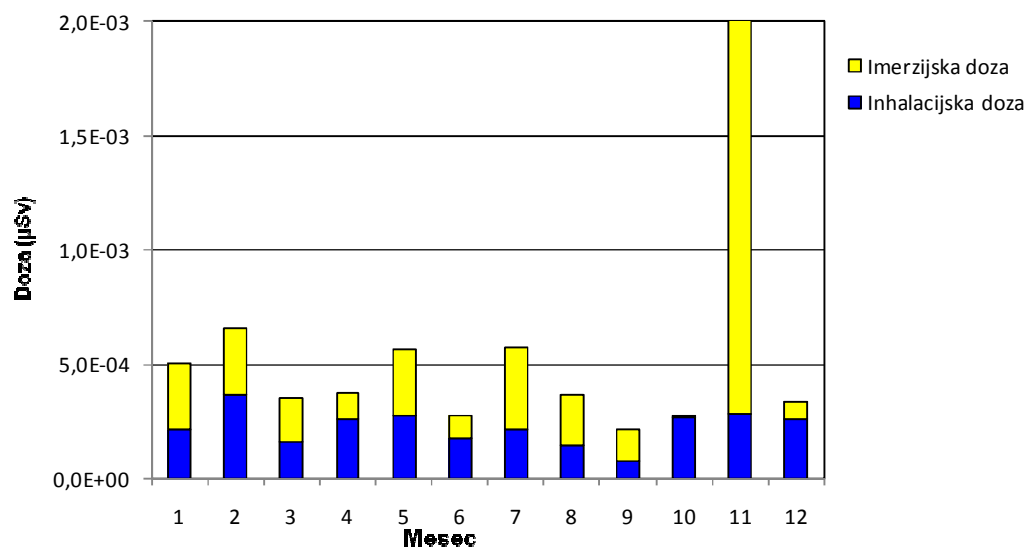


Celotna letna doza za odraslega človeka v Spodnjem Starem Gradu, ki je posledica inhalacije in imerzije v letu 2010, je 9,3 nSv. V letu 2009 je bila celotna doza 9,4 nSv in v 2008 4,0 nSv. Višja doza v 2009 in 2010 je predvsem posledica večjih izpustov tritija.

V preglednici 4.3 so zbrani izračuni doze za odraslega človeka, otroka in dojenčka za različna mesta v okolici NEK. Skupne letne doze za odraslega človeka se gibljejo od 1,3 nSv (Dobova) do 11 nSv (Vrbina).

Preglednica 4.2: 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 ref. [4] in predpostavke o hitrosti dihanja 17 L/min ter mesečnih prizemnih razredčitvenih koeficientih λ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela.

	Izotop	Letna efektivna doza (μSv)
Pare, plini (inhalacija)	I-131	7,8E-10
	I-132	5,4E-09
	HTO	2,7E-03
	HT + CHT	2,1E-06
	¹⁴ CO ₂	1,8E-05
	¹⁴ CH ₄	1,2E-06
Aerosoli (inhalacija)	Cr-51	3,7E-11
	Mn-54	7,2E-11
	Co-58	1,7E-08
	Co-60	4,3E-08
	Zr-95	5,1E-10
	Nb-95	6,1E-10
	Sb-124	5,6E-10
	Te-125m	3,6E-11
	Te-127m	2,0E-09
	Cs-137	4,7E-08
	Fe-55	5,7E-09
	Sr-89/Sr-90	2,3E-08
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	6,3E-05
	Xe-133	9,2E-07
	Ar-41	6,4E-03
	Kr-85	3,5E-05
	Inhalacijska doza	2,7E-03
	Imerzijska doza	6,5E-03
	DOZA - SKUPAJ	9,3E-03



Slika 4.5: Mesečne inhalacijske doze za posameznika iz prebivalstva v naselju Sp. Stari grad. Največji prispevek k inhalacijski dozi daje H-3 v obliki vodne pare, k imerzijski pa Ar-41 (ordinata max. 2,0 E-3).

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

Preglednica 4.3: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2010. Primerjava skupnih inhalacijskih in imerzijskih doz za Lagrangeev in Gaussov model. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [4] 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)
Spodnji Stari Grad	1,5	9,3E-03	6,2E-03	1,6E-03	1,3E+00	8,3E-01	2,1E-01
Vrbina	0,8	1,1E-02	7,1E-03	1,9E-03	1,0E+00	7,1E-01	1,9E-01
Brežice	7,1	2,7E-03	1,9E-03	5,0E-04	7,1E-02	4,8E-02	1,3E-02
Vihre	3,1	2,0E-03	1,4E-03	3,6E-04	2,2E-01	1,5E-01	3,9E-02
Mrtvice	2,8	2,4E-03	1,6E-03	4,1E-04	2,6E-01	1,8E-01	4,6E-02
Brege	2,3	4,5E-03	3,0E-03	8,1E-04	1,9E-01	1,3E-01	3,4E-02
Žadovinek	1,7	8,8E-03	6,0E-03	1,6E-03	4,1E-01	2,7E-01	6,9E-02
Leskovec	2,9	8,0E-03	5,4E-03	1,4E-03	1,2E-01	8,3E-02	2,1E-02
Krško – Stara vas	1,7	5,4E-03	3,6E-03	9,4E-04	1,5E-01	1,0E-01	2,7E-02
Pesje	3,0	9,3E-03	6,2E-03	1,5E-03	1,9E-01	1,3E-01	3,3E-02
Dobova	12,1	1,3E-03	8,9E-04	2,4E-04	2,6E-02	1,8E-02	4,7E-03
Ograja NEK (zahod)	0,2	2,5E-02	1,7E-02	4,6E-03	3,6E+00	2,4E+00	6,4E-01



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 radioaktivnosti od točke izpusta na razgibanih terenih. Z uporabo tega modela so izračunane predvidene učinkovite doze zaradi inhalacije in imerzije skoraj stokrat nižje kot pred 2007, ko smo uporabljali Gaussov model.

V letu 2008 je Evropska komisija izdala publikacijo [21], v kateri so izračunane 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 5000 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 5000 m. Naselje Spodnji Stari Grad je na razdalji 1,5 km od točke izpusta iz NEK. Ocenjena letna učinkovita doza za leto 2010 je 0,17 μSv in je predvsem posledica ingestije zaradi C-14. Podobna ugotovitev velja tudi za druge jedrske objekte v Evropi.

Ovrednotenje emisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelskimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na realnih vremenskih podatkih, je za leto 2010 pokazalo naslednje:

- predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (42 ± 6) 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 črnobilske kontaminacije in je za odraslega posameznika ($0,0032 \pm 0,0019$) μSv na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK povzročajo glavino zunanjega sevanja, ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 6,5 nSv na leto;
- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij, povzročajo največjo učinkovito dozo zaradi inhalacije; ta je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 2,7 nSv na leto; prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;
- ocena izpostavitve sevanju, narejena na osnovi meritev C-14 v vzorcih hrane, ki so bile opravljene v letu 2010, potrjuje pomembnost te prenosne poti; ocenjeni prispevek NEK k letni učinkoviti dozi za posameznika, ki bi v določenem deležu užival hrano, pridelano ob ograji NEK, z največjo izmerjeno vsebnostjo C-14, je ocenjena na 0,03 μSv letno (Izveštaj o rezultatih merjenja, LNA-2/2011, Institut "Ruđer Bošković" [23]), kar pomeni 0,2 % povečanje glede na referenčno lokacijo v Dobovi, vednar v oceni doze ni upoštevano obdobje, ko je v NEK potekal redni remont; ob upoštevanju tega obobja ocenjujemo letno dozo zaradi ingestije C-14 na 0,17 μSv , kar je enako kot v letu 2009;
- skupna letna učinkovita doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije in imerzije, je 9,3 nSv v letu 2010.



REFERENCE

- [17] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2010
- [18] Poročila ZVD Zavoda za varstvo pri delu o meritvah radioaktivnosti št. LMSAR-30/2010-MG, LMSAR-83/2010-MG, LMSAR-115/2010-MG in LMSAR-10/2011-MG
- [19] Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003, Radiation Protection 143, European Commission, Bruselj, 2005
- [20] 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
- [21] 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 Comission, Bruselj, 2008
- [22] B. Obelić, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2010, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 3. 3.2010.
- [23] B. Obelić, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2011, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 10. 2. 2011



5 ZUNANJE SEVANJE

POVZETEK

V letu 2010 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene vse meritve doze zunanjskega sevanja s TL-dozimetri in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze po programu, ki ga predvideva Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) (JV10). Meritve s TLD-ji in MFM-ji kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ kot v zadnjih 5 letih. Povprečni $H^*(10)$, izmerjen s TLD-400, je bil v okolici NEK ($0,792 \pm 0,159$) mSv, na ograji NEK ($0,588 \pm 0,047$) mSv in na Hrvaškem ($0,783 \pm 0,12$) 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 2010 nemerljivi z nespecifičnimi detektorji, kot so to termoluminiscenčni dozimetri in MFM-ji. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna učinkovita doza zaradi izpustov iz NEK manjša od 0,00001 mSv. V poglavju "Zrak" je bilo ocenjeno, da je skupna letna učinkovita doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva zaradi imerzije 0,0000065 mSv v letu 2010, v tem poglavju pa je dodatno ocenjena letna učinkovita doza zaradi useda radionuklidov na 0,0000019 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 k letni dozi zaradi poskusnih jedrskih eksplozij in černobilske kontaminacije v letu 2010 je bil velikostnega reda enega do dveh odstotkov naravnega ozadja.*

UVOD

Ionizirajoče sevanje prežema naravno okolje in življenjski prostor človeka. Tako smo vsakodnevno izpostavljeni naravnemu sevanju gama, tako na prostem kot tudi v bivalnih prostorih. Na eni strani so stanovanjski objekti zaščita pred zunanjim ionizirajočim sevanjem, po drugi strani pa je lahko radioaktivnost gradbenih materialov vir sevalne obremenitve prebivalstva. Zemlja je radioaktivna že sama po sebi, saj so naravni radionuklidi prisotni v zemlji, hrani, vodi in zraku. Naravni radionuklidi imajo navadno zelo dolg razpolovni čas (nekaj 10 milijonov let in več), pretežno pa gre za zelo težka jedra. Tako so v zemlji tipično prisotni K-40 ter radionuklidi uranove in torijeve razpadne verige, kot so P-210, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228 ter Po-210. Pretežno gre za čiste sevalce alfa, ki pri svojem razpadanju (potomci) lahko oddajajo tudi sevanje gama. Zemljo stalno bombardirajo kozmični delci (največ protoni) iz vesolja. V atmosferi ti delci interagirajo na različne načine z jedri dušika, kisika in drugimi, pri čemer lahko nastanejo kozmogeni radionuklidi (Be-7, H-3 itd.), ki se z izpiranjem usedejo na zemljo. Še več je sekundarnega sevanja gama, pomembna komponenta kozmičnega sevanja pa je tudi nevtronsko sevanje, ki pride skozi zaščitno atmosfero. Pri zunanjem obsevu v naravnem okolju so tako pomembni sevanje gama iz zemlje, sekundarno kozmično sevanje gama in nevtronsko kozmično sevanje.

Hitrost doze naravnega ionizirajočega sevanja je po svetu različna in je povezana z geološkimi in geografskimi značilnostmi. Višje dozne hitrosti se pojavljajo tam, kjer so vulkanske kamnine (granit), nižje dozne hitrosti pa na področju sedimentnih kamnin. Pri tem so tudi izjeme, kot so skrilavci in kamnine, bogate s fosfati.

Poleg naravnih radionuklidov je v življenjskem in naravnem okolju razpršenih kar nekaj umetnih radionuklidov, ki pomenijo globalno antropogeno kontaminacijo, ki je posledica poskusnih jedrskih eksplozij (C-14, Cs-137, Sr-90 in drugi), nesreč z jedrskimi materiali (Cs-137, Sr-90 in drugi) in kontaminacije zaradi vplivov jedrskih objektov (raziskovalni centri, jedrske elektrarne, obrati za predelavo izrabljenega goriva itd.) ter medicinskih izpostavitvev (diagnostika, zdravljenja in preiskave), (Am-241, Co-60, Cs-137, Tc-99m, I-131, Ir-192 in drugi). Zlasti izpostavitvev sevanju pri diagnostiki, zdravljenju in preiskavah pomembno prispeva k obremenitvi prebivalstva. Študije po svetu kažejo, da k



celotni letni prejeti dozi prispevajo 15 %. Prispevki splošne onesnažitve k obremenitvi okolja, predvsem z obema černobilskima cezijevima izotopoma (kot tudi učinki njune tehnološke koncentracije v lokalnih emisijskih virih industrije z masovno predelavo onesnaženih surovin) se od černobilske nesreče znižujejo in že dosegajo predčernobilsko stanje. V jedrskih objektih se lahko ob morebitni jedrski nesreči v okolje sprostijo radioaktivne snovi (plini, delci, tekočina), ki se nato po prenosnih poteh usedajo na zemeljsko površino, izpirajo iz ozračja, iztekajo v okolje ali se po prehranski verigi vnašajo v človeško telo. Ljudje in živali so zaradi takšnih dogodkov izpostavljeni dodatnemu radioaktivnemu sevanju zaradi zunanjega obseva, onesnaženih tal, vnosa radioaktivnih delcev v svoje telo (inhalacija, ingestija).

Prebivalstvo v okolici NEK je izpostavljeno omenjenim virom zunanjega sevanja, potencialno pa še zunanjemu sevanju zaradi vplivov NEK. Prispevek NEK k zunanji izpostavljenosti prebivalstva je mogoč po treh prenosnih poteh:

- 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.

Ob izpuščanju radioaktivnih snovi v ozračje izvira zunanje sevanje iz radioaktivnega oblaka. Po prehodu oblaka sevajo izotopi, ki so se usedli na tla (izpiranje s padavinami). Zunanje sevanje s kontaminiranega zemljišča sčasoma upada zaradi radioaktivnega razpada in pronicanja radioaktivnih snovi v zemljo.

Na podlagi Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS 102/04, UPB-2 okrajšano ZVISJV) in Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) (JV10) se zunanje sevanje v okolici NEK meri neprekinjeno z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Dozimetri so postavljeni na višini 1 m od tal na travnatem, neobdelanem zemljišču in stran od zidanih objektov. Poleg tega ARSO upravlja in vzdržuje še sistem za neprekinjeno merjenje hitrosti doze (MFM), elektronsko zbira rezultate teh meritev, skrbi za njihovo kakovost in jih posreduje na URSJV v sistem zgodnjega obveščanja o povečanih ravneh zunanjega sevanja.

Termoluminiscenčni dozimetri (TLD) se uporabljajo za:

- spremljanje doze zunanjega naravnega sevanja zaradi ugotavljanja lokalnih posebnosti in razponov;
- oceno vplivov NEK zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi oziroma za preverjanje modelskih ocen na podlagi emisij;
- oceno izpostavitve zunanjemu sevanju ob nezgodi po prehodu radioaktivnega oblaka;
- oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (kot je bila npr. černobilska kontaminacija).

Kontinuirni merilniki hitrosti doze so namenjeni za:

- sprotno spremljanje doze zunanjega sevanja in
- zgodnje opozarjanje.

Talni usedi zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi in posledične zunanje doze so bili v okviru nadzornega programa NEK ocenjeni z računalniškim programom RASCAL 3.0.3 [26]. Program v izračunu doz upošteva Gaussov model razširjanja radioaktivnih snovi v atmosferi in njihovo usedanje na tla. Izpostavljenosti zunanjemu sevanju iz oblaka (imerzija) so bile ocenjene v poglavju "Zrak" z uporabo podatkov o atmosferskih izpustih iz NEK in z modelskim izračunom po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK se zunanja doza sevanja (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) meri s 57 termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD-400) v okolici NEK



in z devetimi TLD-400 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 in na ograji NEK z osnovnimi podatki je v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, 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 zunanjšega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanjšega sevanja upoštevamo dozimeter, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Vsi TLD se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje TLD v Sloveniji poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze v intervalu doz od 5 μ Sv do 5 Sv [28]. Dozimetri TLD-400 (CaF₂:Mn) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1260 keV v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija tabletk po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*.

Na Hrvaškem se doza zunanjšega sevanja meri s TL-dozimetri (LiF: Mg, Cu, P; TLD-100H, LiF: Mg, Ti; TLD-100) [29]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu [28, 29].

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 79 kontinuirnih merilnikov, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO) – 38 merilnikov, mreže ARSO – 18 merilnikov in mreže URSJV - 10 merilnikov. Kontinuirni merilniki hitrosti doze so povezani v sistem mreže za zgodnje zaznavanje zunanjšega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu "<http://www.radioaktivnost.si>".

MERSKI REZULTATI

Rezultati meritev doze zunanjšega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2010 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699 v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 5.1 so povzete povprečne letne doze TLD za okolico NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK je bil $(0,792 \pm 0,159)$ mSv z razponom od 0,615 mSv do 1,003 mSv. Na ograji NEK je bila letna doza zunanjšega sevanja $(0,588 \pm 0,047)$ mSv z razponom od 0,495 mSv do 0,644 mSv. Dozimetri na Hrvaškem so pokazali letno dozo zunanjšega sevanja $(0,783 \pm 0,120)$ mSv z razponom od 0,620 mSv do 0,95 mSv. Pri meritvah s 50 TLD v Sloveniji, ki jih je izvajal IJS, je bila v letu 2010 povprečna letna doza $(0,886 \pm 0,146)$ mSv, z razponom od 0,630 mSv do 1,347 mSv. V okviru merske negotovosti so letne doze primerljive s tistimi v preteklih letih.

Na sliki 5.1 je prikazana porazdelitev povprečje letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ po smereh neba za leta od 2000 do 2010 za dozimetre v okolici NEK, povprečni letni dozni ekvivalent v letu 2010 za dozimetre v okolici NEK in za dozimetre, ki so na ograji NEK. V zadnjih 10 letih ni mogoče opaziti korelacije med povprečno letno dozo zunanjšega sevanja glede na smer rože vetrov, s čimer potrjujemo, da s TLD-ji v okolici NEK merimo naravno ozadje. Na sliki 5.2 je prikazana pogostost doz po doznih intervalih za vseh 67 TL-dozimetrov, ki se uporabljajo pri rednem nadzoru NEK. S slike je razvidno, da ima porazdelitev dva vrhova. Prvega pri intervalu 0,6–0,65 mSv, kar ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK ter drugi vrh pri doznem intervalu 0,7–0,8 mSv, kar ustreza povprečju doz, ki je bila izmerjena z dozimetri v okolici NEK.



Hitrost doze v okolici NEK se meri z 14 kontinuirnih merilnikov hitrosti doze. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2010 je bila izmerjena povprečna letna doza ($0,66 \pm 0,07$) mSv v razponu od 0,50 mSv do 0,75 mSv. Povprečna letna doza iz teh meritev je 17 % manjša, kot je povprečna letna doza, izmerjena s TLD v okolici NEK. Omeniti je treba, da je za 20 % sicer pod relativno negotovostjo posamezne meritve, vendar kaže na sistematski vpliv pri nizkih hitrostih doze. Povprečna letna doza pri 48 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je v letu 2010 ($0,66 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,44 mSv do 1,13 mSv. Povprečna letna doza izmerjena z 48 MFM-ji je za 25 % nižja od tiste, ki jo kažejo meritve s TLD na območju Slovenije. Iz primerjave letnih doz v tabeli T-56/a in letnimi dozami, izmerjenimi po Sloveniji [17, 18], lahko ugotovimo, da vrednosti nihajo tudi za 30 % in več, čeprav so lokacije MFM-jev in TLD-jev bližnje. V mreži desetih MFM, ki jo vzdržuje ARSO, pa je bila v letu 2010 povprečna letna doza ($0,96 \pm 0,16$) mSv v razponu od 0,63 mSv do 1,24 mSv. Ta doza je višja za dobrih 8 % od povprečne letne doze, izmerjene s TLD v Sloveniji.

Tabela 5.1: Letne doze TLD, $H^*(10)$ na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2010

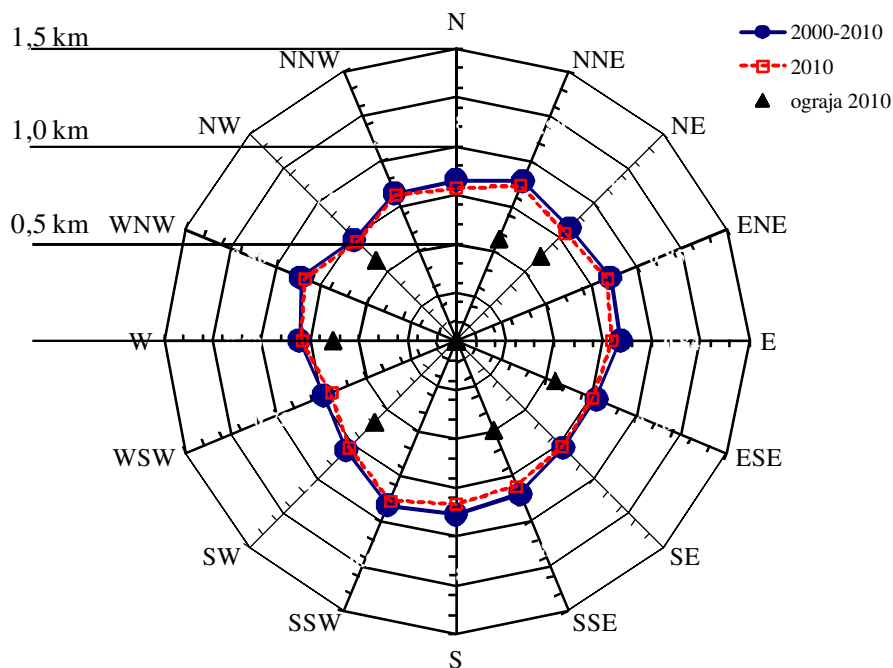
Lokacija	Št. TLD	Letna doza (mSv)	Razpon letnih doz (mSv)
Na ograji NEK	9	$0,588 \pm 0,047$	0,495–0,644
Okolica NEK vsi	67	$0,792 \pm 0,159$	0,615–1,003
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,786 \pm 0,116$	0,615–1,003
Okolica NEK od 1,5 do 5 km	22	$0,784 \pm 0,072$	0,660–0,956
Okolica NEK od 5 do 10 km	22	$0,806 \pm 0,081$	0,633–0,958
Slovenija	50	$0,886 \pm 0,146$	0,630–1,347
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,868 \pm 0,087$	/
Hrvaška	10	$0,783 \pm 0,120$	0,620–0,950

DISKUSIJA

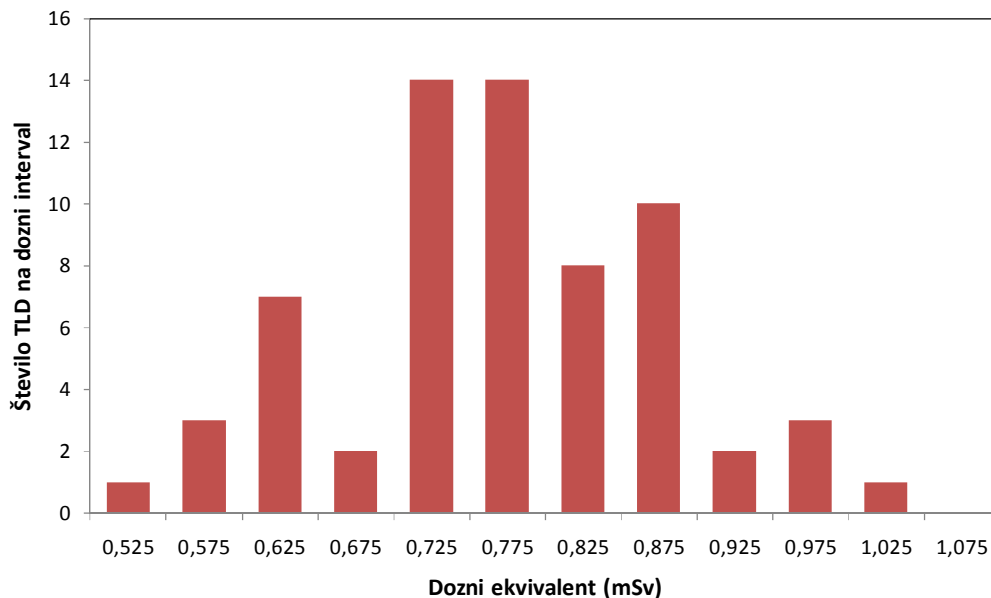
Na sliki 5.3 so za obdobje od 1987 do 2010 povzeti rezultati letnih doz s TLD v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Za leti 2006 in 2007 sta dodani povprečni meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD. Na sliki 5.3 zaradi kontinuitete meritev v preteklosti podajamo še dozo zunanjega sevanja kot fotonsko ekvivalentno dozo H_x . Za spekter sevanja gama v naravnem okolju velja zveza (<http://www.automess.de/quantities.htm>):

$$H^*(10) = 1,07 H_x$$

Za meritve v Sloveniji je v vseh primerih značilno 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 ni več opazno, saj se zaradi radioaktivnega razpada njegova aktivnost zmanjšuje le za 2,3 % na leto. Prispevka Cs-137 k zunanjemu sevanju iz meritev s TLD ni mogoče oceniti, ker nimamo na razpogo primerljivih podatkov iz predčernobilskega obdobja.



Slika 5.1: Porazdelitev povprečnega letnega doznega ekvivalenta, $H^*(10)$, po smereh neba od 2000 do 2010 za dozimetre v okolici NEK in za dozimetre, ki so na ograji NEK. Dozni ekvivalent je podan v mSv, negotovost rezultatov izračunanih povprečij je 12-odstotna.

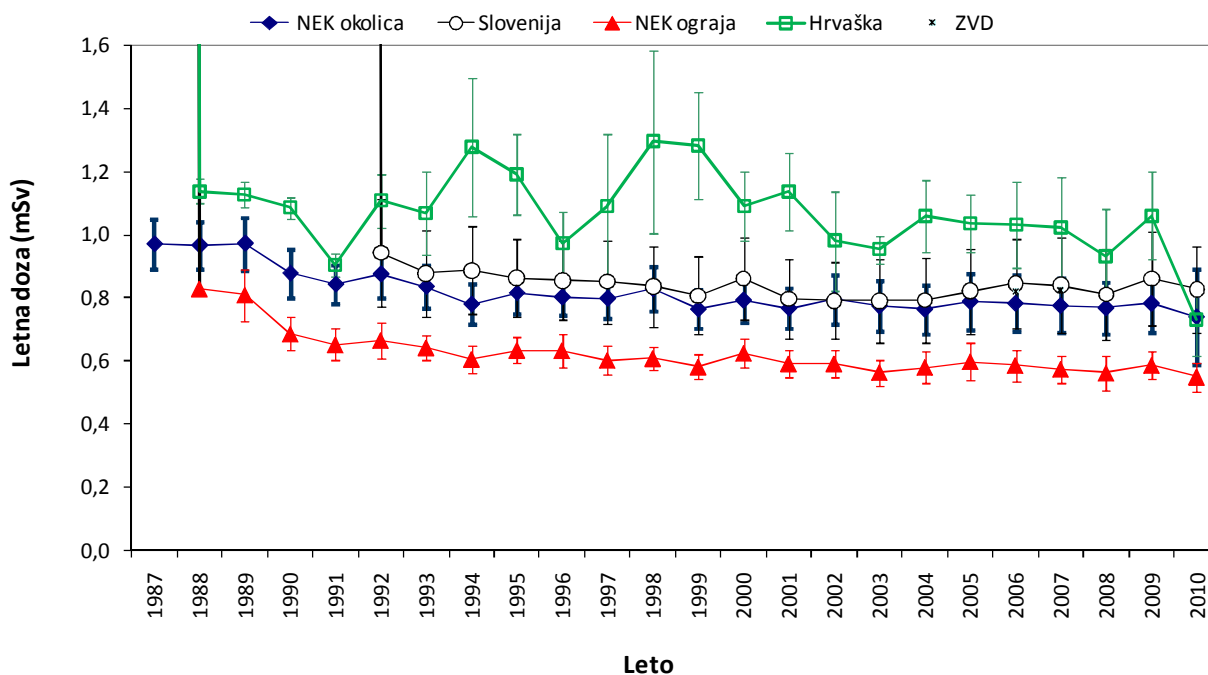


Slika 5.2: Porazdelitev letnega doznega ekvivalenta, $H^*(10)$ za vse dozimetre v študiji po doznih intervalih v letu 2010

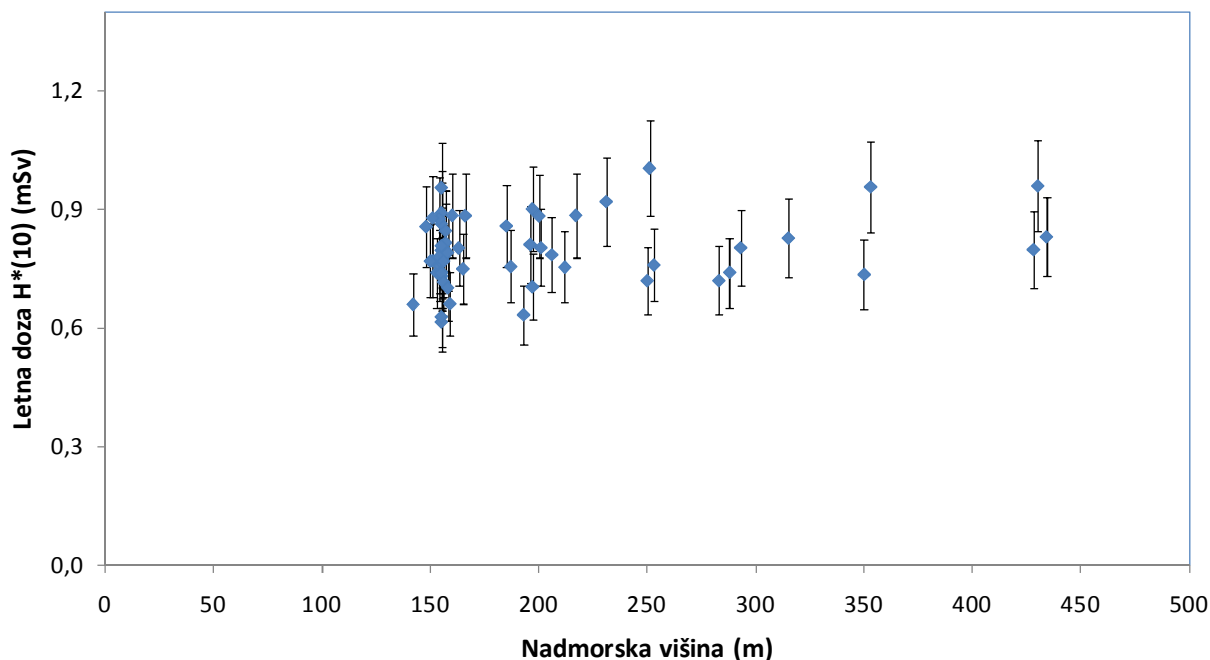


Od 1987 do 2010 so bile doze v Sloveniji neznatno višje od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetnejše v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Doze na ograji NEK so bile v vsem obdobju za okrog tretjino nižje od tistih v okolici. Tako v okolici NEK kot drugje po Sloveniji variacije med letnimi dozami na različnih lokacijah izvirajo iz lokalnih posebnosti, kot so različne vsebnosti naravnih radionuklidov v zemljišču, konfiguracija zemljišča in objekti, kot so zgradbe in asfaltirane ali betonirane površine, ki slabijo sevanje gama naravnih radionuklidov iz zemljišča. Pri dozimetrih v Sloveniji je razpon doz nekoliko večji kot pri dozimetrih v okolici NEK, saj so lokacije TLD v Sloveniji bolj raznolike, kot je to pri tistih v okolici NEK. Povprečna letna doza v okolici NEK je za tretjino višja od tiste 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 navadnem okolju. Za dozimetre na ograji NEK pa je poleg nižjih vrednosti značilna še majhna disperzija izmerkov na različnih mestih, kar kaže na uniformno sevalno okolje.

Na sliki 5.4. prikazujemo letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ za vse lokacije razen na ograji NEK v odvisnosti od nadmorske višine. Opazimo lahko, da ni odvisnosti doze od nadmorske višine, kar pritrjuje zgornjim ugotovitvam, da k izmerjeni dozi največ prispevajo lokalne posebnosti terena.



Slika 5.3: Povprečni letni dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 1987 do 2010



Slika 5.4: Letni dozni ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen s TLD-ji na vseh lokacijah, razen na ograji NEK, v odvisnosti od nadmorske višine v okolici NEK v letu 2010

To lahko še podkrepimo z oceno prispevkov kozmičnega in zemeljskega sevanja. Efektivno letno dozo zaradi kozmičnega sevanja lahko izračunamo iz enačbe 7:

$$E_k = 0,24 (0,21 e^{-1,649 z} + 0,79 e^{0,4528 z}) \quad (\text{mSv}) \quad (7)$$

kjer je z nadmorska višina izražena v kilometrih [20]. Podobna enačba velja tudi za področje Nemčije in Nizozemske [30]. 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 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 konstantna. Pri tem nevtronska komponenta kozmičnega sevanja ni upoštevana. Po drugi strani pa lahko iz meritev koncentracij naravnih radionuklidov v zemlji ocenimo še prispevek zemeljskega sevanja. Za to uporabimo enačbo 8 [31]:

$$E_z = 0,7 (0,462 C_{\text{Ra}} + 0,599 C_{\text{Th}} + 0,041 C_{\text{K}} + 0,136 C_{\text{Cs}}) e^{-9 \times 8760} \quad (\text{Sv/Bq}) \quad (8)$$

V enačbi 8 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 0,462, 0,599, 0,041 in 0,136 so izraženi v enotah $(\text{Gy/h})/(\text{Bq/kg})$ in so značilni za posamezne radionuklide, ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida. Faktor 0,7 Sv/Bq je pretvorbni koeficient med absorbirano dozo v zraku in efektivno dozo [32]. Enačba 8 je primerna za izračun efektivne letne doze, če je porazdelitev radionuklidov konstantna z globino [33]. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki je eksponentna [33], vendar v prvem približku, ko gre za oceno, lahko to zanemarimo, saj je prispevek Cs-137 med vsemi



radionuklidi, ki nastopajo v enačbi 8 najnižji ($\approx 15\%$). Meritve zemlje se izvajajo na 3 lokacijah v okolici NEK in zunaj programa še dodatno na obdelani njivi, kar se podrobneje obravnava v naslednjem poglavju "Zemlja". Iz tabel meritev koncentracij radionuklidov v zemlji: 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 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 TL-dozimetre. Na lokaciji Kusova Vrbina se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, kar za primerjavo rezultatov meritev z meritvami s TL-dozimetri ni ustrezno. Prav tako ni ustrezna primerjava z meritvami za obdelano zemljo in TLD-ji, saj so merilna mesta za TLD-je nad neobdelano zemljo. S koncentracijami Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice in Amerika, ki so navedene v tabeli 5.2, po enačbi 8 izračunamo ефективne letne doze za omenjeni lokaciji. Iz tabele 5.2 lahko preberemo, da je povprečni prispevek zemeljskega sevanja v okolici NEK ($0,35 \pm 0,1$) mSv. Če seštejemo letni effektivni dozi kozmičnega sevanja E_k in zemeljskega sevanja E_z , dobimo oceno za letno effektivno dozo ($0,6 \pm 0,12$) mSv. Iz tega lahko sklepamo, da k letni effektivni dozi tretjino prispeva kozmično sevanje, dve tretjini pa zemeljsko sevanje. To se ujema tudi z ugotovitvami v objavljeni študiji [34]. Effektivno letno dozo želimo primerjati še z doznim ekvivalentom $H^*(10)$ za dozimetre, ki so najbližje lokacijama, kjer se vzorčuje zemlja. Primerjava je praktično nemogoča, saj vemo, da je spekter naravnega zemeljskega sevanja gama odvisen od energije sevalcev in da pretvorba med enotama ni niti poznana niti ne bi bila enolična (različni definiciji enot, različne kalibracije merskih instrumentov). Lahko pa dozni ekvivalent $H^*(10)$ pomnožimo s faktorjem 0,92 (<http://www.hps.org/publicinformation/ate/q8949.html>), kar pomeni, da dobimo ekvivalent doze v tkivu, kar je korak bližje k primerjavi z definicijo effektivne doze. Še vedno je primerjava dvomljiva, je pa letna effektivna doza nižja od doznega ekvivalenta $H^*(10)_{\text{tkivo}}$ med 13 % in 15 %, kar pa je že v okviru merske in računske negotovosti. Navzlic dvomljivi primerjavi je ideja o primerjavi zanimiva in bi jo bilo vredno podrobnejše raziskati ter razkriti odmike med rezultati in hkrati lahko rabi za približno oceno prispevkov k naravnemu ozadju. Tudi v znanstveni literaturi prave primerjave med effektivno dozo in doznim ekvivalentom ni bilo najti [35, 36].

Tabela 5.2: Primerjava izračunane effektivne letne doze in doznega letnega ekvivalenta v letu 2010 za dve lokaciji vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Koncentracija (Bq/kg)	Effektivna letna doza zaradi zemeljskega sevanja (mSv)	Skupna effektivna letna doza (mSv)	Dozni letni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD) (mSv)	Dozni letni ekvivalent, $H^*(10) \times 0,92$ (TLD) (mSv)
Gmajnice			št. dozimetra 59		
Ra-226	$37,6 \pm 2,1$	$0,357 \pm 0,050$	$0,604 \pm 0,121$	$0,741 \pm 0,089$	$0,682 \pm 0,082$
Ra-228	$29,7 \pm 0,9$				
K-40	$362,8 \pm 20,4$				
Cs-137	$60,2 \pm 1,9$				
Amerika			št. dozimetra 63		
Ra-226	$44,8 \pm 2,5$	$0,368 \pm 0,052$	$0,615 \pm 0,123$	$0,768 \pm 0,092$	$0,707 \pm 0,085$
Ra-228	$31,9 \pm 0,9$				
K-40	$384,3 \pm 21,4$				
Cs-137	$33,2 \pm 1,1$				

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 ustreznejša mesta. Tako se v letu 2010 povprečni



letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD-ji na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD-ji 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-ji, saj z različnimi uporabljenimi materiali, ki se uporabljajo kot dozimetri, in z različnimi merskimi postopki dobimo v okviru merske negotovosti enako vrednost povprečnega okoljskega doznega letnega ekvivalenta. To je še dodatna potrditev tega, da dozimetri v okolici NEK kažejo pravo vrednost [27] ter da lahko vsa nihanja merskih podatkov pripišemo fluktuacijam zaradi razgibanega in geološko raznolikega terena.

OCENA VPLIVOV

Ugotovili smo, da prispevkov NEK k dozi zunanega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD-ji in MFM-ji. Mreža TLD-jev zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente in sevanja gama kozmičnega porekla ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Ker pa je sedanji prispevek Cs-137 k zunanemu sevanju v povprečju na ravni enega do dveh odstotkov naravnega ozadja, meritve dejansko kažejo doze naravnega sevanja in njihove lokalne variacije. Povprečni dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2010 je bil 0,79 mSv na leto, kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2008 (0,82 mSv) ter v letu 2009 (0,84 mSv) in se dobro sklada z oceno iz poročila [20] za svetovno prebivalstvo, ki je 0,87 mSv.

Dozimetri TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, zato smo le-to privzeli iz poročila [20]. Pri izpostavitvi svetovnega prebivalstva poročilo ocenjuje po prebivalstvu uteženo povprečje, upoštevajoč nadmorsko višino in geografsko širino. Tako je ocenjena letna efektivna doza za kozmične nevtrone 0,1 mSv na leto. Ker leži območje Krškega 155 m nad morsk gladino, smo privzeli podatek iz poročila [20], kjer za gladino morja na geografski širini 50° ocenjujejo letno efektivno nevtronsko dozo na 0,079 mSv na leto.

V poglavju "*Zemlja*" je bila iz meritev vsebnosti Cs-137 v zemlji v okolici NEK ocenjena letna efektivna doza na vrednosti od 0,00116 mSv v Kusovi Vrbini do 0,0077 mSv v Ameriki in 0,0144 v Gmajnici, upoštevajoč 80-odstotno zadrževanje v hiši in 20-odstotno na prostem ter faktor ščitenja za zaprte prostore. To je od 0,15 % do 1,8 % povprečne celotne letne zunanje doze v okolici NEK (0,87 mSv na leto iz meritev s TLD in ocene nevtronske komponente), kar pa je dvomljiva primerjava zaradi poročanja izidov merskih rezultatov z različnimi količinami. Ocenjena vrednost efektivne letne doze za tri lokacije vzorčevanja zemlje lahko primerjamo z rezultati meritev prejšnjih let, saj je bila v letu 2004 ob obhodu *ROMENEK 3/04* v urbanem okolju (ploščad pred kulturnim domom v Krškem) opravljena meritev *in situ* z visokoločljivostnim spektrometrom gama. Iz meritve je bil ocenjen depozit Cs-137. Ob konservativni predpostavki, da gre za površinsko kontaminiranost neskončne površine, je hitrost doze ocenjena na 0,37 nSv/h oziroma 0,0032 mSv na leto (0,4 % povprečne letne doze v okolici NEK).

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*") [24], 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 [25]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne doze zunanega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju "*Zrak*" na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz dveh modelov, in merjenih vremenskih podatkov. Glavnina izpostavitve je zaradi izpustov žlahtnih plinov (predvsem Ar-41). Rezultati so v tabeli 5.3. Rezultati Lagrangeevega modela so nižji kot rezultati Gaussovega modela za dva reda velikosti. Pri majhnih oddaljenostih (do 3 km) zahodno in vzhodno od dimnika NEK je kvocient med efektivnimi dozami, izračunanimi po obeh modelih 120, medtem ko je kvocient v drugih smereh približno 20. Iz rezultatov meritev je mogoče skleniti, da so imerzijske doze zaradi izpustov radioaktivnih žlahtnih plinov iz NEK popolnoma nepomembne, saj je celo v skrajnem primeru (ograje NEK – Gaussov model) letna doza manj



kot 0,3 % izpostavitve naravnemu ozadju, medtem ko je ob uporabi Lagrangeevega modela letna doza le okrog 2 tisočinki doze naravnega sevanja.

Tabela 5.3: Letne efektivne doze zunanjega sevanja za odrasle iz oblaka za leto 2010

Lokacija	Razdalja od NEK (km)	Lagrangeev model (mSv)	Gaussov model (mSv)
Spodnji Stari Grad	1,5	6,5E-06	9,2E-04
Vrbina	0,8	7,2E-06	7,1E-04
Brežice	7,1	1,8E-06	4,9E-05
Vihre	3,1	1,4E-06	1,5E-04
Mrtvice	2,8	1,7E-06	1,9E-04
Brege	2,3	3,0E-06	1,3E-04
Žadovinek	1,7	5,9E-06	2,9E-04
Leskovec	2,9	5,5E-06	9,0E-05
Krško – Stara vas	1,7	3,8E-06	9,8E-05
Pesje	3,0	7,0E-06	1,3E-04
Dobova	12,1	8,4E-07	1,8E-05
Ograja NEK (zahod)	0,2	1,6E-05	2,5E-03

Izpostavitev zunanjemu sevanju zaradi usedlih radioaktivnih snovi iz oblaka je bila ocenjena z računalniškim programom RASCAL 3.0.3 [26]. Iz podatkov o izpustih radioaktivnih izotopov v ozračje so bili ocenjeni talni usedi posameznih radionuklidov in njihov prispevek k zunanji dozi. Program je namenjen kratkoročnim vplivom ob izrednih dogodkih, zato neposredno ne omogoča ocene celoletnega vpliva zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi v okolje. Zaradi tega smo privzeli, da se celoletna izpuščena aktivnost sprosti v kratkem času (1 ura), in s programom ocenili dozo zaradi useda v obdobju štirih dni po izpustu. Tako dobljene doze smo ekstrapolirali na vse leto z upoštevanjem radioaktivnih razpadov posameznih radionuklidov. Štiridnevne doze smo zato pomnožili s faktorjem ft (enačba 9):

$$ft = \frac{1}{4\lambda}(1 - e^{-4t}) \quad (9)$$

kjer je λ razpadna konstanta radionuklida, čas t pa je enak 365 dni. V oceno niso vključeni radioaktivni žlahtni plini, ker se ne usedajo iz oblaka [27]. Oceno smo naredili z naslednjimi vremenskimi razmerami: zimsko jutro, razred stabilnosti E, hitrost vetra 4 m/s, brez padavin, saj se občasni atmosferski izpusti iz NEK praviloma izvajajo v obdobju brez padavin. Končna ocena je bila narejena za več razdalj od dimnika NEK. Ocena vključuje predpostavko, da gre ves letni izpust zgolj v smeri severovzhod (NE). Takšno predpostavko lahko utemeljimo tudi s tem, da je bil septembra 2010 redni remont in takrat je bilo v zrak izpuščeno tudi največ umetnih radionuklidov (glej zbirno poročilo "Poročilo o radioaktivnih emisijah iz NE Krško za leto 2010", ki ga je pripravil NEK). Iz tabele 5.4 je razvidno, da je bila v letu 2010 letna doza največja, 1,9 nSv na leto na oddaljenosti 0,8 km od dimnika NEK, kar je za dva velikostna reda manj kot leto prej, ko je bila na oddaljenosti 3,25 km izračunana doza 200 nSv [1]. Po drugi strani pa je bila doza v letih 2008 in 2009 na enaki oddaljenosti 0,8 km od dimnika NEK 1,9 nSv primerljiva z letošnjo. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD-ji niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v



okolici NEK, saj je meja detekcije s TLD-ji in MFM-ji vsaj dva velikostna reda višja. Poleg tega pa tudi variacije letnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK. K celotni dozi glavnino prispevajo izpusti Co-58 (80 %), Co-60 (17 %), Cs-137 (2 %) in I-132 (1%), izpusti drugih radionuklidov zanemarljivo prispevajo k dozi zunanjega sevanja zaradi useda, še največ Cs-137 (1 %).

V tabeli 5.5 so povzete ocenjene letne učinkovite doze zunanjega sevanja za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitve zaradi naravnega sevanja (praktično 100 %), used Cs-137 zaradi atmosferskih jedrskih poskusov in černobilske nesreče prispeva le kak odstotek, medtem ko je prispevek NEK manjši od 0,01 %.

Tabela 5.4: Ocena letne zunanje doze zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2010

Izotop	Razpolovni čas (dan)	Letni izpust (Bq)	Used (Bq/m ²)	Oddaljenost od dimnika NEK: $r = 0,5 \text{ km}$ $r = 0,8 \text{ km}$ $r = 1 \text{ km}$ $r = 1,5 \text{ km}$ $r = 3,25 \text{ km}$ $r = 7,5 \text{ km}$						ft (dan)	$r = 0,5 \text{ km}$ $r = 0,8 \text{ km}$ $r = 1 \text{ km}$ $r = 1,5 \text{ km}$ $r = 3,25 \text{ km}$ $r = 7,5 \text{ km}$					
				(E)/A ((Sv/d)/Bq)							Sv (leto)					
I-131	8,02E+00	5,45E+03	7,8E-03	1,2E-18	1,3E-18	1,2E-18	8,9E-19	4,6E-19	1,7E-19	2,89	1,9E-14	2,0E-14	1,8E-14	1,4E-14	7,2E-15	2,7E-15
I-132	9,56E-02	2,52E+06	3,6E+00	3,1E-16	3,3E-16	3,1E-16	2,4E-16	1,2E-16	4,6E-17	0,31	1,3E-11	1,4E-11	1,3E-11	9,8E-12	4,9E-12	1,7E-12
H-3	4,50E+03	4,28E+12	6,1E+06							88,73						
C-14	2,09E+06	1,32E+11	1,9E+05							91,24						
Cr-51	2,77E+01	5,16E+04	7,4E-02	1,0E-18	1,1E-18	1,0E-18	7,8E-19	4,0E-19	1,5E-19	9,99	5,3E-13	5,7E-13	5,2E-13	4,0E-13	2,1E-13	7,9E-14
Mn-54	3,12E+02	2,39E+03	3,4E-03	1,3E-18	1,4E-18	1,3E-18	9,9E-19	5,1E-19	1,9E-19	62,51	2,0E-13	2,1E-13	1,9E-13	1,5E-13	7,6E-14	2,9E-14
Co-58	7,09E+01	3,00E+05	4,3E-01	1,9E-16	2,0E-16	1,9E-16	1,4E-16	7,4E-17	2,8E-17	24,84	1,4E-09	1,5E-09	1,4E-09	1,1E-09	5,5E-10	2,1E-10
Co-60	1,93E+03	4,69E+04	6,7E-02	7,5E-17	8,0E-17	7,3E-17	5,7E-17	2,9E-17	1,1E-17	85,51	3,0E-10	3,2E-10	2,9E-10	2,3E-10	1,2E-10	4,4E-11
Zr-95	6,40E+01	4,49E+03	6,4E-03	2,2E-18	2,4E-18	2,2E-18	1,7E-18	8,7E-19	3,3E-19	22,64	2,3E-13	2,4E-13	2,2E-13	1,7E-13	8,9E-14	3,4E-14
Nb-95	3,50E+01	1,75E+04	2,5E-02	8,5E-18	9,1E-18	8,3E-18	6,5E-18	3,3E-18	1,3E-18	12,61	1,9E-12	2,0E-12	1,8E-12	1,4E-12	7,3E-13	2,8E-13
Sb-124	6,02E+01	3,38E+03	4,8E-03	3,8E-18	4,1E-18	3,7E-18	2,9E-18	1,5E-18	5,7E-19	21,39	2,8E-13	2,9E-13	2,7E-13	2,1E-13	1,1E-13	4,1E-14
Te-125m	5,74E+01	1,66E+03	2,4E-03	4,0E-20	4,3E-20	3,9E-20	3,0E-20	1,6E-20	5,9E-21	20,45	1,4E-15	1,4E-15	1,3E-15	1,0E-15	5,3E-16	2,0E-16
Te-127m	1,09E+02	4,01E+03	5,7E-03	3,2E-20	3,4E-20	3,1E-20	2,4E-20	1,2E-20	4,7E-21	35,45	4,5E-15	4,8E-15	4,4E-15	3,4E-15	1,8E-15	6,7E-16
Cs-137	1,10E+04	3,42E+04	4,9E-02	9,6E-18	1,0E-17	9,4E-18	7,3E-18	3,8E-18	1,4E-18	90,21	3,0E-11	3,2E-11	2,9E-11	2,3E-11	1,2E-11	4,4E-12
Fe-55	1,00E+03	2,20E+05	3,1E-01							80,65						
Sr-90	1,04E+04	3,86E+03	5,5E-03	1,2E-21	1,3E-21	1,2E-21	9,3E-22	4,8E-22	1,9E-22	90,15	4,2E-16	4,5E-16	4,1E-16	3,2E-16	1,7E-16	6,5E-17
Vsota :										1,8E-09	1,9E-09	1,7E-09	1,3E-09	6,9E-10	2,6E-10	

Tabela 5.5: Letne učinkovite doze zunanjega sevanja v letu 2010 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	Učinkovita letna doza (mSv)
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD ($H^*(10)$)	0,79 (92 %)
kozmični nevtroni	[20]	0,079 (8 %)
naravno sevanje – skupaj		0,87 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji ali na urbani površini + model	<0,02 (<2 %)
NEK – atmosferski izpusti	oblak + used (model)	<0,00001 (<0,01 %)
SKUPAJ		0,89



SKLEPI

Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so zanemarljivi in nemerljivi s TLD-ji in kontinuirnimi merilniki. Meja detekcije s TL-dozimetri je 0,0075 mSv. Posredno konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza manjša od 0,00001 mSv.

Celotna letna doza naravnega ozadja zaradi naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2010 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,87 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih.

Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi v letu 2010 je velikostnega reda dveh odstotkov naravnega ozadja oziroma največ okrog 0,014 mSv. V okviru te študije smo naredili oceno primerjave doz, izračunanih iz povprečnih koncentracij radionuklidov v zemlji na dveh lokacijah vzorčevanja zemlje, in izračunanim letnim okoljskim doznim ekvivalentom $H^*(10)$ za dozimetre, ki so postavljeni v neposredni bližini lokacij vzorčevanja zemlje. Primerjava je sicer dvomljiva, vendar bi veljalo v prihodnje zadevo podrobneje razdelati. Pri tem pa smo vseeno lahko ocenili, da k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu prispeva tretjino kozmično sevanje in dve tretjini zemeljsko sevanje.

Primerjava modelskih rezultatov, ki so bili narejeni z Lagrangevim modelom (Poglavje "Zrak") in modelom ocene useda (program Rascal), je prav tako pokazala, da so bile posledice atmosferskih izpustov NEK v letu 2010 nemerljive. V poglavju "Zrak" je bilo izračunano, da je skupna letna efektivna doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica imerzije, 0,0000065 mSv v letu 2010, medtem ko je bila v tem poglavju ocenjena letna efektivna doza zaradi useda 0,0000019 mSv na oddaljenosti 0,8 km od NEK.

REFERENCE

- [24] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
(<http://www.hsk.psi.ch/english/files/pdf/annual-report1995.pdf>)
- [25] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [26] PC program: Radiological Assessment System for Consequence Analysis RASCAL 3.0.3, NRC, June 2002
- [27] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, Radiation Protection 72, European Commission, Report EUR 15760 EN, 1995
- [28] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF_2 : Mn TL-detectors, Radiat. Prot. Dosim., 119 (2006), 300–305
- [29] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, Radiat. Prot. Dosim., 106 (2003), 253–256
- [30] S. J. Melles, G. B. M. Heuvelink, C. J. W. Twenhöfel and U. Stöhlker, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5072/2008, (2008), 444–458, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_33
- [31] M. S. Al-Masri, Y. Amin, M. Hassan, S. Ibrahim, H. S. Khalili, Journal of Radionanalytical and Nuclear Chemistry, 267 (2006), 2, 337–343
- [32] K. Saito, P. Jacob, Radiat. Protect. Dosim., 58 (1995), 29–45
- [33] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Health physics, 75 (1998), 165
- [34] U. Stoelhlker, M. Bleher, T. Szegvavry, F. Conen, Radioprotection, 44 (2009), 5, 777–784
- [35] M. A. P. V. de Moraes, T. F. L. Daltro, Radiat. Protect. Dosim., 87 (2000), 3, 207–211
- [36] J. T. Zerquera, M. P. Alonso, O. B. Flores, A. H. Perez, Radiat. Prot. Dosim., 95 (2001), 1, 49–52



6 Z E M L J A

POVZETEK

Leta 2010 je v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na štirih lokacijah v okolici NEK. Vzorci iz različnih globin so bili tako kot v prejšnjih letih merjeni zaradi spremljanja globinske odvisnosti koncentracije radionuklidov. Koncentracije naravnih radionuklidov se z globino ne spreminjajo, so pa večje na lokacijah, kjer je tip zemlje rjava naplavina. Hitrosti absorbirane doze v zraku zaradi naravne radioaktivnosti v zemlji v okolici NEK so med 45 nGy/h in 59 nGy/h, kar je primerljivo s svetovnim povprečjem, ki je 51 nGy/h. Globinske odvisnosti koncentracije Cs-137 na eni lokaciji kažejo vedenje, ki je tipično za migracijo depozita v globlje plasti, na drugih lokacijah pa se globinska porazdelitev depozita z leti ne spreminja zaznavno. Efektivna absorbirana doza zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 v okolici NEK je med 0,9 μ Sv in 11,6 μ Sv, kar je primerljivo z lokacijami, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene doze v razponu od 1,8 μ Sv do 13,0 μ Sv.

UVOD

Človeštvo je že od nekaj izpostavljenosti obsevanju zaradi naravnih radionuklidov v okolju. S stališča obsevanosti so pomembni predvsem radionuklidi iz razpadnih verig 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). Povprečne specifične aktivnosti radionuklidov K-40, U-238 in Th-232 v zemlji so: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [20].

Zaradi poskusnih jedrskih eksplozij, ki so povzročile globalno kontaminacijo okolja in černobilske nesreče, ki je bila vzrok za kontaminacijo znatnih delov Evrope, sta v okolju danes prisotna predvsem dolgoživa fisijska produkta Cs-137 ($T_{1/2} = 30,17$ let) in Sr-90 ($T_{1/2} = 28,78$ let).

Ker bi bila prisotnost Cs-137, Sr-90 in drugih fisijskih in aktivacijskih produktov v zemlji lahko tudi posledica izpustov iz Nuklearne elektrarne Krško, predpisuje *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [2] periodična vzorčevanja 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.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorci zemlje se zbira na štirih lokacijah sotočno od NEK, in sicer na poplavnih območjih. Najpogosteje poplavljen lokacija je Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save 1000 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*. Vzorci 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, sotočna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;



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

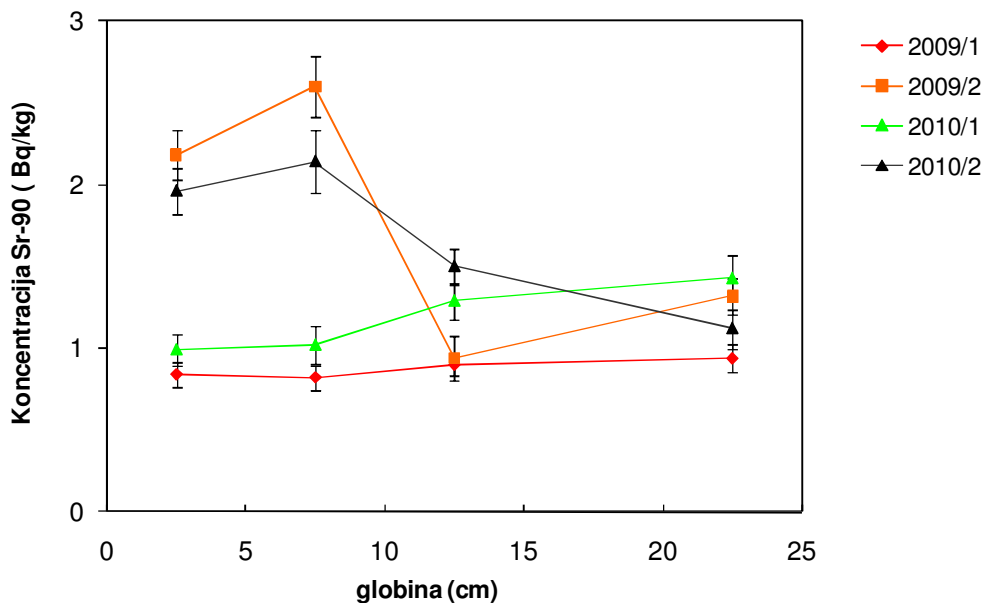
Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)*, postopek vzorčevanja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*. Zaradi izpiranja Cs-137 v globlje plasti zemlje se od leta 2009 kot vrhnji sloj vzorčuje zemlja iz globine 0–5 cm in 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.

REZULTATI MERITEV

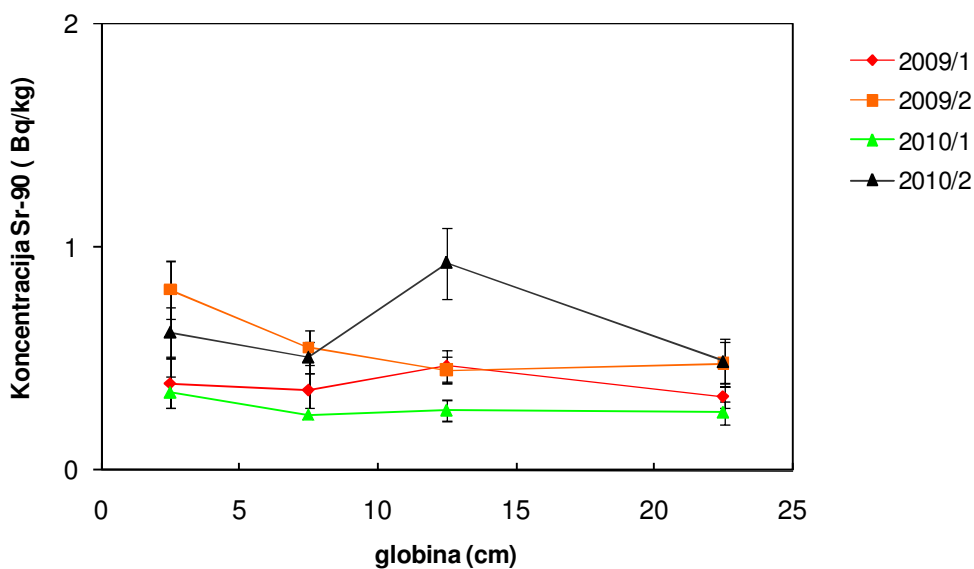
Merski rezultati so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011. Razen pričakovane prisotnosti naravnih radionuklidov ter Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije, niso bili izmerjeni drugi radionuklidi, ki bi jih lahko pripisali izpustom NEK. Aktivnosti naravnih radionuklidov, členov uranove in torijeve razpadne vrste, ter K-40 se v okviru negotovosti ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. V okviru merskih negotovosti niso odvisne 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 za približno 30 % nižja od koncentracije Ra-226. Aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 se ujemajo s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [20] za države južne Evrope.

Posamezni izmerki koncentracije Sr-90 v letu 2010 so v razponu od 0,26 Bq/kg v Kusovi Vrbini do 2,1 Bq/kg v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na slikah 6.1, 6.2 in 6.3 je prikazana globinska porazdelitev stroncija za leti 2009 in 2010, za kateri so na razpolago meritve tudi za plast 15–30 cm. Rezultati drugega vzorčevanja v letu 2010 so v Kusovi Vrbini in Ameriki kvalitativno različni od rezultatov prejšnjih vzorčevanj. V vzorcu neobdelane zemlje v Gmajnicah je opaziti kvalitativno drugačno vedenje rezultatov pri drugem vzorčevanju leta 2009 in leta 2010.

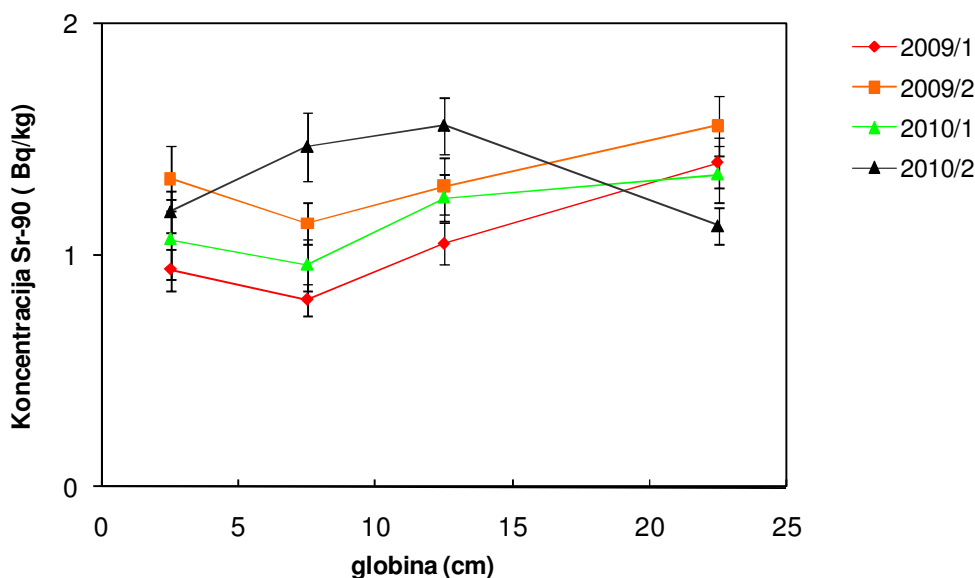
Na slikah 6.4, 6.5 in 6.6 je prikazana globinska porazdelitev za Cs-137. Koncentracije Cs-137 v zemlji so od 1,9 Bq/kg do 120 Bq/kg v Gmajnicah, od 0,2 Bq/kg do 16 Bq/kg v obdelani zemlji, od 3,7 Bq/kg do 16 Bq/kg v Kusovi Vrbini in od 9,4 Bq/kg do 36 Bq/kg v Ameriki. Meritve na lokaciji Kusova Vrbina v povprečju kažejo tipično vedenje, ki ga pričakujemo za migracijo useda v globlje plasti zemlje. S slike je mogoče razbrati, da se je težišče useda od leta 2005 do leta 2010 premaknilo iz plasti 5–10 cm v plast 15–30 cm. Na lokaciji Amerika težišče useda ostaja na globini 10–15 cm, na lokaciji Gmajnice pa rezultati spomladanskih in jesenskih vzorčevanj med seboj niso konsistentni.



Slika 6.1: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja). V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih dveh let.



Slika 6.2: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Kusova Vrbina. V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih dveh let.



Slika 6.3: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Amerika. V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih dveh let.

DISKUSIJA

Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje.

V letu 2010 so bili zračni izpusti Cs-137 $2,7 \text{ E}+4 \text{ Bq}$, izpusti v Savo pa $5,9 \text{ E}+6 \text{ Bq}$. Zračni izpusti za Co-58 v istem letu so bili $2,6 \text{ E}+5 \text{ Bq}$, izpusti v reko Savo pa $1,4 \text{ E}+7 \text{ Bq}$. Ker kljub večjim izpuščenim aktivnostim izotopa Co-58 nismo zaznali v merjenih vzorcih, sklepamo, da Cs-137 v okolju ni posledica izpustov iz NEK.

Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen v tabeli 6.1. Opazno je stresanje izmerkov, ki izvira iz nehomogenosti useda in počasno zmanjševanje zaradi razpadanja in izpiranja.

Globinska porazdelitev Cs-137, prikazana na slikah 6.4, 6.5 in 6.6, kaže, da se z leti spreminja globinska porazdelitev le na lokaciji Kusova Vrbina. Razlog, da težišče useda na lokaciji Amerika ostaja približno na isti globini, je verjetno v drugačni kemični sestavi in morfoloških značilnostih zemljine in s tem drugačni vezavi ter manjši mobilnosti Cs-137. Nekonsistentni izmerki na lokaciji Gmajnice pa najbrž pomenijo, da gre za bolj zapleten mehanizem migracije depozita na mikrolokaciji, saj ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja. Vzrok za to bi lahko bil vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [39].

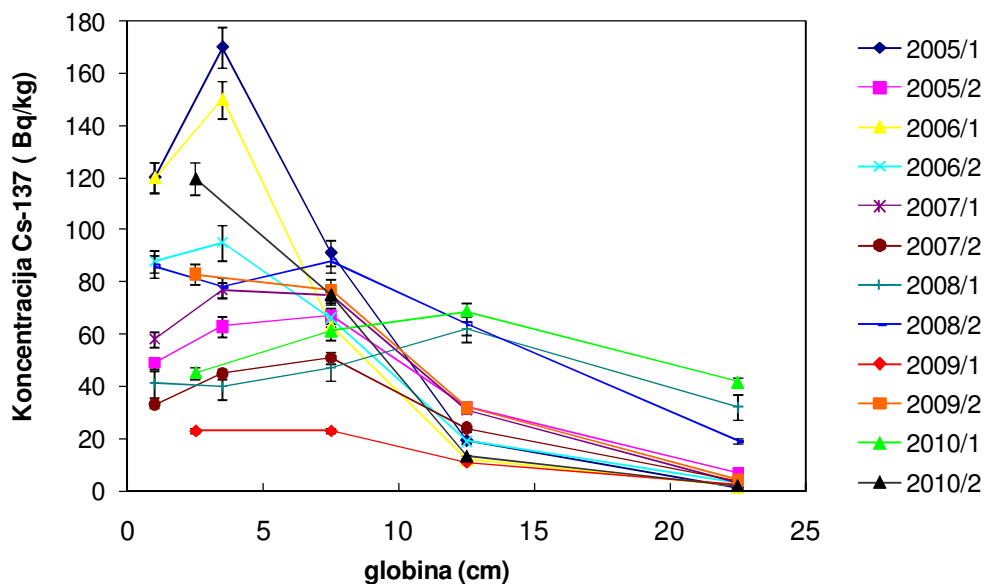
To je lahko tudi vzrok za razlike aktivnosti Sr-90, določene na podlagi različnih vzorčevanj. Sicer pa povprečje izmerkov aktivnosti Sr-90 v zemlji kaže, da je koncentracija stroncija do globine 30 cm približno konstantna.


Tabela 6.1: Primerjava med usedom Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

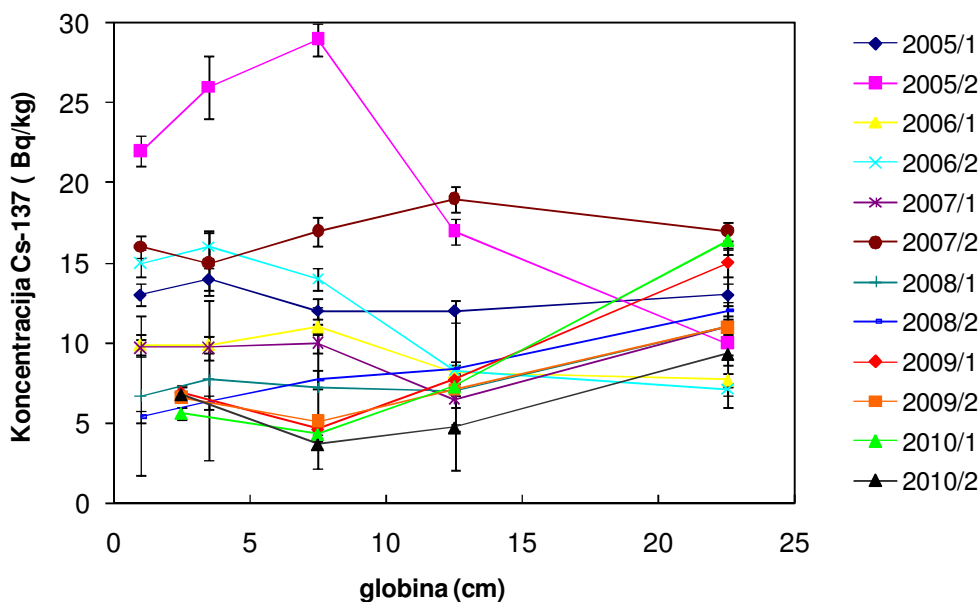
LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m ²)		
2005/1	13,0 ± 0,4	4,5 ± 0,1	13,4 ± 0,4
2005/2	11,0 ± 0,3	6,4 ± 0,2	8,4 ± 0,3
2006/1	10,0 ± 0,3	3,10 ± 0,09	13,0 ± 0,4
2006/2	10,0 ± 0,3	3,7 ± 0,1	11,0 ± 0,3
2007/1	11,0 ± 0,2	3,6 ± 0,1	8,5 ± 0,2
2007/2	6,9 ± 0,2	7,2 ± 0,2	14,0 ± 0,3
2008/1	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 ± 0,09	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

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2010 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($9,9 \pm 0,2$) kBq/m², ($9,2 \pm 0,2$) kBq/m² in ($1,86 \pm 0,03$) kBq/m². Te vrednosti so, razen v primeru Murske Sobote, višje od vrednosti, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Trnju in Ameriki, kjer so bili izmerjeni povprečni usedi ($7,5 \pm 0,2$) kBq/m², ($0,81 \pm 0,02$) kBq/m² in ($5,2 \pm 0,2$) kBq/m². Usedi Sr-90 na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so primerljivi z usedi na lokacijah v okolici NEK. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so ($0,3 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,26 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,09 \pm 0,01$) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,19 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,07 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,21 \pm 0,07$) kBq/m².

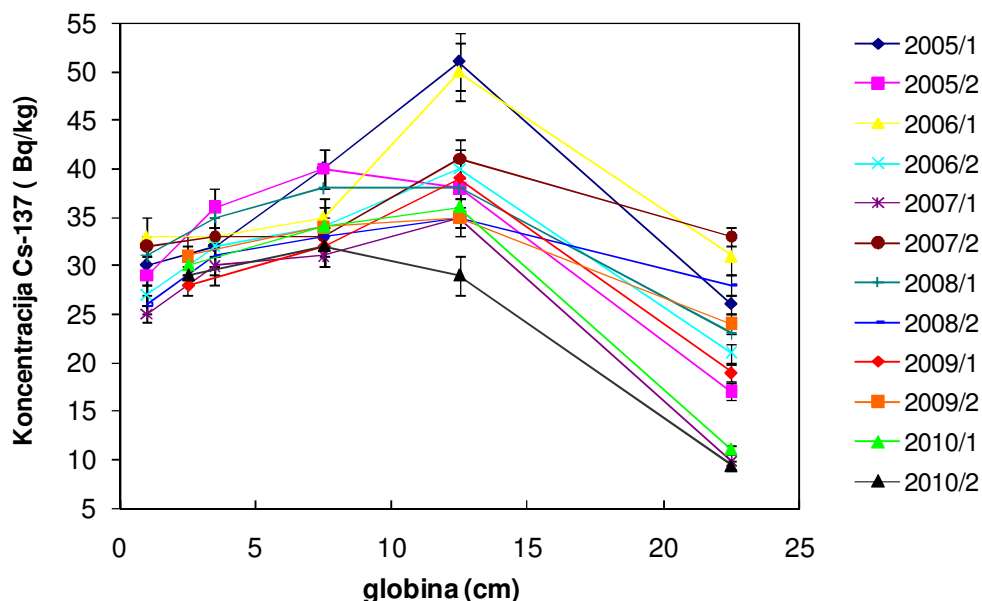
Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne vrste, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v ravnovesju, ker je 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.



Slika 6.4: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja). Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih šestih let.



Slika 6.5: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Kusova Vrbina (neobdelana zemlja). Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih šestih let.



Slika 6.6: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Amerika. Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih šestih let.

OCENA VPLIVOV

Iz globinske porazdelitve koncentracije Cs-137 je bila ocenjena letna efektivna doza zunanjšega sevanja, ki izvira iz globalne kontaminacije. Pri tem je bilo predpostavljeno, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1. Ocene efektivnih doz so v tabeli 6.2. Pri ocenjevanju je bila privzeta kemijska sestava zemlje v razmerju 56 % kisika, 32 % silicija, 7 % aluminija, 1 % ogljika in 1 % vodika in gostoto $1,8 \text{ g/cm}^3$ [38]. Ocena negotovosti doze na podlagi negotovosti kemijske sestave in gostote je 20 %.

Iz tabele 6.2 je razvidno, da so ocenjene doze na lokacijah v okolici NEK v območju med $0,9 \mu\text{Sv}$ in $11,6 \mu\text{Sv}$. To je primerljivo z lokacijami, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene doze v razponu od $1,8 \mu\text{Sv}$ do $13,0 \mu\text{Sv}$.

UNSCEAR navaja za povprečno absorbirano hitrost doze v zraku 51 nGy/h zaradi K-40 ter potomcev uranove in torijeve razpadne vrste. Na lokacijah v okolici NEK je hitrost doze nad zemljo iz mikaste borovine (Kusova Vrbina – Trnje in Gmajnice, neobdelana zemlja) 45 nGy/h in 48 nGy/h , na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina (Amerika in Gmajnice – njiva) pa 54 nGy/h in 59 nGy/h . 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.



Tabela 6.2: Ocenjena letna efektivna doza zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v maju in septembru 2010

LOKACIJA	maj 2010	september 2010	LOKACIJA	maj 2010	september 2010
	Letna doza (μSv)			Letna doza (μSv)	
Gmajnice, neobdelana	$6,0 \pm 1,2$	$11,6 \pm 2,3$	Ljubljana	$13,0 \pm 2,6$	$8,7 \pm 1,7$
Kusova Vrbina	$0,9 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	Kobarid	$11,1 \pm 2,2$	$9,8 \pm 2,0$
Amerika	$5,4 \pm 1,1$	$5,4 \pm 1,1$	Murska Sobota	$1,8 \pm 0,4$	$2,6 \pm 0,5$

SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2010, vpliva NEK ni bilo mogoče zaznati. Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Hitrost absorbirane doze v zraku zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je na lokacijah, kjer je zemlja mivkasta borovina, med 45 nGy/h in 50 nGy/h, na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina, pa med 54 nGy/h in 60 nGy/h. Povprečne hitrosti absorbirane doze v zraku zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,6 nGy/h do 6,8 nGy/h, kar je primerljivo z vrednostmi, ocenjenimi na podlagi meritev v letih 2008 in 2009, ki so od 0,7 nGy/h do 5,9 nGy/h oziroma od 0,6 nGy/h do 3,6 nGy/h.

REFERENCE

- [37] Obsevanost prebivalcev Slovenije za leto 2008 (LMSAR-20090029-MG), marec 2009
- [38] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, Health Physics, 75 (1998), 2
- [39] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, Environ. Sci. Technol., 34 (2000), 3895–3899
- [40] Benjamin Zorko et al., Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Institut "Jožef Stefan", 2010



7 HRANA

POVZETEK

Namen določanja radioaktivnosti v živilih je, da se preveri vpliv izpustov NEK na vsebnost radionuklidov v vzorcih iz prehranske verige in se posledično oceni sevalna obremenitev prebivalstva. Pri tej oceni smo konservativno 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 2010 ($89,3 \pm 16,1$) μSv za odrasle osebe.

Kontaminacija hrane z umetnima radionuklidoma Cs-137 in Sr-90 je povečala sevalno obremenitev prebivalcev še za ($1,22 \pm 0,09$) μSv , kar je le 1,3 % celotne predvidene 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 prisoten tudi radioizotop C-14, ki je v okolju kot naravni produkt kozmičnega sevanja, njegova vsebnost pa je bila v preteklosti povečana zaradi poskusnih jedrskih eksplozij. Izotop se v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline. Ocenjena potencialna doza prebivalstva v letu 2010 zaradi vsebnosti C-14 v rastlinski hrani je bila 14,9 μSv , pri čemer so prebivalci v neposredni bližini NEK prejeli enako dozo kot tisti na kontrolni točki v Dobovi. V okviru merske negotovosti je doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu, pri čemer so upoštevane le meritve v prvi polovici leta 2010. 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 se prideluje v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem prek koreninskega sistema rastlin, in sicer prek transportnih sistemov za esencialne elemente, kot sta npr. K in Ca, lahko pa se absorbirajo v rastline 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 biodostopnost radionuklidov v tleh pa poleg topnosti radionuklidov v talni raztopini vplivajo še številni talni dejavniki, kot so npr. pH tal, kationska izmenjevalna kapaciteta tal, vsebnost esencialnih elementov in fizioloških analogov nekaterih radionuklidov (npr. K in Ca), s katerimi posamezni radionuklidi tekmujejo za privzem, poleg tega pa še vsebnost organske snovi v tleh, struktura in tekstura tal ter prisotnost različnih talnih mikroorganizmov, kot so bakterije in simbiotske glive [41]. 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 [42].



Na prenos radionuklidov iz korenin v nadzemne dele rastlin oz. nadaljnji transport iz listov v semena, plodove in založne organe poleg fizioloških lastnosti posamezne rastlinske vrste vpliva predvsem mobilnost radionuklidov. Radionuklidi, kot so npr. U-238, Th-228, Pb-210, Ra-226, Ra-228 in Be-7, se v rastlinskih tkivih navadno vedejo podobno kot neesencialne težke kovine (npr. Pb) in se tako v rastlinah vežejo večinoma v celični steni korenin in se le slabo transportirajo po prevodnih elementih v nadzemne vegetativne organe rastlin (listi, poganjki) in naprej v reproduktivne organe, kot so plodovi in semena oz. v založne organe (npr. gomolji, korenike). Pričakovane koncentracije manj mobilnih radionuklidov, ki v rastlinske organe pridejo s transportom prek koreninskega sistema, torej padajo v smeri korenine >> listi, poganjki > plodovi, založni organi, semena [43]. Pričakovane koncentracije radionuklidov, kot je npr. Sr-90, ki je funkcionalni analog Ca, so v listih in poganjkih relativno višje od radionuklidov razpadnih vrst U-238 in Th-232, pričakovane koncentracije Cs-137, ki je funkcionalni analog K in zato v rastlinah zelo mobilni, pa so relativno višje v listih, plodovih, semenih, in založnih organih [41].

Vsebnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem z uživanjem z radionuklidi kontaminirane hrane in vode. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [42]. Končno koncentracijo radionuklidov v živalskem organizmu določa razmerje med asimilacijo in eksekrecijo. V živalskem organizmu se radionuklidi prerazporejajo neenakomerno. 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 fiziološkega stanja živali, predvsem stopnje metabolizma. K-40, ki je med naravnimi radionuklidi zastopan v največji meri, se po zaužitju hitro izloči iz telesa, saj telo homeostatsko uravnava količino kalija. Podobno kot kalij se tudi večina ingestiranega U-238 in Ra-226 po zaužitju hitro izloči iz telesa z blatom oz. preko ledvic, preostanek pa se absorbira v mehkih tkivih in kosteh. Radionuklidi, kot sta npr. Sr-90 in Pb-210, se kopičijo večinoma v kostni masi, radioizotopi kot je Cs-137 pa v mišičnih tkivih. 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 [42].

Radioaktivni izotop ogljika C-14 nastaja v zemljini atmosferi kot produkt reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni kozmičnega sevanja. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ vstopa v biološki in geokemični ogljikov cikel Zemlje. V živih organizmih se vseskozi vzpostavlja ravnotežje med razpadom radioaktivnega ogljika C-14 in njegovo asimilacijo oz. absorpcijo prek hrane. Do porušanja razmerja med ogljikom C-12 in C-14 v atmosferi in biosferi je prišlo v drugi polovici 19. stoletja zaradi uporabe fosilnih goriv (premog, nafta) in s tem povečanja izpustov CO₂, ki ne vsebujejo C-14. Po drugi strani pa je zaradi jedrskih poskusov v sredini 20. stoletja prišlo do dvakratnega povečanja vsebnosti C-14 v atmosferi, glede na obdobje pred jedrskimi poskusi. 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.

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.

Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti v atmosferi v svoji neposredni okolici, kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. C-14 tako lahko vstopa v prehrabno verigo s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oz. 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 slediti.



ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Na več kot polovici kmetijskih zemljišč na krško-brežiškem polju se prideluje hrana (žito, sadje in zelenjava), poleg tega pa se kmetje v okolici ukvarjajo tudi z živinorejo, perutninarstvom in pridelavo mleka. Vzorčenje živil poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčenju zemlje. Za zemljo je značilna pedološka raznolikost (obrečni peščeni aluvij, diluvialna ilovica s kremenovimi produkti, apnenec). Zaradi odvisnosti prenosnih faktorjev od vrste tal se vzorci hrane odvezemajo vedno na istem mestu. Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2010, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (zelenjava, žito, mleko, meso), Vihre (mleko), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (zelenjava, meso, jajca), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Drnovo (zelenjava), Ravne pri Zdolah (meso), Brežice (sadje), Krško – vinska klet (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. Vzorčenje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil 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 prisoten tudi C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčenih v juliju 2010, so bile opravljene na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v koruzi, ječmenu in jabolkih.

REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011.

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, slive, jagode), T-68 (vino in slive), T-69 do T-73 (Povrtnine in poljščine – zelena solata, kumare, čebula, koruza, ječmen, pšenica, rdeča pesa, koleraba, korenje, krompir, bučke, zelje, paradižnik, paprika, ohrovt, jajčevci, fižol, repa, radič, brokoli), T-74, T-75 (Jajca in meso; kokošja jajca; kokošje, svinjsko in goveje meso). V vzorcih hrane so bili detektirani naravni radionuklidi iz razpadnih vrst 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 ne najdemo v izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90. Povprečna aktivnost Be-7 je bila $(0,36 \pm 0,32)$ Bq/kg, predvidena efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z Be-7 pa je bila $(1,94E-3 \pm 1,5E-4)$ μ Sv, kar je zanemarljivo, zato smo ga izključili iz nadaljnje predstavitve rezultatov.

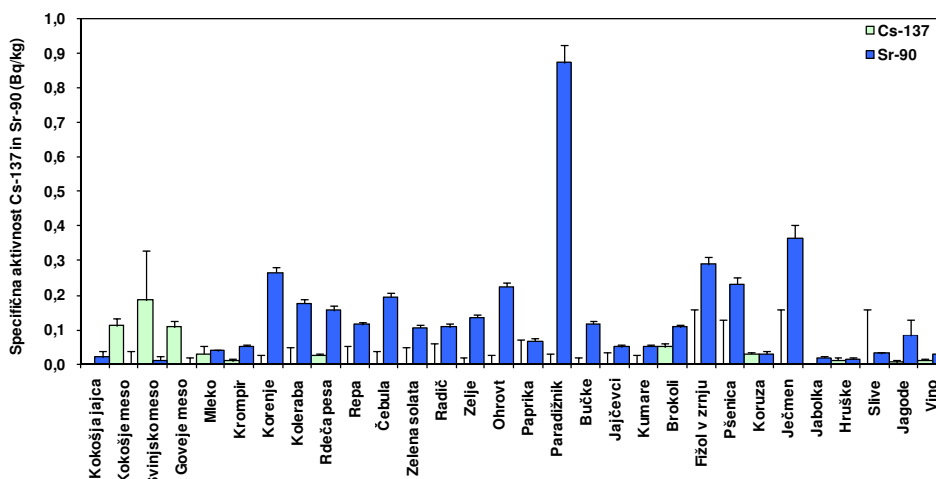
Umetni radionuklidi

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta prisotna kot kontaminacija v vrhnji plasti zemlje zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu, detektirana pa sta tudi v izpustih NEK. Izotop Cs-137 je bil v letu 2010 detektiran v mesu in mleku, v hrani rastlinskega izvora pa le še v rdeči pesi, brokoliju, koruzi, hruškah in vinu (slika 7.1). Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v hrani v letu 2010 je bila $(0,019 \pm 0,007)$ Bq/kg. Najvišja koncentracija Cs-137 v vzorcih hrane živalskega izvora je bila detektirana v svinjskem mesu $(0,19 \pm 0,14)$ Bq/kg (slika 7.1), v hrani rastlinskega izvora pa so bile v letu 2010 najvišje vsebnosti Cs-137 izmerjene v brokoliju $(0,05 \pm 0,01)$ Bq/kg in rdeči pesi $(0,030 \pm 0,005)$ Bq/kg (slika 7.1).

Povprečna izmerjena specifična aktivnost sevalca beta Sr-90 v hrani v letu 2010 je bila $(0,13 \pm 0,01)$ Bq/kg. Najvišje specifične aktivnosti Sr-90 so bile izmerjene v zelenjavi, predvsem v



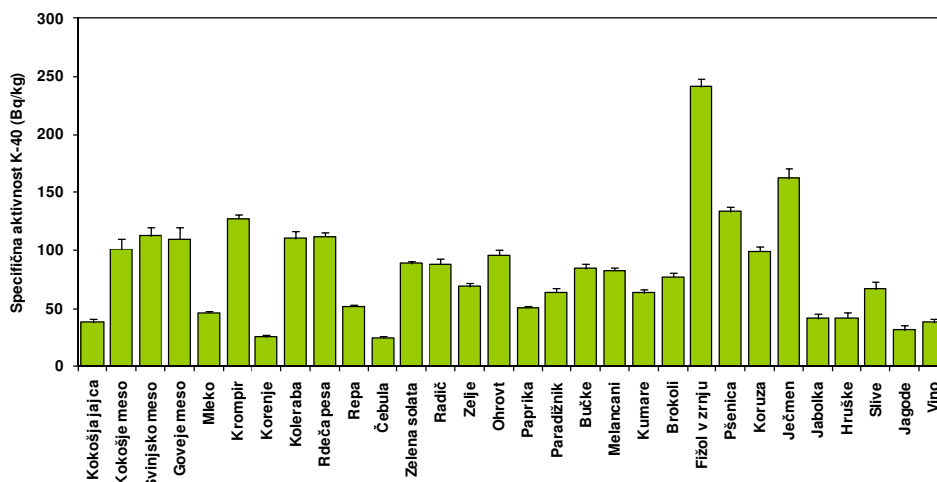
paradižniku ($0,87 \pm 0,05$) Bq/kg in ječmenu ($0,37 \pm 0,04$) Bq/kg, najnižje pa v mesu, jabolkih in hruškah (slika 7.1). Odmike vsebnosti Sr-90 pri paradižniku lahko pojasnimo s tem, da paradižnik za svojo normalno rast in razvoj potrebuje velike vsebnosti Ca. Kadar v tleh Ca primanjkuje, pride v koreninskem sistemu do aktivacije visoko afinitetnih Ca transporterjev, prek katerih pa se opravlja tudi privzem drugih elementov, ki so po kemijskih lastnosti sorodni Ca. V tem primeru je to predvsem Sr-88, pa tudi Sr-90.



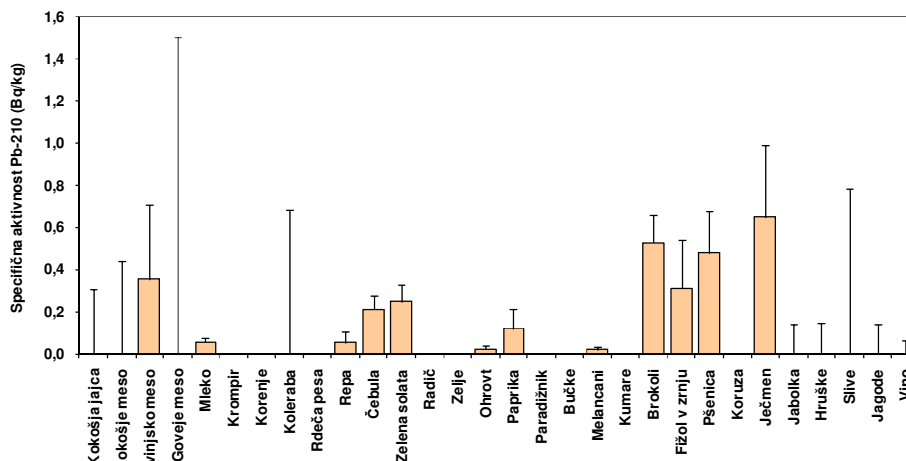
Slika 7.1: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v različnih vrstah živil v letu 2010 (povprečje \pm negotovost)

Naravni radionuklidi

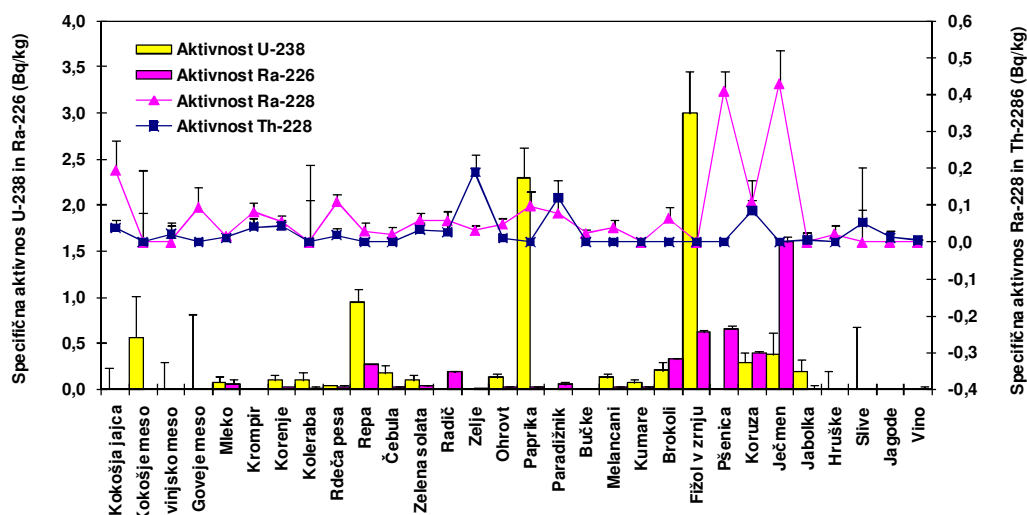
Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Povprečna specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2010 ($82,6 \pm 27,5$) Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 v posameznih živilih so prikazane na sliki 7.2. Največ K-40 v letu 2010 je v fižolu v zrnju in ječmenu, najmanj pa v korenju, čebuli in sadju. K-40 je v letu 2010 k letni učinkoviti dozi zaradi uživanja hrane prispeval (177 ± 11) μ Sv, kar je 66,2 % letne učinkovite doze zaradi uživanja hrane.



Slika 7.2: Izmerjene specifične aktivnosti K-40 v različnih vrstah živil v letu 2010 (povprečje \pm negotovost)



Slika 7.3: Izmerjene specifične aktivnosti Pb-210 v različnih vrstah živil v letu 2010 (povprečje ± negotovost)



Slika 7.4: Izmerjene specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v različnih vrstah živil v letu 2010 (povprečje ± negotovost)

Od naravnih radionuklidov je k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40 največ prispeval Pb-210, in sicer 40,5 %. Povprečna specifična aktivnost vzorčenih živil je bila $(0,10 \pm 0,20)$ Bq/kg, kar je na meji detekcije. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 7.3 in je bila najvišja v ječmenu $(0,65 \pm 0,30)$ Bq/kg, Pb-210 pa je bil detektiran še v pšenici, nekateri listni zelenjavi in plodovkah. V jajcih in kokošjem in govejem mesu, sadju in vinu je bila aktivnost Pb-210 pod mejo detekcije.

Največji delež U-238 zaužijemo s pitno vodo. Povprečna specifična aktivnost U-238 v hrani je bila v letu 2010 $(0,29 \pm 0,46)$ Bq/kg, največja specifična aktivnost pa je bila izmerjena v fižolu v zrnju $(3,00 \pm 0,46)$ Bq/kg in papriki $(2,30 \pm 0,32)$ Bq/kg, pri večini živilih pa je bila specifična aktivnost U-238 pod mejo detekcije (slika 7.4).

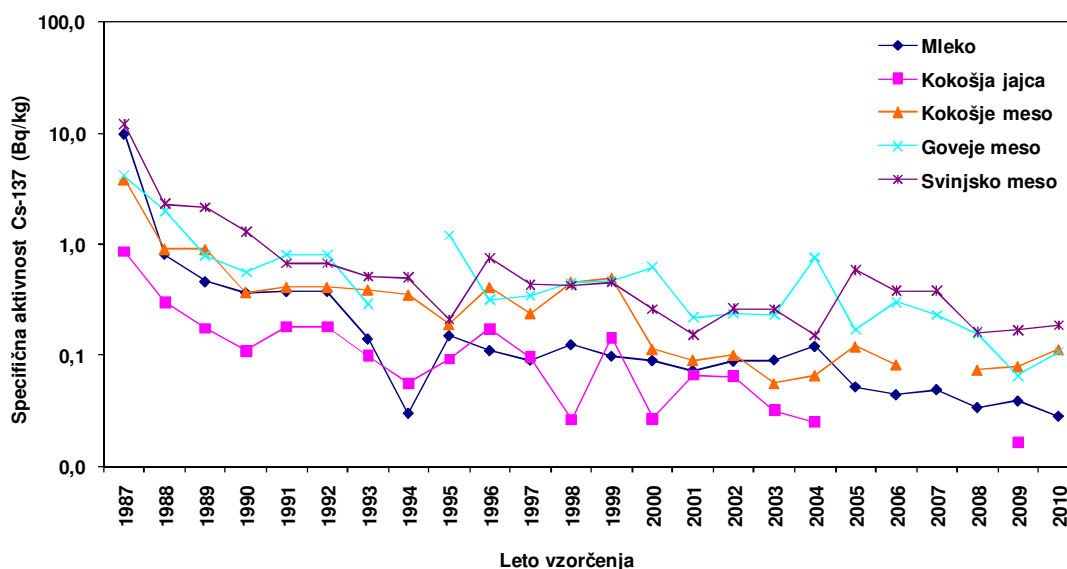


V normalnih razmerah je uživanje hrane glavna pot vnosa Ra-226 ter Ra-228. Povprečna specifična aktivnost Ra-226 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2010 $(0,15 \pm 0,12)$ Bq/kg, Ra-228 pa $(0,07 \pm 0,03)$ Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Ra-226 in Ra-228 je bila detektirana v ječmenu, 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, ki je v zemeljski skorji sicer trikrat bolj pogost kot U-238. Povprečna specifična aktivnost v vzorčenih živilih je bila $(0,024 \pm 0,004)$ Bq/kg. Najvišja aktivnost je bila izmerjena v zelju $(0,19 \pm 0,05)$ Bq/kg, v večini vzorcev zelenjave pa je bila pod mejo detekcije (slika 7.4).

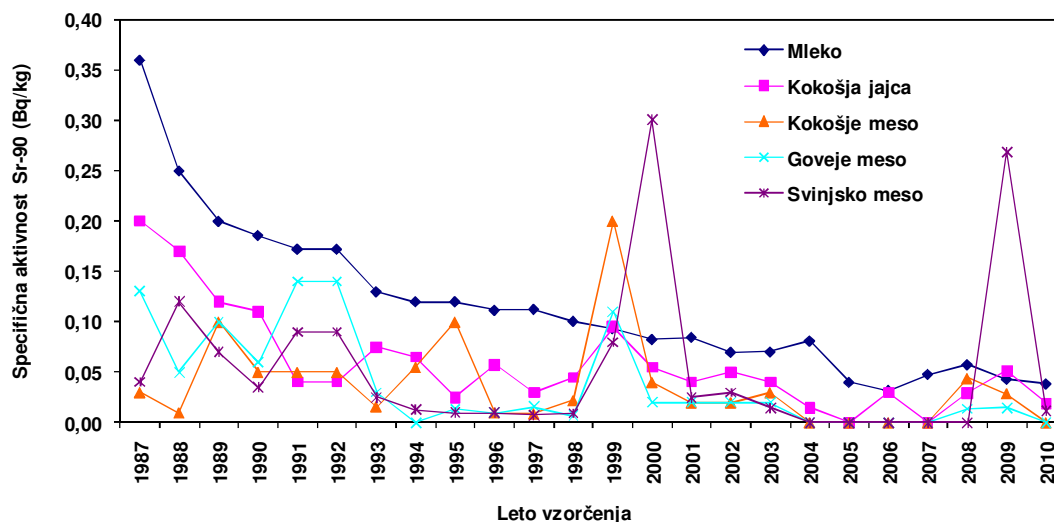
DISKUSIJA

Umetni radionuklidi

Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zmanjševanja. Tako je s slike 7.5 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od Černobilske 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 černobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred černobilsko nesrečo. Tudi za druga hranila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja vsebnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči (sliki 7.5 in 7.6). 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 zaradi povečane vsebnosti kalija in kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [43]. Poleg tega se koncentracija Cs-137 in Sr-90 v okolju manjša 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 po letih. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 svinjsko meso ni bilo vzorčeno.



Slika 7.6: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu po letih. V letih 2004–2007 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem in govejem 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.

Če primerjamo specifično aktivnost Cs-137 v mleku iz okolice NEK ($0,03 \pm 0,02$) Bq/kg, s specifičnimi aktivnostmi Cs-137 v vzorcih mleka drugod po Sloveniji opazimo, da je primerljiva s tisto v Ljubljani ($0,05 \pm 0,01$) Bq/kg in za razred velikosti manjša od tiste iz Kobarida ($0,13 \pm 0,02$) Bq/kg in Bohinjske Bistrice ($0,15 \pm 0,05$) Bq/kg (meritve ZVD), saj je bilo območje severno-zahodne Slovenije v času černobilske nesreče bolj kontaminirano od območja osrednje in vzhodne Slovenije. Specifična aktivnost Sr-90 v mleku iz okolice NEK ($0,038 \pm 0,002$) Bq/kg pa je primerljiva z vsebnostmi drugod po Sloveniji 0,035–0,072 Bq/kg.

Specifična aktivnosti Cs-137 v svinjskem mesu iz okolice NEK ($0,19 \pm 0,14$) Bq/kg je primerljiva s tisto v svinjskem mesu iz Bohinjske Bistrice ($0,22 \pm 0,01$) Bq/kg (meritve ZVD), medtem ko so vsebnosti Sr-90 v svinjskem mesu iz okolice NEK ($0,011 \pm 0,011$) Bq/kg za velikostni razred manjše od tiste v mesu iz Bohinjske Bistrice ($0,14 \pm 0,02$) Bq/kg (meritve ZVD).

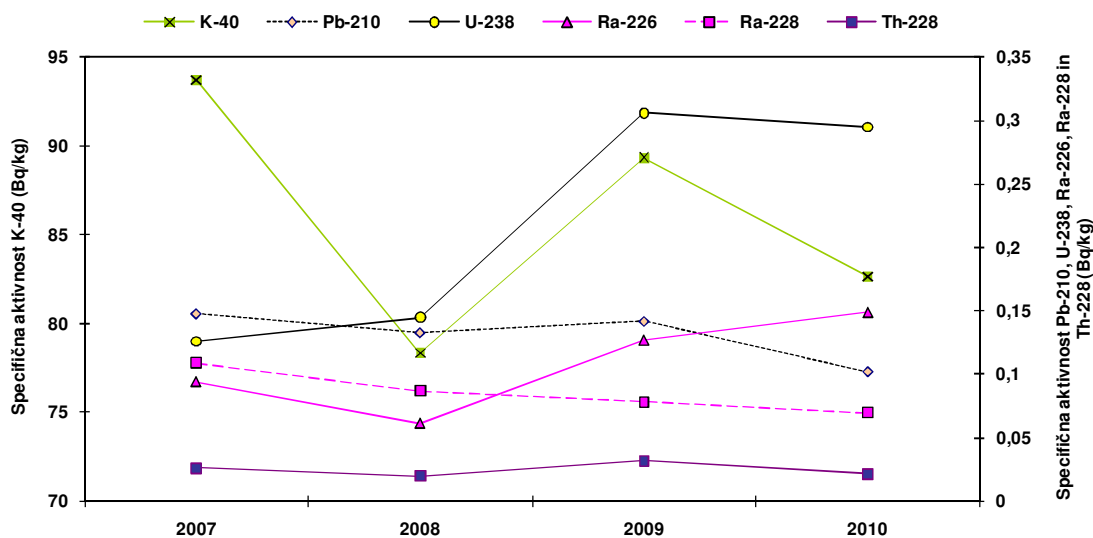
Vsebnosti Cs-137 v hrani rastlinskega izvora so primerljive s tistimi v hrani in krmi drugod po Sloveniji [46], saj so bile specifične aktivnosti Cs-137 v vzorcih pšenice, koruze, zelenjave in krmne mešanice pod mejo detekcije, vsebnosti Cs-137 v koruzni silaži so bile ($0,14 \pm 0,04$) Bq/kg, v senu iz okolice rudnika Žirovski Vrh pa ($4,8 \pm 0,4$) Bq/kg, pri čemer je treba upoštevati, da so vsebnosti izražene na svežo snov, v senu pa je vsebnost vode nizka. Tudi vsebnosti Sr-90 v hrani rastlinskega izvora iz okolice NEK so primerljive s tistimi v hrani in krmi drugod po Sloveniji, saj so bile v večini vzorcev nižje od 1 Bq/kg oz. pod mejo detekcije, najvišje pa so bile v vzorcih sena ($2,38 \pm 0,15$) Bq/kg in travne silaže ($4,61 \pm 0,32$) Bq/kg.

Naravni radionuklidi

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2010 so vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive z vsebnostmi v preteklih letih (slika 7.7), prav tako pa so primerljive z vsebnostmi naravnih radionuklidov, izmerjenih v letu 2010, v hrani drugod po Sloveniji (meritve ZVD) in v krmi [46].



Vsebnosti K-40 v koruzni silaži so bile od (99 ± 10) Bq/kg, vsebnosti v travni silaži in senu pa so bile višje, tudi do (670 ± 66) 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 senu iz okolice rudnika urana Žirovski Vrh $(5,9 \pm 4,0)$ Bq/kg, višje vsebnosti Ra-226 pa v vzorcu krmne mešanice s fosfati $(1,7 \pm 1,0)$ Bq/kg.



Slika 7.7: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani po letih

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 koruzi, ječmenu in jabolkih ter je bila v notranjem krogu NEK (237 ± 10) Bq/kg C, v zunanjem krogu NEK (237 ± 5) Bq/kg C, na kontrolni točki v Dobovi pa (234 ± 4) Bq/kg C. Vrednost, izmerjena v okolici NEK, je sicer za 1,1 % večja od vrednosti, izmerjene v Dobovi, vendar je znotraj okvira negotovosti meritve, ki je bila 2,2 %. Na podlagi rezultatov lahko tako sklenemo, da se vsebnosti C-14 v hrani rastlinskega izvora iz neposredne bližine NEK ne razlikujejo od tistih, izmerjenih na kontrolni točki v Dobovi. Pri tem pa je treba poudariti, da je bilo vzorčenje opravljeno pred remontom, ki je bil v letu 2010 od septembra do oktobra. V letu 2009, ko so bila vzorčenja opravljena po remontu, je razvidno, da so se vsebnosti C-14 v hrani rastlinskega izvora v notranjem krogu NEK povišale za 9 %, v zunanjem pa za 4 % glede na referenčno točko v Dobovi.

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, upoštevamo pa še letno porabo posamezne vrste hrane m_i , (glej postopek *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*):

$$E_{50-70, i} / \mu\text{Sv} = a_i f_i m_i \quad (10)$$



kjer sta a_i specifična aktivnost posameznega radionuklida in f_i ingestijski dozni pretvorbeni faktor radionuklida. 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 v tabeli 7.1 v poročilu *Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008* [47], ki temelji na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije [45].

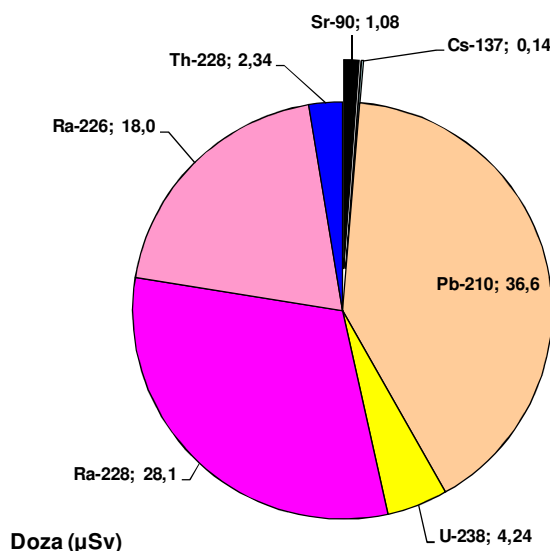
Ocenili smo, da je efektivna doza odrasle osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčene hrane za radionuklide Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2010 (91 ± 11) μSv , v letu 2009 je bila prejeta efektivna doza (80 ± 12) μSv , v letu 2008 pa (100 ± 38) μSv .

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2010, ki je bila (91 ± 11) μSv , so prikazani na sliki 7.8, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40, ki je bila v letu 2010 (177 ± 11) μSv .

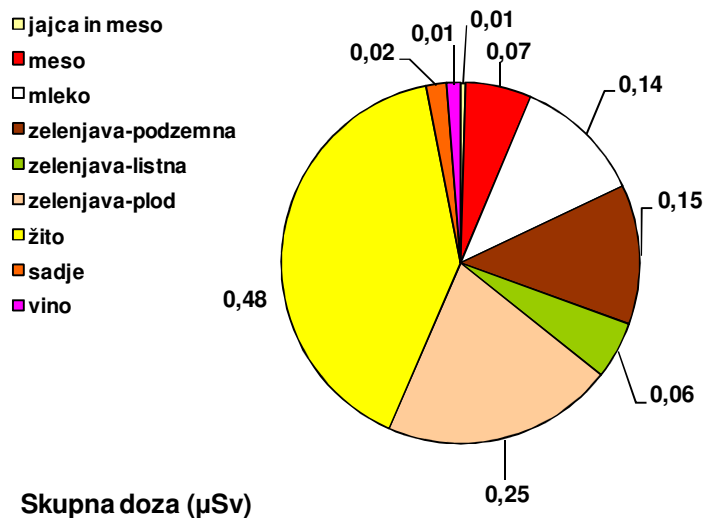
Skupna letna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 je bila v letu 2010 ($0,14 \pm 0,01$) μSv , skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Sr-90 pa je bila v letu 2010 ($1,08 \pm 0,08$) μSv . Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeto efektivno dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,15 % in 1,19 % (1,34 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (40 %) ter plodovkami (20,8 %) (slika 7.9).

Največji delež k skupni efektivni dozi zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 prispevajo naravni radionuklidi (98,7 %), to so Pb-210 (40,5 %), Ra-226 (19,9 %), Ra-228 (31,0 %), U-238 (4,7 %) in Th-228 (2,6 %).

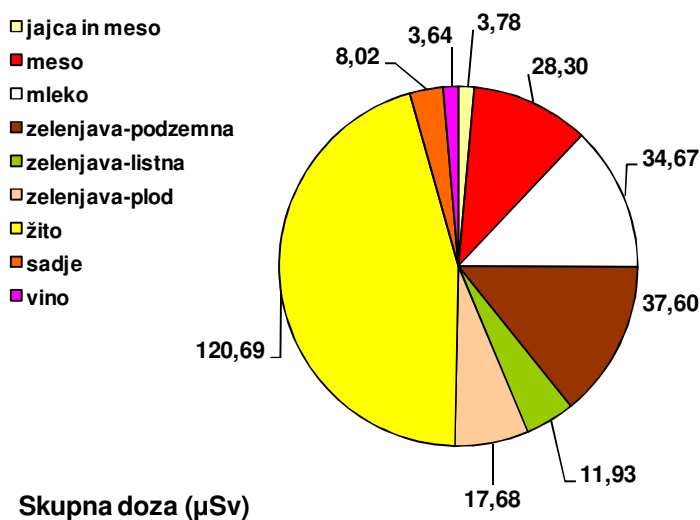
Največji delež je k celotni dozi (268 ± 22) μSv zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani z upoštevanjem K-40 prispevalo prehranjevanje z žiti (45,3 %), podzemno zelenjavo (14,1 %) ter mlekom (13,02 %) in govejim in svinjskim mesom (10,6 %) (slika 7.10). Deleži so primerljivi z deleži v letu 2009.



Slika 7.8: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi, izračunani za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane z radionuklidi v letu 2010. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane je bila v letu 2010 (91 ± 11) μSv .



Slika 7.9: 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 2010 ($1,22 \pm 0,09$) μSv.



Slika 7.10: Izračunane efektivne doze zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v različnih vrstah živil. Skupna efektivna doza, prejeta zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov v hrani, je bila v letu 2010 z upoštevanjem K-40 v hrani (267 ± 22) μSv, brez upoštevanja K-40 pa (91 ± 11) μSv.

Efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 je bila v letu 2010 ($36,6 \pm 4,3$) μSv, kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR (2000) [20]. K letni dozi zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 je največ prispevalo uživanje pšenice, mleka in svinjskega mesa. Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2010 ($4,24 \pm 0,25$) μSv. Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 in Ra-228 v hrani pa ($46,1 \pm 6$) 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 in primerljivo z vsebnostmi Ra-226 in Ra-228 v hrani drugod po Sloveniji. Efektivna doza zaradi vsebnosti Th-228 v hrani je bila ($2,34 \pm 0,1$) 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 [20] 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 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 2010 niso bili detektirane.

V izpustih NEK je 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 2010 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 [8]. V letu 2010 je bilo vzorčenje jabolk, koruze, ječmena in pšenice opravljeno v juliju, to je pred remontom (9. 10. 2010). Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila, tako v okolici NEK kot na kontrolni točki v Dobovi, ocenjena na 14,9 μSv , saj v vsebnosti C-14 v vzorčenih živilih v okolici NEK in Dobovi ni bilo razlik. V okviru merske negotovosti je doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu, pri čemer so upoštevane le meritve v prvi polovici leta.

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 2010 so bili 22 TBq, 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 2010 je bil $3,4 \text{ E}+04 \text{ Bq}$ za Cs-137 in $3,9 \text{ E}+03$ za Sr-90. V vzorcih jabolk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) so bile vsebnosti Cs-137 pod mejo detekcije, v vzorcih hrušk pa je bila aktivnost $(0,01 \pm 0,01) \text{ Bq/kg}$, kar je na meji detekcije. Vsebnosti Sr-90 so bile primerljive z vsebnostmi v drugih vzorčenih živilih. Zato ocenjujemo, da izpusti Cs-137 in Sr-90 iz NEK nimajo neposrednega vpliva na koncentracijo omenjenih radionuklidov v živilih.

SKLEPI

V letu 2010 je bilo opravljenih 30 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od junija do oktobra, odvzem mesa je bil v novembru in decembru, mleko pa je bilo vzorčeno mesečno.

Ocenili smo, da je bila efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z umetnimi in naravnimi radionuklidi, pridelane na krško-brežiškem polju v letu 2010, brez upoštevanja K-40 (91 ± 11) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (268 ± 22) μSv . Največji delež k skupni efektivni dozi zaradi kontaminacije hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (98,7 %), kot so Pb-210 (40,5 %), Ra-226 (19,9 %), Ra-228 (31,0 %), U-238 (4,7 %) in Th-232 (2,6 %). Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeta efektivno dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,15 % in 1,19 %, (1,3 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčijo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata.

Največji delež je k celotni dozi (268 ± 22) μSv , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani, z upoštevanjem K-40 prispevalo prehranjevanje z žiti (45,3 %), podzemno zelenjavo (14,1 %) ter mlekom (13,0 %) in mesom (10,6 %). Omenjeni rezultati se povezujejo z izmerjenimi relativno višjimi specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v omenjenih živilih (Pb-210 v pšenici) in z relativno večjo porabo kot v primeru pšenice. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 $(1,22 \pm 0,09)$ μSv so bila v letu 2010 žita (40,4%), plodovke (20,8%) in mleko (11,6%).



Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2010 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni efektivnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2010 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1,3-odstoten glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očitien prispevek Pb-210, $(36,6 \pm 4,3) \mu\text{Sv}$, ki pa je nasprotno od leta 2006, ko je bil ta prispevek nekajkrat večji, v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Meritve C-14 so bile v letu 2010 izvedene na vzorcih jabolk, ječmena in koruze na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih pa ne kažejo odmikov od vsebnosti C-14, izmerjenih v vzorcih s kontrolne točke v Dobovi.

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 nujno potrebno izvesti študijo o vsebnostih tritija v hrani in krmi.

REFERENCE

- [41] 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
- [42] F.W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research*, 94 (1983), 135–150
- [43] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. *Food and chemical Toxicology*, 46 (2008), 3448–3457
- [44] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of experimental Botany*, 51 (2000), 1635–1645
- [45] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [46] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme, zbranih v letu 2010, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10573, Ljubljana, oktober 2010
- [47] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, marec 2009, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161



8 MEDLABORATORIJSKE PRIMERJALNE MERITVE

POVZETEK

Ocenjeno je sodelovanje laboratorijev IJS, IRB in ZVD v mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah in preverjanjih usposobljenosti. Rezultate smo primerjali s podobnimi iz prejšnjih let, kar je omogočilo delno oceno teženj in morebitnih izboljšav. Tudi v letu 2010 je bilo sodelovanje vseh treh laboratorijev uspešno, pri čemer so bili z medlaboratorijskimi primerjavami obseženi skoraj vsi merjenci in tipi vzorcev, ki jih laboratoriji analizirajo v okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK. V primerjavi z letom 2009 so vsi trije laboratoriji povečali število sodelovanj, rezultati pa so bili enako dobri ali boljši od tistih iz prejšnjih let.

UVOD

Redno sodelovanje laboratorijev v medlaboratorijskih primerjavah je skupaj z notranjo kontrolo kvalitete najboljši pokazatelj tehnične usposobljenosti in laboratorijem omogoča, da pravočasno reagirajo na morebitne odmike rezultatov in težnje, ki se lahko pojavijo iz različnih vzrokov. Medlaboratorijske primerjave omogočajo tudi oceno medsebojne primerljivosti rezultatov sodelujočih laboratorijev, kar je še posebej pomembno pri aktivnostih, kot so nadzor ali ocenjevanje ekoloških vplivov, kjer sklepi temeljijo na rezultatih meritev, ki jih opravijo različni laboratoriji. To velja tako za globalne, regionalne ali lokalne primerjave. Redno sodelovanje laboratorijev v medlaboratorijskih primerjavah je tudi ena od zahtev standarda SIST EN ISO/IEC 17025, v skladu s katerim so akreditirani vsi sodelujoči laboratoriji, IJS, IRB in ZVD. Glede na leto 2009 so v letu 2010 vsi laboratoriji povečali število sodelovanj v medlaboratorijskih primerjavah, tako je IJS sodeloval pri 20, IRB pri 10 in ZVD pri 14 primerjavah. Vse primerjave so bile mednarodne, z njimi pa so laboratoriji obsegli večino merjencev in tipov vzorcev, ki jih sicer redno določajo v sklopu nadzora radioaktivnosti v okolici NEK.

OCENA REZULTATOV SODELOVANJA LABORATORIJEV PRI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITVAH IN PREVERJANJIH USPOSOBLJENOSTI LABORATORIJEV

Tabele z rezultati mednarodnih medlaboratorijskih primerjalnih meritev so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2010*, IJS-DP-10699, februar 2011.

V letu 2010 je Odsek F-2 (IJS) sodeloval pri preverjanju usposobljenosti laboratorijev, ki ga je organizirala Mednarodna agencija za atomsko energijo, IAEA-CU-2009-03 [54]. Razposlanih je bilo pet vzorcev, in sicer vzorec močvirske zemlje za določanje Sr-90, vzorec močvirske zemlje za določanje naravnih in umetnih radionuklidov ter trije vzorci vode s kontrolirano dodanimi radionuklidi. IAEA vrednoti rezultate v obliki u -preskusa, kjer se pri oceni upoštevata tako merilna negotovost izmerjenega rezultata in merilna negotovost pripisane vrednosti, pri čemer je u -preskus definiran kot:

$$u_{\text{preskus}} = \frac{|Value_{\text{IAEA}} - Value_{\text{Analyst}}|}{\sqrt{Unc_{\text{IAEA}}^2 + Unc_{\text{Analyst}}^2}} \quad (11)$$



Meje sprejemljivosti določi organizator vnaprej na osnovi podatkov o vzorcu in izkušnjah, pridobljenih pri podobnih predhodnih medlaboratorijskih primerjavah. V tem specifičnem primeru je rezultat sprejemljiv, če je $u < 2,58$. Z izjemo rezultatov določitve Bi-214 in Pb-214 v vzorcu močvirske zemlje so vsi IJS rezultati sprejemljivi. Dobri rezultati u -preskusa potrjujejo tudi ustrezno določitev merilne negotovosti za večino določenih radionuklidov.

Odsek F-2 (IJS) je tudi član mednarodne mreže laboratorijev IAEA za določanje radioaktivnosti v okolju (ALMERA). Redni preskusi usposobljenosti so sestavni del aktivnosti ALMERA. V letu 2010 je IAEA razposlala štiri vzorce aerosolnih filtrov s kontrolirano dodanimi sevalci gama [57]. F-2 je analiziral tri filtre in vsi podani rezultati so sprejemljivi. Pri oceni kvalitete rezultatov IJS je pomembno, da se vsi rezultati izredno dobro ujemajo s pripisanimi vrednostmi. Odmiki ležijo v vseh primerih znotraj območja $\pm 5 \%$ ali manj.

V letu 2010 je IAEA v okviru raziskovalnega projekta *Benchmarking Calibration for Low-Level Gamma Spectrometric Measurements* organizirala ciljan test usposobljenosti za določitev radionuklidov v morskem sedimentu [58]. Med desetimi sodelujočimi laboratoriji je bil tudi Odsek F-2 (IJS). Vzorec IAEA-385 je bil laboratorijem popolnoma nepoznan. IJS je podal rezultate za K-40, Cs-137, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, U-238 in Am-241. Rezultati so bili podani kot povprečje osmih neodvisnih meritev. Kot že omenjeno, je vzorec vseboval nizke aktivnosti naštetih radionuklidov in tako ni presenetljivo, da sta samo rezultata določitve Ra-228 in Th-228 v mejah sprejemljivosti. Vsi drugi rezultati so v opozorilni meji ali nesprejemljivi. Podrobnejša analiza rezultatov v tem trenutku ni smiselna, ker bo sestavni del sklepov raziskovalnega projekta. Ker so merilne negotovosti v drugi nizkih aktivnosti večje kot sicer, je tudi zelo pomembno, kakšna merila sprejemljivosti bo določila IAEA v okviru nadaljevanja tega študija.

V letu 2010 je Odsek O-2 (IJS) ponovno sodeloval pri medlaboratorijski primerjavi določitve radionuklidov v dveh vzorcih vode, ki jo je organiziral nemški državni urad za zaščito pred sevanjem (BfS, Bundesamt für Strahlenschutz) [59]. Znova sta bila pripravljena dva vzorca vode, in sicer umetno kontaminirana voda in "realna" voda. V obeh vzorcih je IJS določil H-3, Sr-89 in Sr-90. Podani so rezultati dveh neodvisnih meritev in njihovo povprečje. Organizator testa (BfS) ne ocenjuje uspešnosti sodelujočih laboratorijev. Naša primerjava povprečja s pripisanimi vrednostmi kaže na ujemanje med 4 % in 11 % in dobro ponovljivost posameznih meritev.

V letu 2010 je IRB sodeloval pri desetih testih usposobljenosti. V zadnjih šestih letih je to najvišje število in je pomemben korak naprej pri zagotavljanju kakovosti rezultatov IRB. Tudi pri IRB velja, da so bili s temi primerjavami zaobseženi praktično vsi merjenci in tipi vzorcev, ki jih IRB rutinsko analizira v okviru nadzora radioaktivnosti v okolju NEK.

Večino testov usposobljenosti s sodelovanjem IRB je organizirala Environmental Resource Associates (ERA) iz Združenih držav Amerike. Tako je v letu 2010 IRB sodeloval pri medlaboratorijskih primerjavah MRAD-12 [50], določitev radionuklidov v vzorcu zemlje, vegetacije in tritija v vodi. IRB je določil aktivnosti Ac-228, Am-241, Bi-214, Cs-134, Cs-137, Co-60, K-40, Sr-90, Th-234, U-238 in Zn-65. Vsi rezultati IRB so sprejemljivi in se zelo dobro ujemajo s pripisanimi vrednostmi, in sicer v mejah nekaj odstotkov. Večje odmake, a še vedno v sprejemljivih mejah, opazimo le pri določitvi Ac-228 ($-23,8 \%$) in Sr-90 (-12%). Tudi določitev H-3 v vodi je izredno točna, saj se rezultat sklada v okviru 1 %.

V nadaljevanju 2010 je IRB sodeloval tudi pri preskusu MRAD-13 [51], kjer je bilo preverjano merjenje celotne alfa in celotne beta aktivnosti v vodnih vzorcih. Tudi v tem primeru so bili rezultati IRB v mejah sprejemljivosti.

V aprilu 2010 je IRB sodeloval v mednarodni primerjalni meritvi RAD-81 [52], pri čemer je bila določena aktivnost naslednjih radionuklidov: Ba-133, Cs-134, Cs-137, Co-60, Zn-65, Sr-89 in Sr-90 v vzorcih vode. Vsi rezultati so bili sprejemljivi in tudi odmik od pripisane vrednosti je bil v mejah samo nekaj odstotkov. Določitev Sr-89 in Sr-90 je bila opravljena z dvema metodama – z meritvijo s proporcionalnim števcem in s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC). Poudariti je treba, da so



rezultati povsem primerljivi.

IRB je z obema metodama določanja Sr-89 in Sr-90 sodeloval tudi pri medlaboratorijski primerjavi Cross Check Program, ki jo je leta 2010 organiziral Eckert & Ziegler Analytics iz ZDA [53]. IRB je v vzorcih vodne raztopine s kontrolirano dodanimi radionuklidi določil Sr-89, Sr-90, H-3 in Fe-55. Vsi rezultati IRB so v skladu s pripisanimi vrednostmi, in sicer v območju nekaj odstotkov. Tudi določitev Fe-55 je bila sprejemljiva, pri čemer pa je bil rezultat IRB za 14 % nižji od pripisane vrednosti.

Primerjava rezultatov podobnih preskusov zadnjih treh let kaže na stalno izboljšavo meritev IRB. Kot smo že omenili, je z izjemo Ac-228, kjer je odmike (−23,8 %), praktično enakega velikostnega reda kot v letih 2009 (17 %) in 2008 (−19,7 %), so vsi rezultati za Am-241, Bi-214, Cs-134, Cs-137, Sr-90, Th-234, U-238, Zn-65, H-3 in Fe-55 sedaj izboljšani in potrjujejo visoko kvaliteto meritev IRB. V primeru določitve celotne aktivnosti alfa in beta lahko priporočamo, da se odmike pri določitvi celotne aktivnosti alfa (−24 %) in pri določitvi celotne aktivnosti beta (−18 %) preučijo in v prihodnje morebiti še izboljšajo.

ZVD je v letu 2009 sodeloval pri medlaboratorijski primerjavi določitve radionuklidov v vzorcih vodne raztopine in peska, ki jo je organiziral NPL [48]. ZVD je v umetno kontaminiranem pesku določil aktivnosti Sr-90, Ba-133, Cs-134, Cs-137 in Eu-152, v vodni raztopini pa Sr-89, Sr-90 ter sevalce gama nizkih aktivnosti Co-60, Zn-65, Sr-85, Sb-125, Ba-133, Cs-134, Cs-137 in Eu-152. Ker so rezultati vrednoteni v obliki ζ-preskusa, kjer se upoštevajo merilne negotovosti pripisane vrednosti in podanega rezultata, iz dosegljivih podatkov ni lahko oceniti kvalitete rezultatov. Kljub temu pa je razvidno, da ima ZVD nekaj težav pri določitvi Sr-89 in Sr-90 tako v vodni raztopini kakor tudi v kontaminiranem pesku. Kot bo razvidno v nadaljevanju, so rezultati ZVD določitve Sr-90 pri vseh drugih medlaboratorijskih primerjavah sprejemljivi, vendar z največjim odklonom med vsemi določenimi radionuklidi. Ta podatek opozarja na dejstvo, da mora ZVD svoje določitve Sr-89 in Sr-90 pregledati in poskušati čim bolj zmanjšati razloge za odmike.

ZVD je v letu 2010, podobno kot IRB, sodeloval pri medlaboratorijskih primerjavah, ki jih je organizirala Environmental Resource Associates (ERA) iz ZDA. ZVD je sodeloval v študiji MRAD-13 [51], in sicer pri določitvi radionuklidov v vzorcih zemlje, vegetacije in zračnih filtrov. Vsi rezultati se ujemajo s pripisanimi vrednostmi, in to večinoma v mejah 10 % ali boljše. Izjeme, čeprav v mejah sprejemljivosti, so bile le pri Bi-212 (−20 %), Sr-90 (−14 % oziroma −21%), in U-238 (−20 % oziroma −12 %).

ZVD je istočasno z IJS v letu 2010 sodeloval pri medlaboratorijski primerjavi IAEA-CU-2009-03 [56], ki jo je organizirala Mednarodna agencija za atomsko energijo (IAEA). V vzorcu močvirske zemlje in umetno kontaminiranih vod je ZVD določil Sr-90, Ac-228, Am-241, Bi-214, Cs-137, K-40, Pb-210, Pb-212, Pb-214, Ra-226, Th-234, Tl-208, Co-57, Co-60, Cs-134, Cs-137 in Eu-152. Pri določitvi Pb-210 v močvirski zemlji ter Co-57, Co-60 in Eu-152 v vodni raztopini je bilo podano opozorilo, vsi drugi rezultati pa so bili sprejemljivi, in sicer z relativno majhnim odklonom od pripisanih vrednosti. Kot smo že omenili pri oceni rezultatov IJS, se pri tem vrednotenju upošteva tudi merilna negotovost, kar pomeni, da sprejemljivost rezultatov istočasno potrjuje tudi ustrezno določitev le-te.

V letu 2010 je ZVD znova sodeloval pri medlaboratorijskih primerjavah, ki jih je organiziral nemški državni urad za zaščito pred sevanjem (BfS, Bundesamt für Strahlenschutz), in sicer pri primerjavi "Ringversuch 3/2009" [60], določitev radionuklidov v vzorcu vode, in "Fortluft 2009" [61], določitev sevalcev gama v aerosolnem filtru. V vzorcu vode je ZVD v dveh neodvisnih meritvah določil aktivnosti K-40, Co-60, Y-88, Cd-109, Cs-137, Ba-133 in Am-241, v aerosolnem filtru pa Co-57, Co-60, Zr-95 in Nb-95. Vsi rezultati se dobro ujemajo s pripisanimi vrednostmi, pa tudi neodvisne meritve so med seboj dobro primerljive. Meritve radionuklidov v aerosolnem filtru je ZVD v letu 2010 dopolnil še s sodelovanjem v medlaboratorijski primerjavi 97 AS 300 [62], ki jo je organizirala francoska Environmental and Emergency Operations Division (DEI). ZVD je izmeril aktivnosti Cs-137, Co-60 in Sr-90. Rezultata določitve aktivnosti Cs-137 in Co-60 se ujemata s pripisanimi vrednostmi v mejah 1 %, rezultat določitve Sr-90 pa je približno 10 % nižji.



DISKUSIJA

V primerjavi z letom 2009 so vsi trije laboratorji (IJS, IRB in ZVD) povečali število sodelovanj v mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah, kar prikazuje tabela 8.1. Predvsem IRB in ZVD sta skoraj podvojila svoje sodelovanje in to kljub temu, da so bile domače primerjave v letu 2009 ukinjene. V medlaboratorijskih primerjavah so bili zaobseženi praktično vsi rutinsko določeni merjenci in tipi vzorcev. Ker sta z IJS sodelovala dva odseka (O-2 in F-2), je število sodelovanj posameznih laboratorijev v mednarodnih preskusih usposobljenosti dokaj primerljivo in ocenjeno kot ustrezno.

Tabela 8.1: Sodelovanje pooblaščenih organizacij pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjalnih meritvah glede na vrsto vzorca in seštevek vseh sodelovanj za obdobje od 2005 do 2010

Tip vzorca	SO DELUJO ČA ORGANIZACIJA		
	IJS	IRB	ZVD
ZRAK/FILTRI	4	-	3
VODA	11	8	6
VEGETACIJA	-	1	1
ZEMLJA	2	1	3
PESEK	2	-	1
MORSKI SEDIMENT	1	-	-
Σ 2010	20	10	14
Σ 2009	18	6	6
Σ 2008	17	5	8
Σ 2007	42	7	8
Σ 2006	22	3	5
Σ 2005	22	3	3

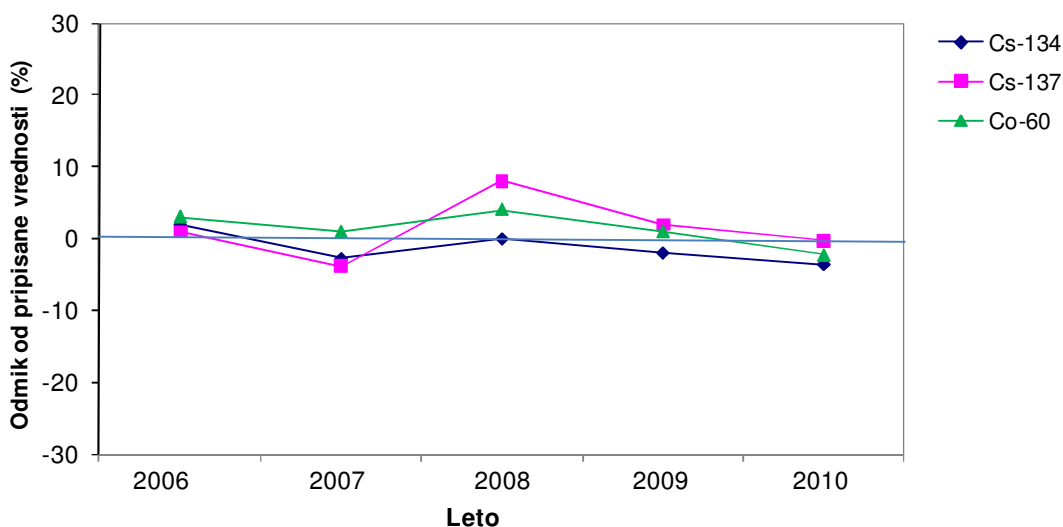
V letu 2010 je IJS sodeloval pri 20 medlaboratorijskih primerjavah. Med njimi je pomemben delež organiziral National Physics Institute (NPL) iz Velike Britanije. V okviru Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2009 in 2010 sta z IJS sodelovala Odsek za znanosti o okolju (O-2) [48] in Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2) [49]. IJS je analiziral osem vzorcev, od tega šest vzorcev vode, kontaminirane z radioaktivnimi izotopi, in dva vzorca peska. Vsi vzorci so bili laboratorijsko pripravljene na način, da so simulirali mogoče realne vzorce pri nadzoru radioaktivnosti v okolici nuklearnih objektov. IJS je tako analiziral vzorec vodne raztopine, ki je vsebovala sevalce alfa in beta nizkih aktivnosti (do nekaj Bq/g), vzorce vodne raztopine, ki je vsebovala tritij, ter dve vodni raztopini, od katerih je ena vsebovala nizke (nekaj Bq/kg), druga pa visoke (nekaj Bq/g) aktivnosti sevalcev gama. En laboratorijsko pripravljen vzorec peska je vseboval Sr-90, drugi pa sevalce gama. NPL je rezultate vrednotil kot relativni odklon od pripisane vrednosti in kot ζ -preskus, pri katerem sta upoštevani merilna negotovost pripisane vrednosti in tudi rezultata IJS. Ker maksimalne (oziroma priporočene) merilne negotovosti niso določene, je na splošno težko oceniti kvaliteto podanih rezultatov. Vsekakor je po oceni NPL večina rezultatov IJS sprejemljivih, dvomljiva sta le rezultata Odseka O-2 za določitev H-3 in Sr-89 ter rezultat Odseka F-2 za določitev Fe-55 v vzorcu B2 (kontaminirana voda). Razlogov za odklone iz razpoložljivih podatkov ne moremo določiti, jih pa bo moral IJS ustrezno raziskati. Sicer pa nam primerjava rezultatov Odseka F-2 na sliki 8.1 pri določanju Cs-134, Cs-137 in Co-60 v vodnih vzorcih v zadnjih petih let pokaže izredno



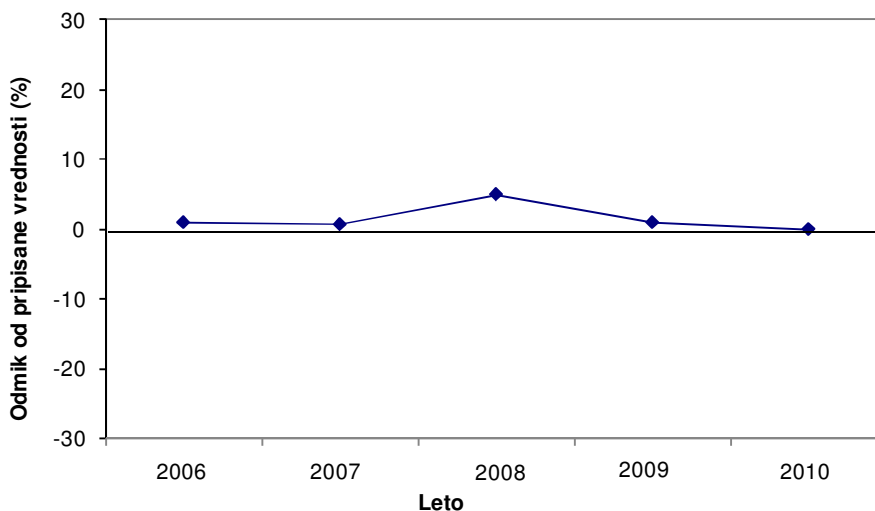
dobro dolgoročno ponovljivost meritev IJS. Vsi rezultati ležijo v mejah +10 % in -5 %. Pri tem so rezultati zadnjih dveh let za vse tri radionuklide v okviru ± 3 %.

Izredno dobra dolgoročna ponovljivost rezultatov meritev je tudi pri določitvi H-3 na Odseku F-2 v vodnih vzorcih (pri aktivnostih H-3 med 500 Bq/L in 1000 Bq/L), kjer ležijo vsi rezultati v zadnjih petih letih v območju ± 3 % oziroma so še boljši (slika 8.2). Istočasno rezultati ζ -preskusa potrjujejo, da so merilne negotovosti pri določitvi H-3 ustrezno določene.

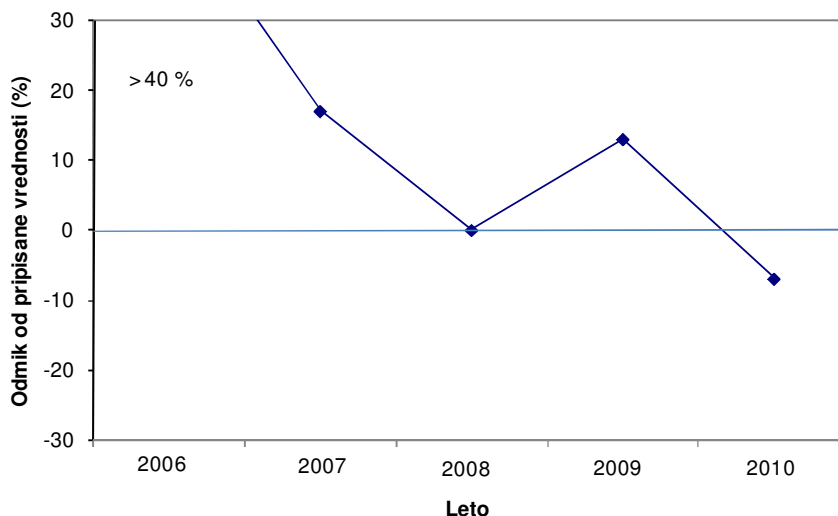
V letu 2010 je IRB sodeloval pri desetih testih usposobljenosti, kar je v zadnjih šestih letih najvišje število in je pomemben korak naprej pri zagotavljanju kakovosti rezultatov. Na sliki 8.3 prikazujemo interkomparacijske rezultate meritev za Sr-90 v vodnih vzorcih od 2006 do 2010. Izboljšava kvalitete rezultatov je opazna, saj so rezultati interkomparacijskih meritev v intervalu ± 40 %.



Slika 8.1: Primerjava rezultatov Odseka F-2 (IJS) v zadnjih petih letih pri določitvi nekaterih radionuklidov v vodnih vzorcih (meje sprejemljivosti so ± 40 %)

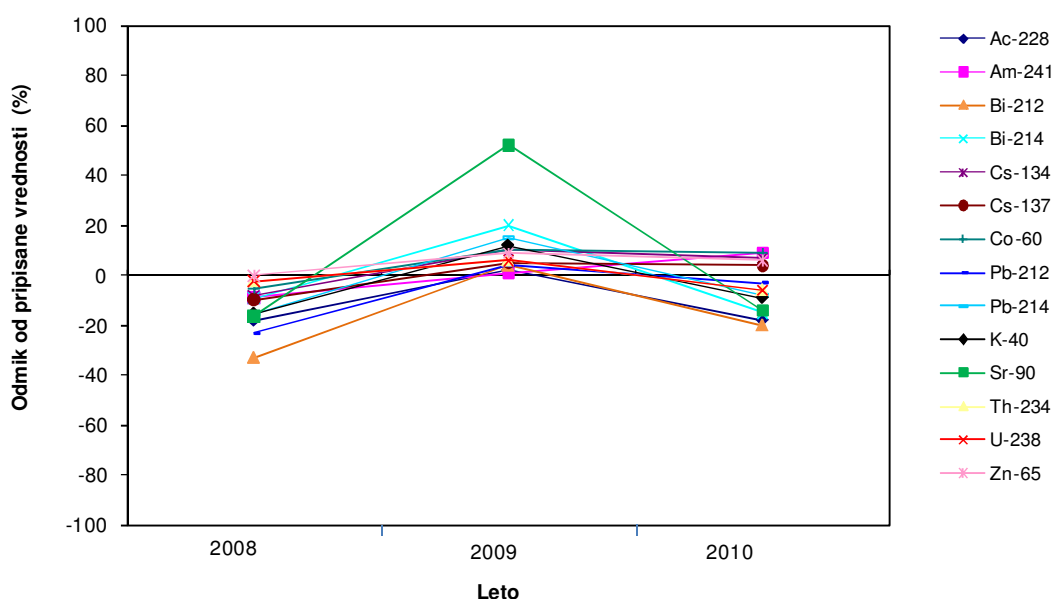


Slika 8.2: Primerjava rezultatov Odseka F-2 (IJS) v zadnjih petih letih pri določitvi H-3 v vodnih vzorcih



Slika 8.3: Primerjava rezultatov IRB v zadnjih petih letih pri določitvi Sr-90 v vodnih vzorcih. Izboljšava kvalitete rezultatov je očitna, pri čemer so meje sprejemljivosti v območju $\pm 40\%$.

Tudi ZVD je v letu 2010 v primerjavi s prejšnjimi leti (od 2005 do 2010) sodeloval pri doslej najvišjem številu medlaboratorijskih primerjav, in sicer 14. Enako kot za IJS in IRB velja tudi za ZVD, da so bili pri teh primerjavah zaobseženi praktično vsi radionuklidi in vrste vzorcev, ki jih ZVD rutinsko določa v sklopu nadzora radioaktivnosti v okolici NEK. Na tem mestu je zanimiva primerjava določitve radionuklidov Ac-228, Am-241, Bi-212, Bi-214, Cs-134, Cs-137, Co-60, Pb-212, Pb-214, K-40, Sr-90, Th-234, U-238 in Zn-65 v zadnjih treh letih (od 2008 do 2010), kar prikazujemo na sliki 8.4. Z izjemo enega samega rezultata določitve Sr-90 v letu 2009, ki se je odmikal za 52 %, so vsi rezultati v celotnem obdobju dobro ponovljivi in v veliki večini v območju $\pm 10\%$. Ker so meje sprejemljivosti postavljene približno na vrednosti $\pm 40\%$, so to izredno dobri rezultati, njihova dolgoročna primerljivost pa potrjuje kvaliteto meritev ZVD.



Slika 8.4: Primerjava rezultatov ZVD v zadnjih treh letih pri meritvah aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje, pri čemer so meje sprejemljivost v območju $\pm 40\%$.



SKLEPI

Sodelovanje laboratorijev IJS, IRB in ZVD pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah v letu 2010 lahko ocenimo kot izredno uspešno. Predvsem IRB in ZVD sta močno povečala sodelovanje in istočasno s odličnimi rezultati potrdila svojo strokovno usposobljenost. Pri IJS je bila ta z večjim številom sodelovanj že v prejšnjih letih potrjena. Iz letošnjih rezultatov in iz primerjave rezultatov v zadnjih petih letih pa je razvidno, da morata IJS (Odsek O-2) in ZVD največ pozornosti nameniti kvaliteti določitve Sr-89 in Sr-90, kjer so opaženi največji in stalni odmiki rezultatov od pripisanih vrednosti.

Število sodelovanj vseh laboratorijev v medlaboratorijskih primerjavah je uravnoteženo in z izborom medlaboratorijskih primerjav, v katerih sodelujejo, laboratoriji obsegajo praktično vse merjence in vrste vzorcev, ki jih rutinsko analizirajo. Še enkrat se potrjuje, da je bila ukinitvev domačih medlaboratorijskih primerjav smiselna, ker rezultati niso opravičili vloženega truda za pripravo vzorcev in sodelovanje pri analizah.

REFERENCE

- [48] NPL REPORT IR 21, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2009, A. Harms and C. Gilligan, avgust 2010
- [49] Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2010, preliminarne referenčne vrednosti poslane po elektronski pošti, NPL Radioactivity, Chris Gilligan, 31. 1. 2011
- [50] Study MRAD-12, Final Report, MRaDTM Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 06/04/10, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, junij 2010
- [51] Study MRAD-13, Final Report, MRaDTM Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 12/06/10, ERA Customer Number: Z495414 (za ZVD) in R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, december 2010
- [52] Study RAD-81, Final Report, MRaDTM Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 05/26/10, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, maj 2010
- [53] Results of Radiochemistry Cross Check Program, "Ruđer Bošković" Institute, Second Quarter 2010, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, avgust 2010
- [54] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 238 (IJS, Odsek F-2), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhshiro, Seibersdorf, junij 2010
- [55] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 236 (IJS, Odsek O-2), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhshiro, Seibersdorf, junij 2010
- [56] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 237 (ZVD), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhshiro, Seibersdorf, januar 2011
- [57] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 30 (IJS), on the IAEA-CU-2009-04 ALMERA proficiency test on the determination of gamma emitting radionuclides on simulated air filters, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhshiro, Seibersdorf, november 2009;
Final report IAEA/AQ/16, ALMERA Proficiency Test: Determination of Gamma Emitting Radionuclides in Simulated Air Filters, IAEA-CU-2009-04, IAEA, julij 2010
- [58] IAEA-CRP1471-01 Proficiency Test Determination of Radionuclides in Sediment Samples, IAEA/AQ/xxx, preliminarno poročilo, Mai Khanh Pham, Iolanda Osvath and Hartmut Nies, IAEA, oktober 2010



- [59] Ringversuch 1/2009, Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasser, SW 1-1/2010, H. Viertel, A. Guttermann, K. Schmidt, I. Winterfeldt, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, marec 2010
- [60] Ringversuch 3/2009 (Vergleichsmessungen), Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasser, SW 1-2/2010, H. Viertel, A. Guttermann, K. Schmidt, I. Winterfeldt, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, marec 2010
- [61] Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft), 32. Ringversuch "Fortluft 2010", SW 1.4-09/2010, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, november 2010
- [62] IRSN/DEI/STEME 20101-05 Report, Results of the proficiency test 97 AS 300, Gross beta, gamma emitters and ⁹⁰Sr activity measurement in an aerosol filter, IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Environmental and Emergency Operations Division, maj 2010



9 PREGLED REFERENC

- [1] Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško (Poročilo za leto 2009), Ljubljana, marec 2010, interna oznaka 7/2010, ISBN 978-961-264-016-3
- [2] 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
- [3] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306)
- [4] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [5] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2010, IJS-DP-10676 (2011)
- [6] 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
- [7] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)
- [8] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [9] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [10] F. Palcsu, E. Svingor, Z. Szanto et al., Isotopic composition of precipitation in Hungary in the last three years, Ger. Inst. Erdwissenschaften K.-F.-Univ. Graz, Bd. 8, ISSN 1608-8166, Gradec, 2004
- [11] International Atomic Energy Agency, Isotopic composition of precipitation in the Mediterranean Basin in relation to air circulation patterns and climate, IAEA-TECDOC-1453, Dunaj, 2005
- [12] Stamoulis K., Ioannides K., Kassomenos P. et al., Tritium concentrations in rainwater samples in northwestern Greece, Fusion Science and Technology, 48 (2005), 1, 512–515
- [13] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations, Journal of Hydrology, 330 (2006), 457–469
- [14] Z. Szanto, E. Svingor, I. Futo et al., A Hydrochemical and isotopic case study around a near surface radioactive waste disposal, Radiochimica Acta 95 (2007), 1, 55–65
- [15] 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
- [16] 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
- [17] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2010
- [18] Poročila ZVD Zavoda za varstvo pri delu o meritvah radioaktivnosti št. LMSAR-30/2010-MG, LMSAR-83/2010-MG, LMSAR-115/2010-MG in LMSAR-10/2011-MG
- [19] Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003, Radiation Protection 143, European Commission, Bruselj, 2005
- [20] 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
- [21] 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
- [22] B. Obelić, Izveštaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2010, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 3. 3. 2010



- [23] B. Obelić, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2011, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 10. 2. 2011
- [24] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
(<http://www.hsk.psi.ch/english/files/pdf/annual-report1995.pdf>)
- [25] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [26] PC program: Radiological Assessment System for Consequence Analysis RASCAL 3.0.3, NRC, June 2002
- [27] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, Radiation Protection 72, European Commission, Report EUR 15760 EN, 1995
- [28] 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
- [29] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, Radiat. Prot. Dosim., 106 (2003), 253–256
- [30] S. J. Melles, G. B. M. Heuvelink, C. J. W. Twenhöfel and U. Stöhlker, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5072/2008, (2008), 444–458, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_33
- [31] M. S. Al-Masri, Y. Amin, M. Hassan, S. Ibrahim, H. S. Khalili, Journal of Radionanalytical and Nuclear Chemistry, 267 (2006), 2, 337–343
- [32] K. Saito, P. Jacob, Radiat. Protect. Dosim., 58 (1995), 29–45
- [33] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Health physics, 75 (1998), 165
- [34] U. Stoelhlker, M. Bleher, T. Szegvavry, F. Conen, Radioprotection, 44 (2009), 5, 777–784
- [35] M. A. P. V. de Moraes, T. F. L. Daltro, Radiat. Protect. Dosim., 87 (2000), 3, 207–211
- [36] J. T. Zerquera, M. P. Alonso, O. B. Flores, A. H. Perez, Radiat. Prot. Dosim., 95 (2001), 1, 49–52
- [37] Obsevanost prebivalcev Slovenije za leto 2008 (LMSAR-20090029-MG), marec 2009
- [38] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, Health Physics, 75 (1998), 2
- [39] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, Environ. Sci. Technol., 34 (2000), 3895–3899
- [40] Benjamin Zorko et al., Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Institut "Jožef Stefan", 2010
- [41] 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
- [42] F.W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. Radiation research, 94 (1983), 135–150
- [43] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. Food and chemical Toxicology, 46 (2008), 3448–3457
- [44] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. Journal of experimental Botany, 51 (2000), 1635–1645
- [45] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [46] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme, zbranih v letu 2010, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10573, Ljubljana, oktober 2010
- [47] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, marec 2009, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161
- [48] NPL REPORT IR 21, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2009, A. Harms and C. Gilligan, avgust 2010
- [49] Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2010, preliminarne referenčne vrednosti poslani po elektronski pošti, NPL Radioactivity, Chris Gilligan, 31. 1. 2011
- [50] Study MRAD-12, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 06/04/10, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, junij 2010



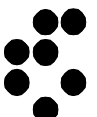
- [51] Study MRAD-13, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 12/06/10, ERA Customer Number: Z495414 (za ZVD) in R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, december 2010
- [52] Study RAD-81, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 05/26/10, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, maj 2010
- [53] Results of Radiochemistry Cross Check Program, "Ruđer Bošković" Institute, Second Quarter 2010, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, avgust 2010
- [54] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 238 (IJS, Odsek F-2), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shkhashiro, Seibersdorf, junij 2010
- [55] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 236 (IJS, Odsek O-2), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shkhashiro, Seibersdorf, junij 2010
- [56] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 237 (ZVD), on the IAEA-CU-2009-03 World-wide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shkhashiro, Seibersdorf, januar 2011
- [57] Individual Evaluation Report for Laboratory No. 30 (IJS), on the IAEA-CU-2009-04 ALMERA proficiency test on the determination of gamma emitting radionuclides on simulated air filters, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shkhashiro, Seibersdorf, november 2009
Final report IAEA/AQ/16, ALMERA Proficiency Test: Determination of Gamma Emitting Radionuclides in Simulated Air Filters, IAEA-CU-2009-04, IAEA, julij 2010
- [58] IAEA-CRP1471-01 Proficiency Test Determination of Radionuclides in Sediment Samples, IAEA/AQ/xxx, preliminarno poročilo, Mai Khanh Pham, Iolanda Osvath and Hartmut Nies, IAEA, oktober 2010
- [59] Ringversuch 1/2009, Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasser, SW 1-1/2010, H. Viertel, A. Guttermann, K. Schmidt, I. Winterfeldt, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, marec 2010
- [60] Ringversuch 3/2009 (Vergleichsmessungen), Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasser, SW 1-2/2010, H. Viertel, A. Guttermann, K. Schmidt, I. Winterfeldt, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, marec 2010
- [61] Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft), 32. Ringversuch "Fortluft 2010", SW 1.4-09/2010, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, november 2010
- [62] IRSN/DEI/STEME 20101-05 Report, Results of the proficiency test 97 AS 300, Gross beta, gamma emitters and ⁹⁰Sr activity measurement in an aerosol filter, IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Environmental and Emergency Operations Division, maj 2010



IJS delovno poročilo
IJS-DP-10699
februar 2011

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

POROČILO ZA LETO 2010





- 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-3439 z dne 1. 2. 2008 (za IJS)
POG-3440 z dne 21. 12. 2007 (za ZVD)
POG-DNU-1000 z dne 27. 12. 2007 (za IRB)
- Odgovorni nosilec:* doc. dr. M. Lipoglavšek
- Naslov poročila:* Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2010
- 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, P. Maver Modec, dipl. inž. fiz., dr. M. Nečemer, 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:
R. Ban, dipl. inž., dr. J. Barešić, dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvantičič, T. Kardum, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušić, I. Lovrenčić, dr. B. Obelić, I. Panjkret, A. Rajtarić, dr. F. Ranogajec, dr. M. Rožmarić -Mačefat, dr. Ž. Knežević, mag. B. Vekić
- Štev. del. poročila:* IJS-DP-10699

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 2010

IJS-DP-10699
februar 2011

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 2010. Osnova za izvajanje obratovalnega monitoringa 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, 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. 0, poglavje 3.12, strani 43–60.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2010

IJS-DP-10699
February 2011

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 2010 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, Radiological monitoring in the environment of the Krško NPP for years 2008, 2009 and 2010 in Republic of Slovenia, NEK, TO.RZ, 15/2007, 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: doc. dr. Matej Lipoglavšek

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2)

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

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2)

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 (IRB - ZIMO):

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

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

dr. B. Obelić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. N. Horvantičić, dr. J. Barešić, A. Rajtarić

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

mag. B. Vekić, dr. F. Ranogajec, R. Ban, 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.



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2010

Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora 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 2008, 2009 in 2010 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 15/2007, 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 2010

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 protitočno od NEK	voda+susp.snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice – 7,8 km sotočno od NEK	voda+susp.snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
	3. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km sotočno od NEK	voda+susp.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+susp.snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4
	2. Brežice	voda+susp.snov filtrski ostanek		1-krat na 92 dni	4
		1-krat na 31 dni		12	
3. Jesenice na Dolenjskem	voda+susp.snov filtrski ostanek	1-krat na 92 dni	4		
1-krat na 31 dni	12				
1-krat na 92 dni	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 protitočno 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, sotočno od NEK, levi breg	voda + suspendirana snov	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)		36
	3. Obala pri Jesenicah, 17,5 km sotočno od NEK, desni breg	ribe			
Dodatno H-3 v vodi	4. Podsused	vodni destilat	1-krat na 182 dni		12

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)				



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	sestavljene 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 ogle 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) 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 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



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 - 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 s TL dozimetri na petih do 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 2. Trnje (Kusova Vrbina), ZR = 8,5 km, poplavno področje, borovina 3. Gmajnice (Vihre) ZR = 2,6 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 × (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

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 2010

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

($1 \text{ Bq/m}^3 = 1\text{E-3 Bq/kg} = 1\text{E-3 Bq/L}$).

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 filterski 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 pogojih).

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 ppmV , $100 \text{ pMC} = 46 \text{ E-3 Bq/m}^3$



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
lantan	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 spektrometrom 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 3000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm [v]. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med $0,005 \text{ s}^{-1}$ in $50\,000 \text{ s}^{-1}$.

Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo [v].

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 [v].

Celovito poročilo o vseh meritvah, opravljenih v okviru pogodbe POG-3439 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 13/2011. 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. 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), IJS, Ljubljana
- [iii] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [iv] *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 02, oktober 2003, IJS, Ljubljana
- [v] *PRILOGA K AKREDITACIJSKI LISTINI, Annex to the Accreditation Certificate, št./no. LP-022, Slovenska akreditacija, 2. 4. 2007 in 25. 10. 2008*


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 1000 m³.

Komentar:

Tabelirane spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % dosegamo:

- z detektorji (spektrometri), ki ustrezajo pogojem, navedenim v [i];
- z vzorci iz navadnega nekontaminiranega materiala; velike koncentracije posameznih radionuklidov dvignejo (poslabšajo) detekcijsko mejo za radionuklide, katerih karakteristične črte ležijo v območju comptonskega praga intenzivnih črt v odvisnosti od vrste detektorja;
- ob predpostavki, da je čas zakasnitve t_n med časom vzorčevanja (postavljenim v sredo vzorčevalnega intervala) in časom meritve pri zraku 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) bazira na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [vi]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. 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) [vii] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [viii], izračun merilne negotovosti je opisan v [vii, xii].

Reference:

- [vi] 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
- [vii] *Določanje stroncija z beta štetjem*, SDN-O2-STC(01), 4. izdaja, dec. 2009
- [viii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 2. izdaja, sep. 2008
- [ix] *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS-DP-9893, maj 2008
- [x] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xi] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2010*, IJS-DP-10659, februar 2011
- [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– xx]. 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), 3 izdaja, mar. 2009
- [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-DP-9890, 2008
- [xvii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xviii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2010*, IJS-DP-10659, februar 2011
- [xix] *HASL-300*, Procedure Manual, November 1990
- [xx] 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 tekočinskoscintilacijskim štetjem.

Vzorci najprej destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjenje, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06* 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:

- [xxi] *Umeritvene krivulje za tekočinskoscintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 00, jan. 2008, IJS, Ljubljana
- [xxii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 02 (avg. 2009), IJS, Ljubljana
- [xxiii] *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 [xxiv– xxviii]. 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 z instrumentom 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:

- [xxiv] Woo H. J., Chun S. K., Cho S. Y., Kim Y. S., Kang D. W., Kim E. H., *Optimization of liquid scintillation counting techniques for the determination of carbon-14 in environmental samples*, Radionucl. Cem. 239, (1999), 3, 649–655
- [xxv] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements* (2004)
- [xxvi] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 3. izdaja, marec, 2009
- [xxvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [xxviii] *Poročilo o validaciji metode za določanje ^{14}C v bazični raztopini*, IJS-DP-9892, april 2008
- [xxix] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xxx] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2010*, IJS-DP-10659, februar 2011

f) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMetriJA (Odsek F-2)

Merilni sistem MR 200 (C) z računalnikom, pečica za brisanje tablet, vsebnik za shranjevanje tablet, jeklenka z dušikom in veliko število dozimetrom tvorijo celovit sistem za termoluminiscenčno dozimetrijo, ki omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje absolutnih doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Dozimetre sestavljajo tablete $\text{CaF}_2\cdot\text{Mn}$ z odličnimi odzivnimi lastnostmi, saj lahko merimo zelo nizke doze (pod $20\ \mu\text{Sv}$).

Meritve zunanje doze so bile opravljene po postopku, opisanem v *TLD-DN-02* [xxxvi].

Karakteristike merilnih sistemov MR 200 (C) so pregledno zbrane v diplomskem delu D. Jezerška [xxxii] ter IJS delovnih poročilih [xxxii–xxxiv]. Vse karakteristike sistema, preverjene v letu 2008 in 2009, so v skladu z standardom CEI/IEC 61066 [xxxv].



Reference:

- [xxxii] D. Jezeršek, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, 2002
- [xxxiii] Validation of the TLD IJS MR 200C (3) measuring system, IJS-DP-9519, jan. 2007
- [xxxiiii] Validation of the TLD IJS MR 200C (2) measuring system, IJS-DP-9520, jan., 2007
- [xxxv] Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066, IJS-DP-10126, feb. 2009
- [xxxvi] International standard CEI/IEC 61066; Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring; Second Edition, IEC Central Office Geneva, Switzerland, 2006
- [xxxvii] Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetров (TLD) (TLD-DN-02), izdaja 06 (do avg. 2010), izdaja 07 (od avg. 2010 dalje), IJS, Ljubljana

INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ"



Institut "Ruđer Bošković", Laboratorij za radioekologijo, je novembra 2008 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Metodi določanja tritija in Sr-89/Sr-90 sta akreditirani pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) od konca leta 2009 dalje.

Referenca:

- [xxxviii] Priručnik sistema upravljanja kvaliteto PK (izdaji 05 in 06), Institut "Ruđer Bošković", 2009/2010

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 [xxiv]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranimi standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/1, RU 5.4/1-1 [xxxiv]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 [xxxiv]. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom IAEA-TECDOC-1401 [xxxvi] in postopkom SUK PS 5.4/6 [xxxv].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost (MDA), ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce (Currie 1968, IAEA 295) [xxxvii]:

$$MDA = \frac{2,71 + 4,66\sqrt{B}}{K} : K = I \cdot t \cdot (V, m) \cdot \varepsilon$$



Kjer je:

- t - čas merjenja
 V, m - volumen ali masa vzorca (m^3 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:

- [xxxviii] SUK PS 5.4/1 (izdaja 05), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2010. RU 5.4/1-1 (izdaja 06) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2010
 [xxxix] SUK PS 5.4/6 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod gama spektrometrijskih određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2009
 [xl] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004
 [xli] 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 [xxxviii, xxxix]. 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 [xl]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem



števca beta s pretokom plina. Najbolj pogosto se uporablja mešanica 90 % Ar in 10 % CH₄. Aktivnost izmerimo s plinskim proporcionalnim števcem in s števcem s silicijevim detektorjem (2404 Alpha/Beta System, 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 [xli] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xlii], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/7 in IAEA-TECDOC-1401 [xliv, xliii].

Reference:

- [xlii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xliii] 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
- [xliv] Grahek Ž et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, *Journal Radioanal. Nucl. Chem.*, 242 (1999), 33–40
- [xlv] SUK PS 5.4/2 (izdaja 05) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [xlvi] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 06) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2010
- [xlvii] IAEA-TECDOC-1401, Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements, 2004
- [xlviii] 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 [xlv–l]. 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 (Tri-Carb, Packard, Model 2770TR/SL). Ozadje je nižje od 2 impulza na minuto. Izkoristek določamo z uporabo "quench-standarda" in certificiranih standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

- [xliv] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 2770 TR/SL Series, Packard a Canberra Company, 1995
- [l] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [li] 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
- [lii] SUK PS 5.4/3 (izdaja 06) Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [liii] SUK PS 5.4/8 (izdaja 06) Mjerna nesig. kod određivanja tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [liv] 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 [li, lii]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri na spektrometru Liquid Scintillation Spectrometra Packard TRI-CARB Model 2770TR/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 3110. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, PS 5.4/9 [li, liii] ter v referencah [liv, lv].

Reference:

- [lv] SUK PS 5.4/4 (izdaja 05) Određivanje ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvi] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 05) Određivanje ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvii] SUK PS 5.4/9 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod određivanja ⁵⁵Fe, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lviii] 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
- [lix] 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 madnarodne 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 na 100 °C, nato se karbonizirajo 15 min pri temperaturi 600 °C v peči brez prisotnosti zraka. Karbonizirani vzorci se žgejo v toku prečiščenega kisika u posebni, prehodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [lvi– lvii]. Masa absorbiranega CO₂ se določa s tehtanjem



steklenice, v kateri se absorbira zmes, pred postopkom absorpcije in po njem. Postopek absorpcije se za vsak vzorec in pripadajoče standarde dvakrat ponovi. Aktivnost C-14 se meri v tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220, Ultra Low Level Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer). Števec je umerjen s certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer. Najnižja aktivnost ^{14}C , ki jo lahko izmerimo prek 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 (Ivi, Ivi). 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:

- [Ix] 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
- [Ixi] 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
- [Ixii] 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



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).

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. 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 instrumenta BERTHOLD LB770 s standardnimi raztopinami proizvajalca Amersham. 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 (1995).
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 pomemben pri oceni doz. Skladno s standardom *Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements - Part 7: Fundamentals and general applications (ISO 11929-7:2005)* 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) v obdobju T .

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (v obdobju T) nabereemo N delnih vzorcev z volumnom v :

$$a_T = \frac{1}{N \cdot v} \cdot \sum_{j=1}^N v \cdot a_j = \langle a \rangle$$

Kadar računamo vneseno aktivnost za neko obdobje (npr. leto) iz zaporedja ločenih (diskretnih) meritev (npr. mesečnih sestavljenih vzorcev; $T = \text{mesec}$), nadomestimo zgornji 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
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
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

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

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 IN SLIVE	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, KUMARE, ČEBULA, KORUZA	T – 69	M–85
JEČMEN, PŠENICA, RDEČA PESA, KOLERABA	T – 70	M–86
KORENJE, KROMPIR, BUČKE, ZELJE	T – 71	M–86
PARADIŽNIK, PAPRIKA, OHROVT, JAJČEVCI	T – 72	M–87
FIŽOL, REPA, RADIČ, BROKOLI	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 2010 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				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	137,1	133,9	139,9	140,2	
Pretok (m ³ /s)	257,8	194,3	245,8	416,0	
Ozuala vzorca	NEKVKRK110	NEKVKRK210	NEKVKRK310	NEKVKRK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	4,5E+00 ± 9E-01	4,1E+00 ± 7E-01	3,4E+00 ± 9E-01	4,3E+00 ± 7E-01	4,1E+00 ± 4E-01
Ra-226		3,4E-01 ± 1E-01	4,8E+00 ± 2E-01	6,0E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 1E+00
Pb-210	7,9E-01 ± 1E+00	8,1E-01 ± 7E-01	4,5E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,6E+00 ± 2E-01	9,5E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	3,8E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 2E-01		8,4E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	4,6E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	8,0E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 1E+01
Be-7	1,4E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 5E+00	7,5E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+01
I-131	4,5E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 1E+00			2,8E+00 ± 2E+00
Cs-134					
Cs-137	1,4E-01 ± 4E-02	< 4E-01	< 6E-01	3,0E-01 ± 4E-02	1,1E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,7E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	144,0	145,6	147,2	147,2	
Ozuala vzorca	NEKFKRK110	NEKFKRK210	NEKFKRK310	NEKFKRK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,7E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 6E-01	1,7E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Ra-226		8,0E-01 ± 8E-02	2,1E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	9,7E-01 ± 4E-01
Pb-210	5,2E-01 ± 7E-01	7,7E-01 ± 6E-01	3,5E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 7E-01
Ra-228	3,5E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01		4,7E-01 ± 3E-01
Th-228	3,5E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01		6,2E-01 ± 4E-01
Th-230					
K-40	6,6E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 9E-01	1,7E+01 ± 1E+00	9,4E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 3E+00
Be-7	1,5E+00 ± 4E-01	7,6E-01 ± 9E-01	4,5E+00 ± 8E-01		1,7E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,3E-01 ± 3E-02	< 3E-01	5,0E-01 ± 5E-02	3,1E-01 ± 7E-02	2,4E-01 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E-01 ± 3E-02	7,1E-02 ± 2E-02	1,6E-01 ± 3E-02	1,2E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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)								
Pretok (m ³ /s)	232,3	291,2	250,0	197,1	226,9	158,8		
Oznaka vzorca	NEKVKR0110	NEKVKR0210	NEKVKR0310	NEKVKR0410	NEKVKR0510	NEKVKR0610		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
H-3	7,8E+02 ± 6E+01	7,1E+02 ± 6E+01	8,0E+02 ± 9E+01	7,4E+02 ± 9E+01	8,5E+02 ± 1E+02	7,5E+02 ± 8E+01	7,7E+02 ± 4E+01	

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)	
Kol. vzorca (L)								
Pretok (m ³ /s)	84,0	121,2	532,4	284,9	422,9	540,2		
Oznaka vzorca	NEKVKR0710	NEKVKR0810	NEKVKR0910	NEKVKR1010	NEKVKR1110	NEKVKR1210		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
H-3	5,6E+02 ± 8E+01	5,5E+02 ± 8E+01	7,2E+02 ± 5E+01	7,4E+02 ± 1E+02	9,8E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 6E+01	7,3E+02 ± 4E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2010 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)	187,2	258,6	281,5	277,8		
Oznaka vzorca	NEKFBR110	NEKFBR210	NEKFBR310	NEKFBR410		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
Sr-90	< 7E-02	8,0E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 2E-02	3,9E-02 ± 1E-02	6,5E-02 ± 3E-02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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)	48,14	44,10	45,83	44,4	48,04	44,48	
Pretok (m ³ /s)	232,3	291,2	250,0	197,1	226,9	158,8	
Oznaka vzorca	NEKVBR0110	NEKVBR0210	NEKVBR0310	NEKVBR0410	NEKVBR0510	NEKVBR0610	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	5,6E+00 ± 2E+00	<	7E+00	2,7E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 3E+00	6,4E-01 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,8E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	7,1E-01 ± 2E-01	7,2E-01 ± 2E-01	9,2E-01 ± 4E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 6E-01
Pb-210		5,2E+00 ± 3E+00	<	2,5E+00 ± 2E+00		1,8E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	2,2E+00 ± 6E-01		8E+00	1,0E+00 ± 6E-01		1,3E+00 ± 5E-01	7,5E-01 ± 4E-01
Th-228	1,8E+00 ± 6E-01		9,3E-01 ± 5E-01		1,0E+00 ± 8E-01		6,2E-01 ± 3E-01
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00		3,0E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00
Be-7	9,5E+00 ± 2E+00	3,7E+01 ± 3E+00				8,1E+00 ± 1E+00	9,1E+00 ± 6E+00
I-131	5,8E+00 ± 1E+00		1,5E-01 ± 1E+00	3,8E+00 ± 6E-01			1,6E+00 ± 1E+00
Cs-134							
Cs-137	<	1E+00	<	9E-01	<	9E-01	<
Co-58			1E+00		1E+00		5E-01
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	3,0E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01
H-3	9,2E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 7E+01	1,4E+03 ± 2E+02	6,4E+03 ± 4E+02	8,1E+03 ± 6E+02	2,0E+04 ± 2E+03	6,3E+03 ± 3E+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 2010 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)	64,9	58,0	64,3	74,6	91,7	92,3	
Oznaka vzorca	NEKFBR0110	NEKFBR0210	NEKFBR0310	NEKFBR0410	NEKFBR0510	NEKFBR0610	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,4E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 1E+00		1,2E+00 ± 9E-01	4,4E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 7E-01
Ra-226	4,6E-01 ± 2E-01	8,8E+00 ± 5E-01	5,0E-01 ± 3E-01		4,0E-01 ± 2E-01		1,7E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,3E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00	<	1E+00		<	4E+00
Ra-228	5,6E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	4,4E-01 ± 3E-01	8,6E-01 ± 5E-01	4,0E-01 ± 3E-01	3,4E-01 ± 3E-01	6,8E-01 ± 2E-01
Th-228		1,1E+00 ± 6E-01	2,0E-01 ± 4E-01				2,2E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	<	8E+00	1,7E+00 ± 3E+00	2,4E+00 ± 2E+00	<	7E+00	2,2E+00 ± 2E+00
Be-7		7,8E+00 ± 3E+00				1,8E+00 ± 7E-01	3,1E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	<	9E-01	<	9E-01	<	9E-01	<
Co-58		8E-01	<	5E-01	<	6E-01	3E-01
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

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		
Kol. vzorca (L)	47,8	48,5	47,6	45,8	42,4	48,0	Letno povprečje (*)	
Pretok (m ³ /s)	84,0	121,2	532,4	284,9	422,9	540,2		
Oznaka vzorca	NEKVBR0710	NEKVBR0810	NEKVBR0910	NEKVBR1010	NEKVBR1110	NEKVBR1210		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	6,4E+01 ± 1E+01	3,4E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	8,4E+00 ± 5E+00	
Ra-226	3,6E-01 ± 3E-01	1,5E-01 ± 3E-01	3,8E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 3E-01		1,8E+00 ± 4E-01	
Pb-210	2,6E+00 ± 2E+00	< 7E+00	1,6E+01 ± 4E+00				2,4E+00 ± 1E+00	
Ra-228	8,0E-01 ± 5E-01	8,9E-01 ± 5E-01	2,3E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 5E-01		1,9E+00 ± 5E-01	9,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	6,9E-01 ± 6E-01		1,4E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 5E-01			6,2E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	
Be-7			3,1E+02 ± 2E+01	6,1E+00 ± 1E+00		8,7E+00 ± 1E+00	3,1E+01 ± 3E+01	
I-131		4,3E+00 ± 9E-01		5,5E+00 ± 7E-01			1,6E+00 ± 7E-01	
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	3,0E+00 ± 2E-01	4,8E+00 ± 3E-01	6,0E+00 ± 4E-01	5,7E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 4E-01	
H-3	1,1E+04 ± 2E+03	1,0E+04 ± 1E+03	7,6E+03 ± 8E+02	2,0E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	7,1E+02 ± 1E+02	5,9E+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.

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK							
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December		
Kol. vzorca (L)	95,9	93,3	92,3	97,9	82,5	97,4	Letno povprečje (*)	
Oznaka vzorca	NEKFBR0710	NEKFBR0810	NEKFBR0910	NEKFBR1010	NEKFBR1110	NEKFBR1210		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238			2,6E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 3E+00	1,2E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	
Ra-226	9,7E-01 ± 3E-01		2,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	3,1E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 7E-01	
Pb-210			4,0E+00 ± 1E+00				5,5E-01 ± 4E-01	
Ra-228	1,3E+00 ± 6E-01		1,5E+00 ± 3E-01	4,4E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 4E-01	7,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	5,7E-01 ± 5E-01		1,6E+00 ± 3E-01	2,3E-01 ± 2E-01		7,5E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40	9,5E+00 ± 4E+00	3,3E-01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 2E+00		3,6E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00	
Be-7							1,5E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00	< 4E-01	5,0E-01 ± 9E-02	< 6E-01	< 7E-01	< 9E-01	4,2E-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 2010 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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem							Polletno povprečje (*)
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij		
Datum vzor.								
Kol. vzor. (L)	271,7	241,7	272,6	261,4	253,8	254,0		
Pretok (m ³ /s)	287,0	380,0	354,0	258,0	257,0	212,0		
Oznaka vzorca	JFV01-10	JFV02-10	JFV03-10	JFV04-10	JFV05-109	JFV06-10		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238	4,0E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00	7,4E+00 ± 2E+00	8,5E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 2E+00	8,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01	6,9E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	6,3E-01 ± 5E-01		9,1E-01 ± 2E-01	
Pb-210								
Ra-228	7,8E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	6,0E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 2E-01	
Th-228								
Th-230								
K-40	4,5E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 8E+00	3,8E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 6E+00	4,3E+01 ± 3E+00	
Be-7	2,3E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00		2,8E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 7E-01	
I-131	6,7E+00 ± 3E+00	6,9E+00 ± 3E+00	5,8E+00 ± 2E+00		5,7E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 6E-01	4,7E+00 ± 1E+00	
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,9E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 1E-01	
H-3	8,0E+02 ± 2E+02	4,5E+02 ± 2E+02	7,7E+02 ± 2E+02	4,0E+03 ± 5E+02	3,6E+03 ± 5E+02	7,3E+03 ± 8E+02	2,8E+03 ± 1E+03	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 6a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						Polletno povprečje (*)
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	
Datum vzor.							
Kol. vzor. (L)	279,0	252,0	279,0	270,0	279,0	270,0	
Susp. snov (g/m ³)	3,6	5,3	2,5	1,7	5,7	1,4	
Oznaka vzorca	JST01-10	JST02-10	JST03-10	JST04-10	JST05-10	JST06-10	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238				4,1E+00 ± 2E+00			6,9E-01 ± 7E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228					9,5E-01 ± 5E-01		1,6E-01 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40							
Be-7					2,3E+00 ± 1E+00		3,9E-01 ± 4E-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

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	274,0	270,0	256,8	276,8	260,1	268,2	
Kol. vzor. (L)	274,0	270,0	256,8	276,8	260,1	268,2	
Pretok (m ³ /s)	97,0	136,0	545,0	343,0	501,0	673,0	
Oznaka vzorca	JFV07-10	JFV08-10	JFV09-10	JFV10-10	JFV11-10	JFV12-10	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	8,1E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 1E+00	7,3E+00 ± 7E-01
Ra-226		1,2E+00 ± 4E-01	6,4E-01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	9,9E-01 ± 4E-01	9,2E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,3E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 6E-01	7,7E-01 ± 4E-01	6,5E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 8E+00	3,8E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 2E+00
Be-7	3,1E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 3E+00	5,0E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 5E-01
I-131	3,4E+00 ± 2E+00	8,4E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 7E-01	4,6E+00 ± 7E-01
Cs-134							
Cs-137			2,9E-01 ± 2E-01		2,2E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01	6,2E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,6E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01
H-3	8,9E+03 ± 9E+02	9,2E+03 ± 9E+02	4,4E+03 ± 4E+02	9,0E+02 ± 2E+02	3,1E+03 ± 4E+02	< 4E+02	3,6E+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

Vzrč. 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)	3,7	3,6	28,5	3,6	7,6	18,8	
Oznaka vzorca	JST07-10	JST08-10	JST09-10	JST10-10	JST11-10	JST12-10	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238				4,5E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 6E-01	4,4E-01 ± 3E-01
Ra-226						7,6E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 8E-02
Pb-210							
Ra-228	9,9E-01 ± 5E-01		8,8E-01 ± 5E-01	3,9E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 5E-01	4,0E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	8,0E+00 ± 3E+00		1,8E+01 ± 4E+00	3,7E+00 ± 3E+00	5,9E+00 ± 3E+00	1,5E+01 ± 3E+00	4,2E+00 ± 2E+00
Be-7	2,6E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00				1,0E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			6,4E-01 ± 2E-01			2,4E-01 ± 9E-02	7,3E-02 ± 6E-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 2010 T - 6a, 6b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	810,0	819,0	828,0	828,0	
Susp. snov (g/m ³)	14,1	10,7	43,2	36,2	
Oznaka vzorca	JST-I-10	JST-II-10	JST-III-10	JST-IV-10	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	55,98	47,60	46,26	46,10	
Oznaka vzorca	RSKRK110	RSKRK210	RSKRK310	RSKRK410	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	9,2E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 1E+00
Ra-226			2,0E+00 ± 3E-01		5,0E-01 ± 5E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 1E+00		6,3E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 1E+00
Ra-228		1,0E+00 ± 5E-01	3,0E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 6E-01
Th-228		5,9E-01 ± 6E-01	1,7E+00 ± 7E-01		5,7E-01 ± 4E-01
Th-230					
K-40	3,9E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 3E+00
Be-7		4,4E+00 ± 9E-01	1,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	9,8E+00 ± 5E+00
I-131		4,7E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 1E+00	4,2E+00 ± 8E-01	4,8E+00 ± 2E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 9E-01	< 1E+00	< 2E+00	< 7E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,9E+00 ± 1E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 1E+00
H-3	5,7E+02 ± 5E+01	8,8E+02 ± 5E+01	8,4E+02 ± 9E+01	6,8E+02 ± 8E+01	7,4E+02 ± 7E+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 2010 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.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,18	41,10	44,32	44,64	
Oznaka vzorca	RSBRK110	RSBRK210	RSBRK310	RSBRK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	9,9E+00 ± 3E+00	6,2E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,1E-01 ± 4E-01			4,0E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,9E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228			9,9E-01 ± 4E-01	4,1E-01 ± 4E-01	3,5E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00
Be-7		2,7E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 1E+00	7,6E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 6E+00
I-131	1,3E+01 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E-01	7,8E+00 ± 4E-01	4,2E+00 ± 5E-01	7,2E+00 ± 2E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 8E-01	< 8E-01	< 8E-01	< 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01	8,1E+00 ± 5E-01	4,1E+00 ± 1E+00
H-3	7,9E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 8E+01	7,0E+02 ± 6E+01	1,3E+03 ± 2E+02	9,6E+02 ± 1E+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 2010 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.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	45,06	46,26	45,76	45,70	
Oznaka vzorca	RSJEK110	RSJEK210	RSJEK310	RSJEK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238		2,8E+00 ± 2E+00		5,2E+00 ± 3E+00	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	8,5E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 4E-01	6,6E-01 ± 4E-01		4,9E-01 ± 2E-01
Pb-210	1,5E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 3E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-228		2,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 7E-01
Th-228					
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Be-7		7,9E+00 ± 2E+00		1,7E+01 ± 3E+00	6,3E+00 ± 4E+00
I-131	6,3E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 6E-01	6,7E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 7E-01	4,8E+00 ± 1E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	3,9E-01 ± 1E-01	9,8E-02 ± 7E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,0E+00 ± 9E-02	2,6E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	8,8E+00 ± 5E-01	3,8E+00 ± 2E+00
H-3	6,6E+02 ± 5E+01	9,7E+02 ± 1E+02	9,8E+02 ± 8E+01	8,6E+02 ± 2E+02	8,7E+02 ± 7E+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 2010 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	Marec	Junij	September	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	272,6	254,0	256,8	268,2	
Pretok (m³/s)	354,0	212,0	545,0	673,0	
Oznaka vzorca	PO-I-10	PO-II-10	PO-III-10	PO-IV-10	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
H-3	< 4E+02	8,6E+02 ± 2E+02	< 4E+02	< 4E+02	2,1E+02 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0809	0,0917	0,083	0,0873	
Oznaka vzorca	SDKRK110	SDKRK210	SDKRK310	SDKRK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 6E-01	2,1E+01 ± 6E-01	2,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,4E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,8E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 9E-01	1,5E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 3E+00
Th-228	2,5E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 3E+00
Th-230					
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 8E+00	3,0E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 3E+01
Be-7			3,9E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,1E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E-01 ± 6E-02	< 2E-01	2,4E-01 ± 4E-02	3,3E-01 ± 4E-02	1,9E-01 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0817	0,0805	0,0807	0,0801	
Oznaka vzorca	SDBRK110	SDBRK210	SDBRK310	SDBRK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,9E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,1E+01 ± 5E-01	2,1E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 7E-01	2,2E+01 ± 1E+00
Pb-210	2,6E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,9E+01 ± 8E-01	2,0E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 5E-01
Th-228	1,7E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 8E-01	1,6E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 5E-01
Th-230					
K-40	2,0E+02 ± 1E+01	2,3E+02 ± 8E+00	3,1E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 8E+00	2,4E+02 ± 3E+01
Be-7	8,0E+00 ± 1E+00				2,0E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,3E+00 ± 1E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,6E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 4E-02	4,8E-01 ± 8E-02	2,9E-01 ± 5E-02	2,7E-01 ± 8E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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.	18. 2. 2010	22. 4. 2010	6. 7. 2010	13. 10. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,085	0,087	0,0787	0,0853	
Oznaka vzorca	SDJEK110	SDJEK210	SDJEK310	SDJEK410	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,2E+01 ± 5E-01	2,0E+01 ± 6E-01	2,5E+01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 1E+00
Pb-210	2,9E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,0E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 5E-01
Th-228	1,8E+01 ± 8E-01	1,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E-01
Th-230					
K-40	2,2E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 1E+01	2,2E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	2,2E+02 ± 1E+01
Be-7	3,6E+00 ± 9E-01	3,2E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00		4,9E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,8E+00 ± 1E-01	< 1E+00	2,7E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,5E-01 ± 5E-02	1,3E-01 ± 4E-02	4,2E-01 ± 6E-02	3,7E-01 ± 4E-02	2,7E-01 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,179	0,178	0,184	0,200	
Oznaka vzorca	SIZ02-10	SIZ05-10	SIZ09-10	SIZ12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,3E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,6E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01
Be-7		1,1E+01 ± 6E+00	7,0E+00 ± 5E+00	6,9E+00 ± 5E+00	6,3E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,6E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01	3,3E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezem NEK				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,170	0,147	0,168	0,194	
Oznaka vzorca	SIS02-10	SIS05-10	SIS09-10	SIS12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,5E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 9E+00	2,0E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 5E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,7E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,4E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7		1,0E+01 ± 8E+00	1,1E+01 ± 6E+00	6,7E+00 ± 4E+00	6,9E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,2E+00 ± 7E-01	7,6E+00 ± 2E+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 2010 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,192	0,170	0,150	0,187	
Oznaka vzorca	SPE02-10	SPE05-10	SPE09-10	SPE12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,9E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,1E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 2E+01
Be-7		1,2E+01 ± 6E+00	1,1E+01 ± 5E+00		5,7E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,0E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 6E-01	4,2E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,7E+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 2010 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,176	0,176	0,177	0,199	
Oznaka vzorca	SBR02-10	SBR05-10	SBR09-10	SBR12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,1E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	2,4E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,8E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 2E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E+00 ± 9E-01	2,8E+00 ± 7E-01	2,5E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 6E-01	2,7E+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 2010 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,194	0,143	0,178	0,197	
Oznaka vzorca	SJE02-10	SJE05-10	SJE09-10	SJE12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,8E+01 ± 6E+00	2,6E+01 ± 8E+00	1,5E+01 ± 6E+00	1,5E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 3E+00
Ra-226	1,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	1,4E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	1,7E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 3E+01	2,5E+02 ± 3E+01
Be-7		3,5E+01 ± 9E+00	1,2E+01 ± 6E+00		1,2E+01 ± 8E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,3E-01 ± 3E-01	5,2E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 6E-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 2010 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	26. 2. 2010	24. 5. 2010	9. 9. 2010	4. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,195	0,201	0,181	0,196	
Oznaka vzorca	SPO02-10	SPO05-10	SPO09-10	SPO12-10	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,9E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,2E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	1,9E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,0E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 2E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,4E+00 ± 4E-01	4,6E-01 ± 4E-01		1,1E+00 ± 5E-01	7,2E-01 ± 3E-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	< 1E+00	< 1E+00	6,4E-01 ± 4E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	klen	podust	som	podust	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	23. 6. 2010	23. 6. 2010	19. 8. 2010	19. 8. 2010	
Oznaka vzorca	RIKR0110	RIKR0410	RIKR0610	RIKR0910	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,2E+00 ± 3E-01				3,0E-01 ± 3E-01
Ra-226	4,8E-02 ± 4E-02	1,3E-01 ± 6E-02	1,4E-01 ± 3E-02	3,6E-01 ± 5E-02	1,7E-01 ± 7E-02
Pb-210	2,6E-01 ± 2E-01		1,0E-01 ± 8E-02		9,0E-02 ± 6E-02
Ra-228		5,0E-01 ± 2E-01		3,1E-01 ± 8E-02	2,0E-01 ± 1E-01
Th-228			9,7E-02 ± 5E-02		2,4E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 5E+00	9,8E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 7E+00	8,7E+01 ± 4E+00	1,0E+02 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 2E-01	1,9E-01 ± 4E-02	4,6E-02 ± 1,3E-02	7,5E-02 ± 2E-02	7,8E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,2E-01 ± 3E-02	3,4E-01 ± 3E-02	9,4E-02 ± 2E-02	1,8E-01 ± 1E-02	2,1E-01 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	mrena	klen	som	podust	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	23. 6. 2010	23. 6. 2010	19. 8. 2010	19. 8. 2010	
Oznaka vzorca	RIBR0210	RIBR0510	RIBR0710	RIBR1010	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			3,5E-01 ± 2E-01		8,8E-02 ± 9E-02
Ra-226	1,2E-01 ± 4E-02		9,8E-02 ± 3E-02	3,8E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 8E-02
Pb-210				1,5E-01 ± 1E-01	3,8E-02 ± 4E-02
Ra-228					
Th-228			8,6E-02 ± 7E-02		2,2E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	9,3E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,0E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-02	< 2E-01	7,2E-02 ± 2E-02	5,2E-02 ± 2E-02	5,9E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,6E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 2E-02	6,8E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 2E-02	1,9E-01 ± 6E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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	podust	mrena	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	23. 6. 2010	19. 8. 2010	19. 8. 2010	19. 8. 2010	
Oznaka vzorca	RIJE0310	RIJE0810	RIJE1110	RIJE1210	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				2,5E-01 ± 2E-01	6,3E-02 ± 6E-02
Ra-226		2,9E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 3E-02	2,6E-01 ± 4E-02	1,9E-01 ± 7E-02
Pb-210			3,9E-01 ± 3E-01	1,7E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 9E-02
Ra-228		1,1E-01 ± 9E-02	1,0E-01 ± 6E-02		5,3E-02 ± 3E-02
Th-228			1,3E-01 ± 4E-02		3,3E-02 ± 3E-02
Th-230					
K-40	8,9E+01 ± 2E+02	9,5E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 6E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,2E-02 ± 1E-02	< 2E-01	1,0E-01 ± 2E-02	< 2E-01	2,8E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	4,2E-01 ± 4E-02	2,2E-01 ± 2E-02	1,0E-01 ± 1E-02	1,4E-01 ± 1E-02	2,2E-01 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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				
Vrsta vzorca	Mrena	Sivi tolstolobik	Ščuka	Krap	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	Barbus barbus 15. 6. 2010	Aristichthys nobilis 15. 6. 2010	Esox lucius 15. 10. 2010	Ciprinus carpio 15. 10. 2010	
Kol. vzor. (kg)	0,408	0,382	0,480	0,433	
Odstotek suhe snovi	32,20	31,71	23,05	27,14	
Oznaka vzorca	JE0610R1	JE0610R2	JE1010R1	JE1010R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	8,9E+01 ± 1E+01	9,3E+01 ± 1E+01	9,4E+01 ± 1E+01	8,8E+01 ± 1E+01	9,1E+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					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Jez Leuciscus idus	Klen Leuciscus cephalus	Klen Leuciscus cephalus	Sivi tolstolobik Aristichthys nobilis	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 6. 2010	15. 6. 2010	15. 10. 2010	15. 10. 2010	
Kol. vzor. (kg)	0,384	0,187	0,456	0,295	
Odstoteksuhe snovi	30,91	27,94	29,68	38,15	
Oznaka vzorca	OT0610R1	OT0610R2	OT1010R1	OT1010R2	
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	9,3E+01 ± 1E+01	2,1E+00 ± 9E-01 1,1E+02 ± 2E+01	9,8E+01 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	5,3E-01 ± 5E-01 1,1E+02 ± 9E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Som Silurus glanis	Sivi tolstolobik Aristichthys nobilis	Beli amur Ctenopharyngodon idella	Ščuka Esox lucius	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 6. 2010	15. 6. 2010	15. 10. 2010	15. 10. 2010	
Kol. vzor. (kg)	0,281	0,377	0,331	0,466	
Odstoteksuhe snovi	23,18	36,71	29,48	23,05	
Oznaka vzorca	PO0610R1	PO0610R2	PO1109R1	PO1109R2	
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	8,2E+01 ± 1E+01	7,9E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	9,2E+01 ± 7E+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 2010 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.	13. 1. 2010	9. 4. 2010	26. 8. 2010	22. 11. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,08	48,2	48,16	47,92		
Oznaka vzorca	K10VD111	K10VD141	K10VD181	K10VD1B1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	2,9E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 7E-01	3,9E+00 ± 2E+00	< 2E+01	2,3E+00 ± 2E+00	
Ra-226	< 2E+01	< 3E-01		3,6E+00 ± 1E+00	8,9E-01 ± 3E+00	
Pb-210	< 4E+00	< 8E-01	< 3E+00	< 3E+00	< 1E+00	
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	8,1E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228	5,0E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 1E-01	4,4E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 9E-02	
Th-230				1,3E+01 ± 8E+00	3,3E+00 ± 3E+00	
K-40	6,7E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 9E+00	
Be-7						
I-131						
Cs-134						
Cs-137			1,8E-01 ± 1E-01		4,6E-02 ± 5E-02	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 2E-01	< 8E-01	7,8E-01 ± 1E-01	9,5E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 3E-01	
H-3	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 2E+02	8,9E+02 ± 7E+01	1,0E+03 ± 1E+02	

(*) 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 2010 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.	13. 1. 2010	9. 4. 2010	26. 8. 2010	22. 11. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	50,12	48,96	49,56	48,8		
Oznaka vzorca	K10VD311	K10VD341	K10VD381	K10VD3B1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	< 1E+01	1,4E+00 ± 7E-01	< 6E+00	1,9E+00 ± 5E-01	8,2E-01 ± 2E+00	
Ra-226	3,0E+00 ± 1E+00		< 2E+00	8,5E-01 ± 1E-01	9,6E-01 ± 7E-01	
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	< 1E+00	9,4E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 5E-01	
Ra-228	< 8E-01	< 2E+00	< 1E+00	3,6E-01 ± 1E-01	8,9E-02 ± 4E-01	
Th-228	< 7E-01	5,0E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 3E-01	1,9E-01 ± 4E-02	3,1E-01 ± 1E-01	
Th-230				7,2E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 2E+00	
K-40	1,7E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	
Be-7	< 2E+00			6,0E-01 ± 3E-01	1,5E-01 ± 3E-01	
I-131						
Cs-134						
Cs-137		< 2E-01	2,0E-01 ± 1E-01		5,1E-02 ± 5E-02	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90	7,0E-01 ± 1E-01	< 5E-01	5,2E-01 ± 7E-02	8,3E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 2E-01	
H-3	1,5E+02 ± 1E+01	< 9E+01	< 5E+01	1,3E+02 ± 2E+01	7,1E+01 ± 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 2010 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	Vrtina E1 NEK				
Datum vzor.	13. 1. 2010	9. 4. 2010	26. 8. 2010	9. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,48	46,32	45,12	47,85	
Oznaka vzorca	K10VRE111	K10VRE141	K10VRE181	K10VRE1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,8E+00 ± 1E+00	< 5E+00	5,2E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 3E+00	3,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,4E+00 ± 8E-01			3,7E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 9E-01
Pb-210	< 3E+00	< 4E+00	< 4E+00	< 3E+00	< 1E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 4E-01	9,9E-01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	7,0E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	< 7E-01	9,0E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	9,5E+01 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01	8,4E+01 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 7E+00
Be-7				8,6E-01 ± 7E-01	2,2E-01 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E-01	< 3E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 8E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,9E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	4,0E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 8E-01
H-3	2,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02

(*) 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 2010 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP 4						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 29. 12. 2009	1. 2. 2010 - 1. 2. 2010	1. 3. 2010 - 1. 3. 2010	1. 4. 2010 - 1. 4. 2010	4. 5. 2010 - 4. 5. 2010	1. 6. 2010 - 1. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K10VRP411	K10VRP421	K10VRP431	K10VRP441	K10VRP451	K10VRP461	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	6,1E+03 ± 5E+02	2,6E+03 ± 7E+02

Vzorč. mesto	vrtina VOP 4						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 1. 7. 2010	2. 8. 2010 - 2. 8. 2010	1. 9. 2010 - 1. 9. 2010	4. 10. 2010 - 4. 10. 2010	2. 11. 2010 - 2. 11. 2010	2. 12. 2010 - 2. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K10VRP471	K10VRP481	K10VRP491	K10VRP4A1	K10VRP4B1	K10VRP4C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	1,6E+04 ± 1E+03	2,2E+04 ± 2E+03	1,3E+04 ± 2E+03	2,4E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	6,1E+03 ± 2E+03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2010 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.	16. 12. 2009 - 15. 1. 2010	16. 1. 2010 - 15. 2. 2010	16. 2. 2010 - 15. 3. 2010	16. 3. 2010 - 15. 4. 2010	16. 4. 2010 - 15. 5. 2010	16. 5. 2010 - 15. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,4	46,05	40,42	48,2	46,82	45,08	
Oznaka vzorca	K10VC3111	K10VC3121	K10VC3131	K10VC3141	K10VC3151	K10VC3161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 3E+00	3,0E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 7E-01	4,5E+00 ± 2E+00	< 4E+00	< 7E+00	1,5E+00 ± 9E-01
Ra-226	< 5E+00	< 4E+00	< 3E+00	< 7E+00	< 2E+00	< 4E+00	< 8E-01
Pb-210	< 5E+00	1,2E+00 ± 9E-01	< 3E+00	< 7E+00	1,6E+00 ± 9E-01	< 3E+00	4,6E-01 ± 1E+00
Ra-228	< 5E+00	5,0E-01 ± 4E-01	< 9E-01	< 1E+00	< 1E+00	1,1E+00 ± 5E-01	2,7E-01 ± 2E-01
Th-228	< 3E-01	< 6E-01	< 2E-01	< 4E-01	2,6E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 3E-01	1,0E-01 ± 1E-01
Th-230	< 3E-01	< 6E-01	< 2E-01	< 4E-01	2,6E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 3E-01	1,0E-01 ± 1E-01
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00
Be-7	< 4E+00						< 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 2E-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	5,8E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 5E-01	9,6E-02 ± 1E-01
H-3	7,4E+01 ± 3E+01	1,3E+02 ± 2E+01	< 5E+01	1,8E+02 ± 4E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 3E+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 2010 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.	16. 6. 2010 - 15. 7. 2010	16. 7. 2010 - 15. 8. 2010	16. 8. 2010 - 15. 9. 2010	16. 9. 2010 - 15. 10. 2010	16. 10. 2010 - 15. 11. 2010	15. 11. 2010 - 16. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,46	47,72	46,18	45,88	45,9	46,25	
Oznaka vzorca	K10VC3171	K10VC3181	K10VC3191	K10VC31A1	K10VC31B1	K10VC31C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,1E+00 ± 3E+00	5,7E+00 ± 3E+00	< 5E+00	< 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00	< 6E+00	1,7E+00 ± 7E-01
Ra-226	< 3E+00	< 3E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	< 5E+00	3,7E-01 ± 4E-01
Pb-210	< 3E+00	< 3E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	< 5E+00	2,3E-01 ± 7E-01
Ra-228	< 1E+00	1,2E+00 ± 7E-01	< 1E+00	1,5E+00 ± 4E-01	< 2E+00	6,4E-01 ± 5E-01	4,1E-01 ± 2E-01
Th-228	2,1E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 3E-01	< 1E+00	1,0E+00 ± 7E-01	6,1E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 1E-01
Th-230	2,1E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 3E-01	< 1E+00	1,0E+00 ± 7E-01	6,1E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 1E-01
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7	2,3E+00 ± 9E-01						1,9E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 4E-01	< 7E-02			< 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,0E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 9E-02	7,3E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 1E-01	< 5E-01	6,8E-01 ± 9E-02	3,0E-01 ± 9E-02
H-3	3,7E+02 ± 4E+01	< 6E+01	< 6E+01	1,6E+02 ± 3E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 3E+01	1,2E+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 2010 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.	16. 12. 2009 - 15. 1. 2010	16. 1. 2010 - 15. 2. 2010	16. 2. 2010 - 15. 3. 2010	16. 3. 2010 - 15. 4. 2010	16. 4. 2010 - 15. 5. 2010	16. 5. 2010 - 15. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,54	45,19	40,12	48,36	40,4	39,4	
Oznaka vzorca	K10VCI111	K10VCI121	K10VCI131	K10VCI141	K10VCI151	K10VCI161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 6E+00	< 6E+00	< 3E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 7E+00	< 1E+00
Ra-226		< 3E+00		1,8E+00 ± 7E-01	< 4E-01	1,9E+00 ± 1E+00	6,2E-01 ± 4E-01
Pb-210	1,6E+00 ± 1E+00	< 8E-01	2,5E+00 ± 1E+00	< 3E+00	< 2E+00	1,9E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 5E-01
Ra-228	1,5E+00 ± 7E-01	8,2E-01 ± 4E-01	9,1E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	< 9E-01	1,0E+00 ± 2E-01
Th-228	5,7E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 3E-01	3,2E-01 ± 1E-01		2,7E-01 ± 9E-02	< 8E-01	2,6E-01 ± 1E-01
Th-230				2,0E+01 ± 9E+00			3,4E+00 ± 3E+00
K-40	6,2E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 8E+00	5,8E+01 ± 6E+00	6,3E+01 ± 6E+00	6,1E+01 ± 7E+00	5,9E+01 ± 6E+00	6,2E+01 ± 3E+00
Be-7	3,1E+00 ± 2E+00						5,2E-01 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01		< 3E-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	1,0E+00 ± 2E-01	7,7E-01 ± 1E-01	< 6E-01	8,6E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 2E-01
H-3	9,9E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 9E+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 2010 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.	16. 6. 2010 - 15. 7. 2010	26. 8. 2010 - 26. 8. 2010	16. 8. 2010 - 15. 9. 2010	16. 9. 2010 - 15. 10. 2010	16. 10. 2010 - 15. 11. 2010	15. 11. 2010 - 16. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,84	48,86	47,9	48,74	34,86	40,61	
Oznaka vzorca	K10VCI171	K10VCI181	K10VCI191	K10VCI1A1	K10VCI1B1	K10VCI1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,1E+00 ± 3E+00	8,2E+00 ± 3E+00	< 2E+01	3,2E+00 ± 2E+00	< 2E+01	< 7E+00	1,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,0E+00 ± 7E-01	4,6E+00 ± 8E-01	< 9E+00	< 3E+00	4,3E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 2E+00	4,4E+00 ± 2E+00	< 3E+00	3,1E+00 ± 2E+00	< 4E+00	< 3E+00	1,1E+00 ± 5E-01
Ra-228	6,6E-01 ± 4E-01	2,2E+00 ± 5E-01	< 1E+00	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 2E-01
Th-228	3,3E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 3E-01	< 4E-01	< 6E-01	4,9E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 8E-02
Th-230							1,7E+00 ± 2E+00
K-40	7,2E+01 ± 7E+00	9,6E+01 ± 9E+00	5,0E+01 ± 6E+00	7,3E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	8,1E+01 ± 8E+00	6,8E+01 ± 4E+00
Be-7		1,1E+00 ± 7E-01		2,5E+00 ± 1E+00			5,6E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 3E-01	< 3E-01			< 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,3E-01 ± 1E-01	2,7E+00 ± 3E-01	6,5E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01
H-3	1,7E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 7E+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 2010 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.	16. 12. 2009 - 15. 1. 2010	16. 1. 2010 - 15. 2. 2010	16. 2. 2010 - 15. 3. 2010	16. 3. 2010 - 15. 4. 2010	16. 4. 2010 - 15. 5. 2010	16. 5. 2010 - 15. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	37,48	41,04	36,56	46,04	36,54	39,06	
Označa vzorca	K10VC1211	K10VC1221	K10VC1231	K10VC1241	K10VC1251	K10VC1261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 6E+00	6,0E+00 ± 3E+00	6,1E+00 ± 5E+00	1,8E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 6E-01	< 2E+00	2,5E+00 ± 1E+00
Ra-226			7,3E-01 ± 5E-01		1,3E+00 ± 9E-01	< 2E+00	3,4E-01 ± 2E-01
Pb-210	< 4E+00	< 7E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 7E-01	< 3E+00	< 9E-01
Ra-228	< 2E+00	< 3E-01	1,6E+00 ± 5E-01	6,6E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 4E-01	< 2E+00	5,6E-01 ± 3E-01
Th-228	< 5E-01	< 4E-01	2,8E-01 ± 2E-01	< 2E-01	< 4E-01	< 4E-01	4,7E-02 ± 9E-02
Th-230							
K-40	3,5E+01 ± 7E+00	5,3E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 6E+00	6,0E+01 ± 7E+00	5,1E+01 ± 6E+00	4,9E+01 ± 3E+00
Be-7					1,3E+00 ± 9E-01		2,2E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1E+00				< 2E-01	< 5E-01	< 1E-01
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 ± 1E-01	8,1E-01 ± 1E-01	8,7E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	7,8E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01
H-3	1,0E+03 ± 8E+01	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 7E+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 2010 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.	16. 6. 2010 - 15. 7. 2010	16. 7. 2010 - 15. 8. 2010	16. 8. 2010 - 15. 9. 2010	20. 10. 2010 - 20. 10. 2010	16. 10. 2010 - 15. 11. 2010	15. 11. 2010 - 16. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,84	46,3	48,74	49,56	47,1	44,07	
Označa vzorca	K10VC1271	K10VC1281	K10VC1291	K10VC12A2	K10VC12B1	K10VC12C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 6E+00	< 6E+00		5,2E+00 ± 3E+00		< 9E+00	1,7E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 1E+00	< 2E+00		6,0E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 2E+00	< 2E+00	< 4E+00	< 4E+00	< 4E+00	< 2E+00	< 6E-01
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01		1,5E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 7E-01	9,5E-01 ± 3E-01
Th-228	< 6E-01	4,5E-01 ± 2E-01	< 1E+00	5,3E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 3E-01	< 5E-01	1,5E-01 ± 9E-02
Th-230			2,9E+01 ± 1E+01				2,4E+00 ± 2E+00
K-40	5,5E+01 ± 6E+00	6,2E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 6E+00	6,7E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 7E+00	5,3E+01 ± 2E+00
Be-7		1,9E+00 ± 1E+00					2,7E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 3E-01	< 3E-01				< 3E-01	< 8E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 6E-01	1,3E+00 ± 2E-01	8,8E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 1E-01	9,1E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 2E-01	9,4E-01 ± 1E-01
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	9,7E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 9E+01	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	17. 12. 2009 - 18. 1. 2010	18. 1. 2010 - 16. 2. 2010	16. 2. 2010 - 16. 3. 2010	16. 3. 2010 - 19. 4. 2010	19. 4. 2010 - 17. 5. 2010	17. 5. 2010 - 16. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,78	48,43	42,16	46,9	47,32	45,36	
Oznaka vzorca	K10VC211	K10VC221	K10VC231	K10VC241	K10VC251	K10VC261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,8E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 8E-01	3,7E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 8E-01
Ra-226	2,1E+00 ± 1E+00	<	< 4E+00	< 1E+00	<	<	3,5E-01 ± 5E-01
Pb-210	3,1E+00 ± 2E+00	< 3E+00	4,0E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 5E+00	< 2E+01	1,2E+00 ± 2E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 7E-01	4,8E-01 ± 3E-01	< 1E+00	9,1E-01 ± 7E-01	9,9E-01 ± 3E-01
Th-228	7,8E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 1E-01	4,9E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01	<	3,7E-01 ± 1E-01
Th-230	<	3E+01	<	<	<	<	< 3E+00
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 3E-01				1,8E-01 ± 1E-01	3,0E-02 ± 4E-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	1,0E+00 ± 1E-01	9,5E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 5E-02
H-3	7,4E+02 ± 8E+01	7,8E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 5E+01	9,3E+02 ± 8E+01	9,2E+02 ± 7E+01	1,0E+03 ± 9E+01	8,6E+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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	16. 6. 2010 - 19. 7. 2010	19. 7. 2010 - 16. 8. 2010	16. 8. 2010 - 16. 9. 2010	16. 9. 2010 - 18. 10. 2010	18. 10. 2010 - 16. 11. 2010	16. 11. 2010 - 16. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,38	48,14	46,64	44,26	46,04	46,85	
Oznaka vzorca	K10VC271	K10VC281	K10VC291	K10VC2A1	K10VC2B1	K10VC2C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	4,1E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 3E+00	<	< 5E+00	<	5,1E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 8E-01	3,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 4E-01
Pb-210	< 2E+00	< 4E+00	< 3E+00	< 6E+00	< 2E+00	< 3E+00	5,9E-01 ± 1E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 7E-01	< 2E+00	2,0E+00 ± 6E-01	8,2E-01 ± 6E-01	5,4E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01
Th-228	< 7E-01	8,4E-01 ± 3E-01	< 2E+00	6,6E-01 ± 3E-01	6,8E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 1E-01
Th-230	<	2,5E+01 ± 1E+01	3,0E+01 ± 1E+01	3,0E+01 ± 1E+01	3,0E+01 ± 1E+01	3,0E+01 ± 1E+01	4,6E+00 ± 3E+00
K-40	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 3E-01		< 1E-01				1,5E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,3E-01 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	8,8E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 5E-02
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	7,7E+02 ± 9E+01	7,6E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	9,8E+02 ± 8E+01	9,0E+02 ± 8E+01	9,0E+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 2010 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.	17. 12. 2009 - 18. 1. 2010	18. 1. 2010 - 16. 1. 2010	16. 2. 2010 - 16. 3. 2010	16. 3. 2010 - 19. 4. 2010	19. 4. 2010 - 17. 5. 2010	17. 5. 2010 - 16. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	50,32	43,33	41,74	50,8	41,62	44,56	
Oznaka vzorca	K10VC3211	K10VC3221	K10VC3231	K10VC3241	K10VC3251	K10VC3261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	3,4E+00 ± 2E+00	< 4E+00	1,1E+00 ± 7E-01	6,5E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00	< 6E+00	2,4E+00 ± 1E+00
Ra-226			< 8E+00	2,4E+00 ± 1E+00			3,9E-01 ± 9E-01
Pb-210	< 2E+01	4,8E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 1E+00	9,1E+00 ± 3E+00	2,1E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00
Ra-228	< 1E+00	< 2E+00		1,2E+00 ± 5E-01		9,6E-01 ± 5E-01	3,6E-01 ± 3E-01
Th-228	< 2E+00	7,1E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 2E-01	< 5E-01	4,0E-01 ± 3E-01
Th-230						< 2E+01	< 2E+00
K-40	2,4E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	9,7E+00 ± 4E+00	1,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Be-7		2,2E+00 ± 1E+00					3,7E-01 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 7E-01			2,7E-01 ± 1E-01		4,5E-02 ± 7E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,8E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 7E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 5E-01	1,1E-01 ± 1E-01
H-3	< 6E+01	1,3E+02 ± 2E+01	< 5E+01	< 6E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 2E+01	6,2E+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 2010 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.	16. 6. 2010 - 19. 7. 2010	19. 7. 2010 - 16. 8. 2010	16. 8. 2010 - 16. 9. 2010	16. 9. 2010 - 18. 10. 2010	18. 10. 2010 - 16. 11. 2010	16. 11. 2010 - 16. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	49,24	41,26	46,18	47,84	43,08	44,79	
Oznaka vzorca	K10VC3271	K10VC3281	K10VC3291	K10VC32A1	K10VC32B1	K10VC32C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	1,4E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01	4,6E+00 ± 3E+00	5,1E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 6E-01			< 4E+00	< 8E-01	1,1E+00 ± 4E-01	4,0E-01 ± 5E-01
Pb-210	1,4E+00 ± 8E-01	3,0E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 2E+00	2,5E+00 ± 9E-01	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 6E-01	< 1E+00	< 2E+00		5,9E-01 ± 5E-01	5,0E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01
Th-228	< 3E-01	< 4E-01	2,0E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 5E-01	2,5E-01 ± 1E-01
Th-230							< 9E-01
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00
Be-7		1,1E+00 ± 7E-01			< 4E+00		2,8E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 3E-01			< 3E-01	< 2E-01	2,2E-02 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,6E-01 ± 7E-02	6,4E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 8E-02	6,5E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 1E-01
H-3	< 5E+01	9,9E+01 ± 2E+01	< 6E+01	6,9E+01 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	6,4E+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 2010 T - 35a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	12. 1. 2010	3. 2. 2010	9. 3. 2010	2. 4. 2010	5. 5. 2010	2. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	58,2	50,5	53,1	55,4	53,7	51,3	
Oznaka vzorca	MED01-10	MED02-10	MED03-10	MED04-10	MED05-10	MED06-10	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238			1,0E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 5E+00	9,4E+00 ± 3E+00
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228					1,8E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 2E+00	7,5E-01 ± 5E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,2E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 1E+01	8,8E+01 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	7,7E+01 ± 1E+01	6,7E+01 ± 9E+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-89/Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	< 1E+00	2,3E+00 ± 5E-01
H-3	6,7E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	8,9E+02 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 35b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	5. 7. 2010	9. 8. 2010	3. 9. 2010	11. 10. 2010	3. 11. 2010	9. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	51,4	55,5	56,5	52,2	51,5	58,3	
Oznaka vzorca	MED07-10	MED08-10	MED09-10	MED10-10	MED11-10	MED12-10	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,1E+01 ± 7E+00	9,2E+00 ± 5E+00	4,6E+00 ± 4E+00	1,8E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 7E-01	7,7E+00 ± 2E+00
Ra-226							4,3E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,5E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00		1,5E+00 ± 1E+00		9,8E-01 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	8,1E+01 ± 1E+01	9,8E+01 ± 1E+01	7,3E+01 ± 1E+01	5,6E+01 ± 1E+01	8,4E+01 ± 1E+01	9,2E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 6E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	2,9E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 3E-01
H-3	2,3E+03 ± 3E+02	9,0E+03 ± 8E+02	4,6E+03 ± 5E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	< 4E+02	2,0E+03 ± 7E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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 Hrvška)						
Datum vzor.	12. 1. 2010	3. 2. 2010	9. 3. 2010	2. 4. 2010	5. 5. 2010	2. 6. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	57,7	53,2	58,2	59,0	58,1	58,1	
Oznaka vzorca	SIB01-10	SIB02-10	SIB03-10	SIB04-10	SIB05-10	SIB06-10	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238			5,4E+00 ± 4E+00	9,6E+00 ± 4E+00	1,4E+01 ± 5E+00	1,2E+01 ± 5E+00	6,9E+00 ± 2E+00
Ra-226			2,3E+00 ± 1E+00				3,8E-01 ± 4E-01
Pb-210							
Ra-228	1,6E+00 ± 1E+00		2,8E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 4E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,4E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	< 1E+00	2,3E+00 ± 5E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	6,9E+02 ± 1E+02	< 4E+02	7,5E+02 ± 2E+02	2,4E+02 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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 Hrvška)						
Datum vzor.	5. 7. 2010	9. 8. 2010	3. 9. 2010	11. 10. 2010	3. 11. 2010	9. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	58,7	55,1	59,1	55,9	58,4	59,3	
Oznaka vzorca	SIB07-10	SIB08-10	SIB09-10	SIB10-10	SIB11-10	SIB12-10	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,7E+01 ± 5E+00				8,6E+00 ± 5E+00	7,7E+00 ± 5E+00	6,2E+00 ± 2E+00
Ra-226		3,0E+00 ± 1E+00		2,0E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 7E-01	8,7E-01 ± 3E-01
Pb-210							
Ra-228	3,7E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 1E+00		1,5E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,4E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 1E+01	5,5E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01	5,8E+01 ± 6E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	3,4E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 4E-01	3,6E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 3E-01
H-3	7,3E+02 ± 2E+02	5,6E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 1E+02	4,3E+02 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2010 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	Brege							
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Kol. vzorca (L)	27,02	26,08	21,52	13,28	30,32	19,96		Polletno povprečje (*)
Padavine (mm)***	92,3	82,2	49,0	62,4	107,4	103,8		
Oznaka vzorca	K10PD211	K10PD221	K10PD231	K10PD241	K10PD251	K10PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 2E+00	< 6E+00	< 7E+00	1,1E+00 ± 5E-01	< 1E+01			1,9E-01 ± 2E-01
U-238								< 1E+00
Ra-226	< 5E+00			1,6E+01 ± 7E+00	5,5E+00 ± 2E+00			3,6E+00 ± 3E+00
Pb-210	3,3E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 6E+00	4,5E+00 ± 2E+00	1,3E+02 ± 2E+01	6,5E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 4E+00		6,3E+01 ± 2E+01
Ra-228				3,1E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 7E-01	< 2E+00		7,5E-01 ± 5E-01
Th-230					2,2E+01 ± 1E+01			3,7E+00 ± 4E+00
Th-228	< 1E+00	2,9E-01 ± 2E-01	< 4E-01	< 4E+00	1,0E+00 ± 4E-01	< 2E+00		2,2E-01 ± 4E-01
K-40	< 7E+00	6,7E+00 ± 5E+00	< 1E+01	8,4E+00 ± 5E+00	< 2E+01	8,0E+00 ± 5E+00		3,9E+00 ± 3E+00
Be-7	1,9E+02 ± 1E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+01 ± 2E+00	4,0E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 1E+01		2,7E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 4E-01			3,4E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01		1,5E-01 ± 1E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 2E+00	8,6E-01 ± 3E-01	< 9E-01		1,4E-01 ± 3E-01
H-3	2,1E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 8E+01	3,2E+03 ± 3E+02	2,4E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02		2,2E+03 ± 3E+02

(*) 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.

*** 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	Brege							
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Kol. vzorca (L)	27,0	26,1	21,5	13,3	30,3	20,0		Polletni used (*)
Padavine (mm)***	92,3	82,2	49,0	62,4	107,4	103,8		
Oznaka vzorca	K10PD211	K10PD221	K10PD231	K10PD241	K10PD251	K10PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 2E-01	< 5E-01	< 3E-01	6,9E-02 ± 3E-02	< 1E+00			6,9E-02 ± 3E-02
U-238								< 7E-01
Ra-226	< 4E-01			9,9E-01 ± 4E-01	5,9E-01 ± 2E-01			1,6E+00 ± 6E-01
Pb-210	3,1E+00 ± 3E-01	9,5E+00 ± 5E-01	2,2E-01 ± 1E-01	8,0E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 4E-01		3,1E+01 ± 1E+00
Ra-228				1,9E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 7E-02	< 2E-01		3,4E-01 ± 2E-01
Th-230					2,4E+00 ± 1E+00			2,4E+00 ± 1E+00
Th-228	< 1E-01	2,4E-02 ± 1E-02	< 2E-02	< 2E-01	1,1E-01 ± 4E-02	< 2E-01		1,3E-01 ± 2E-01
K-40	< 6E-01	5,5E-01 ± 4E-01	< 6E-01	5,3E-01 ± 3E-01	< 2E+00	8,3E-01 ± 5E-01		1,9E+00 ± 2E+00
Be-7	1,8E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,1E+00 ± 1E-01	2,5E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00		1,4E+02 ± 3E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 4E-02			3,7E-02 ± 2E-02	6,0E-02 ± 2E-02		9,7E-02 ± 4E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E-01	< 8E-02	< 6E-02	< 1E-01	9,2E-02 ± 3E-02	< 1E-01		9,2E-02 ± 1E-01
H-3	2,0E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 1E+01	5,2E+01 ± 4E+00	2,0E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 2E+01		1,1E+03 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 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	Bregje							
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	23,4	28	64,12	13,32	27,41	32,81		
Padavine (mm)***	90,9	96,6	267,3	50,0	146,0	80,0		
Oznaka vzorca	K10PD271	K10PD281	K10PD29S	K10PD2A1	K10PD2B1	K10PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	4,2E-01 ± 2E-01							1,3E-01 ± 1E-01
U-238	< 7E+00			1,4E+01 ± 1E+01	< 1E+01			1,2E+00 ± 1E+00
Ra-226				< 6E+00		4,6E+00 ± 1E+00		2,2E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 1E+00	3,0E+02 ± 2E+01	7,0E+00 ± 3E+00	3,5E+02 ± 2E+01		9,1E+01 ± 3E+01
Ra-228	1,3E+00 ± 8E-01	1,6E+00 ± 1E+00		1,9E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 8E-01		1,1E+00 ± 3E-01
Th-230								1,8E+00 ± 2E+00
Th-228	4,8E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 3E-01		2,5E+00 ± 1E+00	3,8E-01 ± 3E-01	8,9E-01 ± 6E-01		5,1E-01 ± 2E-01
K-40	8,5E+00 ± 2E+00	< 1E+01		1,3E+01 ± 9E+00	< 1E+01	1,4E+01 ± 3E+00		4,9E+00 ± 2E+00
Be-7	1,8E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 7E+00	2,0E+02 ± 1E+01	2,1E+03 ± 1E+02	1,9E+01 ± 3E+00	5,7E+02 ± 3E+01		4,0E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 3E-01	< 7E-01	< 2E-01			9,1E-01 ± 2E-01		1,5E-01 ± 9E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 9E-01	9,5E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 9E-02	2,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01		5,4E-01 ± 2E-01
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 8E+02	1,4E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02		2,3E+03 ± 4E+02

(*) 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.

*** 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	Bregje							
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	23,4	28,0	64,1	13,3	27,4	32,8		
Padavine (mm)***	90,9	96,6	267,3	50,0	146,0	80,0		
Oznaka vzorca	K10PD271	K10PD281	K10PD29S	K10PD2A1	K10PD2B1	K10PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	3,8E-02 ± 1E-02							1,1E-01 ± 3E-02
U-238	< 6E-01			6,9E-01 ± 5E-01	< 2E+00			6,9E-01 ± 2E+00
Ra-226				< 3E-01		3,7E-01 ± 1E-01		1,9E+00 ± 6E-01
Pb-210	1,1E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	4,0E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 1E+00	1,0E+00 ± 4E-01	2,8E+01 ± 1E+00		8,3E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,1E-01 ± 7E-02	1,5E-01 ± 1E-01		9,3E-02 ± 6E-02	2,3E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 7E-02		1,2E+00 ± 3E-01
Th-230								2,4E+00 ± 1E+00
Th-228	4,4E-02 ± 3E-02	5,3E-02 ± 3E-02		1,3E-01 ± 6E-02	5,6E-02 ± 4E-02	7,1E-02 ± 4E-02		4,8E-01 ± 2E-01
K-40	7,7E-01 ± 2E-01	< 1E+00		6,5E-01 ± 4E-01	< 2E+00	1,1E+00 ± 2E-01		4,4E+00 ± 2E+00
Be-7	1,6E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	5,5E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 6E+00	2,7E+00 ± 4E-01	4,5E+01 ± 2E+00		3,7E+02 ± 8E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 3E-02	< 7E-02	< 6E-02			7,3E-02 ± 1E-02		1,7E-01 ± 7E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 8E-02	9,2E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 2E-02	9,8E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 2E-02	9,2E-02 ± 2E-02		6,5E-01 ± 1E-01
H-3	1,7E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 1E+01	2,9E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,0E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 1E+01		2,4E+03 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 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							Polletno povprečje (*)
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Kol. vzorca (L)	27,36	23,36	20,12	13,72	29,66	28,26		
Padavine (mm)	90,9	84,2	74,4	18,0	114,5	114,9		
Oznaka vzorca	K10PD311	K10PD321	K10PD331	K10PD341	K10PD351	K10PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	< 1E+01	< 8E+00	< 7E+00	< 4E+01	< 6E+00	5,9E+00 ± 4E+00	9,8E-01 ± 4E+00	
U-238		< 6E+00	< 7E+00	5,7E+00 ± 2E+00			9,5E-01 ± 1E+00	
Ra-226	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 9E+00	4,2E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 2E+01	
Pb-210	< 2E+00	< 5E+00		< 7E+00		< 1E+00	< 9E-01	
Ra-228			6,4E+01 ± 3E+01				1,1E+01 ± 1E+01	
Th-230			7,4E-01 ± 5E-01	< 2E+00			3,7E-01 ± 3E-01	
Th-228	4,8E-01 ± 3E-01	< 1E+00			3,9E-01 ± 3E-01	5,9E-01 ± 3E-01	1,9E+01 ± 1E+01	
K-40	< 8E+00	< 1E+01	< 1E+01	7,8E+01 ± 1E+01	1,7E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+01	
Be-7	7,9E+02 ± 4E+01	6,8E+02 ± 3E+01	5,0E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 1E+01	4,8E+02 ± 9E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 7E-01	< 1E+00		1,3E+00 ± 8E-01			2,2E-01 ± 2E-01	
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	1,3E+00 ± 3E-01	< 1E+00	2,1E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 3E-01	< 7E-01	9,6E-01 ± 3E-01	
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	3,1E+03 ± 4E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 3E+02	

(*) 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							Polletni used (*)
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Kol. vzorca (L)	27,4	23,4	20,1	13,7	29,7	28,3		
Padavine (mm)	90,9	84,2	74,4	18,0	114,5	114,9		
Oznaka vzorca	K10PD311	K10PD321	K10PD331	K10PD341	K10PD351	K10PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	< 9E-01	< 7E-01	< 5E-01	< 7E-01	< 7E-01	6,8E-01 ± 5E-01	6,8E-01 ± 1E+00	
U-238		< 5E-01	< 5E-01	1,0E-01 ± 4E-02			1,0E-01 ± 4E-01	
Ra-226	1,1E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 9E-01	2,5E+00 ± 9E-01	1,1E+00 ± 2E-01	4,8E+00 ± 4E-01	3,7E+00 ± 5E-01	3,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	< 2E-01	< 4E-01		< 1E-01		< 2E-01	< 3E-01	
Ra-228			4,8E+00 ± 2E+00				4,8E+00 ± 2E+00	
Th-230			5,5E-02 ± 4E-02	< 4E-02			2,1E-01 ± 9E-02	
Th-228	4,4E-02 ± 3E-02	< 9E-02	< 7E-01	1,4E+00 ± 2E-01	4,5E-02 ± 3E-02	6,8E-02 ± 3E-02	2,1E-01 ± 9E-02	
K-40	< 7E-01	< 3E+00	< 2E+00	5,7E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	5,3E+00 ± 9E-01	
Be-7	7,1E+01 ± 4E+00	5,8E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00	5,7E+00 ± 3E-01	4,1E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,4E+02 ± 6E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 6E-02	< 8E-02		2,4E-02 ± 2E-02			2,4E-02 ± 6E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,3E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 9E-02	3,7E-02 ± 6E-03	1,2E-01 ± 3E-02	< 8E-02	3,9E-01 ± 9E-02	
H-3	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+00	5,5E+01 ± 7E+00	2,6E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 2E+01	8,9E+02 ± 3E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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 2010 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							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.	17,46	28,08	61,58	11,46	34,39	25,49		
Kol. vzorca (L)	67,9	112,6	267,7	46,8	112,2	87,4		
Padavine (mm)	K10PD371	K10PD381	K10PD39S	K10PD3A1	K10PD3B1	K10PD3C1		
Oznaka vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<				<	4,2E-01 ± 2E-01	3,5E-02 ± 3E-02	
U-238	<					<	4,9E-01 ± 2E+00	
Ra-226	<					<	4,7E-01 ± 8E-01	
Pb-210	4,2E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 6E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 1E+01	4,4E+01 ± 4E+00	2,7E+02 ± 2E+01	9,0E+01 ± 2E+01	
Ra-228	<	<			<	1,1E+00 ± 7E-01	9,5E-02 ± 6E-01	
Th-230	<					<	5,4E+00 ± 5E+00	
Th-228	<	<	<		<	9,6E-01 ± 7E-01	3,8E-01 ± 2E-01	
K-40	6,2E+01 ± 9E+00	2,5E+01 ± 5E+00	5,0E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 9E+00	3,7E+00 ± 1E+00	8,1E+00 ± 3E+00	2,0E+01 ± 7E+00	
Be-7	4,0E+02 ± 2E+01	1,0E+03 ± 5E+01	2,3E+02 ± 1E+01	1,3E+03 ± 7E+01	5,0E+02 ± 3E+01	9,5E+02 ± 5E+01	6,1E+02 ± 1E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<			<	<	4,3E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,6E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	<	2,2E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	9,9E+02 ± 2E+02	6,4E+02 ± 8E+01	5,0E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 3E+02	

(*) 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							Letni used (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.	17,5	28,1	61,6	11,5	34,4	25,5		
Kol. vzorca (L)	67,9	112,6	267,7	46,8	112,2	87,4		
Padavine (mm)	K10PD371	K10PD381	K10PD39S	K10PD3A1	K10PD3B1	K10PD3C1		
Oznaka vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<				<	3,6E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 2E-02	
U-238	<					<	6,8E-01 ± 2E+00	
Ra-226	<					<	1,0E-01 ± 7E-01	
Pb-210	2,8E+00 ± 4E-01	1,4E+01 ± 7E-01	3,5E+00 ± 5E-01	7,6E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 4E-01	2,4E+01 ± 1E+00	9,1E+01 ± 3E+00	
Ra-228	<	<			<	1,0E-01 ± 6E-02	1,0E-01 ± 4E-01	
Th-230	<					<	4,8E+00 ± 3E+00	
Th-228	<	<	<		<	8,4E-02 ± 6E-02	3,6E-01 ± 2E-01	
K-40	4,2E+00 ± 6E-01	2,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 4E-01	9,2E-01 ± 4E-01	4,2E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	1,6E+01 ± 1E+00	
Be-7	2,7E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 6E+00	6,1E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 3E+00	8,3E+01 ± 4E+00	6,4E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<			<	<	3,7E-02 ± 1E-02	6,1E-02 ± 9E-02	
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	1,4E-01 ± 2E-02	<	1,0E-01 ± 2E-02	1,3E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 3E-02	1,0E+00 ± 1E-01	
H-3	8,9E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,8E+03 ± 5E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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 2010 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.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	25,54	22,68	24,28	14,88	38,8	38,6		
Padavine (mm)	96,6	78,7	62,8	80,5	154,3	137,1		
Ozuala vzorca	K10PD411	K10PD421	K10PD431	K10PD441	K10PD451	K10PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22		7,8E+00 ± 6E+00		< 6E+00		1,4E+01 ± 4E+00	3,6E+00 ± 2E+00	
U-238		< 8E+00		< 4E+00		4,3E+00 ± 3E+00	1,8E+00 ± 1E+00	
Ra-226	6,8E+00 ± 3E+00	< 8E+00				3,9E+01 ± 3E+00	8,5E+01 ± 2E+01	
Pb-210	1,1E+02 ± 8E+00	1,9E+02 ± 2E+01	3,6E+01 ± 2E+00	9,5E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 2E+00			
Ra-228	< 2E+00	< 3E+00	< 1E+00		< 1E+00	1,6E+00 ± 8E-01	2,7E-01 ± 5E-01	
Th-230						3,3E+01 ± 2E+01	5,6E+00 ± 6E+00	
Th-228	3,4E-01 ± 2E-01	< 1E+00	7,4E-01 ± 4E-01	8,5E-01 ± 5E-01	4,4E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	6,0E-01 ± 2E-01	
K-40			< 1E+01	8,5E+00 ± 5E+00	1,1E+01 ± 4E+00	8,4E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	
Be-7	6,4E+02 ± 4E+01	6,3E+02 ± 3E+01	5,0E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 3E+01	5,0E+02 ± 3E+01	5,1E+02 ± 3E+01	5,4E+02 ± 3E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 7E-01	< 7E-01	< 5E-01		< 5E-01	2,5E-01 ± 2E-01	4,1E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 9E-01	3,7E+00 ± 3E-01	< 1E+00	2,0E+00 ± 5E-01	< 5E-01	< 6E-01	9,4E-01 ± 6E-01	
H-3	8,0E+02 ± 6E+01	9,2E+02 ± 1E+02	8,6E+02 ± 7E+01	1,3E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 3E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	

(*) 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	25,5	22,7	24,3	14,9	38,8	38,6		
Padavine (mm)	96,6	78,7	62,8	80,5	154,3	137,1		
Ozuala vzorca	K10PD411	K10PD421	K10PD431	K10PD441	K10PD451	K10PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22		6,1E-01 ± 5E-01		< 5E-01		1,9E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 7E-01	
U-238		< 6E-01		< 3E-01		5,9E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 6E-01	
Ra-226	6,5E-01 ± 3E-01	< 6E-01				5,4E+00 ± 4E-01	4,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,1E+01 ± 7E-01	1,5E+01 ± 1E+00	2,3E+00 ± 2E-01	7,6E+00 ± 8E-01	6,6E+00 ± 4E-01	2,2E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 3E-01	
Ra-228	< 2E-01	< 3E-01	< 9E-02		< 2E-01	4,6E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	
Th-230						1,7E-01 ± 4E-02	3,9E-01 ± 9E-02	
Th-228	3,3E-02 ± 2E-02	< 8E-02	4,7E-02 ± 2E-02	6,8E-02 ± 4E-02	6,8E-02 ± 3E-02	1,2E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 1E+00	
K-40			< 9E-01	6,9E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 1E+00	
Be-7	6,2E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 4E+00	7,0E+01 ± 3E+00	3,3E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 7E-02	< 6E-02	< 3E-02		< 8E-02	3,4E-02 ± 2E-02	3,4E-02 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 9E-02	2,9E-01 ± 2E-02	< 8E-02	1,6E-01 ± 4E-02	< 8E-02	< 9E-02	4,5E-01 ± 1E-01	
H-3	7,8E+01 ± 6E+00	7,3E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 5E+01	2,1E+02 ± 2E+01	8,2E+02 ± 6E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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 2010 T - 39b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (L)	22,28	29,46	66,02	14,26	30,97	34,41		
Padavine (mm)	68,5	91,6	240,7	51,0	144,1	91,4		
Ozuala vzorca	K10PD471	K10PD481	K10PD49S	K10PD4A1	K10PD4B1	K10PD4C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
Na-22	7,8E-01 ± 4E-01	6,2E+00 ± 4E+00	< 3E+00	< 2E+01			6,5E-02 ± 7E-02	
U-238			6,8E-01 ± 4E-01	< 6E+00	3,2E+00 ± 2E+00	< 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226			2,9E+01 ± 3E+00	4,5E+02 ± 4E+01	4,8E+01 ± 5E+00	2,3E+02 ± 1E+01	1,2E+00 ± 7E-01	
Pb-210	3,6E+01 ± 5E+00	6,0E+01 ± 4E+00	5,0E-01 ± 3E-01	< 3E+00		2,6E+00 ± 1E+00	1,1E+02 ± 4E+01	
Ra-228	< 2E+00						4,0E-01 ± 3E-01	
Th-230							2,8E+00 ± 3E+00	
Th-228	8,1E-01 ± 4E-01	< 1E+00	4,9E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 6E-01	6,8E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 3E-01	7,1E-01 ± 2E-01	
K-40	2,0E+01 ± 7E+00	< 1E+01		4,4E+01 ± 1E+01		1,0E+01 ± 5E+00	8,5E+00 ± 4E+00	
Be-7	4,9E+02 ± 2E+01	7,4E+02 ± 4E+01	4,9E+02 ± 3E+01	2,8E+03 ± 1E+02	3,4E+02 ± 2E+01	7,6E+02 ± 4E+01	7,4E+02 ± 2E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 5E-01		2,4E-01 ± 1E-01		< 1E-01	5,6E-01 ± 2E-01	8,7E-02 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 9E-01	1,6E+00 ± 2E-01	6,7E-01 ± 1E-01	1,8E+00 ± 3E-01	< 8E-01	1,4E+00 ± 2E-01	9,2E-01 ± 3E-01	
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	5,6E+02 ± 8E+01	1,2E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	

(*) 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.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Dobova							Letni used (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (L)	22,3	29,5	66,0	14,3	31,0	34,4		
Padavine (mm)	68,5	91,6	240,7	51,0	144,1	91,4		
Ozuala vzorca	K10PD471	K10PD481	K10PD49S	K10PD4A1	K10PD4B1	K10PD4C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
Na-22	5,3E-02 ± 2E-02	5,7E-01 ± 3E-01	< 6E-01	< 9E-01			5,3E-02 ± 2E-02	
U-238			1,6E-01 ± 1E-01	< 3E-01	4,7E-01 ± 3E-01	< 2E-01	3,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226			7,0E+00 ± 6E-01	2,3E+01 ± 2E+00	7,0E+00 ± 7E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+00 ± 8E-01	
Pb-210	2,4E+00 ± 3E-01	5,4E+00 ± 4E-01	1,2E-01 ± 7E-02	< 2E-01		2,4E-01 ± 1E-01	1,1E+02 ± 3E+00	
Ra-228	< 1E-01						5,8E-01 ± 3E-01	
Th-230							4,6E+00 ± 2E+00	
Th-228	5,5E-02 ± 3E-02	< 1E-01	1,2E-01 ± 6E-02	9,7E-02 ± 3E-02	9,7E-02 ± 5E-02	9,9E-02 ± 3E-02	8,5E-01 ± 1E-01	
K-40	1,4E+00 ± 5E-01	< 1E+00		2,3E+00 ± 6E-01		9,3E-01 ± 5E-01	8,1E+00 ± 2E+00	
Be-7	3,4E+01 ± 2E+00	6,8E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 8E+00	1,4E+02 ± 7E+00	4,8E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 3E+00	8,1E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 3E-02		5,7E-02 ± 3E-02		< 2E-02	5,1E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 9E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 6E-02	1,5E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 3E-02	9,0E-02 ± 1E-02	< 1E-01	1,3E-01 ± 2E-02	9,8E-01 ± 1E-01	
H-3	9,3E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 2E+01	6,2E+01 ± 5E+00	1,3E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,4E+03 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) 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 2010 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						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	20,2	50,48	14,42	17,4	28,52	28,34	
Padavine (mm)***	125,0	145,0	35,0	82,0	102,0	124,0	
Oznaka vzorca	RP10PD111	RP10PD121	RP10PD131	RP10PD141	RP10PD151	RP10PD161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22	<	2,3E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 8E+00	<	4,8E-01 ± 2E-01	<	8,0E-02 ± 8E-02
U-238	<	4E+00	<	<	<	3E+00	2,3E+00 ± 2E+00
Ra-226	<	7E+00	<	<	<	2E+00	1E+00
Pb-210	8,5E+01 ± 1E+01	1,7E+02 ± 1E+01	2,0E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	7,0E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 2E+00	6,9E+01 ± 2E+01
Ra-228	<	2E+00	6,4E-01 ± 5E-01	<	5E+00	<	1,1E-01 ± 5E-01
Th-230	<	<	<	<	<	<	<
Th-228	9,8E-01 ± 5E-01	3,1E-01 ± 1E-01	<	1E+00	<	2E+00	5,3E-01 ± 2E-01
K-40	6,4E+00 ± 4E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 7E+00	<	1E+01	<	1,2E+01 ± 5E+00
Be-7	6,0E+02 ± 3E+01	7,6E+02 ± 4E+01	1,8E+02 ± 9E+00	4,0E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 9E+00	4,3E+02 ± 9E+01
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	1E+00	<	1E-01	<	5E-01	<
Co-58	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<
H-3	1,1E+03 ± 3E+02	1,1E+03 ± 3E+02	8,5E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02

(*) 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.

*** 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						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	20,2	50,5	14,4	17,4	28,5	28,3	
Padavine (mm)***	125,0	145,0	35,0	82,0	102,0	124,0	
Oznaka vzorca	RP10PD111	RP10PD121	RP10PD131	RP10PD141	RP10PD151	RP10PD161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22	<	3,4E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 3E-01	<	4,9E-02 ± 2E-02	<	4,9E-02 ± 2E-02
U-238	<	5E-01	<	<	<	4E-01	7,4E-01 ± 6E-01
Ra-226	<	8E-01	<	9E-01	<	3E-01	8E-01
Pb-210	1,1E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 2E+00	7,0E-01 ± 2E-01	4,6E+00 ± 4E-01	7,1E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 2E-01	5,0E+01 ± 2E+00
Ra-228	<	2E-01	9,3E-02 ± 7E-02	<	4E-01	<	9,3E-02 ± 3E-01
Th-230	<	<	<	<	<	<	<
Th-228	1,2E-01 ± 6E-02	4,5E-02 ± 2E-02	<	4E-02	<	1E-01	5,4E-02 ± 2E-02
K-40	8,0E-01 ± 5E-01	2,0E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01	<	9E-01	<	1,2E+00 ± 5E-01
Be-7	7,5E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 6E+00	6,4E+00 ± 3E-01	3,3E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	2,9E+02 ± 7E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	1E-01	<	2E-02	<	4E-02	<
Co-58	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<
H-3	1,4E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 4E+01	3,0E+01 ± 6E+00	9,1E+01 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 3E+01	7,5E+02 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in specifična analiza H-3 je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	25,8	43,54	63,52	29,66	38,88	50,34	
Padavine (mm)***	112,0	176,0	425,0	105,0	186,0	182,0	
Oznaka vzorca	RP10PD171	RP10PD181	RP10PD19S	RP10PD1A1	RP10PD1B1	RP10PD1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22	<	2,5E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 6E-01			<	4,0E-02 ± 4E-02
U-238	<	2E+01	9,7E-01 ± 2E-01			<	1,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	<	2E+00	8,0E+01 ± 4E+00	1,3E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 6E+00	8,4E-01 ± 6E-01	1,5E-01 ± 5E-01
Pb-210	1,5E+02 ± 2E+01	9,9E+01 ± 5E+00	6,6E-01 ± 4E-01	<	<	9,3E+01 ± 9E+00	8,9E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,9E+00 ± 2E+00	<	2,7E+01 ± 2E+01	<	<	5E-01	3,5E-01 ± 3E-01
Th-230							2,3E+00 ± 2E+00
Th-228	8,7E-01 ± 4E-01	3,8E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 7E-02	7,7E-01 ± 3E-01	<	1E+00	3,6E-01 ± 1E-01
K-40	1,9E+01 ± 4E+00	<	<	<	5,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 2E+00
Be-7	1,2E+03 ± 1E+02	9,3E+02 ± 5E+01	6,3E+02 ± 3E+01	7,6E+02 ± 4E+01	4,8E+02 ± 2E+01	5,1E+02 ± 4E+01	5,9E+02 ± 9E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,4E-01 ± 4E-01	<	4E-02	<	2E-01	<	4E-01
Co-58							6,2E-02 ± 7E-02
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,7E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 2E+02	6,1E+02 ± 2E+02	7,6E+02 ± 2E+02	6,4E+02 ± 2E+02	4,9E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in specifična analiza H-3 je bila opravljena na Odseku F-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						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	25,8	43,5	63,5	29,7	38,9	50,3	
Padavine (mm)***	112,0	176,0	425,0	105,0	186,0	182,0	
Oznaka vzorca	RP10PD171	RP10PD181	RP10PD19S	RP10PD1A1	RP10PD1B1	RP10PD1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22	<	4,3E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 2E-01			<	4,9E-02 ± 2E-02
U-238	<	2E+00	4,1E-01 ± 1E-01			<	1,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	<	3E-01	3,4E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 1E+00	1,5E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 8E-01
Pb-210	1,7E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 9E-01	2,8E-01 ± 2E-01	<	<	1,7E+01 ± 2E+00	1,7E+02 ± 4E+00
Ra-228	3,2E-01 ± 2E-01	<	2,9E+00 ± 2E+00	<	<	1E-01	6,9E-01 ± 5E-01
Th-230							2,9E+00 ± 2E+00
Th-228	9,7E-02 ± 4E-02	6,8E-02 ± 3E-02	6,0E-02 ± 3E-02	8,1E-02 ± 4E-02	<	3E-01	5,9E-01 ± 2E-01
K-40	2,1E+00 ± 4E-01	<	<	<	9,5E-01 ± 3E-01	7,9E-01 ± 3E-01	6,4E+00 ± 2E+00
Be-7	1,4E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 8E+00	2,7E+02 ± 1E+01	8,0E+01 ± 4E+00	8,9E+01 ± 4E+00	9,3E+01 ± 7E+00	1,1E+03 ± 2E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,3E-02 ± 4E-02	<	2E-02	<	2E-02	<	7E-02
Co-58							8,3E-02 ± 1E-01
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,9E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 4E+01	2,6E+02 ± 9E+01	8,0E+01 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	8,9E+01 ± 3E+01	1,7E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in specifična analiza H-3 je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2010

Specifična analiza H-3 (**) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško			Bregje			Dobova			Ljubljana		
	Padavine	Specifična aktivnost		Padavine***	Specifična aktivnost		Padavine	Specifična aktivnost		Padavine***	Specifična aktivnost	
Mesec vzorčevanja	mm	kBq/m ²	kBq/m ²	mm	kBq/m ²	kBq/m ²	mm	kBq/m ²	kBq/m ²	mm	kBq/m ²	kBq/m ²
Januar	90,9	1,3E+00	1,1E-01	92,3	2,1E+00	2,0E-01	96,6	8,0E-01	7,8E-02	125,0	1,1E+00	1,4E-01
Februar	84,2	1,4E+00	1,1E-01	82,2	2,2E+00	1,8E-01	78,7	9,2E-01	7,3E-02	145,0	1,1E+00	1,5E-01
Marec	74,4	1,5E+00	1,1E-01	49,0	1,1E+00	5,2E-02	62,8	8,6E-01	5,4E-02	35,0	8,5E-01	3,0E-02
April	18,0	3,1E+00	5,5E-02	62,4	3,2E+00	2,0E-01	80,5	1,3E+00	1,1E-01	82,0	1,1E+00	9,1E-02
Maj	114,5	2,2E+00	2,6E-01	107,4	2,4E+00	2,5E-01	154,3	1,9E+00	2,9E-01	102,0	1,2E+00	1,3E-01
Junij	114,9	2,0E+00	2,3E-01	103,8	2,2E+00	2,3E-01	137,1	1,6E+00	2,1E-01	124,0	1,7E+00	2,1E-01
Julij	67,9	1,3E+00	8,9E-02	90,9	1,9E+00	1,7E-01	68,5	1,4E+00	9,3E-02	112,0	1,7E+00	1,9E-01
Avgust	112,6	9,9E-01	1,1E-01	96,6	1,1E+00	1,0E-01	91,6	1,2E+00	1,1E-01	176,0	1,3E+00	2,2E-01
September	267,7	6,4E-01	1,7E-01	267,3	1,1E+00	2,9E-01	240,7	5,6E-01	1,3E-01	425,0	6,1E-01	2,6E-01
Oktober	46,8	5,0E+00	2,3E-01	50,0	6,5E+00	3,3E-01	51,0	1,2E+00	6,2E-02	105,0	7,6E-01	8,0E-02
November	112,2	1,7E+00	1,9E-01	146,0	1,4E+00	2,0E-01	144,1	9,1E-01	1,3E-01	186,0	6,4E-01	1,2E-01
December	87,4	1,5E+00	1,3E-01	80,0	2,2E+00	1,8E-01	91,4	1,2E+00	1,1E-01	182,0	4,9E-01	8,9E-02
Letno povprečje (kBq/m ²)	1,88E+00	±	3,4E-01	2,27E+00	±	4,3E-01	1,14E+00	±	1,0E-01	1,04E+00	±	1,1E-01
Celotna vrednost	1191	1,8E+00		1228	2,4E+00		1297	1,4E+00		1799	1,7E+00	
	mm	kBq/m ²		mm	kBq/m ²		mm	kBq/m ²		mm	kBq/m ²	

(***) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2.

(***) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (2-5)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010			
Kol. vzorca (g)	60,9	92	55,6	66,3	59	51			
Padavine (mm)***	91,6	83,2	61,7	40,2	111,0	109,4			
Oznaka vzorca	K10PV211	K10PV221	K10PV231	K10PV241	K10PV251	K10PV261			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22			<	4,0E-01 ± 2E-01		<	4,0E-01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 2E+00	
U-238			<	4,0E-01 ± 2E-01		<	4,0E-01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 2E+00	
Ra-226	5,3E-01 ± 3E-01	2,3E-01 ± 1E-01	4,7E-02 ± 3E-02	3,8E-01 ± 2E-01	<	6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	6,0E+00 ± 3E+00	
Pb-210	4,7E-01 ± 8E-02	1,8E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01	7,2E+00 ± 4E-01	4,9E+00 ± 3E-01	5,4E+00 ± 6E-01	2,2E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 5E+00	
Ra-228	<	6E-02	3,0E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 3E-02	<	1E-01	6,0E-02 ± 3E-02	2,0E-01 ± 9E-02	
Th-230									
Th-228	1,1E-01 ± 1E-02	1,0E-01 ± 2E-02	2,7E-01 ± 1E-02	5,4E-01 ± 4E-02	5,3E-01 ± 4E-02	2,5E-01 ± 1E-02	1,8E+00 ± 6E-02	9,0E+00 ± 3E-01	
K-40	<	4E-01	<	3E-01	4,2E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 4E-01	
Be-7	7,4E-01 ± 9E-02	5,3E+00 ± 3E-01	2,4E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	1,7E+02 ± 4E+00	8,5E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137			2,5E-02 ± 7E-03	2,4E-02 ± 1E-02	4,1E-02 ± 1E-02	3,1E-02 ± 6E-03	1,2E-01 ± 2E-02	6,0E-01 ± 1E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (2-5)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010			
Kol. vzorca (g)	56,8	54,9	54,2	60,2	63	66,8			
Padavine (mm)***	79,4	104,6	267,5	48,4	129,1	83,7			
Oznaka vzorca	K10PV271	K10PV281	K10PV291	K10PV2A1	K10PV2B1	K10PV2C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22		4,5E-01 ± 2E-01		<	3E-01	<	3E-01	8,5E-01 ± 6E-01	4,2E+00 ± 3E+00
U-238			1,1E-01 ± 6E-02		<	1E-01		1,4E+00 ± 6E-01	6,9E+00 ± 3E+00
Ra-226			8,7E+00 ± 4E-01	8,1E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	5,4E+01 ± 1E+00	2,7E+02 ± 7E+00	
Pb-210	5,8E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 5E-01	7,1E-02 ± 2E-02	6,6E-02 ± 4E-02	<	1E-01	3,8E-01 ± 1E-01	1,9E+00 ± 6E-01	
Ra-228	4,1E-02 ± 2E-02	7,1E-02 ± 2E-02							
Th-230									
Th-228	3,6E-02 ± 9E-03	8,1E-02 ± 1E-02	<	5E-02	9,8E-02 ± 2E-02	<	3E-02	2,0E+00 ± 8E-02	1,0E+01 ± 4E-01
K-40	3,1E-01 ± 7E-02	<	4E-01	2,0E-01 ± 1E-01				1,8E+00 ± 5E-01	9,0E+00 ± 3E+00
Be-7	3,9E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	5,4E+00 ± 3E-01	3,6E+02 ± 6E+00	1,8E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	<	3E-02	9,0E-03 ± 7E-03	2,2E-02 ± 1E-02		<	1E-02	1,5E-01 ± 3E-02	7,6E-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 2010 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK (6)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010			
Kol. vzorca (g)	15,2	13,8	11,9	19	14,5	14,4			
Padavine (mm)	96,6	78,7	62,8	80,5	154,3	137,1			
Oznaka vzorca	K10PV2611	K10PV2621	K10PV2631	K10PV2641	K10PV2651	K10PV2661			
IZTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22		1,4E+00 ± 5E-01				7,8E-01 ± 4E-01	2,2E+00 ± 7E-01	1,1E+01 ± 3E+00	
U-238		< 4E-01	2,4E-01 ± 1E-01				2,4E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E+00	
Ra-226	5,2E-01 ± 4E-01	4,8E+00 ± 3E+00	1,3E+00 ± 3E-01	5,4E+00 ± 6E-01	5,4E+00 ± 6E-01	6,0E+00 ± 8E-01	2,3E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 2E+01	
Pb-210	< 4E-01	2,5E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 8E-02			< 1E-01	4,1E-01 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E+00	
Ra-228									
Th-230									
Th-232									
Th-228	1,0E-01 ± 4E-02	1,7E-01 ± 1E-01		7,1E-01 ± 5E-02	< 2E-01	2,5E-01 ± 3E-02	1,2E+00 ± 2E-01	6,1E+00 ± 1E+00	
K-40			< 1E+00	< 2E+00	< 6E-01	4,2E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 1E+00	2,1E+00 ± 7E+00	
Be-7		5,6E+00 ± 5E-01	2,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 5E+00	7,0E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	< 7E-02	< 4E-02	4,4E-02 ± 2E-02	2,6E-02 ± 2E-02	< 3E-02	< 3E-02	7,0E-02 ± 6E-02	3,5E-01 ± 3E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2010 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK (6)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010			
Kol. vzorca (g)	12,5	16,3	14,1	14,5	15,5	13,1			
Padavine (mm)	68,5	91,6	240,7	51,0	144,1	91,4			
Oznaka vzorca	K10PV2671	K10PV2681	K10PV2691	K10PV26A1	K10PV26B1	K10PV26C1			
IZTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	< 1E+00		< 2E+00	< 6E-01	< 8E-01		2,2E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 8E+00	
U-238	< 2E-01	< 1E+00	< 2E-01	< 2E-01		3,0E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 8E-01	2,7E+00 ± 4E+00	
Ra-226	< 7E+00	5,4E+00 ± 8E-01	6,2E+00 ± 7E-01	5,3E+00 ± 5E-01	3,0E+00 ± 4E-01	< 9E-01	4,3E+01 ± 5E+00	2,2E+02 ± 3E+01	
Pb-210	< 3E-01		< 3E-01	< 1E-01	< 4E-01	< 1E-01	4,1E-01 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E+00	
Ra-228									
Th-230							< 3E+00	< 2E+01	
Th-232									
Th-228	< 1E-01	4,0E-01 ± 6E-02	< 1E-01	< 7E-02	< 3,2E-02 ± 2E-02		1,7E+00 ± 2E-01	8,3E+00 ± 1E+00	
K-40		4,8E-01 ± 3E-01			< 1E+00		9,0E-01 ± 2E+00	4,5E+00 ± 8E+00	
Be-7	2,7E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 1E+00	8,9E+00 ± 6E-01	1,7E+00 ± 2E-01	2,4E+02 ± 5E+00	1,2E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137			< 6E-02	< 3E-02	< 1E-01		7,0E-02 ± 1E-01	3,5E-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 2010 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)						Polletna vsota	Polletni used (*)
	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Datum vzor.	51,4	46	36,6	46,7	39,8	39,8		
Kol. vzorca (g)	90,9	84,2	74,4	18,0	114,5	114,9		
Padavine (mm)	K10PV311	K10PV321	K10PV331	K10PV341	K10PV351	K10PV361		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<	<	<					
U-238	4E-01	4E-01	2E-01					
Ra-226			7,4E-02 ± 5E-02		8,5E-01 ± 6E-01	8,5E-02 ± 6E-02	8,5E-02 ± 3E-01	4,3E-01 ± 2E+00
Pb-210	8,6E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	4,9E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 7E-01	5,5E+00 ± 3E-01	2,0E+01 ± 2E+00	5,3E+00 ± 3E+00
Ra-228	<	<	5,2E-02 ± 3E-02	7,4E-02 ± 5E-02		3,6E-02 ± 3E-02	1,6E-01 ± 1E-01	9,8E+01 ± 8E+00
Th-230								8,1E-01 ± 6E-01
Th-232	8,5E-02 ± 2E-02	3,7E-01 ± 3E-02	1,1E-01 ± 7E-02	6,2E-01 ± 3E-02	3,5E-01 ± 3E-02	9,4E-02 ± 5E-02	1,6E+00 ± 1E-01	8,2E+00 ± 5E-01
K-40		<	5,1E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	<	1,2E+00 ± 5E-01	5,9E+00 ± 2E+00
Be-7	8,1E-01 ± 2E-01	7,2E+00 ± 4E-01	2,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 3E+00	7,1E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			<	2E-02	<	3,3E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 2E-02	1,7E-01 ± 1E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2010 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)						Letna vsota	Letni used (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.	48,5	37	46,2	51	50,5	46,8		
Kol. vzorca (g)	67,9	112,6	267,7	46,8	112,2	87,4		
Padavine (mm)	K10PV371	K10PV381	K10PV391	K10PV3A1	K10PV3B1	K10PV3C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<	<	<					
U-238	7E-01	5E-01	5E-01					
Ra-226		3,7E-01 ± 3E-01		<	1,5E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 7E-01	1,4E+00 ± 4E+00
Pb-210	4,8E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 3E-01	7,0E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 6E-01	7,9E+00 ± 3E+00
Ra-228	8,0E-02 ± 6E-02	1,7E-01 ± 6E-02	<	2E-02	1,4E-01 ± 6E-02		4,9E+01 ± 2E+00	2,4E+02 ± 1E+01
Th-230							5,5E-01 ± 2E-01	2,7E+00 ± 8E-01
Th-232	<	3,5E-01 ± 3E-02	3,8E-02 ± 1E-02	5,2E-02 ± 3E-02	<	7E-02	2,6E-02 ± 1E-02	2,1E+00 ± 1E-01
K-40	6,3E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 1E-01	<	4E-01	<		2,0E+00 ± 7E-01	9,9E+00 ± 3E+00
Be-7	2,9E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 7E-01	2,4E+00 ± 1E-01	2,8E+02 ± 5E+00	1,4E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,4E-02 ± 3E-02	2,0E-02 ± 1E-02	<	4E-02		<	3E-02	1,3E-01 ± 5E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2010 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Polletna vsota	Polletni used
Datum vzor.	29.12.2009 - 1.2.2010	1.2.2010 - 1.3.2010	1.3.2010 - 1.4.2010	1.4.2010 - 4.5.2010	4.5.2010 - 1.6.2010	1.6.2010 - 1.7.2010			
Kol. vzorca (g)	12,5	20	13,1	11,9	13	17,2			
Padavine (mm)***	125,0	145,0	35,0	82,0	102,0	124,0			
Oznaka vzorca	L10PV111	L10PV121	L10PV131	L10PV141	L10PV151	L10PV161			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	4,3E-01 ± 3E-01	<	3,2E-01 ± 2E-01	<	<	9,3E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 5E+00	
Ra-226	<	1E+00	<	3,0E-01 ± 2E-01	<	2,0E-01 ± 1E-01	5,0E-01 ± 8E-01	2,5E+00 ± 4E+00	
Pb-210	<	1,3E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 3E-01	9,4E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 5E-01	7,1E+00 ± 7E-01	2,6E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 9E+00	
Ra-228	<	2,4E-01 ± 2E-01	8,9E-02 ± 7E-02	<	2,3E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 1E-01	8,0E-01 ± 2E-01	4,0E+00 ± 1E+00	
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-232	<	9E-02	1,6E-01 ± 4E-02	2,2E-01 ± 3E-02	7,5E-02 ± 3E-02	1,3E-01 ± 6E-02	2,3E-01 ± 5E-02	8,1E-01 ± 1E-01	
K-40	<	<	<	<	<	<	<	<	
Be-7	1,4E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 4E-01	3,8E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 4E+00	9,1E+02 ± 2E+01	
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-137	<	6E-02	2,4E-02 ± 1E-02	1,4E-02 ± 1E-02	9,0E-02 ± 5E-02	6,2E-02 ± 2E-02	1,9E-01 ± 9E-02	9,5E-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.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2010 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Letna vsota	Letni used
Datum vzor.	1.7.2010 - 2.8.2010	2.8.2010 - 1.9.2010	1.9.2010 - 4.10.2010	4.10.2010 - 2.11.2010	2.11.2010 - 2.12.2010	2.12.2010 - 28.12.2010			
Kol. vzorca (g)	15,3	15,1	12,2	14	14,6	15			
Padavine (mm)***	112,0	176,0	425,0	105,0	186,0	182,0			
Oznaka vzorca	L10PV171	L10PV181	L10PV191	L10PV1A1	L10PV1B1	L10PV1C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	<	<	<	<	<	<	3,3E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 1E+01	
U-238	<	3E+00	<	5E-01	1,6E+00 ± 1E+00	<	7,5E-01 ± 1E+00	3,8E+00 ± 6E+00	
Ra-226	<	1E+00	2,6E-01 ± 2E-01	<	5E-01	<	4E-01	2,7E+02 ± 1E+01	
Pb-210	6,4E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 5E-01	9,3E+00 ± 5E-01	5,9E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 4E-01	9,0E-01 ± 6E-01	5,5E+01 ± 2E+00	5,4E+00 ± 3E+00	
Ra-228	<	2,7E-01 ± 1E-01	<	3E-01	<	<	2E-01	<	
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<	
Th-232	<	1E-01	7,8E-02 ± 4E-02	1,3E-01 ± 3E-02	1,2E-01 ± 3E-02	<	4E-01	1,1E+00 ± 3E-01	
K-40	<	<	5,8E-01 ± 3E-01	<	<	<	6E-01	5,7E+00 ± 1E+00	
Be-7	4,4E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	1,5E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 1E+00	6,3E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01	6E-01	2,9E+00 ± 6E+00	
I-131	<	<	<	<	<	<	<	1,4E+03 ± 3E+01	
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cs-137	<	6,3E-02 ± 3E-02	<	1E-01	<	<	7E-02	2,5E-01 ± 1E-01	
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<	
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<	
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<	
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<	
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<	
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<	
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<	
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<	

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2010 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2010

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
29. 12. 2009	18. 1. 2010	1739,2	< 3E-05	1603,5	< 4E-05	1624,7	< 7E-05	1506,2	< 6E-05	1407,6	< 4E-05	1675,7	< 8E-05	1608,7	< 3E-05
18. 1. 2010	1. 2. 2010	1140,1	< 6E-05	1132,2	< 1E-04	1080,6	< 5E-05	1061,0	< 7E-05	963,7	< 1E-04	1126,7	< 2E-05	1061,6	< 7E-05
1. 2. 2010	16. 2. 2010	1279,8	< 6E-05	1271,8	< 7E-05	1231,4	< 1E-04	1118,8	< 4E-05	995,0	< 4E-05	1284,7	< 8E-05	1277,8	< 4E-05
16. 2. 2010	1. 3. 2010	1057,6	< 4E-05	992,8	< 7E-05	1154,3	< 4E-05	1092,8	< 6E-05	1036,9	< 6E-05	1030,4	< 6E-05	979,7	< 1E-04
1. 3. 2010	16. 3. 2010	1261,8	< 7E-05	1295,5	< 3E-05	1353,2	< 2E-04	1153,9	< 5E-05	1133,2	< 3E-05	1168,2	< 1E-04	1157,6	< 5E-05
16. 3. 2010	1. 4. 2010	1433,6	< 6E-05	1219,0	< 4E-05	1536,1	< 3E-05	1231,0	< 1E-04	1356,3	< 3E-05	1325,7	< 4E-05	1366,4	< 5E-05
1. 4. 2010	19. 4. 2010	1625,2	< 2E-05	1428,5	< 1E-04	1664,8	< 8E-05	1381,9	< 4E-05	1367,8	< 5E-05	1670,8	< 9E-05	1506,8	< 4E-05
19. 4. 2010	4. 5. 2010	1253,1	< 4E-05	1175,5	< 6E-05	1266,3	< 1E-04	1225,2	< 6E-05	1098,1	< 3E-05	1298,0	< 4E-05	1286,7	< 3E-05
4. 5. 2010	17. 5. 2010	1080,6	< 8E-05	1032,8	< 6E-05	1134,0	< 5E-05	1052,3	< 8E-05	907,6	< 4E-05	1224,1	< 5E-05	1025,1	< 4E-05
17. 5. 2010	1. 6. 2010	1192,8	< 4E-05	1265,9	< 3E-05	1267,0	< 5E-05	1204,6	< 3E-05	1090,3	< 8E-05	1439,1	< 5E-05	1230,7	< 5E-05
1. 6. 2010	16. 6. 2010	1247,7	< 2E-04	1226,6	< 6E-05	1307,1	< 4E-05	1321,4	< 2E-05	1288,7	< 6E-05	1375,1	< 5E-05	1236,0	< 4E-05
16. 6. 2010	1. 7. 2010	1312,6	< 5E-05	1180,8	< 4E-05	1237,1	< 3E-05	1253,1	< 4E-05	1178,5	< 8E-05	1487,7	< 9E-05	1295,2	< 6E-05
1. 7. 2010	19. 7. 2010	1566,9	< 5E-05	1435,9	< 4E-05	1666,5	< 4E-05	1366,9	< 8E-05	1332,1	< 4E-05	1748,9	< 4E-05	1603,4	< 4E-05
19. 7. 2010	2. 8. 2010	1192,7	< 4E-05	1197,5	< 6E-05	1305,7	< 5E-05	1143,9	< 1E-04	1028,0	< 6E-05	1385,2	< 4E-05	1173,5	< 3E-05
2. 8. 2010	16. 8. 2010	1160,6	< 4E-05	1177,6	< 7E-05	1378,3	< 5E-05	1229,5	< 6E-05	1112,6	< 5E-05	1261,1	< 1E-04	1236,7	< 2E-05
16. 8. 2010	1. 9. 2010	1345,3	< 3E-05	1168,2	< 6E-05	1617,3	< 3E-05	1409,8	< 1E-05	1210,5	< 3E-05	1592,9	< 5E-05	1423,5	< 5E-05
1. 9. 2010	16. 9. 2010	1241,7	< 7E-05	1236,0	< 4E-05	1541,2	< 4E-05	1223,1	< 3E-05	1388,0	< 3E-05	1183,0	< 2E-04	1312,8	< 4E-05
16. 9. 2010	4. 10. 2010	1543,4	< 2E-05	1502,9	< 8E-05	1932,2	< 4E-05	1301,2	< 1E-04	1388,5	< 8E-05	1465,5	< 2E-04	1500,6	< 5E-05
4. 10. 2010	18. 10. 2010	1121,9	< 1E-04	1109,7	< 4E-05	1493,0	< 3E-05	991,0	< 1E-04	1124,6	< 9E-05	1170,1	< 7E-05	1169,1	< 1E-04
18. 10. 2010	2. 11. 2010	1306,5	< 5E-05	1230,0	< 4E-05	1650,4	< 6E-05	1295,2	< 1E-05	1397,4	< 5E-05	1309,2	< 9E-05	1253,9	< 5E-05
2. 11. 2010	16. 11. 2010	1105,7	< 5E-05	1128,1	< 1E-04	1150,8	< 1E-04	1094,5	< 7E-05	1141,5	< 4E-05	1156,1	< 6E-05	1163,9	< 8E-05
16. 11. 2010	2. 12. 2010	1223,2	< 4E-05	1252,2	< 3E-05	1302,1	< 3E-05	1366,8	< 6E-05	1515,5	< 9E-05	1448,1	< 3E-05	1397,3	< 1E-04
2. 12. 2010	16. 12. 2010	1095,8	< 9E-05	1114,2	< 6E-05	481,4	< 1E-04	1104,6	< 3E-05	1046,8	< 2E-05	970,3	< 1E-04	1177,9	< 4E-05
16. 12. 2010	28. 12. 2010	841,7	< 3E-05	841,6	< 6E-05	905,4	< 5E-05	975,9	< 4E-05	930,6	< 4E-05	852,2	< 3E-05	996,3	< 1E-04

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2010 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12149,51	10066,03	11109,27	11863,15	10032,38	10698,73	
Oznaka vzorca	K10AE11S	K10AE12S	K10AE13S	K10AE14S	K10AE15S	K10AE16S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	4,1E-05 ± 1E-05	3,1E-05 ± 1E-05	< 4E-05	< 2E-05	7,3E-05 ± 3E-05	< 5E-05	2,4E-05 ± 1E-05
Ra-226	< 7E-05					< 5E-05	< 9E-06
Pb-210	1,3E-03 ± 6E-05	8,8E-04 ± 6E-05	4,3E-04 ± 4E-05	4,8E-04 ± 3E-05	3,0E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 3E-05	6,3E-04 ± 2E-04
Ra-228	< 6E-06	< 9E-06		< 5E-06	< 8E-06	< 8E-06	< 2E-06
Th-230							
Th-228	< 5E-06	< 6E-06	< 4E-06	2,6E-06 ± 2E-06		< 4E-06	4,4E-07 ± 1E-06
K-40				< 2E-04		< 2E-04	< 3E-05
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 3E-04	3,8E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 5E-04	3,6E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,7E-06 ± 2E-06	2,4E-06 ± 1E-06	2,5E-06 ± 1E-06	< 1E-06	2,1E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 7E-07	2,0E-06 ± 5E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11605,4	10884,55	11914,63	10211,33	10284,03	8693,85	
Oznaka vzorca	K10AE17S	K10AE18S	K10AE19S	K10AE1AS	K10AE1BS	K10AE1CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	3,4E-05 ± 1E-05			6,1E-05 ± 5E-05		< 4E-05	2,0E-05 ± 8E-06
Ra-226	< 9E-05					< 6E-06	< 6E-06
Pb-210	8,6E-04 ± 4E-05	6,9E-04 ± 5E-05	5,0E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 9E-05	6,5E-04 ± 4E-05	7,4E-04 ± 6E-05	6,5E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 1E-05			< 7E-06	< 1E-05	< 1E-06	< 1E-06
Th-230							
Th-228	< 9E-06			< 4E-06		< 5E-06	2,2E-07 ± 7E-07
K-40	< 2E-04	< 3E-04	< 2E-04			< 3E-05	< 3E-05
Be-7	7,5E-03 ± 4E-04	5,0E-03 ± 3E-04	3,5E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,1E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 1E-06	< 8E-07	< 6E-07	< 3E-06	< 1E-06	2,1E-06 ± 9E-07	1,2E-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.

LETO 2010 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

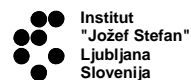


Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12738,8	10444,49	11551,93	12206,13	10489,66	11967,53		
Oznaka vzorca	K10AE21S	K10AE22S	K10AE23S	K10AE24S	K10AE25S	K10AE26S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	1,7E-05 ± 1E-05	2,4E-05 ± 2E-05	< 3E-05	1,5E-05 ± 1E-05	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	9,3E-06 ± 1E-05
U-238				< 1E-04				< 1E-05
Ra-226				4,9E-04 ± 4E-05	4,3E-04 ± 5E-05	4,2E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	6,8E-04 ± 1E-04
Pb-210	1,2E-03 ± 6E-05	1,1E-03 ± 6E-05	4,5E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 4E-05	4,3E-04 ± 5E-05	4,2E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	1,4E-06 ± 2E-06
Ra-228		8,4E-06 ± 5E-06	< 5E-06	< 9E-06	< 8E-06	< 8E-06	< 8E-06	1,4E-06 ± 2E-06
Th-230								
Th-228		< 5E-06	< 3E-06	< 4E-06	< 4E-06	< 4E-06	< 4E-06	< 9E-07
K-40	< 2E-04		< 2E-04					< 3E-05
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 3E-04	4,2E-03 ± 2E-04	5,2E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 5E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,9E-06 ± 4E-06	< 2E-06	2,0E-06 ± 2E-06	< 5E-06	< 8E-07	< 3E-06	< 3E-06	1,5E-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 2010 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12639,24	11940,15	12960,39	11199,06	11702,86	10010,22		
Oznaka vzorca	K10AE27S	K10AE28S	K10AE29S	K10AE2AS	K10AE2BS	K10AE2CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	1,4E-06 ± 6E-07	< 2E-05	< 2E-05	< 3E-05	< 3E-05	5,4E-05 ± 1E-05	5,4E-05 ± 1E-05	1,1E-07 ± 1E-07
U-238	2,1E-05 ± 9E-06	< 6E-05	< 6E-05	< 6E-05	< 6E-05	< 6E-05	< 6E-05	1,1E-05 ± 7E-06
Ra-226								< 7E-06
Pb-210	7,7E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 3E-05	7,7E-04 ± 4E-05	5,9E-04 ± 6E-05	7,7E-04 ± 1E-04	7,7E-04 ± 1E-04	6,6E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 4E-06	< 4E-06	< 3E-06	< 3E-06	< 6E-06	< 2E-05	< 2E-05	7,0E-07 ± 1E-06
Th-230	1,1E-04 ± 6E-05							9,0E-06 ± 9E-06
Th-228	< 4E-06	< 7E-06	< 2E-06	< 3E-06	< 6E-06	< 5E-06	< 5E-06	< 7E-07
K-40	< 2E-04		< 2E-04					< 2E-05
Be-7	6,8E-03 ± 6E-04	4,7E-03 ± 3E-04	3,4E-03 ± 4E-04	3,7E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E-06	< 3E-06	< 9E-07	< 1E-06	< 2E-06	3,3E-06 ± 1E-06	3,3E-06 ± 1E-06	1,0E-06 ± 6E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec								
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)		
Kol. vzorca (m ³)	12894,81	10620,03	11779,46	12557,8	10664,09	11447,58			
Oznaka vzorca	K10AE31S	K10AE32S	K10AE33S	K10AE34S	K10AE35S	K10AE36S			
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)								
Na-22	<	3E-05	6,0E-05 ± 2E-05	<	5E-05	<	1E-04	7,0E-06 ± 4E-06	1,1E-05 ± 1E-05
U-238	<		<			<			<
Ra-226	<		5E-05			<			5E-06
Pb-210	<	3E-03	1,3E-03 ± 7E-05	5,4E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 2E-05	3,4E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 2E-05	5,1E-04 ± 3E-04	3E-04
Ra-228	<		1E-05	1E-05		<	6E-06	9E-06	<
Th-230	<					<			2E-06
Th-228	<	1E-05	3,3E-06 ± 2E-06	<	3E-06	<	5E-06	6E-06	5,5E-07 ± 2E-06
K-40	<					<			
Be-7	<	7E-03	3,4E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	5,6E-03 ± 3E-04	3,9E-03 ± 4E-04	5,8E-03 ± 3E-04	3,7E-03 ± 9E-04	
I-131	<					<			
Cs-134	<					<			
Cs-137	<	6E-06	3,9E-06 ± 1E-06	1,2E-06 ± 4E-07	<	1E-05	1,8E-06 ± 1E-06	1E-06	1,1E-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 2010 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec								
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)		
Kol. vzorca (m ³)	12220,78	11413,56	12500,2	10946,04	11278,33	5175,01			
Oznaka vzorca	K10AE37S	K10AE38S	K10AE39S	K10AE3AS	K10AE3BS	K10AE3CS			
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)								
Na-22	<		<	2E-05	<	8E-05	<	8E-05	5,6E-06 ± 9E-06
U-238	<		<	2E-05	<		<		<
Ra-226	<	8E-05							5E-06
Pb-210	<	5,9E-04 ± 4E-05	5,3E-04 ± 4E-05	5,7E-04 ± 3E-05	9,4E-04 ± 5E-05	5,4E-04 ± 4E-05	1,7E-03 ± 1E-04	6,7E-04 ± 2E-04	2E-04
Ra-228	<	9E-06			<	8E-06			1E-06
Th-230	<		<	2E-04	<				9E-06
Th-228	<	5E-06	2,1E-06 ± 1E-06	2,1E-06 ± 1E-06	<	4E-06			6,3E-07 ± 9E-07
K-40	<		<	2E-04	<				1E-05
Be-7	<	6,8E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 5E-04	3,8E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 3E-04	2,3E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 5E-04	
I-131	<								
Cs-134	<		<	4E-06	<	1E-06			1,2E-06 ± 9E-07
Cs-137	<	2E-06	<	4E-06	<	1E-06	6,2E-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 2010 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	
Kol. vzorca (m ³)	12305,07	10283,39	11154,78	11424,89	9381,92	10031,74	Polletno povprečje (*)
Oznaka vzorca	K10AE41S	K10AE42S	K10AE43S	K10AE44S	K10AE45S	K10AE46S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	6,5E-05 ± 2E-05	<	<	<	1,1E-05 ± 1E-05
U-238	<	8E-06	<	4E-05	<	4E-05	<
Ra-226	<	2E-05	<	4E-05	<	4E-05	<
Pb-210	1,3E-03 ± 6E-05	1,1E-03 ± 7E-05	4,9E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 4E-05	3,7E-04 ± 1E-04	5,6E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 1E-04
Ra-228	<	<	<	8E-06	<	7E-06	<
Th-230	<	<	<	6E-04	<	<	<
Th-228	<	<	<	6E-04	<	<	<
K-40	<	2E-06	<	<	4,0E-06 ± 3E-06	<	3E-06
Be-7	3,0E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	6,5E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 3E-04	7,0E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 7E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	2,7E-06 ± 5E-07	3,5E-06 ± 1E-06	2,7E-06 ± 2E-06	<	4E-06	<	2E-06
Co-58	<	<	<	<	<	1,4E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 6E-07
Co-60	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	
Kol. vzorca (m ³)	10632,74	9935,25	10455,33	9052,36	9808,65	8608,28	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	K10AE47S	K10AE48S	K10AE49S	K10AE4AS	K10AE4BS	K10AE4CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	4E-06	<	<	<
U-238	<	4E-05	<	2E-05	<	4E-05	<
Ra-226	<	3,9E-05 ± 2E-05	<	2E-05	<	2E-05	<
Pb-210	8,7E-04 ± 4E-05	8,7E-04 ± 5E-05	7,6E-04 ± 5E-05	1,0E-03 ± 1E-04	7,8E-04 ± 8E-05	1,5E-03 ± 1E-04	8,5E-04 ± 9E-05
Ra-228	<	<	<	7E-05	<	<	<
Th-230	<	<	<	7E-05	<	<	<
Th-228	<	<	2,1E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 3E-06	<	4E-06	<
K-40	<	<	2E-04	2E-04	<	<	<
Be-7	8,6E-03 ± 4E-04	6,5E-03 ± 3E-04	4,7E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 3E-04	2,8E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,9E-03 ± 6E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	3,6E-06 ± 9E-07	<	2E-06	1,1E-06 ± 6E-07	3,0E-06 ± 2E-06	3,7E-06 ± 1E-06	3,4E-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 2010 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14217,91	11742,92	12514,57	12960,3	9848,98	11490,17	
Oznaka vzorca	K10AE51S	K10AE52S	K10AE53S	K10AE54S	K10AE55S	K10AE56S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	2,4E-06 ± 1E-06	<	<	4,0E-07 ± 4E-07
U-238	2E-05	9E-05	5E-05	3,5E-05 ± 2E-05	7E-05	2E-05	5,8E-06 ± 1E-05
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	1,7E-03 ± 8E-05	1,2E-03 ± 8E-05	6,6E-04 ± 5E-05	8,8E-04 ± 6E-05	5,7E-04 ± 6E-05	7,3E-04 ± 4E-05	9,5E-04 ± 2E-04
Ra-228	<	<	<	5E-06	9E-06	9E-06	1E-06
Th-230	<	<	<	<	<	<	<
Th-228	<	<	<	3E-06	4E-06	4E-06	6E-07
K-40	<	<	<	<	<	<	<
Be-7	3,4E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	7,9E-03 ± 4E-04	6,1E-03 ± 6E-04	8,5E-03 ± 4E-04	5,6E-03 ± 1E-03
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	3,2E-06 ± 4E-07	2,7E-06 ± 8E-07	1,0E-06 ± 6E-07	1,5E-06 ± 6E-07	3E-06	2,6E-06 ± 1E-06	1,8E-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 2010 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	18221,76	10724,64	11699,96	10248,1	10460,57	9090,47	
Oznaka vzorca	K10AE57S	K10AE58S	K10AE59S	K10AE5AS	K10AE5BS	K10AE5CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<	<	2,0E-07 ± 2E-07
U-238	2E-05	2E-05	<	6E-05	2E-05	<	2,9E-06 ± 7E-06
Ra-226	<	<	<	5,7E-05 ± 4E-05	<	7E-05	4,7E-06 ± 6E-06
Pb-210	8,1E-04 ± 6E-05	5,0E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 3E-05	7,4E-04 ± 6E-05	7,1E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 5E-05	8,5E-04 ± 9E-05
Ra-228	<	<	3,3E-06 ± 3E-06	<	8E-06	1,4E-05 ± 6E-06	1,4E-06 ± 1E-06
Th-230	<	<	<	1,6E-04 ± 8E-05	<	<	1,4E-05 ± 1E-05
Th-228	1,4E-06 ± 7E-07	2,9E-06 ± 2E-06	<	4E-06	<	5E-06	3,6E-07 ± 5E-07
K-40	<	<	<	<	<	<	<
Be-7	6,9E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 3E-04	2,2E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 1E-04	4,8E-03 ± 6E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	1,3E-06 ± 5E-07	2E-06	8E-07	2,0E-06 ± 1E-06	2E-06	3,4E-06 ± 1E-06	1,5E-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.

LETO 2010 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12574,73	10391,03	11920,66	14242,83	12122,95	13006,33	
Oznaka vzorca	K10AE61S	K10AE62S	K10AE63S	K10AE64S	K10AE65S	K10AE66S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22		< 3E-05	< 6E-05	< 2E-05	< 1E-05	< 8E-06	
U-238			< 7E-05			< 7E-06	
Ra-226							
Pb-210	1,2E-03 ± 7E-05	9,8E-04 ± 7E-05	4,9E-04 ± 8E-05	5,2E-04 ± 3E-05	3,6E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 2E-05	6,6E-04 ± 1E-04
Ra-228			< 8E-06		< 7E-06		< 1E-06
Th-230							
Th-228		< 5E-06	< 4E-06	< 3E-06	< 3E-06	1,9E-06 ± 1E-06	3,2E-07 ± 8E-07
K-40					< 2E-04		< 2E-05
Be-7	2,6E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 3E-04	3,9E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 3E-04	3,7E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,2E-06 ± 2E-06	1,6E-06 ± 1E-06	< 3E-06	< 2E-06	< 2E-06	< 1E-05	7,9E-07 ± 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 2010 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	13733,84	12826,57	10934,84	11185,37	11576,98	9624,12	
Oznaka vzorca	K10AE67S	K10AE68S	K10AE69S	K10AE6AS	K10AE6BS	K10AE6CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 1E-04	< 4E-05	< 2E-05	< 2E-04	< 3E-05	< 1E-05	
U-238			< 4E-05			< 4E-06	
Ra-226							
Pb-210	6,7E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 5E-05	5,4E-04 ± 4E-05	5,4E-04 ± 5E-05	9,2E-04 ± 1E-04	6,4E-04 ± 7E-05
Ra-228	< 4E-06	< 1E-05			< 3E-05	< 8E-06	< 2E-06
Th-230							
Th-228	< 3E-06	< 3E-06					1,6E-07 ± 5E-07
K-40	< 2E-04			< 3E-04			< 2E-05
Be-7	6,4E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 4E-04	3,5E-03 ± 2E-04	1,8E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,9E-07 ± 7E-07	1,1E-06 ± 8E-07	< 3E-06	1,5E-06 ± 1E-06	< 3E-06	3,3E-06 ± 2E-06	9,7E-07 ± 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 2010 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12996,19	10733,03	11906,83	12811,51	10987,45	11939,32	
Oznaka vzorca	K10AE71S	K10AE72S	K10AE73S	K10AE74S	K10AE75S	K10AE76S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<	<	<
U-238	< 3E-05	< 2E-05	< 3E-05	<	2,6E-05 ± 2E-05	< 2E-05	4,4E-06 ± 6E-06
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	1,0E-03 ± 5E-05	7,8E-04 ± 6E-05	4,0E-04 ± 4E-05	4,5E-04 ± 4E-05	2,9E-04 ± 2E-05	3,3E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 1E-04
Ra-228	<	< 8E-06	< 8E-06	< 6E-06	< 1E-05	<	< 2E-06
Th-230	<	<	<	<	<	<	<
Th-228	< 4E-06	<	<	< 3E-06	<	4,3E-06 ± 2E-06	7,1E-07 ± 7E-07
K-40	<	<	< 2E-04	< 2E-04	<	<	< 3E-05
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 4E-04	3,2E-03 ± 5E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	2,7E-06 ± 1E-06	4,3E-06 ± 2E-06	< 1E-06	< 8E-07	< 3E-06	< 5E-06	1,2E-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 2010 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12780	12036,23	12980,64	11224,19	11772,73	10102,93	
Oznaka vzorca	K10AE77S	K10AE78S	K10AE79S	K10AE7AS	K10AE7BS	K10AE7CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	<	<	<	<	<	<
U-238	< 3E-05	< 5E-05	1,0E-05 ± 7E-06	< 9E-05	<	<	3,0E-06 ± 6E-06
Ra-226	<	<	1,2E-05 ± 7E-06	<	<	<	1,0E-06 ± 1E-06
Pb-210	5,6E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 4E-05	4,7E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 4E-05	5,0E-04 ± 3E-05	6,7E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 6E-05
Ra-228	<	<	<	< 2E-05	< 9E-06	<	< 2E-06
Th-230	<	<	<	3,5E-04 ± 2E-04	9,5E-05 ± 6E-05	<	3,7E-05 ± 3E-05
Th-228	<	<	< 2E-06	4,7E-06 ± 3E-06	< 3E-06	< 5E-06	7,5E-07 ± 5E-07
K-40	< 2E-04	<	<	<	<	<	< 2E-05
Be-7	5,7E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 3E-04	1,8E-03 ± 9E-05	1,9E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 4E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	< 1E-06	< 5E-06	< 1E-06	1,5E-06 ± 1E-06	9,9E-07 ± 8E-07	< 1E-06	8,0E-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 2010 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010		
Kol. vzorca (m ³)	144167,2	127064,1	153218,2	164424,7	140137,6	147899,5		
Oznaka vzorca	K10AE811	K10AE821	K10AE831	K10AE841	K10AE851	K10AE861		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
Na-22				7,4E-07 ± 2E-07		3,3E-07 ± 2E-07	1,8E-07 ± 1E-07	
U-238	< 4E-06	< 6E-06			7,6E-06 ± 3E-06		1,3E-06 ± 1E-06	
Ra-226								
Pb-210	1,0E-03 ± 5E-05	9,5E-04 ± 5E-05	4,0E-04 ± 2E-05	4,1E-04 ± 2E-05	3,4E-04 ± 2E-05	4,6E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 1E-04	
Ra-228						< 1E-06	< 1E-07	
Th-230						4,8E-05 ± 3E-05	8,0E-06 ± 8E-06	
Th-228						< 9E-07	< 9E-08	
K-40								
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	3,6E-03 ± 5E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,2E-06 ± 2E-07	2,1E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 1E-07	5,7E-07 ± 1E-07	4,6E-07 ± 1E-07	4,3E-07 ± 1E-07	1,1E-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 2010 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010		
Kol. vzorca (m ³)	154816,2	147903,1	162306,7	122915,8	143906,6	90749,5		
Oznaka vzorca	K10AE871	K10AE881	K10AE891	K10AE8A1	K10AE8B1	K10AE8C1		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
Na-22	6,4E-07 ± 2E-07	6,0E-07 ± 2E-07		2,8E-07 ± 1E-07		6,7E-07 ± 3E-07	2,7E-07 ± 9E-08	
U-238	1,1E-05 ± 4E-06	< 6E-06			< 5E-06	< 1E-05	1,6E-06 ± 1E-06	
Ra-226								
Pb-210	8,0E-04 ± 5E-05	5,9E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 9E-05	7,3E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 3E-05	7,6E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 7E-05	
Ra-228					< 2E-06		< 1E-07	
Th-230							4,0E-06 ± 4E-06	
Th-228	< 1E-06				8,8E-07 ± 4E-07		7,3E-08 ± 8E-08	
K-40								
Be-7	7,6E-03 ± 4E-04	5,0E-03 ± 3E-04	3,6E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 2E-04	2,2E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	3,8E-03 ± 5E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,6E-07 ± 2E-07	5,0E-07 ± 1E-07	3,6E-07 ± 7E-08	1,5E-06 ± 2E-07	1,7E-06 ± 2E-07	3,0E-06 ± 4E-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 2010 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 1. 7. 2010	1. 7. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	133268	148772	104601	90735	
Oznaka vzorca	K10AE8D1	K10AE8E1	K10AE8F1	K10AE8G1	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	8,4E-07 ± 7E-08	2,8E-07 ± 5E-08	6,0E-06 ± 7E-07	7,0E-07 ± 1E-07	1,9E-06 ± 1E-06

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2010 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	29. 12. 2009 - 1. 2. 2010	1. 2. 2010 - 1. 3. 2010	1. 3. 2010 - 1. 4. 2010	1. 4. 2010 - 4. 5. 2010	4. 5. 2010 - 1. 6. 2010	1. 6. 2010 - 1. 7. 2010	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	135014,2	106138,9	162427,4	176747,9	150711,9	161571	
Oznaka vzorca	RP10AE111	RP10AE121	RP10AE131	RP10AE141	RP10AE151	RP10AE161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22			3,9E-07 ± 2E-07	6,1E-07 ± 1E-07	1,3E-06 ± 4E-07		3,8E-07 ± 2E-07
U-238		< 7E-06		< 5E-06	7,7E-06 ± 3E-06	< 9E-06	1,3E-06 ± 1E-06
Ra-226							
Pb-210	1,1E-03 ± 6E-05	1,1E-03 ± 5E-05	5,3E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 2E-05	4,6E-04 ± 2E-05	6,5E-04 ± 3E-05	7,1E-04 ± 1E-04
Ra-228						< 2E-06	< 2E-07
Th-230							
Th-228			7,1E-07 ± 5E-07			1,0E-06 ± 5E-07	2,9E-07 ± 2E-07
K-40							
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	4,9E-03 ± 2E-04	7,2E-03 ± 4E-04	4,2E-03 ± 8E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,8E-06 ± 2E-07	3,6E-06 ± 3E-07	1,9E-06 ± 2E-07	9,7E-07 ± 1E-07	7,2E-07 ± 2E-07	9,4E-07 ± 2E-07	1,8E-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 2010 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2010 - 2. 8. 2010	2. 8. 2010 - 1. 9. 2010	1. 9. 2010 - 4. 10. 2010	4. 10. 2010 - 2. 11. 2010	2. 11. 2010 - 2. 12. 2010	2. 12. 2010 - 28. 12. 2010	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	172302,1	161279	175692,3	116780,5	145544,5	88785,1	
Oznaka vzorca	RP10AE171	RP10AE181	RP10AE191	RP10AE1A1	RP10AE1B1	RP10AE1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	9,6E-07 ± 2E-07		1,7E-07 ± 6E-08				2,8E-07 ± 1E-07
U-238	1,2E-05 ± 5E-06		< 3E-06		< 6E-06		1,7E-06 ± 1E-06
Ra-226							
Pb-210	7,9E-04 ± 1E-04	7,3E-04 ± 5E-05	5,7E-04 ± 5E-05	8,5E-04 ± 5E-05	5,9E-04 ± 3E-05	7,2E-04 ± 8E-05	7,1E-04 ± 6E-05
Ra-228	< 2E-06		< 9E-07				< 1E-07
Th-230							
Th-228	1,0E-06 ± 7E-07		5,1E-07 ± 3E-07				2,7E-07 ± 1E-07
K-40							
Be-7	6,9E-03 ± 6E-04	5,3E-03 ± 3E-04	3,7E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 5E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,4E-07 ± 1E-07	8,1E-07 ± 4E-07	6,5E-07 ± 9E-08	2,2E-06 ± 1E-06	1,9E-06 ± 2E-07	3,5E-06 ± 3E-07	1,7E-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.

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

LETO 2010 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	Črešnjice 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 2010 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanjega sevanja H*(10) v posameznih obdobjih (μSv) v letu 2010																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		Letna doza	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		Letna doza	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		Letna doza	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		Letna doza	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		Letna doza					
	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011									
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.			št.							
N 1				60	402	391	793	1	354	381	735	2	408	418	826	388	397	785		
NNE 2	67	283	284	568	3	381	376	757	5	371	368	740	6	480	478	958	434	431	865	
NE 3	55	321	294	615	4	503	501	1003												
ENE 4					9	380	359	739	61	439	444	882	7	371	382	753	393	392	785	
E 5					12	435	428	863	8	368	352	719	10	457	444	900	419	416	835	
ESE 6	51	272	274	546	16	368	362	730	11	402	409	810	15	373	382	755	398	399	797	
SE 7									14	378	392	770	17	331	328	659	376	382	758	
SSE 8	52	248	247	495					18	397	393	790	19	402	443	845				
S 9									20	427	428	856	21	353	348	701	384	381	766	
SSW 10									22	367	366	732	23	441	435	875	396	409	805	
SW 11	53	304	290	594					24	401	394	795	25	425	452	877	421	415	835	
WSW 12	65	309	313	622					26	416	399	815	27	379	400	779	450	434	884	
W 13	54	320	306	626					28	369	368	738	29	345	371	715	384	391	775	
WNW 14	66	333	311	644					30	380	369	749	31	390	378	768	362	370	732	
NW 15	56	289	292	581	39	383	383	765	32	392	393	785	33	443	414	857	400	392	792	
NNW 16									34	374	385	758	35	446	438	884	420	417	837	
									36	399	398	797	37	415	415	830				
									38	371	369	740	39	427	456	883	354	364	718	
									40	311	317	627	41	353	366	719				
									42	323	337	660	43	427	456	883				
									44	311	321	633	46	440	443	884	408	405	813	
									47	478	441	919	48	478	478	956				
									49	405	398	802								
Povprečje po pasovih	(9)	298	290	588	(8)	394	389	783	(25)	392	394	786	(24)	400	404	804	(57)	396	397	793
	±	27	20	47	±	57	56	113	±	43	38	80	±	44	43	86	±	45	43	86
Ljubljana																	št.			
																	64	394	408	802

- 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 2010 T - 53/c
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Povprečna mesečna doza H*(10) (µSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza H*(10) (µSv na mesec) v letu 2010																			
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010			v 2010	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010			v 2010	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010			v 2010	od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010			v 2010			
	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011		do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011	do 1. 1. 2011				
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	68	65	66	1	59	63	61	2	69	69	69	65	66	65
NNE 2	67	48	47	47	3	64	62	63	5	62	61	62	6	81	79	80	73	71	72
NE 3	55	54	49	51	4	84	83	84	61	74	73	74	7	62	63	63	66	65	65
ENE 4					9	64	59	62	62	73	75	74	8	62	58	60	70	69	70
E 5					12	73	71	72	13	68	65	67	10	77	73	75	67	66	66
ESE 6	51	46	45	45	16	62	60	61	14	64	65	64	11	68	68	68	63	63	63
SE 7									63	65	64	64	15	63	63	63			
SSE 8	52	42	41	41					59	63	61	62	17	56	54	55	66	64	64
S 9									22	62	60	61	18	67	65	66	67	68	67
SSW 10									24	67	65	66	19	68	73	70	71	69	70
SW 11	53	51	48	50					26	70	66	68	20	72	71	71	66	64	64
WSW 12	65	52	52	52					27	64	66	65	21	59	58	58	67	68	67
W 13	54	54	51	52					29	58	61	60	22	71	75	73	71	69	70
WNW 14	66	56	51	54					31	66	62	64	23	74	72	73	67	65	66
NW 15	56	49	48	48	39	64	63	64	32	66	65	65	24	67	66	66	71	69	70
NNW 16					45	51	51	51	35	75	72	74	25	68	67	67	60	60	60
									40	52	52	52	26	70	78	80	65	65	65
									41	59	60	60	27	64	67	67	65	65	65
									42	54	56	55	28	68	67	67	61	61	61
									46	74	73	74	29	58	61	62	61	61	61
									47	80	73	77	30	64	61	62	61	61	61
									48	80	79	80	31	66	62	64	67	65	66
									49	68	66	67	32	66	65	65	66	66	66
													33	74	68	71	71	69	70
													34	63	64	63	60	60	60
													36	67	66	66			
													37	70	69	69			
													43	72	75	74			
													44	52	53	53			
													50	57	60	59			
Povprečje po pasovih	(9)	50	48	49	(8)	66	64	65	(25)	66	65	65	(24)	67	67	67	(57)	67	66
	±	5	3	4	±	10	9	9	±	7	6	7	±	7	7	7	±	8	7
Ljubljana																	št.		
																	64	66	67

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
() – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

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' 26" / 15° 08' 37"
7	LISCA	46° 04' 02" / 15° 16' 14"
8	CELJE	46° 14' 11" / 15° 13' 34"
9	ROGAŠKA SLATINA	46° 14' 16" / 15° 38' 23"
10	SLOVENJSKE KONJICE	46° 20' 21" / 15° 25' 23"
11	ROGLA	46° 27' 00" / 15° 20' 59"
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° 34' 23" / 16° 27' 01"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46° 39' 08" / 16° 11' 29"
17	VELIKI DOLENCI (HODOŠ)	46° 51' 08" / 16° 17' 23"
18	GORNJA RADGONA	46° 40' 52" / 15° 59' 44"
19	SVEČINA	46° 40' 00" / 15° 34' 59"
20	RIBNICA NA POHORJU	46° 32' 30" / 15° 17' 30"
21	KOTLJE	46° 31' 20" / 14° 59' 13"
22	VELENJE	46° 21' 51" / 15° 07' 11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46° 19' 23" / 14° 56' 58"
24	LUČE OB SAVINJI	46° 21' 24" / 14° 44' 48"
25	VACE	46° 07' 06" / 14° 50' 23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46° 03' 58" / 14° 30' 46"
27	LJUBLJANA - VIČ (IJS)	46° 02' 33" / 14° 29' 15"
64	BRNIK - AERODROM	46° 13' 49" / 14° 29' 12"
28	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 MANGRTOM	46° 24' 07" / 13° 35' 49"
36	BOVEC	46° 20' 15" / 13° 33' 10"
37	TOLMIN	46° 11' 11" / 13° 44' 10"
38	BILJE	45° 53' 46" / 13° 37' 28"
39	BRDICE PRI KOŽBANI	46° 02' 51" / 13° 32' 09"
40	LOKEV PRI LIPICI	45° 39' 51" / 13° 55' 21"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45° 28' 29" / 13° 37' 01"
42	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' 44" / 14° 17' 51"
46	VOJSKO	46° 01' 31" / 13° 54' 09"
47	SORICA	46° 13' 00" / 14° 01' 59"
48	STARA FUŽINA	46° 17' 16" / 13° 53' 46"
49	JELENJA VAS (KOČEVSKA REKA)	45° 31' 00" / 15° 03' 00"
50	KREDARICA	46° 22' 59" / 13° 50' 59"

LETO 2010 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (μSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (μSv)		Povprečna mesečna doza H*(10) (μSv na mesec) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (μSv na mesec)	
		od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		od 1. 7. 2010 do 1. 1. 2011		v 2010		od 1. 1. 2010 do 1. 7. 2010		od 1. 7. 2010 do 1. 1. 2011		v 2010	
		od	do	od	do			od	do	od	do		
1	KOČEVJE	459 ± 63	490 ± 67	949 ± 92	77 ± 11	81 ± 11	79 ± 15						
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	455 ± 62	513 ± 70	969 ± 94	76 ± 10	85 ± 12	81 ± 16						
3	ČRNOMELJ	536 ± 73	582 ± 80	1118 ± 108	90 ± 12	96 ± 13	93 ± 18						
4	DRAŠIČI METLIKA	430 ± 59	433 ± 59	863 ± 84	72 ± 10	72 ± 10	72 ± 14						
5	NOVO MESTO	363 ± 50	371 ± 51	734 ± 71	61 ± 8	61 ± 8	61 ± 12						
6	MOKRONOG	445 ± 61	482 ± 66	926 ± 90	75 ± 10	80 ± 11	77 ± 15						
7	LISCA	381 ± 52	394 ± 54	775 ± 75	64 ± 9	65 ± 9	65 ± 12						
8	CELJE	388 ± 53	461 ± 63	849 ± 82	65 ± 9	76 ± 10	71 ± 14						
9	ROGAŠKA SLATINA	415 ± 57	397 ± 54	812 ± 79	70 ± 10	66 ± 9	68 ± 13						
10	SLOVENSKE KONJICE	406 ± 56	428 ± 58	834 ± 81	68 ± 9	71 ± 10	70 ± 13						
11	ROGLA	517 ± 71	588 ± 80	1104 ± 107	87 ± 12	97 ± 13	92 ± 18						
12	MARIBOR	358 ± 49	417 ± 57	775 ± 75	60 ± 8	69 ± 9	65 ± 13						
13	PTUJ	465 ± 64	462 ± 63	927 ± 90	78 ± 11	76 ± 10	77 ± 15						
14	JERUZALEM ORMOŽ	443 ± 61	436 ± 60	879 ± 85	74 ± 10	72 ± 10	73 ± 14						
15	LENDAVA	400 ± 55	453 ± 62	853 ± 83	67 ± 9	75 ± 10	71 ± 14						
16	MURSKA SOBOTA	394 ± 54	406 ± 56	800 ± 77	66 ± 9	67 ± 9	67 ± 13						
17	VELIKI DOLENCI	407 ± 56	451 ± 62	858 ± 83	68 ± 9	74 ± 10	71 ± 14						
18	GORNJA RADGONA	386 ± 53	388 ± 53	774 ± 75	65 ± 9	64 ± 9	65 ± 12						
19	SVEČINA	495 ± 68	488 ± 67	983 ± 95	83 ± 11	81 ± 11	82 ± 16						
20	RIBNICA NA POHORJU	440 ± 60	448 ± 61	888 ± 86	74 ± 10	74 ± 10	74 ± 14						
21	KOTLJE	474 ± 65	513 ± 70	987 ± 96	80 ± 11	85 ± 12	82 ± 16						
22	VELENJE	397 ± 54	438 ± 60	834 ± 81	67 ± 9	72 ± 10	70 ± 13						
23	MOZIRJE	390 ± 53	397 ± 54	787 ± 76	66 ± 9	66 ± 9	66 ± 13						
24	LUČE OB SAVINJI	404 ± 55	463 ± 63	867 ± 84	68 ± 9	77 ± 10	72 ± 14						
25	VAČE	423 ± 58	445 ± 61	868 ± 84	71 ± 10	74 ± 10	72 ± 14						
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	423 ± 58	458 ± 63	880 ± 85	71 ± 10	76 ± 10	73 ± 14						
27	BRNIK AERODROM	471 ± 64	510 ± 70	981 ± 95	79 ± 11	84 ± 12	82 ± 16						
28	JEZERSKO	516 ± 71	542 ± 74	1058 ± 102	87 ± 12	90 ± 12	88 ± 17						
29	PODLJUBELJ	344 ± 47	377 ± 52	721 ± 70	58 ± 8	62 ± 9	60 ± 12						
30	LESCE HLEBCE	445 ± 61	486 ± 67	931 ± 90	75 ± 10	80 ± 11	78 ± 15						
31	PLANINA POD GOLICO	465 ± 64	528 ± 72	993 ± 96	78 ± 11	87 ± 12	83 ± 16						
32	ZDENSKA VAS	451 ± 62	513 ± 70	964 ± 93	76 ± 10	85 ± 12	80 ± 16						
33	RATEČE	430 ± 59	486 ± 66	916 ± 89	72 ± 10	80 ± 11	76 ± 15						
34	TRENTA	351 ± 48	327 ± 45	678 ± 66	59 ± 8	54 ± 7	56 ± 11						
35	LOG POD MANGARTOM	477 ± 65	533 ± 73	1010 ± 98	80 ± 11	88 ± 12	84 ± 16						
36	BOVEC	349 ± 48	413 ± 56	761 ± 74	59 ± 8	68 ± 9	63 ± 12						
37	TOLMIN	364 ± 50	404 ± 55	768 ± 74	61 ± 8	67 ± 9	64 ± 12						
38	BILJE	313 ± 43	355 ± 49	668 ± 65	53 ± 7	59 ± 8	56 ± 11						
39	BRDICE PRI KOŽBANI	331 ± 45	427 ± 58	758 ± 74	56 ± 8	71 ± 10	63 ± 12						
40	LOKEV PRI LIPICI	482 ± 66	583 ± 80	1065 ± 104	81 ± 11	96 ± 13	89 ± 17						
41	SEČOVLJE AERODROM	320 ± 44	354 ± 48	675 ± 65	54 ± 7	59 ± 8	56 ± 11						
42	ILIRSKA BISTRICA	407 ± 56	415 ± 57	821 ± 79	68 ± 9	69 ± 9	68 ± 13						
43	POSTOJNA - ZALOG	396 ± 54	465 ± 64	861 ± 84	67 ± 9	77 ± 11	72 ± 14						
44	NOVA VAS NA BLOKAH	523 ± 72	539 ± 74	1062 ± 103	88 ± 12	89 ± 12	89 ± 17						
45	VRHNIKA	611 ± 84	673 ± 92	1284 ± 124	103 ± 14	111 ± 15	107 ± 21						
46	VOJSKO	423 ± 58	490 ± 67	913 ± 89	71 ± 10	81 ± 11	76 ± 15						
47	SORICA	353 ± 48	389 ± 53	742 ± 72	59 ± 8	64 ± 9	62 ± 12						
48	STARA FUŽINA	299 ± 41	331 ± 45	630 ± 61	50 ± 7	55 ± 7	53 ± 10						
49	JELENJA VAS	595 ± 81	752 ± 103	1347 ± 131	100 ± 14	124 ± 17	112 ± 22						
50	KREDARICA	392 ± 54 *	398 ± 54	790 ± 76	66 ± 9 *	66 ± 9	66 ± 13						
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50						
Povprečje - merilna mesta		424 ± 67	462 ± 82	886 ± 146	71 ± 11	76 ± 14	74 ± 14						
Najvišja doza		611 ± 84 (45)	752 ± 103 (46)	1347 ± 131 (49)	103 ± 14 (45)	124 ± 17 (48)	112 ± 22 (49)						
Najnižja doza		299 ± 41 (48)	327 ± 45 (34)	630 ± 61 (48)	50 ± 7 (48)	54 ± 7 (34)	53 ± 10 (48)						

(**) Meritve doze zunanega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2.

(*) Vrednosti doz so bile dobljene z ekstrapolacijo; dozimeter je bil izgubljen.

LETO 2010 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	13. 1. 2010–2. 7. 2010	2. 7. 2010–27. 12. 2010	
Lokacija	H*(10) / mSv		
Bistra	0,32	0,48	0,80
Bregana	0,41	0,49	0,90
Harmica	0,54	0,41	0,95
Jastrebarsko	0,39	0,31	0,70
Klanjec	0,37	0,25	0,62
Novaki	0,37	0,36	0,73
Oroslavlje	0,54	0,39	0,93
Samobor	0,39	0,32	0,71
Zagreb (IRB)	0,52	0,33	0,85
Zaprešić	0,37	0,27	0,64

27. 12. 2010 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL-dozimetri.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2010 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks		
NEK (Gamma)	Brege	70 ± 6	59	108	68 ± 5	56	95	69 ± 4	59	85	70 ± 4	60	97	72 ± 4	63	89	71 ± 5	62	125	70,1 ± 1,8	0,32 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Gornji Lenart	78 ± 6	64	109	76 ± 6	64	107	77 ± 4	65	96	78 ± 4	67	102	81 ± 4	70	105	79 ± 5	67	136	78,4 ± 1,9	0,35 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Leskovec	83 ± 6	69	115	81 ± 5	69	105	81 ± 4	70	94	78 ± 4	70	103	80 ± 4	69	93	79 ± 5	68	112	80,1 ± 1,8	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Libna	57 ± 4	45	82	56 ± 4	47	71	57 ± 3	50	70	57 ± 3	49	72	58 ± 5	50	128	57 ± 4	50	80	56,9 ± 1,5	0,26 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Krško	77 ± 4	69	101	79 ± 6	11	105	81 ± 3	72	91	82 ± 5	72	201	83 ± 4	71	101	82 ± 5	72	111	80,7 ± 1,7	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	83 ± 4	72	94	83 ± 3	75	94	82 ± 3	74	92	82 ± 3	74	92	83 ± 3	74	92	82 ± 3	71	94	82,5 ± 1,3	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	76 ± 7	60	113	70 ± 7	54	98	79 ± 4	64	93	81 ± 4	70	104	83 ± 4	72	98	82 ± 4	72	102	80,1 ± 1,9	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Spodnji Stari Grad	70 ± 6	58	116	68 ± 5	56	99	70 ± 3	61	85	71 ± 4	61	94	72 ± 4	63	86	71 ± 5	60	114	70,4 ± 1,7	0,32 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Vihre	73 ± 4	63	96	67 ± 4	57	82	67 ± 3	58	78	67 ± 3	60	79	69 ± 3	57	79	69 ± 4	58	88	68,4 ± 1,4	0,31 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	81 ± 8	66	120	75 ± 7	61	111	81 ± 4	64	100	82 ± 4	74	109	85 ± 4	73	111	84 ± 5	74	113	82,2 ± 1,9	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	84 ± 7	72	131	81 ± 8	66	120	84 ± 5	69	103	86 ± 4	75	118	88 ± 5	75	114	88 ± 6	76	124	85,7 ± 2,2	0,39 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško - Videm	69 ± 8	57	122	67 ± 6	58	98	64 ± 3	59	84	65 ± 4	58	92	66 ± 4	59	83	66 ± 7	58	145	65,3 ± 1,8	0,29 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško - NEK	71 ± 6	58	104	69 ± 5	59	94	70 ± 4	43	80	71 ± 4	61	99	73 ± 4	64	84	73 ± 5	62	114	71,2 ± 1,8	0,32 ± 0,01						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
NEK (Gamma)	Brege	75 ± 6	65	130	73 ± 5	62	116	74 ± 8	64	114	72 ± 5	60	96	73 ± 7	61	110	67 ± 6	54	107	70,9 ± 1,5	0,62 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Gornji Lenart	87 ± 6	75	139	85 ± 6	74	127	84 ± 9	66	129	78 ± 4	68	103	80 ± 7	63	117	70 ± 6	55	120	79,0 ± 1,5	0,69 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Leskovec	83 ± 5	71	114	81 ± 5	68	118	81 ± 7	70	115	78 ± 4	68	102	80 ± 6	67	111	76 ± 6	60	109	79,9 ± 1,4	0,70 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Libna	58 ± 4	50	82	58 ± 4	49	90	59 ± 6	48	92	57 ± 3	49	72	59 ± 5	51	88	57 ± 4	48	80	57,3 ± 1,1	0,50 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Krško	85 ± 5	74	120	84 ± 5	72	127	85 ± 7	73	128	82 ± 4	72	108	84 ± 6	74	121	79 ± 6	63	116	81,6 ± 1,3	0,72 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	83 ± 3	72	92	82 ± 3	74	94	83 ± 4	73	96	82 ± 3	74	91	83 ± 3	75	93	82 ± 3	73	93	82,5 ± 0,9	0,72 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	86 ± 6	74	155	84 ± 5	75	120	84 ± 9	70	130	81 ± 4	69	104	83 ± 8	66	128	73 ± 6	58	114	80,7 ± 1,4	0,71 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Spodnji Stari Grad	74 ± 6	64	132	72 ± 5	61	117	74 ± 9	62	122	71 ± 4	61	92	73 ± 8	60	113	67 ± 6	54	108	70,8 ± 1,4	0,62 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Vihre	70 ± 4	61	102	69 ± 4	59	89	70 ± 5	60	93	67 ± 3	59	77	69 ± 4	56	88	66 ± 5	54	98	68,4 ± 1,1	0,60 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	89 ± 5	77	116	86 ± 6	74	131	87 ± 10	72	140	84 ± 5	70	111	85 ± 8	69	131	75 ± 7	61	127	83,1 ± 1,5	0,73 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	92 ± 7	80	154	91 ± 7	75	141	91 ± 10	75	157	87 ± 5	75	114	88 ± 8	66	129	75 ± 7	62	139	86,2 ± 1,7	0,75 ± 0,02						
NEK (Gamma-meteo)	Krško - Videm	67 ± 6	58	107	67 ± 7	59	134	67 ± 9	58	131	66 ± 5	58	94	69 ± 10	58	133	67 ± 7	57	127	65,8 ± 1,5	0,58 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško - NEK	76 ± 5	65	103	74 ± 5	65	114	77 ± 30	64	510	68 ± 4	58	85	75 ± 8	61	113	72 ± 6	58	111	71,6 ± 1,4	0,63 ± 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 2010 T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2010 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

Sistem Postaja		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)						
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij											
		Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks								
MZO	Avtarkična 1	78	± 9	61	101	71	± 6	59	89	80	± 5	67	99	82	± 5	70	98	82	± 5	69	115	84	± 5	70	105	80,2	± 2,2	0,36	± 0,01				
MZO	Avtarkična 2	47	± 3	38	53	49	± 4	40	61	46	± 3	37	59	54	± 3	46	67	55	± 4	48	72	58	± 7	48	81	50,2	± 1,4	0,23	± 0,01				
MZO	Borl	53	± 4	44	72	51	± 3	43	65	51	± 3	43	62	59	± 4	47	73	60	± 3	53	72	59	± 4	52	86	55,1	± 1,4	0,25	± 0,01				
MZO	Brinje	66	± 9	52	113	63	± 7	50	111	71	± 4	62	91	79	± 4	67	106	80	± 5	70	120	81	± 5	56	115	75,4	± 2,1	0,34	± 0,01				
MZO	Brnik	75	± 10	59	131	70	± 7	58	109	87	± 6	73	105	91	± 6	80	150	92	± 6	81	147	94	± 6	82	142	86,8	± 2,7	0,39	± 0,01				
MZO	Celje	61	± 5	51	84	60	± 5	50	87	60	± 3	53	72	63	± 5	53	82	68	± 3	60	86	68	± 4	59	96	63,8	± 1,6	0,29	± 0,01				
MZO	Dolenje	56	± 4	46	79	57	± 5	46	86	54	± 3	46	67	54	± 3	45	71	55	± 4	46	80	54	± 4	47	78	54,7	± 1,5	0,25	± 0,01				
MZO	Dvor	62	± 7	47	106	56	± 6	46	81	63	± 3	54	79	67	± 5	54	90	71	± 5	62	113	72	± 5	61	95	65,2	± 1,9	0,29	± 0,01				
MZO	Gačnik	74	± 7	61	96	69	± 7	57	106	82	± 6	66	99	88	± 4	77	108	90	± 5	79	108	89	± 5	78	126	84,6	± 2,2	0,38	± 0,01				
MZO	Gornja Radgona	67	± 4	57	84	66	± 3	57	77	67	± 3	58	77	75	± 4	63	86	76	± 4	65	87	76	± 4	66	97	70,2	± 1,5	0,32	± 0,01				
MZO	Hrastje	53	± 8	40	90	50	± 6	41	90	55	± 4	44	73	62	± 4	52	84	62	± 4	54	90	63	± 4	54	92	59,1	± 1,8	0,27	± 0,01				
MZO	Hrastnik	60	± 5	48	88	58	± 5	47	82	59	± 3	51	70	59	± 3	50	73	60	± 4	51	84	60	± 4	49	79	59,3	± 1,5	0,27	± 0,01				
MZO	Iirska Bistrica																									81,0	± 4,0	0,37	± 0,02				
MZO	Iška vas	54	± 9	40	100	50	± 6	39	90	56	± 5	45	78	63	± 3	55	80	64	± 5	55	96	64	± 5	55	94	60,5	± 1,9	0,27	± 0,01				
MZO	Jesenice na Dolenjskem	52	± 5	43	79	50	± 4	41	68	49	± 3	42	61	52	± 5	43	72	58	± 4	48	72	57	± 4	49	78	52,6	± 1,6	0,24	± 0,01				
MZO	Kamnik	51	± 5	41	74	51	± 4	42	71	51	± 3	43	59	59	± 3	49	76	59	± 3	49	75	60	± 3	51	91	56,1	± 1,4	0,25	± 0,01				
MZO	Koper	62	± 5	50	90	61	± 5	51	106	59	± 3	49	76	63	± 6	51	120	67	± 4	58	80	68	± 5	59	107	62,6	± 1,8	0,28	± 0,01				
MZO	Lendava	65	± 4	54	85	63	± 5	48	91	63	± 3	53	76	70	± 6	11	99	74	± 9	12	91	75	± 4	66	104	66,8	± 1,8	0,30	± 0,01				
MZO	Levec	66	± 6	53	95	64	± 5	53	91	68	± 4	58	81	71	± 5	61	92	77	± 4	68	106	77	± 4	68	99	71,5	± 1,8	0,32	± 0,01				
MZO	Loče	67	± 5	54	97	65	± 4	55	89	69	± 5	56	85	76	± 3	64	87	79	± 4	68	90	78	± 4	69	96	73,3	± 1,6	0,33	± 0,01				
MZO	Malkovec	64	± 6	53	98	63	± 6	51	89	65	± 4	55	77	69	± 5	57	95	75	± 4	65	100	75	± 4	64	101	69,7	± 1,9	0,31	± 0,01				
MZO	MB-Center	61	± 4	49	74	60	± 3	51	74	61	± 4	50	75	67	± 3	59	82	68	± 4	59	84	67	± 4	58	81	63,9	± 1,5	0,29	± 0,01				
MZO	MB-Slivnica	62	± 5	52	82	59	± 6	48	93	65	± 5	52	80	72	± 5	63	108	74	± 4	64	95	73	± 5	64	113	68,5	± 2,0	0,31	± 0,01				
MZO	Muta	67	± 6	54	98	67	± 9	19	98	77	± 3	66	90	78	± 4	67	111	79	± 4	70	101	80	± 4	72	100	76,9	± 1,7	0,35	± 0,01				
MZO	Nazarje	56	± 4	46	77	56	± 5	27	76	66	± 3	59	76	66	± 3	56	78	67	± 3	59	83	68	± 4	58	82	64,4	± 1,4	0,29	± 0,01				
MZO	Nova Gorica	57	± 4	48	80	58	± 5	48	89	55	± 3	46	66	55	± 3	45	79	56	± 4	46	76	55	± 4	46	79	55,7	± 1,5	0,25	± 0,01				
MZO	Podbočje	61	± 6	50	92	58	± 5	47	84	58	± 4	50	78	62	± 5	50	88	68	± 4	60	94	67	± 4	56	98	62,8	± 1,8	0,28	± 0,01				
MZO	Podčetrtek	73	± 6	61	109	71	± 5	59	94	73	± 4	58	85	77	± 5	64	95	83	± 4	70	104	83	± 5	73	113	77,1	± 1,9	0,35	± 0,01				
MZO	Podrožja	57	± 6	45	85	57	± 8	44	86	58	± 4	48	72	59	± 4	50	72	60	± 5	48	86	60	± 4	49	80	58,8	± 1,9	0,27	± 0,01				
MZO	Ptuj	76	± 6	63	112	71	± 7	58	110	79	± 5	65	92	87	± 5	73	125	89	± 4	78	119	89	± 5	76	116	83,8	± 2,1	0,38	± 0,01				
MZO	Radenci	62	± 4	52	80	60	± 4	49	75	60	± 3	52	72	68	± 4	54	91	70	± 3	60	83	69	± 4	60	99	64,9	± 1,5	0,29	± 0,01				
MZO	Rogla	79	± 7	65	115	73	± 5	61	92	72	± 7	60	101	83	± 4	70	102	88	± 6	76	116	86	± 5	74	108	80,9	± 2,2	0,36	± 0,01				
MZO	Rudno polje	70	± 8	57	105	62	± 6	50	93	54	± 3	45	65	60	± 7	46	86	82	± 7	69	126	81	± 6	70	118	62,6	± 2,1	0,28	± 0,01				
MZO	Solkan	47	± 5	39	68	48	± 6	37	89	45	± 3	37	57	44	± 4	36	73	46	± 5	38	105	45	± 4	37	67	45,4	± 1,7	0,20	± 0,01				
MZO	Suha	52	± 7	39	94	47	± 5	37	68	55	± 4	45	73	64	± 4	56	94	65	± 5	57	111	65	± 5	55	93	58,7	± 1,9	0,26	± 0,01				
MZO	Todraž																									94	± 3	85	103	94,0	± 3,0	0,42	± 0,01
MZO	Trbovlje	51	± 5	40	77	51	± 5	41	74	50	± 3	40	59	50	± 3	41	61	50	± 4	42	72	50	± 4	42	71	50,2	± 1,5	0,23	± 0,01				
MZO	Zagorje	55	± 5	42	80	55	± 4	46	79	53	± 3	46	62	53	± 3	45	68	53	± 4	43	73	59	± 98	45	2050	53,5	± 1,6	0,24	± 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 2010 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)										
		Julij				Avgust				September				Oktober						November				December					
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks				
MZO	Avtarkična 1	86	± 6	74	116	90	± 7	76	121	95	± 9	79	156	95	± 6	80	132	96	± 3	91	101	68	± 5	57	78	85,3	± 1,5	0,75	± 0,01
MZO	Avtarkična 2	61	± 10	47	95	58	± 7	47	89	54	± 5	45	80	53	± 3	42	67	55	± 4	46	74	54	± 4	45	74	51,8	± 1,1	0,45	± 0,01
MZO	Borl	61	± 5	53	126	60	± 4	52	90	60	± 6	50	93	59	± 4	51	84	61	± 5	49	83	57	± 4	48	88	56,7	± 1,1	0,50	± 0,01
MZO	Brinje	86	± 7	57	130	83	± 7	50	136	83	± 11	69	147	80	± 5	70	115	82	± 8	69	122	79	± 9	62	127	77,5	± 1,7	0,68	± 0,01
MZO	Brnik	99	± 8	81	155	96	± 12	80	282	96	± 12	78	153	92	± 6	80	146	94	± 11	77	149	88	± 10	67	147	89,3	± 2,1	0,78	± 0,02
MZO	Celje	70	± 5	57	107	69	± 5	57	95	70	± 7	57	107	68	± 4	59	85	70	± 6	60	93	67	± 5	56	96	65,6	± 1,3	0,57	± 0,01
MZO	Dolenje	63	± 5	52	98	61	± 4	53	89	62	± 7	47	117	62	± 5	52	113	64	± 7	54	92	63	± 5	53	86	57,2	± 1,2	0,50	± 0,01
MZO	Dvor	74	± 5	64	118	73	± 5	63	99	73	± 9	61	120	71	± 5	60	106	73	± 8	62	118	67	± 7	54	108	67,8	± 1,5	0,59	± 0,01
MZO	Gačnik	94	± 6	82	149	90	± 8	78	152	90	± 9	76	145	88	± 6	78	125	89	± 6	71	113	84	± 8	66	133	86,4	± 1,7	0,76	± 0,02
MZO	Gornja Radgona	78	± 4	66	122	76	± 5	67	101	76	± 5	66	100	75	± 4	67	92	77	± 4	66	89	74	± 4	62	96	72,6	± 1,1	0,64	± 0,01
MZO	Hrastje	65	± 6	53	112	64	± 6	53	100	66	± 11	52	126	63	± 5	55	101	65	± 8	53	105	64	± 8	50	105	60,7	± 1,5	0,53	± 0,01
MZO	Hrastnik	67	± 6	52	107	68	± 5	59	103	69	± 9	58	122	67	± 4	58	91	69	± 7	57	99	67	± 5	55	101	61,9	± 1,3	0,54	± 0,01
MZO	Ilirska Bistrica	85	± 5	73	114	84	± 5	74	107	83	± 8	71	128	81	± 6	70	116	82	± 8	68	125	81	± 6	70	114	82,4	± 2,1	0,72	± 0,02
MZO	Īska vas	66	± 6	56	103	65	± 5	56	107	66	± 10	54	123	64	± 5	54	96	66	± 9	54	123	61	± 7	47	107	62,0	± 1,5	0,54	± 0,01
MZO	Jesenice na Dolenjskem	59	± 4	48	82	59	± 4	50	83	59	± 7	44	93	58	± 4	47	87	60	± 6	50	90	58	± 5	48	96	55,2	± 1,2	0,48	± 0,01
MZO	Kamnik	61	± 4	53	99	60	± 4	52	97	60	± 6	51	88	59	± 4	51	77	62	± 5	51	84	61	± 5	50	88	57,6	± 1,1	0,50	± 0,01
MZO	Koper	70	± 6	60	119	68	± 5	58	101	69	± 7	58	110	67	± 5	58	104	67	± 5	57	92	68	± 5	58	104	64,7	± 1,4	0,57	± 0,01
MZO	Lendava	77	± 6	67	166	75	± 6	64	117	75	± 8	63	120	74	± 4	65	98	75	± 5	65	96	72	± 5	58	113	69,9	± 1,4	0,61	± 0,01
MZO	Leveč	80	± 5	70	129	79	± 6	68	139	79	± 9	62	121	77	± 4	65	98	78	± 6	65	104	74	± 7	56	108	74,0	± 1,4	0,65	± 0,01
MZO	Loče	76	± 10	11	108	78	± 5	67	110	77	± 7	54	114	76	± 5	66	128	77	± 5	67	101	73	± 6	61	114	74,3	± 1,3	0,65	± 0,01
MZO	Malkovec	77	± 5	65	110	75	± 6	65	140	76	± 7	64	115	74	± 4	64	94	76	± 7	61	106	72	± 6	59	111	71,8	± 1,4	0,63	± 0,01
MZO	MB-Center	68	± 4	59	92	68	± 5	59	104	69	± 6	57	103	68	± 4	60	86	70	± 5	59	88	67	± 4	58	98	65,5	± 1,1	0,57	± 0,01
MZO	MB-Slivnica	76	± 6	66	131	74	± 8	64	134	74	± 9	62	119	73	± 5	63	105	75	± 6	63	102	71	± 8	57	142	70,5	± 1,6	0,62	± 0,01
MZO	Muta	81	± 5	71	123	81	± 8	69	144	80	± 8	68	121	79	± 5	67	107	80	± 5	69	109	77	± 6	66	132	77,9	± 1,4	0,68	± 0,01
MZO	Nazarje	70	± 4	58	106	69	± 4	58	94	67	± 5	51	98	68	± 4	56	79	68	± 4	57	84	65	± 4	53	88	65,9	± 1,1	0,58	± 0,01
MZO	Nova Gorica	64	± 5	49	102	63	± 4	56	85	64	± 6	54	109	62	± 4	54	86	65	± 6	54	91	64	± 5	54	85	58,5	± 1,2	0,51	± 0,01
MZO	Podbočje	69	± 4	59	87	69	± 5	59	107	69	± 7	51	102	68	± 4	58	90	70	± 7	58	98	66	± 5	54	101	65,3	± 1,4	0,57	± 0,01
MZO	Podčetrtek	87	± 5	76	111	84	± 6	73	131	84	± 8	69	134	83	± 4	73	107	84	± 7	70	120	78	± 6	62	124	79,7	± 1,5	0,70	± 0,01
MZO	Podroteja	68	± 5	53	98	68	± 5	57	102	69	± 7	56	105	67	± 5	56	96	69	± 8	55	114	65	± 7	27	92	62,3	± 1,5	0,55	± 0,01
MZO	Ptuj	92	± 7	79	193	90	± 6	78	141	90	± 8	78	134	88	± 5	76	112	89	± 6	72	117	83	± 8	66	154	85,7	± 1,6	0,75	± 0,01
MZO	Radenci	72	± 5	62	131	70	± 6	59	115	70	± 7	58	120	69	± 4	59	100	71	± 5	59	94	67	± 5	56	104	66,5	± 1,2	0,58	± 0,01
MZO	Rogla	93	± 6	78	136	93	± 6	82	140	95	± 8	82	138	92	± 6	77	116	96	± 7	82	137	91	± 7	72	126	85,8	± 1,7	0,75	± 0,01
MZO	Rudno polje	85	± 7	70	118	89	± 8	77	197	90	± 9	73	134	86	± 8	68	119	85	± 8	67	115	69	± 7	46	104	68,9	± 1,8	0,60	± 0,02
MZO	Solkan	54	± 6	40	85	53	± 4	43	79	54	± 7	44	121	52	± 5	43	80	55	± 7	46	89	55	± 6	45	78	48,4	± 1,4	0,42	± 0,01
MZO	Suha	67	± 5	58	103	66	± 7	56	108	66	± 8	56	108	64	± 5	56	96	66	± 8	56	117	58	± 7	44	99	60,9	± 1,5	0,53	± 0,01
MZO	Todraž	98	± 7	83	141	94	± 6	82	123	95	± 9	80	144	93	± 6	79	128	93	± 10	73	144	79	± 7	62	128	92,9	± 2,1	0,81	± 0,02
MZO	Trbovlje	58	± 5	42	93	59	± 5	48	97	61	± 9	50	115	58	± 4	50	81	61	± 7	49	92	59	± 5	50	91	53,1	± 1,2	0,47	± 0,01
MZO	Zagorje	61	± 5	46	94	61	± 4	52	92	63	± 8	51	106	61	± 4	52	81	63	± 6	54	94	62	± 5	52	86	56,6	± 1,3	0,50	± 0,01

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2010 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje		Polletna doza (mSv)	
Sistem	Postaja	Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij				Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)		
		Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st.dev.	Min	Maks				
ARSO	Bovec	102 ± 6	90	134	104 ± 8	89	151	105 ± 4	95	136	105 ± 6	96	169	107 ± 8	95	159	106 ± 6	96	148	104,8 ± 2,4	0,47 ± 0,01								
ARSO	Dobliče	141 ± 11	123	210	130 ± 9	112	178	143 ± 6	126	165	145 ± 5	132	173	148 ± 5	133	169	148 ± 7	134	181	144,4 ± 2,6	0,65 ± 0,01								
ARSO	Kočevje	140 ± 14	119	197	125 ± 8	110	175	145 ± 12	119	183	158 ± 6	144	189	159 ± 5	146	176	158 ± 8	139	207	152,1 ± 3,0	0,69 ± 0,01								
ARSO	Kredarica	147 ± 6	132	171	149 ± 6	137	169				138 ± 4	127	145	143 ± 9	129	340	143 ± 5	130	163	144,3 ± 2,4	0,65 ± 0,01								
ARSO	Krvavec	117 ± 6	103	137	116 ± 5	104	136	113 ± 47	100	1360	114 ± 5	103	141	127 ± 5	113	160	126 ± 5	113	149	120,2 ± 2,3	0,54 ± 0,01								
ARSO	Lesce	115 ± 7	102	145	113 ± 6	101	148	118 ± 4	108	135	118 ± 5	108	158	119 ± 6	109	162	120 ± 6	109	153	117,4 ± 2,2	0,53 ± 0,01								
ARSO	Lisca	113 ± 6	101	154	106 ± 6	97	139	112 ± 6	95	127	118 ± 4	108	147	119 ± 5	108	146	118 ± 4	106	141	115,6 ± 2,0	0,52 ± 0,01								
ARSO	LJ-Bežigrad	117 ± 9	101	161	113 ± 7	99	157	123 ± 4	113	138	124 ± 5	113	164	125 ± 5	112	173	121 ± 17	50	149	122,1 ± 2,4	0,55 ± 0,01								
ARSO	MB-Tabor	117 ± 6	103	144	113 ± 6	100	150	119 ± 9	42	131	121 ± 4	112	147	124 ± 5	113	149	124 ± 5	113	153	120,4 ± 2,2	0,54 ± 0,01								
ARSO	MS-Rakičan	66 ± 5	54	83	63 ± 5	51	98	66 ± 3	56	77	74 ± 4	61	105	76 ± 4	65	89	75 ± 4	64	109	70,1 ± 1,6	0,32 ± 0,01								
ARSO	NG-Bilje	113 ± 65	98	1520	111 ± 11	97	235	107 ± 9	99	296	107 ± 15	97	358	108 ± 11	97	254	108 ± 8	98	222	108,2 ± 4,5	0,49 ± 0,02								
ARSO	Novo mesto	114 ± 7	102	157	111 ± 6	97	139	111 ± 4	100	122	112 ± 5	102	143	113 ± 4	103	134	114 ± 5	100	153	112,3 ± 2,0	0,51 ± 0,01								
ARSO	Sečovelje	108 ± 8	98	200	108 ± 6	97	154	105 ± 4	97	126	105 ± 4	95	133	106 ± 4	98	130	107 ± 5	96	142	106,0 ± 1,9	0,48 ± 0,01								
ARSO	Postojna	121 ± 8	103	156	118 ± 9	101	164	125 ± 5	111	140	127 ± 4	114	144	127 ± 5	117	165	129 ± 7	115	168	125,7 ± 2,3	0,57 ± 0,01								
ARSO	Rateče	123 ± 7	106	168	113 ± 7	98	146	112 ± 11	98	151	134 ± 6	120	182	136 ± 6	124	178	137 ± 6	124	166	128,7 ± 2,7	0,58 ± 0,01								
ARSO	R, Slatina																												
ARSO	SI, Gradec	129 ± 9	112	162	123 ± 7	109	158	137 ± 5	122	156	138 ± 5	126	167	141 ± 6	129	171	141 ± 5	128	173	136,6 ± 2,4	0,62 ± 0,01								
ARSO	Velenje	116 ± 6	104	140	115 ± 6	101	147	119 ± 4	109	131	120 ± 4	113	142	121 ± 5	110	145	121 ± 5	111	148	119,1 ± 2,0	0,54 ± 0,01								
EIMV	Vnajarje	110 ± 8	92	136	108 ± 6	95	143	117 ± 4	104	136	118 ± 4	109	143	119 ± 5	107	151	121 ± 5	111	142	116,8 ± 2,0	0,53 ± 0,01								
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
ARSO	Bovec	98 ± 17	59	141	69 ± 9	57	122	70 ± 12	58	160	69 ± 10	57	126	73 ± 13	58	127	61 ± 8	48	95	96,4 ± 2,1	0,84 ± 0,02								
ARSO	Dobliče	140 ± 20	100	183	115 ± 7	99	153	112 ± 10	94	157	111 ± 7	94	141							136,4 ± 2,2	1,19 ± 0,02								
ARSO	Kočevje	152 ± 20	113	222	124 ± 8	106	173	122 ± 10	103	187	119 ± 8	102	160	120 ± 11	88	188	104 ± 14	74	149	141,6 ± 2,4	1,24 ± 0,02								
ARSO	Kredarica	142 ± 5	131	172	144 ± 6	130	179	136 ± 18	92	176	101 ± 6	84	126	100 ± 7	83	122	99 ± 5	85	121	131,2 ± 1,7	1,15 ± 0,02								
ARSO	Krvavec	122 ± 10	89	152	96 ± 10	82	249	97 ± 8	80	130	96 ± 6	82	119	98 ± 7	82	123	91 ± 7	75	122	112,3 ± 1,8	0,98 ± 0,02								
ARSO	Lesce	112 ± 19	69	148	78 ± 7	67	130	79 ± 11	65	133	76 ± 6	66	129	80 ± 10	66	123	71 ± 7	58	104	105,2 ± 1,8	0,92 ± 0,02								
ARSO	Lisca	121 ± 5	110	164	119 ± 5	108	167	120 ± 8	106	162	118 ± 5	106	144	120 ± 7	101	146	113 ± 7	97	137	116,9 ± 1,5	1,02 ± 0,01								
ARSO	LJ-Bežigrad	90 ± 6	76	128	86 ± 7	72	133	88 ± 19	73	404	83 ± 30	70	713	83 ± 9	64	135	77 ± 14	59	303	112,1 ± 2,0	0,98 ± 0,02								
ARSO	MB-Tabor	123 ± 15	81	171	87 ± 7	76	146	87 ± 9	73	144	85 ± 6	75	122	86 ± 7	73	112	82 ± 8	26	135	109,6 ± 1,8	0,96 ± 0,02								
ARSO	MS-Rakičan	77 ± 9	62	210	75 ± 7	61	127	74 ± 7	63	125	74 ± 5	64	115	75 ± 5	65	99	72 ± 7	57	123	71,4 ± 1,4	0,63 ± 0,01								
ARSO	NG-Bilje	73 ± 9	62	131	70 ± 6	61	108	72 ± 10	60	124	69 ± 5	59	117	73 ± 11	59	133	72 ± 8	59	110	82,0 ± 2,5	0,72 ± 0,02								
ARSO	Novo mesto	100 ± 23	57	131	68 ± 5	57	98	68 ± 9	56	131	65 ± 5	53	89	67 ± 9	56	118	64 ± 6	46	90	96,4 ± 1,6	0,84 ± 0,01								
ARSO	Sečovelje	95 ± 21	57	180	66 ± 6	55	111	66 ± 7	49	113	64 ± 5	53	106	65 ± 9	54	122	64 ± 6	53	88	92,8 ± 1,6	0,81 ± 0,01								
ARSO	Postojna	94 ± 8	78	152	91 ± 6	78	123	90 ± 9	77	134	89 ± 7	76	149	90 ± 9	69	149	86 ± 9	63	126	113,4 ± 1,9	0,99 ± 0,02								
ARSO	Rateče	111 ± 17	16	170	101 ± 6	91	132	101 ± 8	90	145	98 ± 8	78	179	98 ± 11	82	141	76 ± 7	59	117	115,0 ± 2,1	1,01 ± 0,02								
ARSO	R, Slatina																												
ARSO	SI, Gradec	137 ± 17	94	174	105 ± 7	91	163	104 ± 9	88	154	102 ± 5	87	133	103 ± 7	91	135	97 ± 7	80	133	123,4 ± 1,8	1,08 ± 0,02								
ARSO	Velenje	114 ± 17	77	153	84 ± 7	73	141	85 ± 10	73	152	83 ± 5	73	127	85 ± 7	74	118	81 ± 7	67	128	108,5 ± 1,6	0,95 ± 0,01								
EIMV	Vnajarje	126 ± 7	114	162	122 ± 6	109	154	121 ± 8	108	174	119 ± 5	107	145	119 ± 7	105	151	114 ± 7	96	142	118,0 ± 1,6	1,03 ± 0,01								

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2010 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)			
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij								
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks	Povprečna vrednost	st. dev.	Min	Maks					
URSJV	Sveti Mohor	107	± 5	97	132	583	± 11849	96	3E+05	105	± 3	96	118	106	± 4	97	127	107	± 4	98	128	107	± 4	98	130	106,2	± 1,7	0,48	± 0,01	
URSJV	Šoštanj																													
URSJV	Lakonca	93	± 6	83	125	93	± 5	83	112	91	± 3	84	101	92	± 3	84	104	92	± 4	84	116	92	± 4	85	118	91,9	± 1,6	0,41	± 0,01	
URSJV	Prapretno	109	± 6	98	140	108	± 6	94	139	113	± 3	103	124	113	± 4	104	129	114	± 5	104	137	114	± 5	104	139	112,5	± 1,8	0,51	± 0,01	
URSJV	NEK-URSJV	77	± 9	100	90	74	± 7	100	90	76	± 5	100	90	77	± 6	100	90	80	± 4	70	90	79	± 7	100	90	77,7	± 2,3	0,35	± 0,01	
URSJV	LJ - Brinje - IJS	76	± 13	100	98	71	± 12	100	98	84	± 8	100	98	84	± 8	100	98	85	± 9	100	98	86	± 9	100	98	82,5	± 3,8	0,37	± 0,02	
URSJV	LJ - Brinje - URSJV	84	± 14	100	90	79	± 10	100	90	93	± 6	100	90	92	± 7	100	90	95	± 7	100	90	92	± 6	100	90	91,3	± 3,0	0,41	± 0,01	
URSJV	Pregarje	67	± 7	30	80	67	± 6	50	90	69	± 8	0	90													67,5	± 4,0	0,30	± 0,02	
URSJV	Todraž	89	± 8	100	90	86	± 9	100	90	94	± 8	100	90	94	± 7	0	90	91	± 6	100	90					91,2	± 3,3	0,41	± 0,01	
URSJV	LJ - Vič - IJS	110	± 9	94	151	107	± 7	96	148	114	± 4	105	134	116	± 4	108	140	117	± 5	107	154	118	± 6	108	187	114,7	± 2,1	0,52	± 0,01	
		Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)			
URSJV	Sveti Mohor	109	± 4	99	131	108	± 5	97	155	109	± 7	99	140	107	± 4	99	129	109	± 5	99	138	106	± 4	97	131	106,9	± 1,3	0,94	± 0,01	
URSJV	Šoštanj																													
URSJV	Lakonca	62	± 15	47	102	56	± 5	46	91	58	± 10	46	115	55	± 4	44	77	58	± 7	49	90	56	± 6	46	89	81,7	± 1,3	0,72	± 0,01	
URSJV	Prapretno	87	± 15	70	134	78	± 6	68	129	78	± 9	65	142	76	± 4	68	95									103,4	± 1,5	0,91	± 0,01	
URSJV	NEK-URSJV	85	± 7	100	90	82	± 7	100	90	83	± 11	100	90	72	± 6	0	90	78	± 11	100	90	73	± 9	100	90	77,9	± 1,9	0,68	± 0,02	
URSJV	LJ - Brinje - IJS	92	± 10	100	98	88	± 10	100	98	88	± 15	100	98	85	± 10	100	98	88	± 13	100	98	86	± 14	100	98	84,7	± 3,0	0,74	± 0,03	
URSJV	LJ - Brinje - URSJV	98	± 9	100	90	94	± 8	100	90	108	± 18	100	90	113	± 8	100	160	115	± 12	100	90	97	± 12	100	90	95,5	± 2,4	0,84	± 0,02	
URSJV	Pregarje	61	± 5	0	70	84	± 14	0	90	91	± 4	100	90													75,0	± 2,4	0,66	± 0,02	
URSJV	Todraž	97	± 9	0	90	101	± 17	0	90																	92,2	± 3,0	0,81	± 0,03	
URSJV	LJ - Vič - IJS	122	± 13	108	220	118	± 7	108	219	119	± 10	105	176	116	± 5	105	149	118	± 7	104	154	112	± 7	98	155	115,4	± 1,7	1,01	± 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.

9. ZEMLJA

LETO 2010 T - 57a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
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	28,8	40,6	46,0	130,5	115,4	+ trava	245,9
Oznaka vzorca	RP10KRM82551	K10ZN11AB51	K10ZN11CS1	K10ZN11DS1	K10ZN11ES1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		8,2E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 2E+02	6,4E+03 ± 4E+02
Ra-226		1,0E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 5E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	9,1E+03 ± 5E+02
Pb-210	< 4,4E+00 ± 4E-01	1,6E+03 ± 8E+02	2,5E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 2E+02	4,7E+03 ± 3E+02	6,2E+03 ± 8E+02	6,2E+03 ± 8E+02	1,1E+04 ± 9E+02
Ra-228	< 1E-01	8,2E+02 ± 4E+01	1,3E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 7E+01	3,5E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 1E+02	6,9E+03 ± 2E+02
Th-228	< 3E-02	8,0E+02 ± 4E+01	1,3E+03 ± 6E+01	1,4E+03 ± 7E+01	3,6E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 1E+02	7,0E+03 ± 2E+02
Th-230		1,9E+03 ± 1E+03	1,4E+03 ± 8E+02	4,5E+03 ± 2E+03	4,5E+03 ± 2E+03	3,3E+03 ± 1E+03	3,3E+03 ± 1E+03	7,8E+03 ± 2E+03
K-40	8,1E+01 ± 8E+00	1,0E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	4,3E+04 ± 4E+03	4,2E+04 ± 2E+03	4,2E+04 ± 2E+03	8,5E+04 ± 5E+03
Be-7	2,3E+01 ± 1E+00	1,5E+02 ± 4E+01				1,5E+02 ± 4E+01	1,7E+02 ± 4E+01	1,5E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,0E-02 ± 1E-02	1,3E+03 ± 7E+01	2,5E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 3E+02	6,9E+03 ± 2E+02	6,9E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 4E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,1E-01 ± 1E-02	2,8E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 5E+00	5,9E+01 ± 5E+00	1,9E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 8E+00	3,2E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,37	0,40	0,42	0,47			
Kol. (kg/m ²)	0,1	28,8	40,6	46,0	130,5	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	RP10KRM82551	K10ZN11AB51	K10ZN11CS1	K10ZN11DS1	K10ZN11ES1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	
Ra-226		3,5E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	< 3,4E+01 ± 3E+00	5,4E+01 ± 3E+01	6,1E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 7E+00	4,4E+01 ± 4E+00	
Ra-228	< 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-228	< 3E-01	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-230		6,7E+01 ± 4E+01	3,5E+01 ± 2E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,4E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 1E+01	
K-40	6,4E+02 ± 6E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,8E+02 ± 9E+00	5,1E+00 ± 1E+00				1,3E+00 ± 3E-01	5,9E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,1E-01 ± 1E-01	4,5E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 3E+00	6,9E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,6E+00 ± 1E-01	9,9E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-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 2010 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							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	32,6	44,8	54,8	100,7	132,2	+ trava	233,0
Oznaka vzorca	K10ZN11T91	K10ZN11AB91	K10ZN11C91	K10ZN11D91	K10ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 5E+00	1,5E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 3E+02	6,3E+03 ± 4E+02
Ra-226		1,2E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	8,4E+03 ± 4E+02
Pb-210	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+03 ± 6E+02	1,4E+03 ± 7E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 3E+02	6,2E+03 ± 9E+02	6,2E+03 ± 9E+02	8,5E+03 ± 1E+03
Ra-228	< 6E-01	9,6E+02 ± 5E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,5E+03 ± 8E+01	2,6E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	6,4E+03 ± 2E+02
Th-228	1,3E-01 ± 9E-02	9,3E+02 ± 5E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,5E+03 ± 8E+01	2,7E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	6,5E+03 ± 2E+02
Th-230				2,2E+03 ± 9E+02	4,6E+03 ± 2E+03	2,2E+03 ± 9E+02	2,2E+03 ± 9E+02	6,8E+03 ± 2E+03
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,2E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	3,1E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	7,8E+04 ± 4E+03
Be-7	2,5E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 6E+01				1,6E+02 ± 6E+01	4,1E+02 ± 6E+01	1,6E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-01 ± 6E-02	3,9E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 4E+01	2,0E+02 ± 2E+01	8,0E+03 ± 3E+02	8,0E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 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 ± 4E-02	6,4E+01 ± 5E+00	9,6E+01 ± 9E+00	8,2E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,15	0,36	0,42	0,47	0,53	popovprečje	popovprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,3	32,6	44,8	54,8	100,7	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K10ZN11T91	K10ZN11AB91	K10ZN11C91	K10ZN11D91	K10ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 2E+01	4,7E+01 ± 9E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00	
Ra-226		3,6E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,0E+02 ± 6E+00	9,3E+01 ± 2E+01	3,1E+01 ± 2E+01	3,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 7E+00	3,7E+01 ± 4E+00	
Ra-228	< 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 7E-01	
Th-228	4,2E-01 ± 3E-01	2,9E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 7E-01	
Th-230				4,0E+01 ± 2E+01	4,6E+01 ± 2E+01	1,7E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 1E+01	
K-40	3,3E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	
Be-7	8,0E+02 ± 4E+01	5,0E+00 ± 2E+00				1,2E+00 ± 4E-01	7,1E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,8E-01 ± 2E-01	1,2E+02 ± 6E+00	7,5E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 7E-01	1,9E+00 ± 2E-01	6,1E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,0E+00 ± 1E-01	2,0E+00 ± 1E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 9E-02	1,5E+00 ± 7E-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 2010 T - 58a

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice - njiva							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	103,4	100,9	114,2	110,2	114,3	318,4	428,6	543,0
Oznaka vzorca	K10ZP13A51	K10ZP13B51	K10ZP13C51	K10ZP13D51	K10ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	2,9E+03 ± 4E+02	3,0E+03 ± 4E+02	4,3E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 4E+02	1,0E+04 ± 7E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,7E+04 ± 9E+02
Ra-226	4,5E+03 ± 4E+02	4,3E+03 ± 4E+02	4,7E+03 ± 5E+02	4,9E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 5E+02	1,3E+04 ± 8E+02	1,8E+04 ± 9E+02	2,4E+04 ± 1E+03
Pb-210	< 3E+03	4,5E+03 ± 1E+03	4,2E+03 ± 5E+02	3,2E+03 ± 2E+02	< 6E+03	8,7E+03 ± 3E+03	1,2E+04 ± 3E+03	1,2E+04 ± 4E+03
Ra-228	3,7E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,5E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 4E+02
Th-228	3,7E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	1,1E+04 ± 3E+02	1,5E+04 ± 4E+02	1,9E+04 ± 4E+02
Th-230			6,1E+03 ± 3E+03	5,9E+03 ± 2E+03		6,1E+03 ± 3E+03	1,2E+04 ± 4E+03	1,2E+04 ± 4E+03
K-40	4,3E+04 ± 4E+03	4,3E+04 ± 4E+03	5,1E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 4E+03	5,2E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,8E+05 ± 9E+03	2,4E+05 ± 1E+04
Be-7	2,4E+02 ± 7E+01					2,4E+02 ± 7E+01	2,4E+02 ± 7E+01	2,4E+02 ± 7E+01
I-131					1,6E+02 ± 6E+01			1,6E+02 ± 6E+01
Cs-134								
Cs-137	1,7E+03 ± 9E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,0E+03 ± 5E+01	2,4E+02 ± 1E+01	2,4E+01 ± 2E+01	4,4E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	4,7E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice - njiva							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,49	0,50	0,51	0,50	0,48			
Kol. (kg/m ²)	103,4	100,9	114,2	110,2	114,3	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K10ZP13A51	K10ZP13B51	K10ZP13C51	K10ZP13D51	K10ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,8E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	< 3E+01	4,5E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00	< 5E+01	2,8E+01 ± 6E+00	2,2E+01 ± 8E+00	
Ra-228	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-228	3,6E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,6E+01 ± 8E-01	
Th-230			5,3E+01 ± 3E+01	5,3E+01 ± 2E+01		2,8E+01 ± 9E+00	2,2E+01 ± 7E+00	
K-40	4,2E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,6E+02 ± 5E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,3E+00 ± 6E-01					5,5E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 1E-01	
I-131					1,4E+00 ± 6E-01		2,9E-01 ± 1E-01	
Cs-134								
Cs-137	1,7E+01 ± 8E-01	1,6E+01 ± 8E-01	9,1E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 1E-01	2,1E-01 ± 1E-01	1,1E+01 ± 3E-01	8,6E+00 ± 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.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2010 T - 58b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice - njiva							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	81,3	76,0	75,2	89,8	275,0	151,1	240,9	515,8
Oznaka vzorca	K10ZP13A91	K10ZP13B91	K10ZP13C91	K10ZP13D91	K10ZP13E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	2,4E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 4E+02	2,9E+03 ± 3E+02	8,0E+03 ± 1E+03	7,1E+03 ± 5E+02	1,0E+04 ± 6E+02	1,8E+04 ± 1E+03
Ra-226	3,3E+03 ± 3E+02	3,1E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	3,7E+03 ± 4E+02	1,2E+04 ± 1E+03	9,7E+03 ± 5E+02	1,3E+04 ± 6E+02	2,5E+04 ± 1E+03
Pb-210	< 5E+03	2,2E+03 ± 6E+02	4,9E+03 ± 3E+03	1,4E+03 ± 3E+02	1E+04	7,2E+03 ± 4E+03	8,6E+03 ± 4E+03	8,6E+03 ± 9E+03
Ra-228	2,7E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 2E+02	9,5E+03 ± 5E+02	8,0E+03 ± 2E+02	1,1E+04 ± 3E+02	2,1E+04 ± 6E+02
Th-228	2,8E+03 ± 1E+02	2,5E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 2E+02	9,9E+03 ± 5E+02	7,9E+03 ± 2E+02	1,1E+04 ± 3E+02	2,1E+04 ± 6E+02
Th-230		4,6E+03 ± 2E+03		3,6E+03 ± 1E+03		4,6E+03 ± 2E+03	8,2E+03 ± 2E+03	8,2E+03 ± 2E+03
K-40	3,3E+04 ± 3E+03	3,1E+04 ± 3E+03	3,1E+04 ± 3E+03	4,0E+04 ± 4E+03	1,2E+05 ± 1E+04	9,5E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 7E+03	2,6E+05 ± 1E+04
Be-7	2,9E+02 ± 5E+01	1,2E+02 ± 6E+01	1,7E+02 ± 9E+01			5,7E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	7,7E+02 ± 5E+01	1,9E+02 ± 2E+01	3,6E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 1E+02	7,0E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice - njiva							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)		0,48	0,50	0,48	0,48			
Kol. (kg/m ²)	81,3	76,0	75,2	89,8	275,0	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K10ZP13A91	K10ZP13B91	K10ZP13C91	K10ZP13D91	K10ZP13E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,0E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	
Pb-210	< 6E+01	3,0E+01 ± 9E+00	6,5E+01 ± 4E+01	1,6E+01 ± 3E+00	< 5E+01	2,7E+01 ± 1E+01	1,4E+01 ± 1E+01	
Ra-228	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 9E-01	3,5E+01 ± 9E-01	
Th-228	3,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 9E-01	3,5E+01 ± 1E+00	
Th-230		6,0E+01 ± 2E+01		4,0E+01 ± 1E+01		2,6E+01 ± 7E+00	1,4E+01 ± 4E+00	
K-40	4,1E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	
Be-7	3,5E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 1E+00			1,8E+00 ± 4E-01	9,6E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E+01 ± 8E-01	1,5E+01 ± 8E-01	1,0E+01 ± 7E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,3E+01 ± 7E-01	1,1E+01 ± 3E-01	1,2E+01 ± 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 2010 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.	19. 5. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	43,4	53,1	49,7	136,8	146,2	+ trava	283,0
Oznaka vzorca	K10ZN2T51	K10ZN2AB51	K10ZN2C51	K10ZN2D51	K10ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		8,9E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 5E+02	3,4E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 2E+02	7,6E+03 ± 5E+02
Ra-226		1,4E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 6E+02	5,2E+03 ± 3E+02	5,2E+03 ± 3E+02	1,2E+04 ± 7E+02
Pb-210	4,0E+00 ± 4E-01	2,4E+03 ± 5E+02	1,5E+03 ± 3E+02	3,0E+03 ± 1E+03	5,7E+03 ± 5E+02	6,9E+03 ± 2E+03	6,9E+03 ± 2E+03	1,3E+04 ± 2E+03
Ra-228	8,5E-01 ± 4E-01	1,0E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,4E+03 ± 7E+01	3,6E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	7,2E+03 ± 2E+02
Th-228	1,1E-01 ± 4E-02	1,0E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	7,2E+03 ± 2E+02
Th-230		< 2E+03	1,2E+03 ± 7E+02		9,7E+03 ± 3E+03	1,2E+03 ± 2E+03	1,2E+03 ± 2E+03	1,1E+04 ± 4E+03
K-40	1,7E+02 ± 2E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	3,8E+04 ± 4E+03	4,5E+04 ± 3E+03	4,5E+04 ± 3E+03	8,3E+04 ± 5E+03
Be-7	4,7E+01 ± 2E+00						4,7E+01 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E-01	2,4E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	3,6E+02 ± 3E+01	2,2E+03 ± 1E+02	8,3E+02 ± 3E+01	8,3E+02 ± 3E+01	3,1E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		1,5E+01 ± 3E+00	< 1E+01	1,3E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 9E+00	6,4E+01 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Kusova Urbina							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,45	0,47	0,46	0,46			
Kol. (kg/m ²)	0,3	43,4	53,1	49,7	136,8	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K10ZN2T51	K10ZN2AB51	K10ZN2C51	K10ZN2D51	K10ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,0E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	
Ra-226		3,3E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,4E+01 ± 1E+00	5,5E+01 ± 1E+01	2,8E+01 ± 6E+00	6,0E+01 ± 3E+01	4,2E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 6E+00	
Ra-228	2,9E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 7E-01	
Th-228	3,8E-01 ± 1E-01	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	
Th-230		< 6E+01	2,3E+01 ± 1E+01		7,1E+01 ± 2E+01	8,4E+00 ± 1E+01	3,9E+01 ± 1E+01	
K-40	5,7E+02 ± 5E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,6E+02 ± 8E+00							
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 6E-01	5,6E+00 ± 4E-01	4,3E+00 ± 2E-01	7,3E+00 ± 5E-01	1,6E+01 ± 8E-01	5,7E+00 ± 2E-01	1,1E+01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		3,5E-01 ± 7E-02	< 3E-01	2,7E-01 ± 5E-02	2,6E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 6E-02	2,3E-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 2010 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.	14. 9. 2010							
GL vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,1	45,3	54,6	58,3	102,4	158,2	+ trava	260,6
Oznaka vzorca	K10ZN2T91	K10ZN2AB91	K10ZN2C91	K10ZN2D91	K10ZN2E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	1,9E-01 ± 1E-01	1,2E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 3E+02	6,7E+03 ± 4E+02
Ra-226	8,7E+00 ± 1E+00	1,6E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 4E+02	5,4E+03 ± 3E+02	5,4E+03 ± 3E+02	9,2E+03 ± 5E+02
Pb-210	1,6E-01 ± 8E-02	1,8E+03 ± 7E+02	1,9E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	5,2E+03 ± 2E+03	5,3E+03 ± 7E+02	5,3E+03 ± 7E+02	1,1E+04 ± 2E+03
Ra-228	2,0E-01 ± 5E-02	1,1E+03 ± 5E+01	1,1E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 8E+01	2,5E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 2E+02
Th-228		1,1E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 8E+01	2,5E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 2E+02
Th-230		1,8E+03 ± 6E+02	1,8E+03 ± 6E+02	1,8E+03 ± 1E+03	3,6E+03 ± 1E+03	3,6E+03 ± 1E+03	3,6E+03 ± 1E+03	3,6E+03 ± 1E+03
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	3,0E+04 ± 3E+03	4,6E+04 ± 3E+03	4,6E+04 ± 3E+03	7,6E+04 ± 4E+03
Be-7	6,0E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 4E+01				2,2E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 4E+01	2,2E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-01 ± 5E-02	3,1E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 1E+01	2,8E+02 ± 1E+01	9,6E+02 ± 7E+01	7,8E+02 ± 3E+01	7,8E+02 ± 3E+01	1,7E+03 ± 8E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	2,8E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 9E+00	5,0E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
GL vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,48	0,49	0,49	0,49	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,1	45,3	54,6	58,3	102,4	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K10ZN2T91	K10ZN2AB91	K10ZN2C91	K10ZN2D91	K10ZN2E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,4E+00 ± 7E-01	2,7E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Ra-226	6,4E+01 ± 8E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,2E+00 ± 6E-01	4,1E+01 ± 1E+01	3,4E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 2E+01	3,3E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 8E+00	4,0E+01 ± 8E+00
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 6E-01
Th-228		2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 6E-01
Th-230		3,3E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 2E+01	3,1E+01 ± 2E+01	2,3E+01 ± 9E+00	1,4E+01 ± 5E+00	1,4E+01 ± 5E+00
K-40	9,6E+02 ± 9E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	2,9E+02 ± 1E+01
Be-7	4,4E+02 ± 2E+01	4,9E+00 ± 9E-01				1,4E+00 ± 2E-01	8,6E-01 ± 1E-01	8,6E-01 ± 1E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,3E-01 ± 4E-01	6,8E+00 ± 6E-01	3,7E+00 ± 2E-01	4,7E+00 ± 2E-01	9,3E+00 ± 7E-01	5,0E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 3E-01	6,7E+00 ± 3E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	6,2E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 7E-02	9,3E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 7E-02	6,2E-01 ± 6E-02	6,2E-01 ± 6E-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 2010 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.	19. 5. 2010							
GL vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,1	49,4	52,7	57,8	166,8	159,9	+ trava	326,7
Oznaka vzorca	K10ZN3T51	K10ZN3AB51	K10ZN3C51	K10ZN3D51	K10ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		1,7E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 4E+02	5,4E+03 ± 3E+02	5,4E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 5E+02
Ra-226		2,2E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	6,2E+03 ± 6E+02	7,2E+03 ± 4E+02	7,2E+03 ± 4E+02	1,3E+04 ± 7E+02
Pb-210	3,0E+00 ± 6E-01	3,1E+03 ± 8E+02	2,8E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 1E+02	5,5E+03 ± 3E+02	8,4E+03 ± 8E+02	8,4E+03 ± 8E+02	1,4E+04 ± 9E+02
Ra-228		1,5E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 9E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,5E+03 ± 3E+02	5,1E+03 ± 1E+02	5,1E+03 ± 1E+02	1,1E+04 ± 3E+02
Th-228	< 3E-01	1,5E+03 ± 7E+01	1,7E+03 ± 9E+01	1,9E+03 ± 1E+02	5,3E+03 ± 3E+02	5,1E+03 ± 1E+02	5,1E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-230				< 7E+03	6,8E+03 ± 3E+03	< 4E+03	< 4E+03	6,8E+03 ± 5E+03
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,8E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	2,2E+04 ± 2E+03	6,9E+04 ± 7E+03	6,1E+04 ± 3E+03	6,2E+04 ± 3E+03	1,3E+05 ± 8E+03
Be-7	1,9E+01 ± 9E-01	1,0E+02 ± 7E+01				1,0E+02 ± 7E+01	1,2E+02 ± 7E+01	1,0E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,6E-02 ± 3E-02	1,5E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 9E+01	5,3E+03 ± 2E+02	5,3E+03 ± 2E+02	7,1E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,3E+01 ± 8E+00	5,1E+01 ± 6E+00	7,2E+01 ± 6E+00	2,3E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	19. 5. 2010							
GL vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,44	0,46	0,47	0,53	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,1	49,4	52,7	57,8	166,8	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K10ZN3T51	K10ZN3AB51	K10ZN3C51	K10ZN3D51	K10ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		3,5E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	
Ra-226		4,5E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	
Pb-210	2,4E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 2E+01	5,4E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	5,2E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 3E+00	
Ra-228		3,1E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 9E-01	
Th-228	< 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 9E-01	
Th-230				< 1E+02	4,1E+01 ± 2E+01	< 3E+01	2,1E+01 ± 2E+01	
K-40	8,5E+02 ± 8E+01	3,7E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,5E+02 ± 8E+00	2,0E+00 ± 1E+00				6,3E-01 ± 4E-01	3,1E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,8E-01 ± 3E-01	3,0E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 5E-01	3,3E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 6E-01	
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	9,6E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-02	1,2E+00 ± 7E-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 2010 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.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (lg/m ²)	0,1	51,6	52,3	62,9	106,9	166,7	+ trava	273,6
Oznaka vzorca	K10ZN3T91	K10ZN3AB91	K10ZN3C91	K10ZN3D91	K10ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	1,1E+00 ± 6E-01	1,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 4E+02	1,9E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 4E+02	5,6E+03 ± 5E+02	5,6E+03 ± 5E+02	8,9E+03 ± 7E+02
Ra-226		2,4E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 4E+02	7,2E+03 ± 4E+02	7,2E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 5E+02
Pb-210	1,1E+01 ± 1E+00	4,8E+03 ± 1E+03	2,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 7E+02	3,5E+03 ± 2E+03	9,5E+03 ± 1E+03	9,5E+03 ± 1E+03	1,3E+04 ± 2E+03
Ra-228	2,1E-01 ± 1E-01	1,6E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	3,1E+03 ± 2E+02	5,2E+03 ± 1E+02	5,2E+03 ± 1E+02	8,3E+03 ± 2E+02
Th-228	1,2E-01 ± 7E-02	1,6E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,9E+03 ± 1E+02	3,1E+03 ± 2E+02	5,3E+03 ± 2E+02	5,3E+03 ± 2E+02	8,4E+03 ± 2E+02
Th-230		2,6E+03 ± 1E+03	2,6E+03 ± 1E+03			2,6E+03 ± 1E+03	2,6E+03 ± 1E+03	2,6E+03 ± 1E+03
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	2,0E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	2,3E+04 ± 2E+03	3,8E+04 ± 4E+03	6,3E+04 ± 4E+03	6,3E+04 ± 4E+03	1,0E+05 ± 5E+03
Be-7	8,0E+01 ± 4E+00	3,2E+02 ± 8E+01		< 2E+02		3,2E+02 ± 2E+02	4,0E+02 ± 2E+02	3,2E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-01 ± 3E-02	1,5E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 6E+01	5,0E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 2E+02	6,0E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	6,1E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 8E+00	9,8E+01 ± 8E+00	1,2E+02 ± 9E+00	2,4E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	3,6E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	14. 9. 2010							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,15	0,42	0,44	0,48	0,52	povprečje	povprečje	
Kol. (lg/m ²)	0,1	51,6	52,3	62,9	106,9	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K10ZN3T91	K10ZN3AB91	K10ZN3C91	K10ZN3D91	K10ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	7,6E+00 ± 5E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	
Ra-226		4,6E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	
Pb-210	7,6E+01 ± 8E+00	9,4E+01 ± 2E+01	5,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 2E+01	5,7E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 9E+00	
Ra-228	1,5E+00 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 8E-01	
Th-228	8,2E-01 ± 5E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 8E-01	
Th-230		5,0E+01 ± 2E+01	5,0E+01 ± 2E+01			1,6E+01 ± 7E+00	9,5E+00 ± 4E+00	
K-40	7,6E+02 ± 7E+01	3,8E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	
Be-7	5,6E+02 ± 3E+01	6,2E+00 ± 2E+00		< 4E+00		1,9E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 6E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,2E-01 ± 2E-01	2,9E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	9,4E+00 ± 5E-01	3,0E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,2E+00 ± 9E-02	1,5E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 8E-02	1,4E+00 ± 7E-02	1,3E+00 ± 5E-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 2010 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. Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	Januar 5,20 MLPE0110	Februar 5,32 MLPE0210	Marec 5,17 MLPE0310	April 5,63 MLPE0410	Maj 5,35 MLPE0510	Junij 5,31 MLPE0610	Polletno povprečje
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI							
U-238	6,2E-02 ± 4E-02				7,8E-02 ± 5E-02	1,6E-01 ± 5E-02	< 7E-01	5,0E-02 ± 1E-01
Ra-226	2,6E-02 ± 5E-03	9,0E-03 ± 7E-03	4,5E-02 ± 4E-02			2,5E-02 ± 6E-03		1,7E-02 ± 7E-03
Pb-210	7,9E-02 ± 5E-02		1,4E-01 ± 8E-02			1,1E-01 ± 6E-02	8,3E-02 ± 5E-02	6,9E-02 ± 2E-02
Ra-228	3,3E-02 ± 9E-03	1,7E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 3E-02				< 2E-02	1,4E-02 ± 7E-03
Th-228								
Th-230								
K-40	5,2E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 2E+00		4,9E+01 ± 2E+00
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,8E-02 ± 3E-03	4,3E-02 ± 5E-03	4,2E-02 ± 4E-03	5,7E-02 ± 7E-03	2,1E-02 ± 3E-03	3,0E-02 ± 3E-03		4,4E-02 ± 7E-03
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	5,5E-02 ± 4E-03	4,1E-02 ± 3E-03	3,8E-02 ± 3E-03	4,0E-02 ± 3E-03	5,3E-02 ± 4E-03	5,3E-02 ± 4E-03		4,7E-02 ± 3E-03

(* Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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. Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	Julij 5,38 MLPE0710	Avgust 5,30 MLPE0810	September 5,33 MLPE0910	Oktober 5,33 MLPE1010	November 5,32 MLPE1110	December 5,36 MLPE1210	Letno povprečje
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI							
U-238					6,7E-01 ± 1E-01	8,7E-02 ± 5E-02		8,8E-02 ± 6E-02
Ra-226	2,8E-02 ± 7E-03	2,2E-02 ± 1E-02	5,3E-02 ± 1E-02		8,6E-02 ± 9E-03	3,1E-02 ± 8E-03		2,7E-02 ± 7E-03
Pb-210						1,7E-01 ± 7E-02	1,1E-01 ± 7E-02	5,7E-02 ± 2E-02
Ra-228	1,9E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 2E-02				4,2E-02 ± 4E-02	3,0E-02 ± 2E-02	1,7E-02 ± 5E-03
Th-228	4,5E-02 ± 1E-02				4,2E-02 ± 2E-02		1,9E-02 ± 1E-02	8,8E-03 ± 5E-03
Th-230								
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 1E+00		4,8E+01 ± 2E+00
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,6E-02 ± 4E-01	1,1E-02 ± 3E-03	< 6E-02	< 4E-02	4,8E-03 ± 4E-03	< 5E-02		2,5E-02 ± 4E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	3,1E-02 ± 3E-03	3,7E-02 ± 3E-03	3,6E-02 ± 4E-03	4,6E-02 ± 4E-03	5,2E-02 ± 4E-03	5,5E-02 ± 4E-03		4,5E-02 ± 2E-03

(* Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij
Kol. vzorca (lg)	5,28	5,37	4,99	5306,00	5,14	5,13	
Oznaka vzorca	MLVH0110	MLVH0210	MLVH0310	MLVH0410	MLVH0510	MLVH0610	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,1E-01 ± 5E-02	9,2E-01 ± 7E-03	1,8E-02 ± 7E-03	2,5E-02 ± 9E-03	1,1E-02 ± 8E-03	4,0E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 2E-02
Ra-226	1,1E-02 ± 5E-03	2,1E-01 ± 7E-02	8,2E-02 ± 6E-02	3,6E-02 ± 3E-02	1,9E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 4E-02	1,7E-01 ± 1E-01
Pb-210	1,1E-01 ± 6E-02					1,6E-02 ± 1E-02	1,3E-01 ± 3E-02
Ra-228	3,2E-02 ± 1E-02			4,4E-02 ± 2E-02			8,0E-03 ± 5E-03
Th-228							7,3E-03 ± 7E-03
Th-230							
K-40	5,3E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-02 ± 3E-03	1,0E-02 ± 3E-03	< 4E-02	2,0E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 5E-03	1,5E-02 ± 3E-03	1,3E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,7E-02 ± 3E-03	3,6E-02 ± 3E-03	2,9E-02 ± 4E-03	3,1E-02 ± 3E-03	4,6E-02 ± 4E-03	4,2E-02 ± 3E-03	3,5E-02 ± 3E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December
Kol. vzorca (lg)	5,35	5,25	5,24	5,46	5,28	5,20	
Oznaka vzorca	MLVH0710	MLVH0810	MLVH0910	MLVH1010	MLVH1110	MLVH1210	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238		< 6E-02					9,2E-03 ± 9E-03
Ra-226	4,7E-02 ± 7E-03		4,4E-02 ± 1E-02	1,3E-01 ± 6E-03	6,7E-02 ± 7E-03		1,1E-01 ± 7E-02
Pb-210	2,9E-02 ± 2E-02			9,0E-02 ± 6E-02			7,4E-02 ± 2E-02
Ra-228		4,8E-02 ± 3E-02					8,0E-03 ± 5E-03
Th-228	3,4E-02 ± 1E-02						6,5E-03 ± 4E-03
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,5E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 4E-03	1,6E-02 ± 3E-03	7,5E-03 ± 2E-03	< 3E-02	1,5E-02 ± 4E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,9E-02 ± 4E-03	4,3E-02 ± 3E-03	4,8E-02 ± 4E-03	3,7E-02 ± 3E-03	4,9E-02 ± 4E-03	5,0E-02 ± 3E-03	4,0E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Bregje						
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Datum vzor.	5,33	5,33	5,18	5,42	5,17	5,07	
Kol. vzorca (lg)							
Oznaka vzorca	MLBG0110	MLBG0210	MLBG0310	MLBG0410	MLBG0510	MLBG0610	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238				7,0E-02 ± 4E-02		< 8E-02	1,2E-02 ± 1E-02
Ra-226	9,3E-03 ± 7E-03				1,5E-02 ± 7E-03		4,1E-03 ± 3E-03
Pb-210	6,2E-02 ± 5E-02	2,2E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 5E-02	3,7E-02 ± 3E-02	4,7E-02 ± 4E-02	< 3E-01	2,5E-02 ± 4E-02
Ra-228	6,4E-02 ± 3E-02		< 9E-02			< 9E-02	1,7E-02 ± 2E-02
Th-228	2,7E-02 ± 1E-02		< 7E-02			< 1E-02	4,5E-03 ± 1E-02
Th-230							
K-40	4,4E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,3E-02 ± 6E-03	5,6E-02 ± 5E-03	8,6E-03 ± 5E-03	2,5E-02 ± 5E-03	7,5E-03 ± 3E-03	3,7E-02 ± 5E-03	3,6E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,9E-02 ± 3E-03	2,7E-02 ± 3E-03	2,4E-02 ± 2E-03	2,8E-02 ± 3E-03	2,7E-02 ± 3E-03	3,9E-02 ± 3E-03	2,9E-02 ± 2E-03

(* Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Bregje						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Datum vzor.	5,22	5,21	4,23	5,10	5,09	5,32	
Kol. vzorca (lg)							
Oznaka vzorca	MLBG0710	MLBG0810	MLBG0910	MLBG1010	MLBG1110	MLBG1210	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238			9,8E-01 ± 2E-01	4,4E-02 ± 3E-02	5,3E-01 ± 1E-01		1,4E-01 ± 9E-02
Ra-226	5,1E-02 ± 6E-03		5,5E-02 ± 1E-02	6,5E-01 ± 5E-02	2,7E-02 ± 9E-03		6,7E-02 ± 5E-02
Pb-210	1,4E-01 ± 6E-02		9,5E-02 ± 8E-02	8,2E-02 ± 6E-02			3,9E-02 ± 2E-02
Ra-228		2,0E-02 ± 2E-02	8,7E-02 ± 4E-02	8,2E-02 ± 8E-03		1,9E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 1E-02
Th-228			1,0E-01 ± 2E-02	9,0E-02 ± 9E-03	2,1E-02 ± 2E-02		2,0E-02 ± 1E-02
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 5E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,4E-02 ± 4E-03	8,0E-02 ± 7E-03	4,7E-02 ± 7E-03	4,4E-02 ± 4E-04	5,3E-02 ± 6E-03	5,9E-02 ± 5E-03	4,4E-02 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,2E-02 ± 3E-03	3,4E-02 ± 3E-03	3,5E-02 ± 3E-03	3,1E-02 ± 4E-03	3,7E-02 ± 3E-03	2,1E-02 ± 3E-03	3,0E-02 ± 2E-03

(* Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 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]		
18. 5. 2010	19. 5. 2010	<5,39E-3	<6,80E-3	<7,74E-3
1. 6. 2010	2. 6. 2010	<5,03E-3	<7,65E-3	<6,85E-3
14. 6. 2010	15. 6. 2010	<5,03E-3	<5,58E-3	<5,17E-3
1. 7. 2010	2. 7. 2010	<6,36E-3	<5,70E-3	<8,08E-3
20. 9. 2010	21. 9. 2010	<7,95E-3	<7,39E-3	<7,15E-3
1. 10. 2010	2. 10. 2010	<7,54E-3	<6,41E-3	<8,33E-3

LETO 2010 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Povprečje - jabolka (*)
Datum vzor.	10. 9. 2010	10. 9. 2010	10. 9. 2010	10. 9. 2010	
Kol. vzorca (lg)	0,38	0,51	0,40	0,48	
Odstoteksuhe snovi	17,30	14,90	14,80	16,20	
Oznaka vzorca	K10HSJB191	K10HSJB591	K10HSJB691	K10HSJB791	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI					
U-238		3,6E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 3E-01		2,0E-01 ± 1E-01
Ra-226			< 3E-01		< 5E-02
Pb-210	< 6E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 1E-01
Ra-228			< 9E-02		< 1E-02
Th-228		< 7E-02	2,6E-02 ± 2E-02	< 1E-01	6,5E-03 ± 2E-02
Th-230					
K-40	5,3E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 5E+00
Be-7	1,2E+00 ± 2E-01	7,5E-01 ± 1E-01	5,0E-01 ± 1E-01	2,8E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E-02				< 2E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,7E-02 ± 2E-03	1,2E-02 ± 1E-03	1,3E-02 ± 1E-03	3,2E-02 ± 3E-03	1,9E-02 ± 5E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	10. 9. 2010	10. 9. 2010	
Kol. vzorca (kg)	0,58	0,51	
Odstoteksuhe snovi	16,20	13,80	
Oznaka vzorca	K10HSHR191	K10HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 2E-01	< 7E-01	< 2E-01
Ra-226			
Pb-210	< 2E-01	< 4E-01	< 1E-01
Ra-228	4,5E-02 ± 2E-02	< 4E-02	2,2E-02 ± 2E-02
Th-228	< 3E-02	< 2E-02	< 1E-02
Th-230			
K-40	4,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 5E+00
Be-7	1,7E+00 ± 9E-02	3,7E-01 ± 6E-02	1,1E+00 ± 7E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	< 1E-02	1,9E-02 ± 1E-02	9,6E-03 ± 1E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,8E-02 ± 2E-03	1,2E-02 ± 1E-03	1,5E-02 ± 3E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Zgornja Pohanca	Spodnja Pohanca	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	19. 5. 2010	1. 6. 2010	
Kol. vzorca (kg)	0,42	0,46	
Odstoteksuhe snovi	8,85	10,03	
Oznaka vzorca	K10HSJG2251	K10HSJG2161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238			
Ra-226			
Pb-210	< 3E-01	< 4E-01	< 1E-01
Ra-228	< 1E-01		< 3E-02
Th-228	< 5E-02	2,5E-02 ± 1E-02	1,3E-02 ± 2E-02
Th-230			
K-40	2,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 5E+00
Be-7	7,7E-02 ± 4E-02	1,0E+00 ± 1E-01	5,6E-01 ± 5E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	1,0E-02 ± 5E-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	3,5E-02 ± 8E-03	1,3E-01 ± 7E-03	8,3E-02 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 68
11. HRANILA – SADJE - vino in slive

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Vinska klet Krško	Brežice
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Slive
Datum vzor.	16. 11. 2010	29. 9. 2010
Kol. vzorca (kg)	0,21	0,24
Odstoteksuhe snovi	2,30	16,70
Oznaka vzorca	K10HSV12B1	K10HSSL691
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI	
U-238		< 7E-01
Ra-226	< 3E-02	
Pb-210	< 7E-02	< 8E-01
Ra-228		< 2E-01
Th-228	4,9E-03 ± 2E-03	5,3E-02 ± 3E-02
Th-230		
K-40	3,8E+01 ± 4E+00	6,7E+01 ± 6E+00
Be-7	2,5E-01 ± 2E-02	3,3E-01 ± 2E-01
I-131		
Cs-134		
Cs-137	9,7E-03 ± 4E-03	< 2E-01
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	3,2E-02 ± 3E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2010 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, kumare, čebula, koruza

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško	Trnje	Trnje	Brege
Vrsta vzorca	Solata	Kumare	Čebula	Koruza
Datum vzor.	14. 6. 2010	14. 6. 2010	14. 6. 2010	14. 6. 2010
Oznaka vzorca	SZNEK010610	SZNEK020610	SZNEK030610	SZNEK040610
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,0E-01 ± 6E-02	7,0E-02 ± 5E-02	1,8E-01 ± 8E-02	2,9E-01 ± 1E-01
Ra-226	4,0E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 6E-03	2,3E-02 ± 1E-02	4,0E-01 ± 2E-02
Pb-210	2,5E-01 ± 8E-02		2,1E-01 ± 7E-02	
Ra-228	6,0E-02 ± 2E-02		2,2E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 6E-02
Th-228	3,4E-02 ± 2E-02			8,5E-02 ± 3E-02
Th-230				
K-40	8,8E+01 ± 2E+00	6,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00	9,9E+01 ± 5E+00
Be-7	2,9E+00 ± 1E-01		2,2E-01 ± 4E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 5E-02	< 3E-02	< 4E-02	2,9E-02 ± 6E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,1E-01 ± 8E-03	5,1E-02 ± 5E-03	1,9E-01 ± 1E-02	2,8E-02 ± 9E-03

LETO 2010 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - ječmen, pšenica, rdeča pesa, koleraba



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Stari Grad	Žadovinek	Žadovinek	Trnje
Vrsta vzorca	Ječmen	Pšenica	Rdeča pesa	Koleraba
Datum vzor.	14. 6. 2010	14. 6. 2010	5. 7. 2010	5. 7. 2010
Oznaka vzorca	SZNEK050610	SZNEK060610	SZNEK070710	SZNEK080710
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	3,8E-01 ± 2E-01		5,0E-02 ± 8E-03	1,0E-01 ± 9E-02
Ra-226	1,6E+00 ± 6E-02	6,6E-01 ± 3E-02	3,5E-02 ± 1E-02	2,1E-02 ± 2E-02
Pb-210	6,5E-01 ± 3E-01	4,8E-01 ± 2E-01		< 7E-01
Ra-228	4,3E-01 ± 9E-02	4,1E-01 ± 5E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 2E-01
Th-228			1,9E-02 ± 2E-02	< 1E-01
Th-230				
K-40	1,6E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 4E+00	1,1E+02 ± 3E+00	1,1E+02 ± 6E+00
Be-7			5,9E-01 ± 6E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 2E-01	< 1E-01	2,6E-02 ± 5E-03	< 5E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	3,7E-01 ± 4E-02	2,3E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 1E-02	1,8E-01 ± 1E-02

LETO 2010 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - korenje, krompir, bučke, zelje



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vrbina	Stari Grad	Trnje	Brege
Vrsta vzorca	Korenje	Krompir	Bučke	Zelje
Datum vzor.	5. 7. 2010	5. 7. 2010	5. 7. 2010	5. 7. 2010
Oznaka vzorca	SZNEK090710	SZNEK100710	SZNEK110710	SZNEK120710
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,0E-01 ± 6E-02			
Ra-226	3,6E-02 ± 8E-03			1,7E-02 ± 6E-03
Pb-210				
Ra-228	5,6E-02 ± 2E-02	8,3E-02 ± 3E-02	2,4E-02 ± 1E-02	3,2E-02 ± 1E-02
Th-228	4,4E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 2E-02		1,9E-01 ± 5E-02
Th-230				
K-40	2,5E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 4E+00	8,4E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 4E+00
Be-7				2,3E-01 ± 3E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-02	8,9E-03 ± 8E-03	< 2E-02	< 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,6E-01 ± 2E-02	5,1E-02 ± 5E-03	1,2E-01 ± 8E-03	1,4E-01 ± 9E-03

LETO 2010 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - paradižnik, paprika, ohrovt, jajčevci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Žadovinek	Trnje	Vrbina	Brege
Vrsta vzorca	Paradižnik	Paprika	Ohrovt	Jajčevci
Datum vzor.	24. 8. 2010	24. 8. 2010	24. 8. 2010	24. 8. 2010
Oznaka vzorca	SZNEK130810	SZNEK140810	SZNEK150810	SZNEK160810
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238		2,3E+00 ± 3E-01	1,3E-01 ± 5E-02	1,3E-01 ± 5E-02
Ra-226	5,5E-02 ± 3E-02	2,6E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 6E-03	2,7E-02 ± 7E-03
Pb-210		1,2E-01 ± 9E-02	2,3E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 1E-02
Ra-228	7,9E-02 ± 4E-02	9,9E-02 ± 4E-02	4,9E-02 ± 2E-02	4,0E-02 ± 2E-02
Th-228	1,2E-01 ± 5E-02		1,1E-02 ± 1E-02	
Th-230				
K-40	6,4E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 2E+00	9,6E+01 ± 5E+00	8,3E+01 ± 2E+00
Be-7	1,3E-01 ± 7E-02		2,1E-01 ± 3E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-02	< 7E-02	< 3E-02	< 3E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	8,7E-01 ± 5E-02	6,7E-02 ± 7E-03	2,2E-01 ± 1E-02	4,9E-02 ± 7E-03

LETO 2010 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - fižol, repa, radič, brokoli

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Trnje	Žadovinek	Spodnji Stari Grad	Brege
Vrsta vzorca	Fižol	Repa	Radič	Brokoli
Datum vzor.	26. 10. 2010	25. 10. 2010	25. 10. 2010	26. 10. 2010
Oznaka vzorca	SZNEK171010	SZNEK181010	SZNEK191010	SZNEK201010
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	3,0E+00 ± 5E-01	9,5E-01 ± 1E-01		2,1E-01 ± 8E-02
Ra-226	6,2E-01 ± 4E-02	2,8E-01 ± 1E-02	2,0E-01 ± 1E-02	3,3E-01 ± 2E-02
Pb-210	3,1E-01 ± 2E-01	5,4E-02 ± 5E-02		5,3E-01 ± 1E-01
Ra-228		3,0E-02 ± 2E-02	5,8E-02 ± 3E-02	6,5E-02 ± 3E-02
Th-228			2,7E-02 ± 2E-02	
Th-230				
K-40	2,4E+02 ± 8E+00	5,2E+01 ± 2E+00	8,8E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 4E+00
Be-7			7,9E-01 ± 8E-02	2,7E+00 ± 1E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 2E-01	< 5E-02	< 6E-02	5,0E-02 ± 1E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,9E-01 ± 2E-02	1,2E-01 ± 8E-03	1,1E-01 ± 9E-03	1,1E-01 ± 7E-03

LETO 2010 T - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Vrbina (Rodman)		Spodnji Stari Grad (Turnšek)
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	1. 3. 2010	1. 3. 2010		1. 3. 2010
Kol. vzorca (lg)	0,27	0,28		0,28
Odstoteksuhe snovi	23,50	25,50		32,00
Oznaka vzorca	K10HJ131	K10HJ331		K10HMK131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 8E-01		< 2E-01	5,7E-01 ± 5E-01
Ra-226				
Pb-210	< 6E-01	< 8E-01	< 3E-01	< 4E-01
Ra-228	2,7E-01 ± 9E-02	1,2E-01 ± 6E-02	2,0E-01 ± 8E-02	< 2E-01
Th-228	4,0E-02 ± 3E-02	3,7E-02 ± 3E-02	3,9E-02 ± 2E-02	< 8E-02
Th-230				
K-40	4,1E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137				1,1E-01 ± 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	3,8E-02 ± 7E-03	< 4E-02	1,9E-02 ± 2E-02	< 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 2010 T - 75
13. HRANILA – SVINJSKO IN GOVEJE MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Brege (Škofljanc)		Ravne pri Zdolah
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso
Datum vzor.	1. 3. 2010	1. 3. 2010		27. 3. 2010
Kol. vzorca (lg)	0,58	0,56		0,49
Odstoteksuhe snovi	58,20	44,80		29,80
Oznaka vzorca	K10HMS131	K10HMS231		K10HMG431
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 1E+00		< 3E-01	< 8E-01
Ra-226				
Pb-210	< 3E-01	7,1E-01 ± 5E-01	3,5E-01 ± 4E-01	< 2E+00
Ra-228		< 2E-01	< 5E-02	9,5E-02 ± 6E-02
Th-228	4,4E-02 ± 3E-02	< 7E-02	2,2E-02 ± 2E-02	< 4E-03
Th-230				
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 8E+00	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,3E-01 ± 4E-02	4,3E-02 ± 3E-02	1,9E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 3E-02	2,2E-02 ± 4E-03	1,1E-02 ± 1E-02	< 2E-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 2009
NPL – Velika Britanija
(B1, B2, GL – kontaminirane vodne raztopine in
S – kontrolirano kontaminiran pesek)**

V maju 2010 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2009, kjer sta sodelovala ZVD in IJS, Odsek O-2. ZVD je sodeloval pri meritvah vzorcev B2 in GL (kontrolirano kontaminirane vodne raztopine s sevalci β in γ) ter vzorca S (kontrolirano kontaminiran vzorec peska). Odsek O-2 je sodeloval pri meritvah sevalcev beta v vzorcih B1, B2 in S. Rezultati analiz in primerjava z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrani v preglednici. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (rezultat IJS – vrednost NPL) · 100 % / vrednost NPL

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

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI ZVD:

NPL – B2 / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina analize (ZVD) opravljene <i>od avgusta do novembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
Sr-89	0,463 ± 0,004	21 ± 9	4400	2,28
Sr-90	1,153 ± 0,010	1,30 ± 0,08	13	1,92

NPL – S / Lab Code 114 kontrolirano kontaminiran pesek analize (ZVD) opravljene <i>od avgusta do novembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
Sr-90	0,810 ± 0,020	0,31 ± 0,04	–62	–12,10 D
Ba-133	4,91 ± 0,13	4,60 ± 0,10	–6	–1,90
Cs-134	11,8 ± 0,3	12,05 ± 0,23	2	0,66
Cs-137	5,05 ± 0,13	5,33 ± 0,14	6	1,45
Eu-152	4,84 ± 0,13	4,63 ± 0,15	–4	–1,07

NPL – GL / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize (ZVD) opravljene <i>od avgusta do novembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/kg]			
Co-60	5,035 ± 0,012	5,07 ± 0,18	1	0,20
Zn-65	5,50 ± 0,04	5,0 ± 0,3	-10	-1,82
Sr-85	7,01 ± 0,05	8,0 ± 0,5	14	1,88
Sb-125	1,366 ± 0,007	1,4 ± 0,3	-1	-0,06
Ba-133	3,571 ± 0,025	3,14 ± 0,21	-12	-2,04
Cs-134	14,02 ± 0,10	14,0 ± 0,5	0	-0,03
Cs-137	4,47 ± 0,03	4,60 ± 0,24	3	0,52
Eu-152	1,789 ± 0,012	1,46 ± 0,18	-18	-1,82

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize (IJS) opravljene <i>od novembra do decembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
H-3	1,688 ± 0,012	1,92 ± 0,08	14	3,03 Q
C-14	0,905 ± 0,006	0,86 ± 0,04	-5	-1,12

NPL – B2 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize (IJS) opravljene <i>od novembra do decembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
H-3	1,389 ± 0,015	1,42 ± 0,06	2	0,58
Sr-89	0,463 ± 0,004	0,35 ± 0,05	-24	-2,20
Sr-90	1,153 ± 0,010	1,18 ± 0,09	3	0,36

NPL – S / Lab Code 106 kontrolirano kontaminiran pesek analize (IJS) opravljene <i>od novembra do decembra 2009</i> , končno poročilo objavljeno <i>avgusta 2010</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
Sr-90	0,810 ± 0,020	0,81 ± 0,07	-1	-0,08

**PRELIMINARNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2010
NPL – Velika Britanija
(B1, B2, GL, GH – kontaminirane vodne raztopine in
S – kontrolirano kontaminiran pesek)**

V januarju 2011 so bile sodelujočim organizacijam sporočene referenčne vrednosti za primerjalno meritev "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2010, kjer je sodeloval IJS, Odsek F-2 pri meritvah vzorcev B1, B2 GL, GH in S (kontrolirano kontaminirane vodne raztopine z β in γ sevalci) ter vzorca S (kontrolirano kontaminiran vzorec peska). Preliminarni rezultati analiz in primerjava z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrani v preglednici. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (rezultat IJS – vrednost NPL) · 100 % / vrednost NPL

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

(D = disagreement, Q = questionable)

NPL – B1 / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , preliminarne referenčne vrednosti sporočene <i>januarja 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
H-3	1,345 ± 0,010	1,345 ± 0,04	0	0

NPL – B2 / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , preliminarne referenčne vrednosti sporočene <i>januarja 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
H-3	0,897 ± 0,007	0,891 ± 0,03	–0,7	–0,19
Fe-55	1,236 ± 0,022	2,3 ± 0,3	86	3,54

NPL – S / Lab Code 21				
kontrolirano kontaminiran pesek				
analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , preliminarne referenčne vrednosti sporočene <i>januarja 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
Co-60	8,10 ± 0,21	7,42 ± 0,15	-8,4	-2,63
Cs-137	10,9 ± 0,3	10,0 ± 0,2	-8,3	-2,50
Eu-152	16,56 ± 0,05	15,1 ± 0,3	-8,8	-4,80
Eu-154	2,03 ± 0,06	1,75 ± 0,04	-13,8	-3,88
Am-241	2,66 ± 0,13	2,52 ± 0,05	-5,3	-1,01

NPL – GL / Lab Code 21				
kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti				
analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , preliminarne referenčne vrednosti sporočene <i>januarja 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/kg]			
Be-7	11,02 ± 0,13	not reported		
Co-60	11,252 ± 0,025	11,0 ± 0,3	-2,2	-0,84
Zr-95	2,554 ± 0,020	2,30 ± 0,11	-10	-2,27
Nb-95	5,56 ± 0,05	5,63 ± 0,14	1,3	0,47
Cs-134	13,59 ± 0,10	13,2 ± 0,3	-2,9	-1,23
Cs-137	10,58 ± 0,21	10,4 ± 0,2	-1,7	-0,62
Eu-152	16,80 ± 0,11	16,76 ± 0,34	-0,2	-0,11
Eu-154	3,437 ± 0,025	3,51 ± 0,17	2,1	0,42

NPL – GH / Lab Code 21				
kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti				
analize (IJS, Odsek F-2) opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , preliminarne referenčne vrednosti sporočene <i>januarja 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
Be-7	4,24 ± 0,08	not reported		
Co-60	3,427 ± 0,008	3,35 ± 0,07	-2,3	-1,09
Zr-95	1,878 ± 0,015	1,84 ± 0,04	-2,0	-0,89
Nb-95	4,08 ± 0,04	4,07 ± 0,08	-0,3	-0,11
Cs-134	5,81 ± 0,05	5,60 ± 0,11	-3,6	-1,74
Cs-137	10,43 ± 0,07	10,4 ± 0,2	-0,3	-0,14
Eu-152	11,78 ± 0,13	11,54 ± 0,23	-2,0	-0,91
Eu-154	1,94 ± 0,04	1,84 ± 0,04	-5,2	-1,77

REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV
Study MRAD-12
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V juniju 2010 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-12 štirih vzorcev (vzorec vegetacije, zemlje in dva vzorca vode, od katerih je bil en za določitev tritija, en za druge radionuklide), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala marca 2010. Sodeloval je IRB.

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

ERA, Study MRAD-12				
Soil Radionuclides				
analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2010</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/kg]			
Ac-228	1850	1190–2600	1410	Acceptable
Am-241	1500	896–1930	1510	Acceptable
Bi-214	1410	865–2030	1350	Acceptable
Cs-134	3110	2000–3740	3090	Acceptable
Cs-137	4440	3400–5770	4340	Acceptable
Co-60	2140	1560–2870	2050	Acceptable
K-40	10900	7900–14800	10300	Acceptable
Sr-90	8180	2960–13300	8583	Acceptable
Th-234	1610	511–3070	1610	Acceptable
U-238	1610	984–2040	1610	Acceptable
Zn-65	2470	1960–3310	2410	Acceptable

**ERA, Study MRAD-12
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *maja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/kg]			
Am-241	3140	1790–4310	2870	Acceptable
Cs-134	1670	956–2310	1600	Acceptable
Cs-137	1470	1080–2040	1415	Acceptable
Co-60	1850	1330–2830	1970	Acceptable
K-40	34900	25100–49400	32850	Acceptable
Sr-90	9120	5100–12100	7984	Acceptable
U-238	1710	1200–2160	1585	Acceptable
Zn-65	1360	983–1860	1315	Acceptable

**ERA, Study MRAD-12
Water Radionuclides**

analize opravljene *maja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Am-241	95,6	65,5–129	96,9	Acceptable
Cs-134	417	308–479	415	Acceptable
Cs-137	654	556–783	664	Acceptable
Co-60	727	633–859	742	Acceptable
Fe-55	588	342–785	580	Acceptable
Sr-90	719	456–961	672	Acceptable
Zn-65	533	452–664	512	Acceptable

**ERA, Study MRAD-12
Water Tritium**

analize opravljene *maja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
H-3	12600	8200–18600	12455	Acceptable

REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV
Study MRAD-13
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V decembru 2010 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-13 štirih vzorcev (zračni filter, vzorec vegetacije, zemlje in vzorca vode za analizo total alfa / total beta), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2010. Sodelovala sta IRB in ZVD. IRB je analiziral vzorec vode, ZVD pa vzorce zemlje, vegetacije in zračnega filtra.

Rezultati analiz ZVD in IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

REZULTATI ZVD:

ERA, Study MRAD-13				
Soil Radionuclides				
<i>analize opravljene septembra in oktobra 2010, končni rezultati objavljeni decembra 2010</i>				
IZOTOP	ERA	ERA	ZVD	Performance
	Assigned value	Acceptance Limits		
		[pCi/kg]		ZVD
Ac-228	1830	1170–2580	1492,1	Acceptable
Am-241	1120	669–1440	1226,6	Acceptable
Bi-212	2070	543–3100	1662,5	Acceptable
Bi-214	983	603–1410	837,4	Acceptable
Cs-134	2240	1440–2700	2388,3	Acceptable
Cs-137	3530	2700–4580	3663,5	Acceptable
Co-60	4780	3480–6420	5193,7	Acceptable
Pb-212	1640	1060–2310	1597,4	Acceptable
Pb-214	969	580–1440	894	Acceptable
K-40	10700	7760–14500	9760,7	Acceptable
Sr-90	9270	3350–15100	7995,1	Acceptable
Th-234	1340	425–2550	1253,5	Acceptable
U-238	1340	819–1700	1253,5	Acceptable
Zn-65	2300	1820–3080	2441	Acceptable

**ERA, Study MRAD-13
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *septembra in oktobra 2010*, končni rezultati objavljeni *decembra 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD
	[pCi/kg]			
Am-241	4760	2710–6540	5135,1	Acceptable
Cs-134	1040	595–1140	1123,7	Acceptable
Cs-137	1260	924–1750	1324,6	Acceptable
Co-60	1010	683–1450	1094,2	Acceptable
K-40	22600	16200–32000	25062,9	Acceptable
Sr-90	7810	4360–10400	6878	Acceptable
U-238	3980	2800–5030	3758,1	Acceptable
Zn-65	1210	874–1650	1257,9	Acceptable

**ERA, Study MRAD-13
Air Filter Radionuclides**

analize opravljene *septembra in oktobra 2010*, končni rezultati objavljeni *decembra 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD
	[pCi/Filter]			
Am-241	74,1	43,3–102	77,2	Acceptable
Cs-134	388	253–480	400,1	Acceptable
Cs-137	514	386–675	517	Acceptable
Co-60	479	371–598	498,9	Acceptable
Sr-90	159	70,0–247	192,9	Acceptable
U-238	71,2	45,6–101	56,9	Acceptable
Zn-65	465	322–644	476,7	Acceptable

REZULTATI IRB:

**ERA, Study MRAD-13
Water Gross Alpha/Beta**

analize opravljene *novembra 2010*, končni rezultati objavljeni *decembra 2010*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Gross Alpha	146	64,8–216	111,5	Acceptable
Gross Beta	143	83,6–210	117,0	Acceptable

**REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV**

**Study RAD-81
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA**

V maju 2010 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne meritve RAD-81 vzorca vode, ki ga je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala aprila 2010.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti sevalcev gama in stroncija v vzorcu vode; stroncij so izmerili v dveh paralelkah. Prve meritve so bile opravljene s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, druge pa s proporcionalnim števcem. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih preglednicah.

ERA, Study RAD-81 Water Radionuclides				
analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2010</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Ba-133	65,9	54,9–72,5	58,4	Acceptable
Cs-134	71,6	58,4–78,8	70,3	Acceptable
Cs-137	146	131–163	142	Acceptable
Co-60	84,5	76,0–95,3	80,7	Acceptable
Zn-65	186	167–219	186	Acceptable

ERA, Study RAD-81 Water Radionuclides				
analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2010</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Sr-89 LSC	60,4	48,6–68,2	60,8	Acceptable
Sr-90 LSC	41,3	30,4–47,4	37,5	Acceptable
Sr-89	60,4	48,6–68,2	63,5	Acceptable
Sr-90	41,3	30,4–47,4	39,3	Acceptable

**REZULTATI PREVERJANJA
RADIOCHEMICAL CROSS CHECK PROGRAM
ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, ZDA**

IRB je v letu 2010 sodeloval pri treh preskusnih meritvah ("cross check") vzorcev vodne raztopine v 0,1 M HCl Analytica za določanje vsebnosti H-3, Fe-55 in Sr-89/Sr-90. Sr-89/Sr-90 so določali in poročali v dveh paralelkah. Prve meritve so bile opravljene s proporcionalnim števcem, druge pa s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo.

Vsi Analyticsovi vzorci so sledljivi do nacionalnih standardov NIST (U. S. A.) in/ali NPL (UK).

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Sr-89/Sr-90 CC A25084-508, Date 5/14/10, Second Quarter 2010 analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>avgusta 2010</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Sr-89	7,12E-03	7,14E-03	1,00	17	agreement
Sr-90	7,81E-04	8,03E-04	0,97	12,5	agreement
Sr-89	6,57E-03	7,14E-03	0,92	17	agreement
Sr-90	7,45E-04	8,03E-04	0,93	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, H-3 CC A25085-508, Date 5/14/10, Second Quarter 2010 analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>avgusta 2010</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
H-3	8,81E-04	9,00E-04	0,98	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Fe-55 CC A25083-508, Date 5/14/10, Second Quarter 2010 analize opravljene <i>maja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>avgusta 2010</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Fe-55	9,08E-04	1,06E-03	0,86	12,5	agreement

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA Worldwide Open Proficiency Test: Determination of Natural and Artificial Radionuclides in Moss-Soil and Water IAEA-CU-2009-03 IAEA, Analytical Quality Control Services

V novembru 2009 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlal 2 interkomparacijska vzorca močvirske zemlje (moss soil) in 3 vzorce umetno kontaminirane vode za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju sta sodelovala ZVD in IJS, Odsek F-2 je sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama, Odsek O-2 pa pri določitvi stroncija z radiokemijsko analizo. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem junija 2010 (IJS) in januarja 2011 (ZVD).

V naslednjih 6 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 238 za Odsek F-2 in 236 za Odsek O-2) ter ZVD (koda laboratorija 237) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce močvirske zemlje in kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-CU-2009-03					
Natural and Artificial Radionuclides in Moss-Soil, Sample 1					
analize opravljene <i>od marca do aprila 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2010</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 236	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Sr-90	5,0 ± 0,3	5,14 ± 0,48	2,80	0,25	A

REZULTATI ZVD:

IAEA-CU-2009-03					
Natural and Artificial Radionuclides in Moss-Soil, Sample 1					
analize opravljene <i>od decembra 2009 do aprila 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2011</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 237	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Sr-90	5,0 ± 0,3	6,27 ± 0,61	25,40	1,87	A

REZULTATI IJS (Odsek F-2) IN ZVD:

IAEA-CU-2009-03 Natural and Artificial Radionuclides in Moss-Soil, Sample 2 analize IJS opravljene <i>od decembra 2009 do januarja 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2010 (IJS)</i> analize ZVD opravljene <i>od decembra 2009 do aprila 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2011 (ZVD)</i>									
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score	ZVD Lab. No. 237	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)								
Ac-228	37,0 ± 2,0	35,9 ± 0,7	-2,97	-0,52	A	32,6 ± 1,5	-11,89	-1,76	A
Am-241	2,2 ± 0,2	2,25 ± 0,27	2,27	0,15	A	2,1 ± 0,4	-4,55	-0,22	A
Bi-214	24,8 ± 2,0	34,0 ± 2,0	37,10	3,25	N	19,8 ± 2,1	-20,16	-1,72	A
Cs-137	425 ± 10	407 ± 8	-4,24	-1,41	A	416,1 ± 10,4	-2,09	-0,62	A
K-40	550 ± 20	520 ± 17	-5,45	-1,14	A	537,7 ± 25	-2,24	-0,38	A
Pb-210	424 ± 20	413 ± 12	-2,59	-0,47	A	359,7 ± 12,7	-15,17	-2,71	W
Pb-212	37,0 ± 1,5	36,9 ± 0,8	-0,27	-0,06	A	36,7 ± 1,2	-0,81	-0,16	A
Pb-214	26,0 ± 2,0	35,4 ± 2,2	36,15	3,16	N	21,7 ± 2,2	-16,54	-1,45	A
Ra-226	25,1 ± 2,0	34,3 ± 3,5	36,65	2,28	A	20,7 ± 2,2	-17,53	-1,48	A
Th-234	25,5 ± 3,0	22,1 ± 2,6	-13,33	-0,86	A	25,6 ± 2,9	0,39	0,02	A
Tl-208	13,0 ± 0,5	13,1 ± 0,8	0,77	0,11	A	31,2 ± 1,3	140,00	13,07	N

IAEA-CU-2009-03

Natural and Artificial Radionuclides in Spiked Water, Sample 3

analize IJS opravljene *od decembra 2009 do januarja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010 (IJS)*
analize ZVD opravljene *od decembra 2009 do aprila 2010*, končni rezultati objavljeni *januarja 2011 (ZVD)*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score	ZVD Lab. No. 237	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)								
Co-57	7,5 ± 0,15	7,54 ± 0,17	0,53	0,18	A	7,7 ± 0,7	2,67	0,28	A
Co-60	6,0 ± 0,12	5,90 ± 0,13	-1,67	-0,57	A	6,1 ± 0,4	1,67	0,24	A
Cs-134	13,9 ± 0,28	13,33 ± 0,27	-4,10	-1,47	A	13,6 ± 0,5	-2,16	-0,52	A
Cs-137	9,5 ± 0,19	9,23 ± 0,2	-2,84	-0,98	A	9,6 ± 0,5	1,05	0,19	A
Eu-152	11,3 ± 0,23	10,77 ± 0,25	-4,69	-1,56	A	10,1 ± 0,6	-10,62	-1,87	A

IAEA-CU-2009-03

Natural and Artificial Radionuclides in Spiked Water, Sample 4

analize IJS opravljene *od decembra 2009 do januarja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010 (IJS)*
analize ZVD opravljene *od decembra 2009 do aprila 2010*, končni rezultati objavljeni *januarja 2011 (ZVD)*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score	ZVD Lab. No. 237	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)								
Co-57	2,5 ± 0,05	2,50 ± 0,10	0,00	0,00	A	2,1 ± 0,6	-16,00	-0,66	A
Co-60	2,1 ± 0,04	1,99 ± 0,06	-5,24	-1,53	A	2,0 ± 0,2	-4,76	-0,49	W
Cs-134	4,6 ± 0,1	4,46 ± 0,09	-3,04	-1,04	A	4,4 ± 0,2	-4,35	-0,89	A
Cs-137	3,2 ± 0,06	3,23 ± 0,09	0,94	0,28	A	3,2 ± 0,3	0,00	0,00	A
Eu-152	3,7 ± 0,08	3,55 ± 0,16	-4,05	-0,84	A	3,5 ± 0,5	-5,41	-0,39	W

IAEA-CU-2009-03

Natural and Artificial Radionuclides in Spiked Water, Sample 5

analize IJS opravljene *od decembra 2009 do januarja 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2010 (IJS)*
analize ZVD opravljene *od decembra 2009 do aprila 2010*, končni rezultati objavljeni *januarja 2011 (ZVD)*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score	ZVD Lab. No. 237	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)								
Co-57	7,5 ± 0,15	7,64 ± 0,16	1,87	0,64	A	7,0 ± 1,1	- 6,67	-0,45	W
Co-60	6,0 ± 0,12	5,96 ± 0,13	-0,67	-0,23	A	6,0 ± 0,4	0,00	0,00	A
Cs-134	13,9 ± 0,28	13,26 ± 0,27	-4,60	-1,65	A	13,3 ± 0,4	-4,32	-1,23	A
Cs-137	9,5 ± 0,19	9,24 ± 0,19	-2,74	-0,97	A	9,5 ± 0,5	0,00	0,00	A
Eu-152	11,3 ± 0,23	10,63 ± 0,26	-5,93	-1,93	A	10,3 ± 0,6	-8,85	-1,56	A

REZULTATI PREVERJANJA

The IAEA-CU-2009-04 ALMERA proficiency test on the determination of gamma emitting radionuclides in simulated air filters IAEA, Analytical Quality Control Services

V okviru mreže ALMERA je IAEA, Analytical Quality Control Services v septembru 2009 razdelil 4 vzorce kontaminiranih aerosolnih filtrov (spiked aerosol filter). Pri tem preverjanju je sodeloval IJS. Rok za poročanje je bil 15. oktober 2009, rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem novembra 2009.

V naslednjih 3 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 30) za prve tri filtre, meritve na četrtem (kontrolnem filtru so bile opravljene kasneje in niso bile poročane organizatorju.

IAEA-CU-2009-04				
Gamma emitting radionuclides in Filter #01				
analize opravljene <i>septembra 2009</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2009</i>				
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 30	Rel. Bias %	Final score
Co-57	18,200 ± 0,220	18,7 ± 0,5	2,75	A
Cs-134	18,327 ± 0,250	18,1 ± 0,4	-1,24	A
Cs-137	48,010 ± 0,600	49,5 ± 1	3,10	A
Eu-152	40,269 ± 0,560	39 ± 0,8	-3,15	A
Am-241	51,900 ± 0,620	54,3 ± 1,6	4,62	A

IAEA-CU-2009-04				
Gamma emitting radionuclides in Filter #02				
analize opravljene <i>septembra 2009</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2009</i>				
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 30	Rel. Bias %	Final score
Co-57	1,610 ± 0,060	1,66 ± 0,07	3,09	A
Cs-134	0,499 ± 0,020	0,52 ± 0,02	4,13	A
Cs-137	0,499 ± 0,020	0,51 ± 0,02	2,13	A
Eu-152	1,060 ± 0,040	1,06 ± 0,04	0,00	A
Am-241	1,579 ± 0,060	1,65 ± 0,060	4,51	A

IAEA-CU-2009-04**Gamma emitting radionuclides in Filter #03**analize opravljene *septembra 2009*, končni rezultati objavljeni *novembra 2009*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 30	Rel. Bias %	Final score
	(Bq)			
Co-57	18,200 ± 0,220	18,3 ± 0,4	0,55	A
Cs-134	18,327 ± 0,250	18,1 ± 0,4	-1,24	A
Cs-137	48,010 ± 0,600	48,7 ± 1	1,44	A
Eu-152	40,269 ± 0,560	38,8 ± 0,8	-3,65	A
Am-241	51,900 ± 0,620	52,5 ± 1,9	1,16	A

IAEA-CU-2009-04**Gamma emitting radionuclides in Filter #04**analize opravljene *od septembra do novembra 2009*, rezultatov nismo poslali

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 30	Rel. Bias %	Final score
	(Bq)			
Co-60	85,8 ± 0,9	not rep.	–	–
Ba-133	107,5 ± 1,9	not rep.	–	–

REZULTATI PREVERJANJA

The IAEA-CRP1471-01 Proficiency test Determination of Radionuclides in Marine Sediment Sample IAEA-385, IAEA, Analytical Quality Control Services

V okviru projekta CRP Benchmarking Calibration for Low-Level Gamma Spectrometric Measurements of Environmental Samples je IAEA razposlala sodelujočim institucijam vzorec morskega sedimenta IAEA-385, identiteta vzorca je bila sodelujočim inštitutom med testom neznana. Pri projektu in s tem tudi pri tem testu je sodelovalo 10 organizacij.

V naslednjih tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 8).

IAEA-CRP1471-01 Determination of Radionuclides in Marine Sediment Sample IAEA-385 analize opravljene <i>od marca do aprila 2009</i> , preliminarni rezultati objavljeni <i>oktobra 2010</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS * Lab. No. 8	Rel. Bias (%)	<i>u</i> -test	Precision (%)	Final score
	(Bq/kg)					
K-40	607 ± 18	620 ± 100	-2,1	-0,1	16,4	W
Cs-137	25,0 ± 1,7	27,0 ± 4	-8,0	-0,5	16,4	W
Pb-210	22,6 ± 2,8	29 ± 10	-28,2	-0,6	36,7	N
Ra-226	21,9 ± 0,9	29 ± 6	-32,4	-1,2	21,1	N
Ra-228	32,0 ± 2,4	35 ± 4	-9,4	-0,6	13,7	A
Th-228	34 ± 3	36 ± 2	-5,9	-0,6	10,4	A
U-238	29 ± 2	33 ± 12	-13,8	-0,3	37	W
Am-241	4,10 ± 0,62	3,9 ± 1,2	4,9	0,1	34,3	N

* Laboratorijski rezultati so povprečje 8 poročanih individualnih vrednosti.

REZULTATI PREVERJANJA

RINGVERSUCH 1/2009

Ringversuch 1/2009 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Marca 2010 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode in v vzorcu realne vode, kjer je sodeloval IJS (Odsek O-2) (koda laboratorija 62). Meritve so bile opravljene v decembru 2009 in januarju 2010. Rezultati meritev IJS (O-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnjih tabelah.

Modelwasser

IZOTOP	BfS Sollwert	IJS Meritev 1	IJS Meritev 2	povprečje*	standardna deviacija
	Bq/L				
H-3	1,33E+01	1,46E+01	1,50E+01	1,48E+01	2,83E-01
Sr-89	3,51E+00	3,46E+00	3,25E+00	3,36E+00	1,48E-01
Sr-90	2,68E+00	2,54E+00	2,45E+00	2,50E+00	6,36E-02

Reales Wasser

IZOTOP	BfS PTB-Wert	IJS Meritev 1	IJS Meritev 2	povprečje*	standardna deviacija
	Bq/L				
H-3	2,64E+01 ± 2,71E+00	2,69E+01	2,89E+01	2,76E+01	1,84E+00
Sr-89	3,58E-01 ± 1,41E+01	<7,00E-01	<7,00E-01	/	/
Sr-90	6,05E-01 ± 6,49E-02	6,53E-01	6,17E-01	6,35E-01	2,55E-02

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 3/2009

Ringversuch 3/2009 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Marca 2010 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode, kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 21). Meritve so bile opravljene v septembru in oktobru 2009. Opraviti in poročati je bilo treba 2 seriji meritev, rezultati, kot jih je objavil organizator primerjalnih meritev, in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

IZOTOP	BfS Sollwert	ZVD Meritev 1	ZVD Meritev 2	povprečje	standardna deviacija
	Bq/L				
K-40	1,32E+01	1,17E+01	9,54E+00	1,06E+01	1,53E+00
Co-60	6,12E+00	5,60E+00	5,32E+00	5,46E+00	1,98E-01
Y-88	9,28E+00	8,39E+00	7,91E+00	8,15E+00	3,39E-01
Cd-109	2,71E+01	2,00E+01	2,04E+01	2,02E+01	2,83E-01
Cs-137	6,26E+00	5,76E+00	5,63E+00	5,70E+00	9,19E-02
Ba-133	9,28E+00	7,09E+00	7,37E+00	7,88E+00	1,93E+00
Am-241	6,41E+00	5,79E+00	5,55E+00	5,67E+00	1,70E-01

REZULTATI PREVERJANJA "Fortluft 2009" sevalci gama v aerosolnem filtru BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V septembru 2009 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – 32. Ringversuch "Fortluft 2010", ki jo je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija je bila 69. Končni rezultati so bili objavljeni novembra 2010. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

BfS - "Fortluft 2010, ZVD				
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama				
analize (ZVD) opravljene <i>decembra 2008</i> , končni rezultati objavljeni <i>oktobra 2009</i>				
IZOTOP	BfS PTB-Wert	ZVD*		odmik (%)
	(Bq/g)	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) ²	
Co-57	7,94 ± 0,16	8,365	0,00212	6,35
Co-60	4,95 ± 0,10	5,036	0,01344	1,74
Zr-95	21,1 ± 0,5	21,459	0,07815	1,70
Nb-95	27,3 ± 0,9	28,458	0,33443	4,40

KONČNI REZULTATI PREVERJANJA
97 AS 300, Gross beta, gamma emitters and ⁹⁰Sr
activity measurement in an aerosol filter,
IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire,
Environmental and Emergency Operations Division (DEI), Francija

V letu 2009 je ZVD (koda laboratorija 44, filter št. 41) sodeloval pri preskusnih meritvah vsebnosti radionuklidov v aerosolnem filtru. Vzorci so bili izmerjeni oktobra 2009. Končni rezultati so bili objavljeni maja 2010.

Aerosolni filter			
analize (ZVD) opravljene <i>oktobra 2009</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2010</i>			
IZOTOP	IRSN, CEI certified reference value	ZVD	Bias [%]
	[Bq na filter]		
Cs-137	1,086 ± 0,079	1,17 ± 0,08	1,077
Co-60	1,482 ± 0,089	1,46 ± 0,09	0,985
Sr-90	1,391 ± 0,096	1,26 ± 0,04	0,906