

# Mjerenje i praćenje aktivnosti radionuklida I-131 u sanitarnim otpadnim vodama u KBC Osijek

---

Špoljarić, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Medicine Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Medicinski fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:152:628197>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Medicine Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK**  
**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINSKO**  
**LABORATORIJSKA DIJAGNOSTIKA**

**Domagoj Špoljarić**

**MJERENJE I PRAĆENJE AKTIVNOSTI**  
**RADIONUKLIDA I-131 U SANITARNIM**  
**OTPADNIM VODAMA U KBC-u OSIJEK**

**Završni rad**

**Osijek, 2020.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK**  
**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINSKO**  
**LABORATORIJSKA DIJAGNOSTIKA**

**Domagoj Špoljarić**

**MJERENJE I PRAĆENJE AKTIVNOSTI**  
**RADIONUKLIDA I-131 U SANITARNIM**  
**OTPADNIM VODAMA U KBC-u OSIJEK**

**Završni rad**

**Osijek, 2020.**

Rad je ostvaren na Kliničkom zavodu za nuklearnu medicinu i zaštitu od zračenja Kliničkog bolničkog centra Osijek.

Mentor rada: doc. dr. sc. Mladen Kasabašić

Rad ima 26 listova, 3 tablice i 5 slika.

## ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Mladenu Kasabašiću i medicinskoj fizičarki Ivi Ivanišić na pomoći tijekom izrade rada.

Zahvaljujem voditelju Kliničkog zavoda za nuklearnu medicinu i zaštitu od zračenja Kliničkog bolničkog centra Osijek prof. dr. sc. Ivici Mihaljeviću što mi je omogućio rad na Kliničkom zavodu.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Upotreba radionuklida jod-131 u nuklearnoj medicini.....	1
1.2. Radioaktivnost i radioaktivni raspad.....	1
1.3. Postupanje s radioaktivnim sanitarnim otpadnim vodama u KBC-u Osijek.....	2
1.4. Procjena izlaganja stanovništva zračenju spremnika NŠ2.....	3
1.5. Zaštita od otvorenih izvora radioaktivnosti – dozimetrija.....	4
2. CILJ RADA.....	7
3. MATERIJAL I METODE.....	8
3.1. Ustroj studije.....	8
3.2. Materijal.....	8
3.3. Metode.....	8
3.3.1. Princip rada i tehničke karakteristike Capintec CRC-15W.....	8
3.3.2. Postupak mjerenja.....	10
3.4 Statističke metode.....	12
4. REZULTATI.....	13
5. RASPRAVA.....	16
6. ZAKLJUČAK.....	18
7. SAŽETAK.....	19
8. SUMMARY.....	20
9. LITERATURA.....	21
10. ŽIVOTOPIS.....	22

**1. UVOD****1.1. Upotreba radionuklida jod-131 u nuklearnoj medicini**

Jod-131 radioizotop je joda, koji se rabi u dijagnostici i terapiji tiroidinih lezija. Jedan je od najstarijih radioobilježivača u nuklearnoj medicini te je u upotrebi već više od 50 godina. Najviše se upotrebljava u terapiji tiroidne ablacije, nakon tireoidektomije te za metastatske tumore štitnjače. I-131 preuzimaju stanice štitnjače, u kojoj prolazi organifikaciju. Raspad se odvija u obliku beta emisije (oštećuje tkivo štitnjače) i gama emisije (upotrebljava se za vizualizaciju u dijagnostici). Vrijeme poluraspada I-131 je 8,02 dana. Dug poluživot omogućuje detekciju okultne metastatske bolesti. (1) Radioaktivni jod primjenjuje se i u liječenju Gravesove hipertireoze već više od 60 godina. Radiojodna terapija jednostavan je, siguran, efikasan i ekonomičan postupak definitivnog liječenja Gravesove hipertireoze. Jod-131 primjenjuje se ambulantno, peroralno, u obliku vodene otopine ili kapsule. Uzima se jednokratno natašte, a liječenje tireostaticima (skupina lijekova koji potiskuju funkciju štitnjače) potrebno je prekinuti 3 dana prije provođenja radiojodne terapije. Nakon provedene terapije jodom-131 savjetuje se nekoliko dana izbjegavati blizinu male djece i trudnica. Neželjeni učinci liječenja jodom-131 izrazito su rijetki. Jedine su apsolutne kontraindikacije trudnoća i dojenje (2).

**1.2. Radioaktivnost i radioaktivni raspad**

Radioaktivne su tvari tvari koje sadrže atome s nestabilnim jezgrama, koje svojim raspadom proizvode ionizirajuće zračenje. Atomi s nestabilnim jezgrama atomi su čija je jezgra (nukleus) nestabilna, tj. kad-tad u budućnosti ona će se spontano raspasti, pri čemu će emitirati energiju – bilo u obliku fotona (elektromagnetskog zračenja) ili u obliku emisije čestica. To spontano mijenjanje jezgre atoma, pri čemu se emitira elektromagnetsko zračenje ili čestice, naziva se radioaktivni raspad. Za pojedinu se jezgru ne može reći kad će se raspasti, ali se može odrediti koliko će se jezgri raspasti nakon određenog vremena  $t$  koje protekne od trenutka kada počnemo mjeriti. Nikakvim fizikalnim ili kemijskim postupcima ne može se utjecati na taj spontani raspad radioaktivne jezgre. Neka u trenutku  $t_0$ , kad počnemo mjeriti,

imamo  $N_0$  jezgri koje su nestabilne – nakon proteka vremena  $t$ , raspadne se  $N$  jezgri. Matematički je određeno da se raspad odvija po formuli:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$\lambda$  - konstanta raspada

$e$  - baza prirodnog logaritma

Preostalo je, dakle,  $N_0 - N$  jezgri nakon vremena  $t$ . Nakon nekog vremena  $t = T_{1/2}$ , od početnog broja nestabilnih jezgri preostat će samo polovica, tj.  $N = N_0/2$ . Vrijeme  $T_{1/2}$  zove se vrijeme poluraspada. Dakle, to je vrijeme za koje se polovica nestabilnih jezgri raspadne. To je karakteristika svakog radioaktivnog izotopa. Svaki izotop ima svoje karakteristično vrijeme poluraspada (2). Jod-131 ima vrijeme poluraspada 8,02 dana (3).

### 1.3. Postupanje s radioaktivnim sanitarnim otpadnim vodama u KBC-u Osijek

U cilju zaštite od zagađivanja, tj. omogućavanja neškodljivog i nesmetanog korištenja voda, zaštite zdravlja ljudi, zaštite životinjskog i biljnog svijeta i zaštite okoliša, u Kliničkom bolničkom centru Osijek (u daljnjem tekstu: "KBC Osijek") organizira se i osigurava predtretman radioaktivnih otpadnih voda iz "vrućeg laboratorija" (u daljnjem tekstu: "HOT") i sanitarnih čvorova bolesničkih soba za radioaktivnu terapiju. Zaštita voda od zagađivanja provodi se zabranom, ograničavanjem i sprečavanjem unošenja radioaktivnih otpadnih voda u vode koje se ispuštaju u sustav kanalizacije. Radioaktivna otpadna voda iz HOT-a i radioaktivna sanitarna otpadna voda iz sanitarnog čvora Kliničkog zavoda za nuklearnu medicinu i zaštitu od zračenja (u daljnjem tekstu: „KZZNM“) i sanitarnih čvorova bolesničkih soba za radioaktivnu terapiju posebnim se kanalizacijskim sustavom odvede u prihvatni spremnik za odležavanje, a tek poslije kontrole kanalizacijom u rijeku Dravu. Postupak predtretmana radioaktivnih otpadnih voda mora se provoditi u skladu s propisanim zahtjevima, postojećim priznatim metodama i načinima. U otpadnim vodama iz HOT-a, sanitarnog čvora za pacijente KZZNM i iz sanitarnih čvorova bolesničkih soba za radiojodnu terapiju Stacionara mogu se nalaziti ostaci radionuklida iz 4. i 5. kategorije radioaktivnog izvora ili skupa radioaktivnih izvora (I-131, I-123 i Tc-99m). Prihvatni spremnici nalaze se izvan zgrade KZZNM (NŠ1) i Stacionara (NŠ2). Svaki prihvatni bazen NŠ1 i NŠ2 ima dva



spremnika za prikupljanje i odležavanje radioaktivnih sanitarnih otpadnih voda. Kada se jedan spremnik napuni, radioaktivna sanitarna otpadna voda u njemu odležava dok se drugi puni. Sadržaj iz prvog spremnika ispušta se u javni odvodni sustav nakon odležavanja koje traje najmanje deset poluživota ( $10 T_{1/2}$ ) za određeni izotop. Prihvatni bazen Stacionara (NŠ2) služi za prikupljanje i odležavanje radioaktivnih sanitarnih otpadnih voda iz tuševa i sanitarnih čvorova bolesničkih soba (koji su predviđeni za bolesničku terapiju), koje nastaju pri liječenju otvorenim radioaktivnim izvorima primjenom radionuklida I-131 (beta, gama emiter,  $T_{1/2} = 8,02$  dana). Kada se napune prihvatni bazeni (NŠ1 i NŠ2), dežurna sestra ili tehničar obavještava medicinskog fizičara (odgovorna osoba za mjerenje radioaktivnog otpada) i dežurnog vodoinstalatera iz Službe za tehničke poslove. Tada se zatvara dovodni ventil punog spremnika i gasi zvučna signalizacija na komandnoj ploči (svjetlosni signal ostaje sve dok se spremnik ne isprazni). Ako je koncentracija aktivnosti ili ukupna aktivnost u spremniku koji je bio u režimu odležavanja niža od propisanih razina izuzimanja ili otpuštanja prema mjerodavnom propisu, pristupa se ispuštanju sadržaja u javni odvodni sustav. Tada se skida kapa s odzračnice i otvara odvodni ventil za ispuštanje sadržaja, a nakon pražnjenja spremnika isti se ispire mlazom vode. Poslije se zatvara odvodni ventil i stavlja kapa na odzračnicu te se otvara dovodni ventil praznog spremnika, nakon čega je spremnik spreman za uporabu. Kemijski sastav radioaktivnih otpadnih voda koje se ispuštaju u kanalizaciju, a zatim u rijeku Dravu, mora odgovarati uvjetima sanitarnih otpadnih voda (4).

U praksi se očekuju mnogo niže aktivnosti i koncentracije aktivnosti od konzervativnog proračuna jer:

- radionuklidi samo djelomično odlaze u bazene putem otpadnih voda, a najvećim se dijelom resorbiraju i raspadaju u tijelu pacijenta
- pri postupnom punjenju bazena dolazi do značajnog pada aktivnosti unutar bazena već i prije početka odležavanja jer je prošlo više vremena poluraspada od početka punjenja (5).

### 1.4. Procjena izlaganja stanovništva zračenju spremnika NŠ2

Izvedba bazena za odležavanje onemogućava doticaj stanovništva s radioaktivnim otpadom, kao što se i mogućnost unosa radionuklida u tijelo stanovnika unutar samog KBC-a Osijek ne smatra vjerojatnom. Količina otpadne vode potrebna za dostizanje granice od

10 $\mu$ Sv procijenjena je nepovoljnim načinom unosa radionuklida u tijelo (5). Dozni koeficijenti za I-131:

2.2x10<sup>-8</sup> Sv/Bq za ingestiju – nepovoljniji način unosa

7.4x10<sup>-9</sup> Sv/Bq za inhalaciju (6).

Za nepovoljniji način unosa potreban je unos 450 Bq za efektivnu dozu od 10  $\mu$ Sv. Izračunata koncentracija aktivnosti nakon odležavanja u trajanju od dva mjeseca iznosi 29,4 Bq/l. Za postizanje navedene efektivne doze potreban je unos 15 litara otpadne vode u organizam neposredno po ispustu iz bazena. Takav događaj nije moguć. Ispuštanjem bazena u kanalizacijski sustav vode se dodatno razrjeđuju prije ispuštanja kanalizacije u rijeku Dravu. Nije prepoznat mehanizam unosa koji bi mogao dovesti do izlaganja pojedinog stanovnika efektivnoj dozi u iznosu od 10  $\mu$ Sv.

Zaštita od ionizirajućeg zračenja u obliku ugrađenih materijala te samoapsorpcije vode u bazenu dopušta boravak pojedinom stanovniku u trajanju od 180 sati neposredno iznad bazena napunjenog maksimalnom predviđenom aktivnosti I-131 prije dosezanja željenog doznog ograničenja od 0,3 mSv/godinu. Nije objektivno očekivati takvu mogućnost izlaganja stanovnika. (5)

### 1.5. Zaštita od otvorenih izvora radioaktivnosti – dozimetrija

Zračenje koje može izazvati ionizaciju zove se ionizirajuće zračenje. Ne izaziva svako zračenje ionizaciju, npr. vidljiva svjetlost TV-a i radiovalovi, mikrovalovi i sl., stoga se naziva neionizirajućim zračenjem. X-zrake, rendgenske zrake, gama zrake, alfa i beta čestice, protoni te neizravno i neutroni mogu izazvati ionizaciju, pa ih se ubraja u ionizirajuće zračenje. Ionizacija u materiji ne znači nužno i štetu za materiju, ali kod živih organizama, ionizacija može značiti i kemijske promjene u spojevima koji čine stanice i tkiva. Te kemijske promjene mogu izazvati biološke promjene u tkivima, a te promjene mogu izazvati promjene u funkciji tkiva, što znači da je nastupila bolest organa ili organizma, npr. tumor. Ako u stanicama dođe do promjene gena (DNK u kromosomima), mogu se, ako je riječ o spolnim stanicama, prenijeti promjene na potomke, što ostavlja genetske posljedice. To su najveće opasnosti koje ionizirajuće zračenje predstavlja za živi organizam, te je potrebno provoditi zaštitu kako do takvih posljedica ne bi došlo (3).

U svrhu zaštite od ionizirajućeg zračenja, a kao preduvjet rada na Kliničkom zavodu za nuklearnu medicinu KBC-a Osijek, morao sam obaviti odgovarajući liječnički pregled u domu zdravlja Osijek, koji je uključivao i detaljan pregled očne pozadine. Uz to, prema „Pravilniku o obrazovanju potrebnom za rukovanje izvorima ionizirajućeg zračenja, primjenu mjera radiološke sigurnosti i upravljanje tehničkim procesima u nuklearnim postrojenjima“, Ministarstva unutarnjih poslova, Sektora za radiološku i nuklearnu sigurnost, morao sam i položiti ispit „Otvoreni radioaktivni izvori u nuklearnoj medicini“, nakon čega mi je dodijeljen osobni dozimetar.

Osobni dozimetri služe za mjerenje osobnih doza ljudi koji ih nose na odgovarajućem reprezentativnom mjestu na svom tijelu tijekom rada s izvorima ionizirajućeg zračenja (na lijevoj strani prsiju, a ispod olovne zaštitne pregače, ako se pregača nosi). Dvije su najraširenije (zakonski priznate) metode mjerenja: filmdozimetar i termoluminiscentni dozimetar (TLD) (3).

## 2. CILJ RADA

Ciljevi su ovoga rada:

1. Ispitivanje i praćenje aktivnosti u prihvatnom bazenu NŠ2 koji služi za prikupljanje i odležavanje radioaktivnih sanitarnih otpadnih voda iz tuševa i sanitarnih čvorova bolesničkih soba, koje nastaju pri liječenju otvorenim radioaktivnim izvorima primjenom radionuklida I-131
2. Usporedba aktivnosti na dvjema različitim dubinama te utvrđivanje (ne)postojanja značajne razlike u aktivnosti
3. Ispitivanje aktivnosti u spremniku koji se puni u cilju utvrđivanja maksimalne i prosječne aktivnosti
4. Osvrt na dobivene rezultate u spremnicima za odležavanje s obzirom na definirane kriterije ispuštanja u javni odvodni sustav

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Ustroj studije

Riječ je o temeljnom, kvalitativnom istraživanju i o stručnoj studiji (7).

#### 3.2. Materijal

Pomoću štapa, na čijem je kraju postavljena otvorena staklena bočica, skupljeni su uzorci otpadne vode s površine i dubine od 1 metra iz prihvatnog spremnika NŠ2 koji je u statusu odležavanja, te uzorak s dna spremnika koji se tek počeo puniti. Pipetom (Eppendorf 5000, brojčanik na 2500) je iz svake bočice odmjereno 3 puta po 2,5 mL u unaprijed pripremljene i označene epruvete (ukupno 9 epruveta). Epruvete su odmah zatvorene pripadajućim čepovima kako bi se spriječila kontaminacija uzorka te su odložene na stalak za epruvete. Epruvete s uzorcima prenesene su u „HOT“ laboratorij Kliničkog zavoda za nuklearnu medicinu. Uzorci su prikupljeni jednom tjedno tijekom jednog mjeseca.

#### 3.3. Metode

##### 3.3.1. Princip rada i tehničke karakteristike Capintec CRC-15W

U „HOT“ laboratoriju pristupilo se mjerenju aktivnosti radionuklida I-131. Za mjerenje je rabljen Well brojač, Capintec CRC-15W.

CRC-15W kalibrator doza omogućuje precizno, točno, brzo i jednostavno mjerenje aktivnosti uzoraka radioizotopa u nuklearnoj medicini i brahiterapiji (oblik radioterapije kojom se radioaktivni izvor uvodi u tumor ili neposrednu blizinu tumora). CRC-15W (slika 1) sastoji se od sljedećih dijelova: ekran, komora, brojač, kabel za napajanje i printer. Prije upotrebe uređaja potrebna je kalibracija i mjerenje pozadinskog zračenja. Kalibracija uređaja vrši se sa zatvorenim radioaktivnim izvorom Cs-137 čija nam je aktivnost poznata.

### 3. MATERIJAL I METODE

Aktivnost u nepoznatom uzorku dobit će se kada se uzorak s nepoznatom aktivnošću poznatog radioizotopa postavi u detektor (ionizacijska komora ili brojač) te korigira s kalibracijskom vrijednosti. Uzorak je potrebno postaviti u istom geometrijskom položaju kao što je postavljen i referentni materijal rabljen za kalibraciju. Ovim uređajem moguće je mjeriti aktivnost većine radioizotopa. Uređaj pouzdano može detektirati razine aktivnosti radioizotopa od  $1\mu\text{Ci}$  ( $0,1\text{MBq}$ ) do  $8\text{Ci}$  ( $200\text{GBq}$ ) (8). Za detekciju se koristi scintilacijskim detektorom od NaI kristala, koji omogućuje veću osjetljivost i brže rezultate od uređaja koji rabe Geiger-Muellerovu cijev. Uzorak se postavlja u šupljinu u sredini kristala, koji ga gotovo potpuno okružuje. Time se maksimalizira osjetljivost mjerenja, dok se pozadinsko zračenje smanjuje masivnom olovnom zaštitom. Kristal natrijevog jodida aktiviran s oko 5 % talijevog jodida najpogodniji je scintilacijski detektor. Dodatak talija omogućava scintilacije pri sobnim temperaturama. Prednosti su kristala natrijevog jodida:

1. velika osjetljivost detekcije gama zrake zbog velike gustoće i visokog atomskog broja joda
2. relativno visoka učinkovitost konverzije energije gama zrake u svjetlost (oko 10 %)
3. kratko vrijeme pojedinačne scintilacije omogućava registraciju visokih izbroja bez gušenja (veći od  $10^4$  u sekundi) (9).



Slika 1. Capintec CRC-15W (fotografirao: D.Špoljarić)

## 3.3.2. Postupak mjerenja

Za mjerenje se upotrebljava Well brojač, Capintec CRC-15W. Prvo se određuje pozadinsko zračenje (engl. *background*), a zatim se pokreće testiranje uređaja zatvorenim radioaktivnim izvorom ( $^{137}\text{Cs}$ ) (Slika 2).

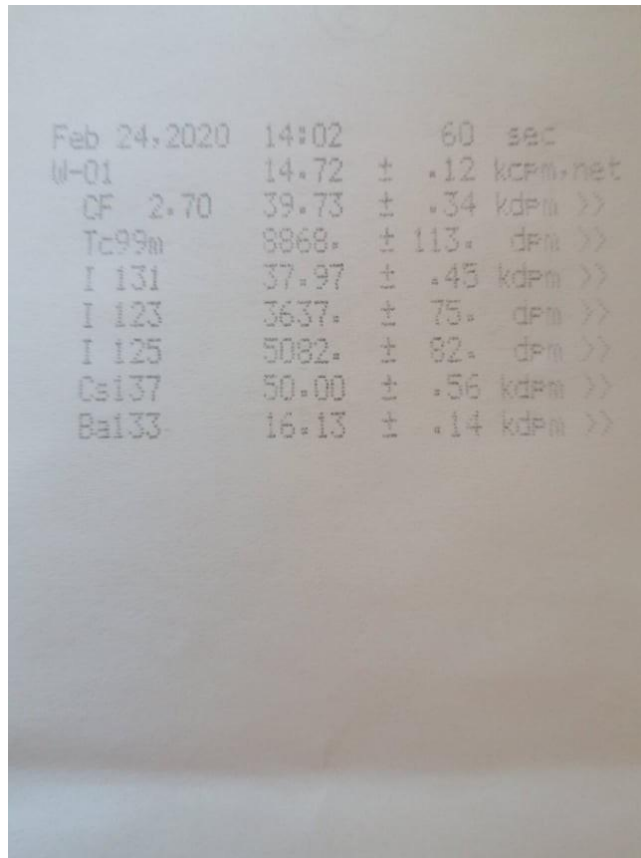
Dozvoljena odstupanja: *Activity deviation*  $\leq 5\%$  *Energy deviation*  $\leq 2.5\%$ . Ako je En. dev. preko 3%, treba ponoviti autokalibraciju WELL-a. Ako je En. dev. preko 5%, WELL će prijaviti ERROR i autokalibracija se mora ponoviti. Ako ne pomaže autokalibracija, potrebno je ponoviti određivanje kalibracijskih faktora ili reset HV-a.



Slika 2. Ispis kalibracije (fotografirao: D. Špoljarić)

### 3. MATERIJAL I METODE

1. Epruvete s pojedinačnim uzorcima postavljaju se u uređaj u isti položaj kao i zatvoreni radioaktivni izvor kojim se izvršila kalibracija, te se mjeri njihova aktivnost tijekom 60 s.
2. Ispisuju se rezultati:



Feb 24, 2020	14:02	60	sec
W-01	14.72	± .12	kcpm.net
CF 2.70	39.73	± .34	kcpm >>
Tc99m	8868.	± 113.	dpm >>
I 131	37.97	± .45	kcpm >>
I 123	3637.	± 75.	dpm >>
I 125	5082.	± 82.	dpm >>
Cs137	50.00	± .56	kcpm >>
Ba133	16.13	± .14	kcpm >>

Slika 3. Ispis rezultata (fotografirao: D. Špoljarić)

3. Rezultati mjerenja izraženi su u "dezintegracijama po minuti" (dpm) za pojedini radionuklid



#### 3.4 Statističke metode

U osnovnom pregledu i obradi podataka, kao i u grafičkom prikazu vrijednosti, upotrebljavane su metode deskriptivne statistike. Srednje vrijednosti kontinuiranih varijabli izražene su aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom, za normalno distribuirane varijable. Za statističku analizu upotrebljavani su isključivo računalni programi u Microsoft Office programskom paketu.

## 4. REZULTATI

Dobiveni rezultati (Tablica 1, 2, 3) predstavljaju aktivnost radionuklida I-131 u uzorcima otpadnih voda. Dobivena su tri seta rezultata: aktivnost na površini spremnika u statusu odležavanja, aktivnost na dubini od 1 m spremnika u statusu odležavanja, te aktivnost u spremniku koji se puni. Rezultati su prikupljeni tijekom razdoblja od mjesec dana. Uzimajući maksimalno u obzir zaštitu od ionizirajućeg zračenja u grafičkom prikazu (slika 4, 5) od tri izmjerene vrijednosti (iz triju dobivenih uzoraka), za svako pojedino mjerenje nije izračunata srednja vrijednost, nego je preuzeta najveća od tri izmjerene vrijednosti. Dobivene vrijednosti (u dpm) dijele se sa 2,5 (volumen u mL) i zatim sa 60 (sekunde) da bi se dobio konačni rezultat u "dezintegracijama u sekundi po mL" odnosno Bq/g.

Tablica 1. Rezultati mjerenja za spremnik u statusu odležavanja na dubini 1m

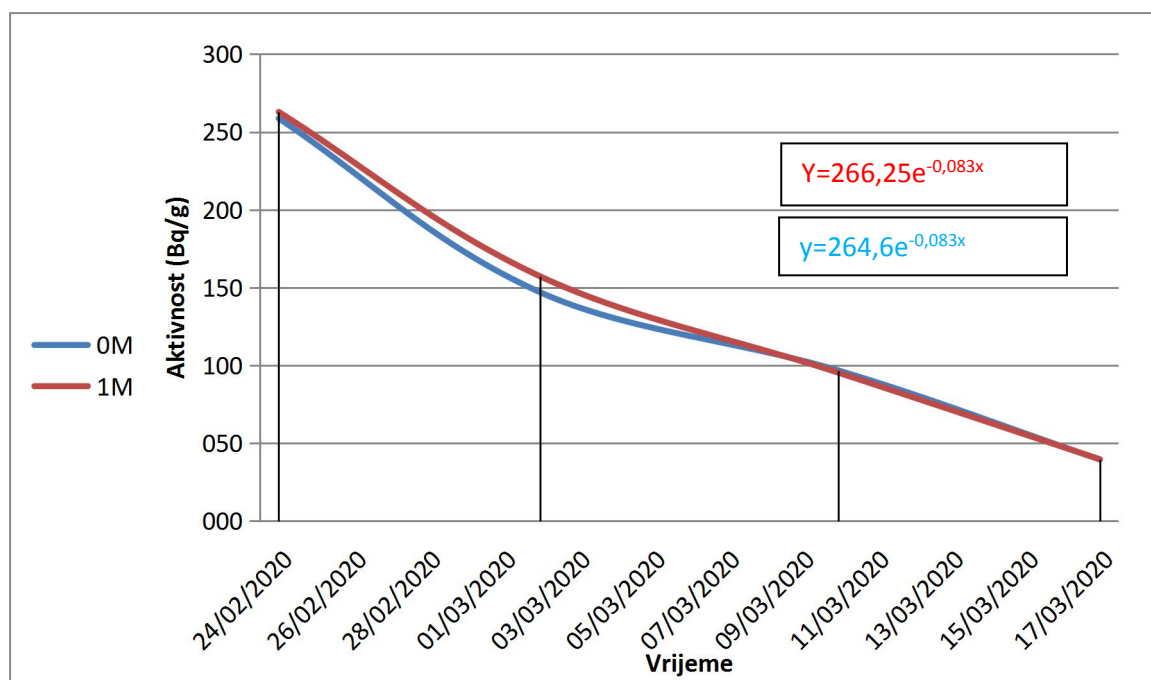
datum/broj mjerenja	Aktivnost I-131 u Bq/g				
	1	2	3	Aritmetička sredina	standardna devijacija
24.2.2020.	209,33	262,9	228,53	233,59	27,14
2.3.2020.	95,73	146,33	157,73	133,26	33,00
10.3.2020.	95,33	84,53	92	90,62	5,53
17.3.2020.	36	39,73	39,53	38,42	2,10

Tablica 2. Rezultati mjerenja za spremnik u statusu odležavanja na dubini 0m

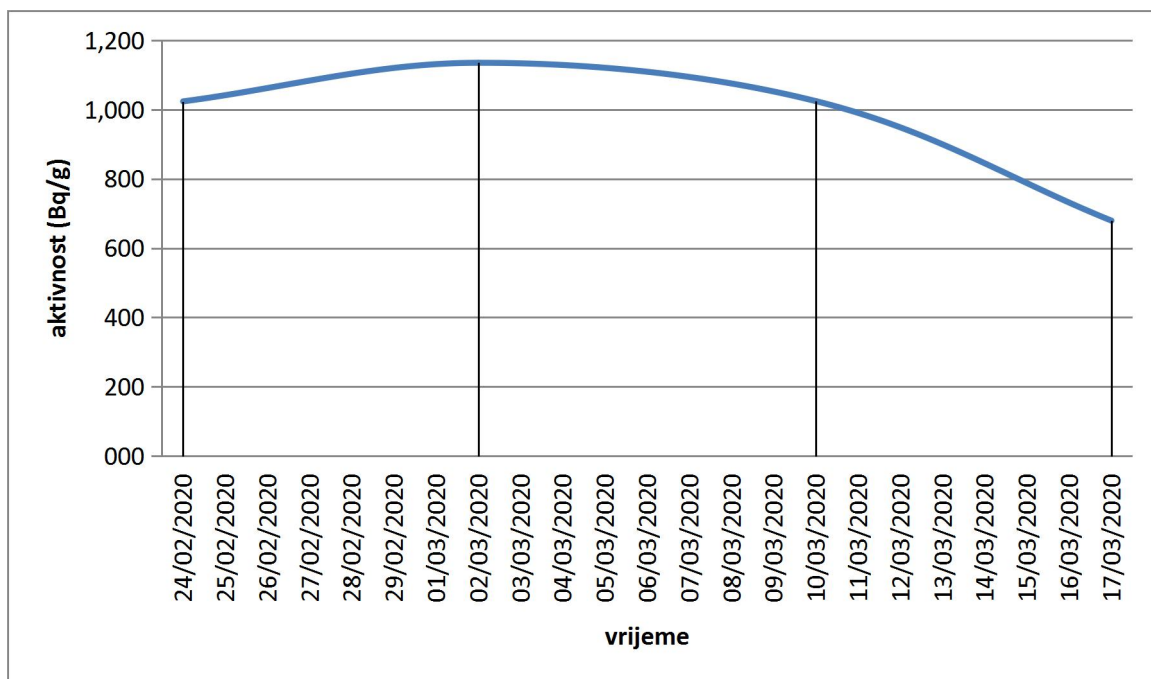
datum/broj mjerenja	Aktivnost I-131 u Bq/g				
	1	2	3	Aritmetička sredina	standardna devijacija
24.2.2020.	258,73	253,13	247,33	253,06	5,70
2.3.2020.	81,27	147,07	126,67	118,34	33,68
10.3.2020.	90,13	96,73	89,33	92,06	4,06
17.3.2020.	39,26	39,6	39	39,29	0,30

Tablica 3. Rezultati mjerenja za spremnik u statusu punjenja na dubini 0m

datum/broj mjerenja	Aktivnost I-131 u Bq/g				
	1	2	3	Artimeička sredina	standardna devijacija
24.2.2020.	1022,66	996	1023,33	1014,00	15,59
2.3.2020.	1066,67	1076	1134,67	1092,45	36,86
10.3.2020.	1016,67	1024	1008,67	1016,45	7,67
17.3.2020.	678	679,33	664,73	674,02	8,07



Slika 4. Usporedba aktivnosti I-131 (Bq/g) na dvije različite dubine u spremniku u statusu odležavanja



Slika 5. Maksimalne aktivnosti I-131 u spremniku u statusu punjenja

### 5. RASPRAVA

Terapija radionuklidom I-131 rabi se u liječenju i dijagnostici različitih bolesti štitnjače. Pacijent koji primi dozu I-131 ostaje u bolnici u posebnoj prostoriji s vlastitim sanitarnim čvorom dok se iz njegovog organizma ne eliminira većina primljene doze. Otpadne vode tih sanitarnih čvorova prikupljaju se u prihvatne spremnike NŠ1 i NŠ2 KBC-a Osijek. Kako su prihvatni spremnici NŠ2 napravljeni ove godine, ispitano je kako se s vremenom mijenja radioaktivnost otpadnih voda u njima i kada se mogu prazniti. Mjerenja su obavljena u 2 spremnika – jedan se spremnik upotrebljava (u statusu punjenja), dok je drugi u statusu odležavanja.

Prema zakonu o radioaktivnom raspadu, nakon nekog vremena  $t=T_{1/2}$  (vrijeme poluraspada), od početnog broja nestabilnih jezgri preostat će samo polovica, tj.  $N=N_0/2$ . Prema dobivenim rezultatima za spremnik u statusu odležavanja aktivnost se dvostruko smanjuje nakon svakog mjerenja. S obzirom na to da su mjerenja obavljena periodično, svakih 7 dana, a vrijeme je poluraspada I-131 oko 8 dana, može se zaključiti kako se aktivnost I-131 u spremnicima smanjuje u skladu sa zakonom o radioaktivnom raspadu (slika 4).

Aktivnost u spremniku u statusu odležavanja mjerena je na dvije dubine kako bi se utvrdilo postoji li razlika između aktivnosti na površini i aktivnosti na dubini od 1 m. Iz grafičkog prikaza vidljivo je kako nema značajne razlike između aktivnosti na dvije dubine. (slika 4). Dobiveni rezultati ukazuju na to da je razina aktivnosti približno jednaka u svakom dijelu spremnika, bez obzira na dubinu, odnosno da se uzorci za određivanje zračenja mogu uzimati na bilo kojoj dubini otpadnih voda.

Usporedno s navedenim mjerenjima, obavljena su i mjerenja aktivnosti na površini spremnika koji je u statusu punjenja, odnosno spremnika koji je u upotrebi. Iz grafičkih prikaza vidljivo je kako je aktivnost u tom spremniku znatno viša nego u spremniku u statusu odležavanja (Slika 5). Kako u spremnik stalno pristiže nova otpadna voda s izlučenim radionuklidom I-131, tako se mijenja i prosječna aktivnost u spremniku. Iz toga proizlazi da je aktivnost usko povezana s trenutnim radnim opterećenjem KZZNM, što je vidljivo iz rezultata 4. mjerenja, koje je provedeno u razdoblju izbijanja pandemije COVID-19, kada je znatno smanjeno radno opterećenje KZZNM. Na grafičkom prikazu vidljiv je znatan pad aktivnosti 4. mjerenja u usporedbi s prva tri.

## 5. RASPRAVA

Radioaktivni otpad i iskorištene izvore, kao i radioaktivne materijale namijenjene za ponovnu uporabu i preradu, može se otpustiti iz nadzora ako se aktivnost ili koncentracija aktivnosti radionuklida, odnosno ukupna aktivnost ili koncentracija aktivnosti radionuklida, nalazi na ili ispod granične vrijednosti za otpuštanje iz nadzora. Granična vrijednost koncentracije aktivnosti ispod koje se I-131 može ispustiti iz nadzora je 100 Bq/g (10). Dobiveni rezultati pokazuju da već nakon 3. mjerenja razina aktivnosti I-131 pada ispod 100 Bq/g, uz početnu koncentraciju aktivnosti I-131 od 260 Bq/g. S obzirom na to da već nakon trećeg mjerenja aktivnost pada ispod zakonski definirane granične vrijednosti, provjera razine aktivnosti prije ispuštanja u novim spremnicima NŠ2 može se vršiti već nakon 3 tjedna od početka odležavanja.

### 6. ZAKLJUČAK

Na osnovi dobivenih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- pad aktivnosti I-131 u novom spremniku NŠ2 u statusu odležavanja odvija se prema zakonu o radioaktivnom raspadu
- nema značajne razlike između aktivnosti I-131 na površini spremnika u statusu odležavanja i aktivnosti na dubini od 1 m
- aktivnost u novom spremniku NŠ2 u statusu odležavanja usko je povezana s trenutnim radnim opterećenjem KZZNM
- s obzirom na zakonski definirane granične vrijednosti koncentracije aktivnosti ispod kojih se pojedini radionuklid izuzima ili otpušta iz nadzora i dobivene rezultate, provjera razine aktivnosti prije ispuštanja može se vršiti već nakon 3 tjedna

### 7. SAŽETAK

**Cilj istraživanja:** Nakon primitka radionuklida I-131, pacijenti ostaju u bolnici u prostorijama sa zasebnim sanitarnim čvorom. Otpadne vode iz tih sanitarnih čvorova odvede se u posebne spremnike. Cilj je ovoga istraživanja mjerenje i praćenje aktivnosti radionuklida I-131 u novim prihvatnim spremnicima kako bi se utvrdilo kada se otpadne vode iz spremnika mogu ispustiti u javni kanalizacijski sustav, s obzirom na zakonski definirane granične vrijednosti.

**Ustroj istraživanja:** Riječ je o temeljnom, kvalitativnom istraživanju i stručnoj studiji.

**Ispitanci i metode:** Prikupljeni su uzorci otpadne vode iz novih spremnika, jedan je spremnik u statusu odležavanja, drugi je spremnik u statusu punjenja. Aktivnost u prikupljenim uzorcima izmjerena je pomoću Capintec 15W well brojača, koji rabe NaI kristale kao detektor.

**Rezultati:** Dobiveni rezultati pokazali su da se pad radioaktivnosti u spremnicima odvija prema zakonu o radioaktivnom raspadu. Također je utvrđeno kako nema statistički značajne razlike na dvije dubine spremnika. Aktivnost u spremniku u statusu punjenja ovisi o radnom opterećenju KZZNM.

**Zaključak:** Provjera aktivnosti prije otpuštanja sadržaja spremnika u javni kanalizacijski sustav može se vršiti već nakon 3 tjedna odležavanja.

**Ključne riječi:** I-131, radioaktivnost, prihvatni spremnik, well brojač



**8. SUMMARY:** Measurement and monitoring of I-131 radionuclide activity in wastewater in Osijek University Hospital

**Objectives:** After receiving the radionuclide I-131, patients remain in the hospital in rooms with a separate toilet. Wastewater from these toilets is drained into special tanks. The aim of this study is to measure and monitor the activity of radionuclide I-131 in new receiving tanks to determine when wastewater from tanks can be discharged into the public sewage system, given the legally defined limit values.

**Research structure:** It is a basic, qualitative research and a professional study.

**Subjects and methods:** Wastewater samples were collected from new tanks, one tank in aging status, the other tank in filling status. Activity in the collected samples was measured using a Capintec 15W well counter, which uses NaI crystals as a detector.

**Results:** The results obtained showed that the decrease of radioactivity in the tanks takes place according to the law of radioactive decay. It was also found that there was no statistically significant difference at the two tank depths. The activity in the tank in the filling status depends on the workload of KZZNM (Clinical Institute for Nuclear Medicine and Radiation Protection).

**Conclusion:** Verification of activities prior to the release of the tank contents to the public sewage system may be carried out after 3 weeks of aging.

**Key words:** I-131, radioactivity, collection tank, well counter

### 9. LITERATURA

1. Mettler FA, Guiberteau MJ. Essentials of Nuclear Medicine Imaging: Expert Consult - 7 izd. Elsevier, 2018.
2. Jukić T, Staničić J, Petric V, Kusić Z. Radioaktivni jod-131 ili kirurški zahvat u liječenju gravesove hipertireoze. Liječnički vjesnik. 2010;132(11-12):355-360.
3. Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost. Dopunska izobrazba i obnova znanja o primjeni mjera radiološke sigurnosti – Otvoreni radioaktivni izvori u nuklearnoj medicini Zagreb, 2019.
4. Upravno vijeće KBC Osijek. Pravilnik o predtretmanu otpadnih voda, 2016.
5. KBC Osijek. Elaborat zaštite od ionizirajućeg zračenja, 2019.
6. ICRP Publication 119: Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. Elsevier, 2012.
7. Marušić, M. (ur.) Uvod u znanstveni rad u medicini, 5. izdanje. Medicinska naklada. Zagreb, 2013.
8. Capintec, Inc. Sales and Marketing and Customer service. CRC-15W OWNER'S MANUAL, 2007.
9. Eterović D: Fizika slikovne dijagnostike za medicinare. MEFST, 2011.
10. Narodne novine. Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora. Zagreb: "Narodne novine" br. 141/13, 39/15 i 130/17, 2018.

## 10. ŽIVOTOPIS

### **Osobni podaci:**

Ime i prezime: Domagoj Špoljarić

Datum i mjesto rođenja: 24. lipnja 1994., Našice

Telefon: 091 958 9924

### **Obrazovanje:**

Srednja škola „Stjepan Ivšić“, Orahovica (opća gimnazija) 2009.-2013.

Sveučilišni preddiplomski studij Medicinsko-laboratorijske dijagnostike na Medicinskom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku 2016.-2020.