Plan gospodarenja medicinskim radioaktivnim otpadom

Burčul, Mihovil

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:255035

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mihovil Burčul

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Prof. dr. sc. Irena Žmak

Student:
Mihovil Burčul

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Ireni Žmak na korisnim savjetima, primjedbama te pomoći dobivenoj u bilo kojem trenutku dana.

Veliko hvala dr. sc. Ivani Kralik dipl. ing. fiz., dr. sc. Željku Kušteru, dipl. ing. kem. te Luki Tarle, bacc. rad. tech. na svemu što su me naučili te na svom strpljenju i savjetima koje su pružili jer bez njih ovaj rad ne bi bio omogućen.

Hvala svim mojim prijateljima i prijateljicama koji su mi ovaj studij učinili zabavnijim i nezaboravnim.

Na kraju, hvala mojoj obitelji, roditeljima i sestri koji su bili uz mene u najboljim i najgorim trenucima. Hvala im na bezuvjetnoj podršci i ljubavi jer bez njih ne bih bio tu gdje jesam.

Mihovil Burčul

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **MIHOVIL BURČUL** Mat. br.: 0035192415

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Plan gospodarenja medicinskim radioaktivnim otpadom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Radioactive medical waste management plan**

Opis zadatka:

Institucionalni radioaktivni otpad , kao što je radioaktivni otpad iz zdravstvenih ustanova potrebno je zbrinuti na siguran, djelotvoran i ekološki prihvatljiv način.

U cilju provedbe Direktive Vijeća Europske unije 2011/70/EURATOM o uspostavi okvira za odgovorno i sigurno gospodarenje istrošenim gorivom i radioaktivnim otpadom donesen je Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13, 39/15, 130/17 i 118/18), Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (NN 125/14), Nacionalni program provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (NN 100/18).

Na temelju Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora NN 12/2018 prouzročitelji i/ili vlasnici i posjednici radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora s radioaktivnim otpadom moraju postupati u skladu sa svojim Planom zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

U okviru ovog diplomskog rada potrebno je:

- proučiti navedene propise koji se tiču gospodarenja medicinskim radioaktivnim otpadom
- za odabranu zdravstvenu ustanovu sudjelovati u izradi petogodišnjeg Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora
- rezultate rada na pripremi Plana prikazati u diplomskom radu.

U diplomskom radu potrebno je navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
16. siječnja 2020.

Rok predaje rada:
19. ožujka 2020.

Predviđeni datum obrane:
23. ožujka do 27. ožujka 2020.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. Irena Žmak

Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
POPIS OZNAKA V
POPIS KRATICA VI
SAŽETAK VII
SUMMARY VIII
1. UVOD 1
2. RADIOAKTIVNOST I IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE 2
2.1. Alfa-zračenje 2
2.2. Beta-zračenje 2
2.3. Gama-zračenje 3
2.4. Ionizirajuće zračenje i čimbenici zaštite od ionizirajućeg zračenja 3
2.5. Izvori ionizirajućeg zračenja 4
3. OTPAD 6
3.1. Hijerarhija otpada 6
3.2. Podjela otpada prema mjestu nastanka 7
3.3. Podjela otpada prema svojstvima 8
3.3.1. Radioaktivni otpad 9
3.3.1.1. Vrste radioaktivnog otpada 9
3.3.1.2. Radioaktivni otpad u kliničkoj bolnici Dubrava 11
3.3.1.3. Zbrinjavanje radioaktivnog otpada u kliničkoj bolnici Dubrava 20
3.3.2. Zbrinjavanje radioaktivnog otpada 21
4. SAKUPLJANJE, KONTROLIRANI NADZOR I ODLEŽAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA U NUKLEARNOJ MEDICINI – PRAKTIČNI PRIMJER 23
5. PLAN ZBRINJAVANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA 27
5.1. Obvezni sadržaj Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora 27
5.2. Oblik Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora 28
5.2.1. Plan zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD 29
5.3. Standardni operativni postupak 29
5.4. Radne upute 32

5.5. Izazovi vezani uz izradu plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD 34
5.6. Prilozi standardnih operativnih postupaka, radnih uputa i obrazaca 35
6. ZAKLJUČAK 70
LITERATURA 71
PRILOZI 72

POPIS SLIKA

Slika 1. Hijerarhija otpada i procesi proizvodnje energije iz otpada [6] 7
Slika 2. Shema $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora radionuklida 13
Slika 3. $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generator radionuklida 14
Slika 4. Kromatografska kolona $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora radionuklida 14
Slika 5. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2007.-2020. god. [12] 16
Slika 6. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2015.-2020. god. [12] 16
Slika 7. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2019.-2020. god. [12] 17
Slika 8. Iskorišteni $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatori radionuklida 17
Slika 9. Postupak rastavljanja iskorištenog $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora 18
Slika 10. Postupak priređivanja radiofarmaceutskog pripravka 19
Slika 11. Radioaktivni medicinski otpad 20
Slika 12. Primjer dnevne evidencije unosa radioaktivnog materijala u sustav 23
Slika 13. Polietilenska vreća s radioaktivnim otpadom 24

POPIS TABLICA

Tablica 1. Klase radioaktivnog otpada [11] 10
Tablica 2. Maseni udio komponenti u generatoru radionuklida..... 15
Tablica 3. Evidencija radioaktivnog otpada u hot-laboratoriju u periodu 11. 2.-14. 2. 2020. 24
Tablica 4. Aktivnost pojedinih komponenti radioaktivnog otpada neposredno prije odlaganja otpada..... 25
Tablica 5. Popis dokumenata koji su sastavni dio Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD..... 29

POPIS OZNAKA

OZNAKA	JEDINICA	OPIS
m	kg	Masa
k		Indeks konzistencije (tečenja)
V	m^3	Volumen

POPIS KRATICA

EURATOM - Europska zajednica za atomsku energiju

^{99}Mo – molibden 99

^{99m}Tc – metastabilni tehnecij 99

SPECT - tomografija s jednim fotonom (eng. *single-photon emission computerized tomography*)

^{11}C – izotop ugljika

^{13}N – izotop dušika

^{15}O – izotop kisika

^{18}F – radio izotop flora

^{67}Ga – izotop galija

^{90}Y – izotop itrija

^{131}I– izotop joda

EU – Europska unija

PCB – poliklorirani bifenil

PCT - poliklorirani terfenil

IAEA - International Atomic Energy Agency (Međunarodna agencija za atomsku energiju)

$ - američki dolar

MDP – radiofarmaceutik

MAA – radiofarmaceutik

Cpm – broj impulsa po minuti (eng. *counts per minute*)

Hot laboratorij – laboratorij namijenjen za rad s radioaktivnim supstancama

KBD – Klinička bolnica Dubrava

SOP – standardni operativni postupak

CT - računalna tomografija (eng. *computed tomography*)

SAŽETAK

U teorijskom dijelu diplomskog rada dan je pregled osnovnih pojmova u vezi stvaranja ionizirajućeg zračenja te općenito o nastanku i klasifikaciji otpada. Opisan je generator radionuklida koji sadrži kromatografsku kolonu u kojoj je adsorbiran matični radionuklid (^{99}Mo). Odvajanjem matičnog radionuklida i radionuklida potomka (^{99m}Tc) nastaje eluat ^{99m}Tc, koji je polazna tvar za sintezu svih radiofarmaceutskih pripravaka. Iskorišteni generator i materijali koji zaostaju nakon primjene radiofarmaceutskog pripravka bolesniku (igle, šprice, vata i dr.) postaju radioaktivni otpad te ga je kao takvog potrebno pravilno zbrinuti. U diplomskom radu je opisana građa generatora radionuklida i razrađen detaljan postupak rukovođenja i zbrinjavanja medicinskog radioaktivnog otpada.

Ključne riječi: generator radionuklida, medicinski otpad, radioaktivni otpad, plan, gospodarenje otpadom

SUMMARY

The theoretical part of the master's thesis gives an overview of the basic concepts related to the creation of ionizing radiation and, in general, the generation and classification of waste. Also, radionuclide generator containing a chromatographic column in which, the parent radionuclide (^{99}Mo) was adsorbed is described. The separation of the parent radionuclide and progeny radionuclide (^{99m}Tc) produces the ^{99m}Tc eluate, which is the starting material for the synthesis of all radiopharmaceutical preparations. The used generator and the materials that are left behind after the administration of the radiopharmaceutical preparation to the patient (needles, syringes, cotton wool, etc.) become the radioactive waste and as such needs to be adequately disposed of. The master's thesis describes the structure of the radionuclide generator and elaborates a detailed procedure for the management and disposal of medical radioactive waste.

Key words: radionuclide generator, medical waste, radioactive waste, plan, waste management

1. UVOD

Otpadom nazivamo stvari od kojih trenutno nemamo koristi, no one se mogu potencijalno ponovno popraviti, iskoristiti ili reciklirati. Postoji više različitih vrsta otpada, ali vrsta otpada koja se prati u ovom diplomskom radu je radioaktivni medicinski otpad. Radioaktivni otpad nastaje u procesima u kojima se primjenjuje ionizirajuće zračenje. Institucionalni radioaktivni otpad, kao što je radioaktivni otpad iz zdravstvenih ustanova potrebno je zbrinuti na siguran, djelotvoran i ekološki prihvatljiv način. U cilju provedbe Direktive Vijeća Europske unije 2011/70/EURATOM o uspostavi okvira za odgovorno i sigurno gospodarenje istrošenim gorivom i radioaktivnim otpadom donesen je Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13). Na temelju Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora NN 12/2018 prouzročitelji i/ili vlasnici i posjednici radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora s radioaktivnim otpadom moraju postupati u skladu sa svojim Planom zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

U medicinskim ustanovama gdje se obavljaju nuklearno-medicinski dijagnostički postupci, rezultat rada je generiranje radioaktivnog otpada kojega je potrebno zbrinuti prema važećim zakonskim propisima. Pretežiti dio radioaktivnog otpada u tim ustanovama potječe iz dva izvora: kao iskorišteni generator radionuklida (sadrži radionuklid ^{99}Mo), te kao neiskorišteni eluat generatora radionuklida i neiskorišteni radiofarmaceutski pripravci (sadrže radionuklid ^{99}mTc). U diplomskom radu opisano je sakupljanje i klasifikacija radioaktivnog otpada koji se generira na dnevnoj i tjednoj osnovi, postupak rukovanja tim otpadom i njegovo zbrinjavanje, te dokumenti kojima je definiran ovaj segment cjelovitog sustava kvalitete u Kliničkoj bolnici Dubrava.

2. RADIOAKTIVNOST I IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

Atom je najmanji sastavni dio najjednostavnijih kemijskih tvari – elemenata. Prema atomskoj teoriji, atom se sastoji od atomske jezgre oko koje kruže elektroni. Atomska jezgra svih kemijskih elemenata sastoji se od dvije vrste čestica: protona, koji su pozitivnog naboja, i neutrona, koji su bez naboja. Premda bi se prema elektrostatskim spoznajama istoimeni naboji u jezgri trebali odbijati, atomska jezgra je homogena jer između nukleona (protona i neutrona) djeluju vrlo snažne nuklearne sile.

Stabilnost atomske jezgre određena je sastavom (brojem protona i neutrona) te sadržajem energije koja je pohranjena u jezgri. Bilo da se radi o nepovoljnom odnosu broja protona i neutrona u jezgri, bilo o prekomjerno akumuliranoj energiji u atomskoj jezgri, nuklearnom reakcijom dolazi do prerazmještaja nukleona u jezgri ili do promjene njihova broja. Tom prilikom iz atomske jezgre emitira se nuklearno zračenje koje može biti čestično (korpuskularno) ili fotonsko (elektromagnetsko). Tu pojavu nazivamo radioaktivnost, a zračenje – ionizirajuće zračenje. Ionizirajuće zračenje u interakciji s materijom izaziva njeno ioniziranje.

Radioaktivnim zračenjem dolazi do pretvaranja jedne atomske jezgre u drugu ili do energijskog prijelaza jezgre između dva energijska stanja. Razlikujemo alfa-, beta- i gama-radioaktivno zračenje. [1]

2.1. Alfa-zračenje

Alfa-zračenje je čestično zračenje sastavljeno od atomskih jezgara atoma helija (α-čestice), dakle od dva protona i dva neutrona. Ovo zračenje svojstveno je jezgrama s velikim brojem protona i neutrona. Postoje dva suštinska razloga zašto se tvari koje emitiraju alfa-zračenje ne primjenjuju u medicinskoj dijagnostici. Kao prvo, zbog relativno velike mase ovih čestica, one ne prodiru duboko u tkivo. K tome, zbog pozitivnog naboja tih čestica dolazi do ioniziranja tkiva i radiološka oštećenja izazvana alfa-zračenjem su velika. [1]

2.2. Beta-zračenje

Ako u atomskoj jezgri postoji višak neutrona, stabilno stanje jezgre može se postići pretvorbom neutrona u proton, uz emitiranje elektrona. Rezultat ove nuklearne pretvorbe je identičan broj nukleona u jezgri: broj protona je povećan, a broj neutrona je smanjen. Iz atomske jezgre emitira se snop elektrona pa ovu vrstu zračenja nazivamo beta-minus (β^-) zračenje.

Snop emitiranih elektrona ima kontinuirani energijski spektar, pri čemu maksimalna energija odgovara energijskoj razlici jezgre radionuklida roditelja i radionuklida potomka. Beta-minus zračenje je prodornije od alfa-zračenja i u medicini se uglavnom koristi za radioterapijsku primjenu.

Ako u atomskoj jezgri postoji višak protona, stabilno stanje jezgre može se načelno postići dvojako: pretvorbom protona u neutron, uz emitiranje pozitrona, ili uhvatom elektrona iz elektronskog omotača. Rezultat ove nuklearne pretvorbe je identičan broj nukleona u jezgri: broj neutrona je povećan, a broj protona je smanjen. Prvi slučaj može se opisati sljedećom nuklearnom jednadžbom:

$$^{A}_{Z}Y \rightarrow ^{A}_{Z-1}X + ^{0}_{+1}e + \nu$$

gdje je ν neutrino, subatomski entitet bez mase i naboja. Iz atomske jezgre emitira se snop pozitrona pa ovu vrstu zračenja nazivamo beta-plus- (β^{+}) zračenje. Drugi slučaj može se opisati sljedećom nuklearnom jednadžbom:

$$^{1}_{+1}p + ^{0}_{-1}e \rightarrow ^{1}_{0}n + E$$

gdje je s E označena iz atomske jezgre emitirana elektromagnetska energija. Elektron koji je uhvaćen u jezgru je iz vlastitog elektronskog omotača atoma, pa kažemo da se radi o nuklearnoj pretvorbi uhvatom elektrona (eng. *electron capture*).U medicinskoj dijagnostici beta-plus zračenje koristi se u pozitronskoj emisijskoj tomografiji (PET). [1]

2.3. Gama-zračenje

Većina jezgara nastalih radioaktivnim alfa- i beta-raspadom je u pobuđenom stanju. Jezgra će biti u osnovnom stanju kad su popunjene sve najniže energijske razine, a ekscitirana je ako su nukleoni veće energije. Prijelaz nukleona unutar jezgre s više na nižu energijsku razinu prati emisija gama-fotona. Iz jezgre mogu biti emitirani kvanti samo točno određene energije koje je svojstveno određenom radionuklidu. Emisijom gama-kvanta ne mijenja se broj protona i neutrona u jezgri.

Energija gama-fotona je u rasponu od 100 keV do 1,3 MeV, pa je sposobnost prodiranja gama-zračenja kroz tkivo velika. Zato se gama-emiteri koriste u medicinskoj dijagnostici u jednofotonskoj emisijskoj tomografiji (SPECT) [1].

2.4. Ionizirajuće zračenje i čimbenici zaštite od ionizirajućeg zračenja

Bez obzira na vrstu ionizirajućeg zračenja koje emitira, svaki radionuklid definiran je energijom toga zračenja i kinetikom promjene radioaktivnosti tijekom vremena, odnosno brzinom smanjenja radioaktivnosti. Vrijeme poluraspada je ono vrijeme u kojem se aktivnost nekog radioaktivnog izvora smanji na polovicu. Aktivnost radioaktivnog izvora smanjuje se eksponencijalno tijekom vremena, pa se nakon 10 vremena poluraspada aktivnost radioaktivnog izvora smanji na manje od 0,1 % početne (tj. za faktor $1/2^{10}$).

Za osobe koje su profesionalno izložene ionizirajućem zračenju bitno je smanjiti vanjsku izloženost izvoru zračenja, što se može postići na tri načina:

1. smanjenjem vremena izloženosti izvoru

2. povećanjem udaljenosti od izvora zračenja

3. postavljanjem štitnika (olovo) između osobe i izvora zračenja.

Od navedenog, najučinkovitiji način je povećanje udaljenosti od izvora ionizirajućeg zračenja jer se udaljavanjem od izvora za faktor 2, izloženost zračenju smanjuje za faktor 4. U tu svrhu koristi se oruđe za udaljeno rukovanje radioaktivnim materijalom, uz ostala sredstva koja se koriste za pasivnu zaštitu: štitnici, spremnici i zaštitne olovne pregače. [1]

2.5. Izvori ionizirajućeg zračenja

Izvori ionizirajućeg zračenja koriste se u industriji, medicini, znanosti, veterini i drugim područjima. U Republici Hrvatskoj se najveći broj izvora ionizirajućeg zračenja koristi u medicini. Propisi Republike Hrvatske izvorom ionizirajućeg zračenja smatraju svaki uređaj, instalaciju ili tvar koja proizvodi ili odašilje ionizirajuće zračenje, a koja nije isključena od primjene propisa, uključujući i nuklearni materijal. Tvar koja proizvodi ili odašilje ionizirajuće zračenje radioaktivna je ako, osim ostalih, sadrži i atome s nestabilnim jezgrama koje svojim raspadom proizvode ionizirajuće zračenje. Da bi se neka radioaktivna tvar smatrala radioaktivnim izvorom u smislu pozitivnih propisa, aktivnost ili koncentracija aktivnosti radionuklida u toj tvari mora biti iznad propisanih graničnih vrijednosti za izuzimanje iz nadzora.

Radioaktivni izvori mogu biti različito izvedeni - kao zatvoreni radioaktivni izvori ili otvoreni radioaktivni izvori. Zatvoreni radioaktivni izvor jest svaki onaj radioaktivni izvor koji se tijekom uporabe ne može proliti, prosuti ili ishlapiti, odnosno onaj koji je zatvoren u nepropusnoj ovojnici od neradioaktivne tvari ili ugrađen u čvrsti oblik tako da radioaktivna tvar

u normalnim uvjetima rada ne može doći u dodir s okolišem. U medicini se zatvoreni radioaktivni izvori najčešće koriste za radioterapiju tumora. Koriste se i za provjeru kvalitete detektora koji su sastavni dio gama-kamere. Otvoreni radioaktivni izvori su oni radioaktivni izvori koji nisu zatvoreni radioaktivni izvori, a mogu biti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju. Otvoreni radioaktivni izvori se u medicini najviše koriste za provedbu dijagnostičkih i radioterapijskih postupaka u okviru nuklearne medicine. Koji radionuklid će se koristiti za provedbu dijagnostičkog postupka ponajviše ovisi o indikaciji i vrsti detektora koji se koriste za dobivanje slikovnog zapisa, no u pravilu su to kratkoživući radionuklidi poput ^{18}F, ^{15}O, ^{67}Ga, ^{90}Y i ^{99m}Tc.

Radionuklid se u postupcima koji se provode u okviru nuklearne medicine ne koristi u svom čistom obliku, već je najčešće dio kemijskog spoja odgovarajućih biokemijskih, fizioloških ili metaboličkih svojstava koji se naziva radiofarmaceutski pripravak. Radiofarmaceutski pripravci se mogu nabaviti već pripremljeni ili se pripremaju na mjestu uporabe. Na mjestu uporabe mogu se pripravljati oni radiofarmaceutski pripravci koji nastaju obilježavanjem radionuklidima koje je moguće proizvesti u bolničkim ciklotronima (npr. ^{18}F, ^{13}N, ^{11}C i ^{15}O) ili se dobivaju pomoću generatora (npr. ^{99m}Tc). U Republici Hrvatskoj trenutno niti jedna bolnica ne raspolaže ciklotronom te se radionuklidi koji se dobivaju na taj način dobavljaju od različitih proizvođača, dok se radiofarmaceutski pripravci obilježeni radionuklidom ^{99m}Tc pripravljaju u svakoj zdravstvenoj ustanovi koja provodi dijagnostičke postupke uporabom tog radionuklida. [2],[3],[4],[5]

3. OTPAD

Otpadom nazivamo stvari od kojih trenutno nemamo koristi, no one se mogu potencijalno ponovno popraviti, iskoristiti ili reciklirati. Primjerice, najveći dio otpada iz kućanstva su papir, ostaci hrane, ambalaže i slično. Za razliku od kućanstava - u prirodi otpada nema. Priroda se pobrine da svaki izvor i njegovo korištenje bude ponovno iskorišteno i ugrađeno kao podloga za sljedeće procese. Tu dolazi do konstantnog kruženja izvora i na taj način, jednostavno je nemoguće stvaranje otpada. Glavni akter priče o stvaranju otpada je, naravno, čovjek. Ljudi korištenjem izvora iz prirode stvaraju otpad koji na neprilične načine vraćaju natrag u prirodu. Na taj način je urušeno kruženje tvari u prirodi. Sumirano, zaključujemo da otpad nastaje kao posljedica čovjekova pogrešnog upravljanja prirodnim resursima. [6]

3.1. Hijerarhija otpada

Glavni temelj zakonodavstva i politike Europske komisije o otpadu je hijerarhija otpada. Hijerarhija gospodarenja otpadom ključna je za prelazak na kružno gospodarstvo, a direktno služi tome da se utvrdi redoslijed prioriteta kojim se učinci štetni na okoliš minimaliziraju. Osim toga, hijerarhija gospodarenja otpadom optimira učinkovitost iskorištavanja resursa u gospodarenju otpadom i sprječavanja nastanka otpada. Pod procese proizvodnje energije iz otpada spadaju:

- anaerobna digestija biorazgradivog otpada
- proizvodnja krutih, tekućih ili plinovitih goriva iz otpada
- spaljivanje otpada u namjenskim objektima
- suspaljivanje otpada u postrojenjima za izgaranje
- neizravno spaljivanje nakon pirolize te drugi procesi.

Procesi proizvodnje energije iz otpada obuhvaćaju različite postupke obrade otpada od zbrinjavanja i oporabe pa sve do recikliranja. Na slici 1. može se vidjeti kako se rangiraju različiti procesi proizvodnje energije iz otpada u hijerarhiji otpada Europske komisije. [6]



Slika 1. Hijerarhija otpada i procesi proizvodnje energije iz otpada [6]

3.2. Podjela otpada prema mjestu nastanka

a) **Komunalni otpad** – otpad koji nastaje u stambenim naseljima, a sastoji se od otpada iz industrije, domaćinstva i obrtništva. Komunalni otpad uglavnom spada u nadležnost komunalnih poduzeća. Oko 80 % sadržaja može se iskoristiti iz kućnog otpada, a ostatak od približno 20 % čini prašina, iliti sitni otpad, ali i neke otpadne tvari poput tekstila, drva, gume i slično, koje možemo ponovno iskoristiti. [7]

b) **Tehnološki (industrijski) otpad** – nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, proizvodnim procesima, a po sastavu, svojstvima i količini razlikuje se od komunalnog otpada. [8]

Kod tehnološkog otpada razlikuju se:

- procesni otpad – otpadni materijali specifični za svaki tip industrije, a razlikuju se po kemijskim i fizikalnim svojstvima
- neprocesni otpad – uredski otpad, ambalažni otpad i sl.

Količina industrijskog otpada proizvedena godišnje ovisi o gospodarskom razvoju zemlje. Prema tome, u nekim razvijenim zemljama količina industrijskog otpada po glavi stanovnika iznosi i do nekoliko tona, dok kod nerazvijenijih može biti i manja od komunalnog. [7]

c) **Posebne kategorije otpada** – ovoj kategoriji pripadaju otpadne gume, otpadna ulja, biootpad, otpadni tekstil i obuća, otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpadna ambalaža, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpadni brodovi, morski otpad, građevni otpad, otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, otpad iz proizvodnje titanij-dioksida, otpadni poliklorirani, bifenili i poliklorirani terfenili (PCB, PCT).

- Ambalažni otpad čine ambalažni materijali koji ostanu nakon što se stvar, odnosno proizvod rastavi ili odvoji od ambalaže. Proizvodi od ambalaže mogu biti stakleni, polimerni, višeslojni miješani materijali, proizvodi od drva, kartona ili metala.
- Elektronički i električni otpad (EE otpad) je elektronička i električna oprema koja nastaje u industriji, gospodarstvu ili obrtu. Isto tako može nastati i u kućanstvima ili uslužnim i proizvodnim djelatnostima. Pod termin EE otpad spadaju svi proizvodi koji za svoje djelovanje ovise o elektromagnetskim poljima ili električnoj energiji. Oprema koja služi za proizvodnju ili mjerenje struje ili jakosti elektromagnetskoj polja također spada u EE otpad.
- Otpadne baterije i akumulatori su baterije i akumulatori namijenjeni za recikliranje ili obradu iz razloga jer se ne mogu više koristiti.
- Otpadne gume su gume teretnih automobila, radnih strojeva, automobila, autobusa, radnih vozila, traktora, zrakoplova i drugih letjelica koje iz određenih razloga (isteka roka trajanja, oštećenja, istrošenosti) ne mogu biti ponovno korištene.
- Otpadno ulje je svako izolacijsko, industrijsko, sintetičko i mineralno ulje koje nije primjenjivo za daljnju upotrebu.
- Otpadna vozila su vozila koja radi dotrajalosti, oštećenja, tehničkih problema ili drugih uzroka posjednik namjerava ili mora odbaciti. [8]

3.3. Podjela otpada prema svojstvima

a) **Inertni otpad** – otpad koji nije opasan te kao takav ne reagira fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama. Inertni otpad nije goriv, biorazgradiv, netopiv je u vodi, te ne reagira na bilo koji način i stoga ne ugrožava okoliš, ne djeluje na povećanje dozvoljenih emisija u okoliš te ne utječe na zdravlje ljudi, biljnog i životinjskog svijeta. Inertni otpad najčešće je građevinski otpad. [7],[9]

b) **Opasan otpad** – sastoji se od materijala koji posjeduju jednu ili više karakteristika koje dovode u opasnost zdravlje i život ljudi, okoliša ili imovinu osoba. Najvećim dijelom potječe

iz industrije, poljoprivrede te instituta, bolnica i laboratorija. Opasan otpad sastoji se od tvari koje podržavaju: toksičnost, kancerogenost, eksplozivnost, radioaktivnost, korozivnost, zapaljivost, nadražujuće, nagrizajuće, zarazno ili mutageno djelovanje. Opasan otpad javlja se i u kućanstvu, ali zbog toga što je u manjim količinama, nazivamo ga problematične tvari.

Opasan otpad dijelimo na:

- korozivne otpadne tvari - kiseline, baze
- zapaljive otpadne tvari – otpadna ulja, organska otapala
- otrovne otpadne tvari – spojevi teških metala, cijanidi
- tvari zaraznog djelovanja – bolnički otpad
- radioaktivni otpad. [8],[9]

3.3.1. Radioaktivni otpad

Prema definiciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), radioaktivni otpad definiran je kao produkt koji sadrži radionuklide u takvim koncentracijama da je razina radioaktivnosti veća od vrijednosti specificiranih od strane nadležnih tijela, ili je njima kontaminiran. Radioaktivni otpad nastaje u procesima u kojima se primjenjuje ionizirajuće zračenje. Neka područja u kojima su primjenjuje ionizirajuće zračenje su medicina, energetika, znanost, industrija i poljoprivreda.

Bitna značajka radioaktivnog otpada je njegov sastav, odnosno brzina njegova raspada. Od poglavitog je interesa upravo vrijeme u kojem se aktivnost otpada smanji na polovinu, odnosno *vrijeme poluraspada*. Prema tome kriteriju, radioaktivni otpad podijeljen je u dvije kategorije. Ako je vrijeme poluraspada manje od 30 godina, radi se o kratkoživućem radioaktivnom otpadu. U suprotnom, ako je vrijeme poluraspada veće od 30 godina, radi se u dugoživućem radioaktivnom otpadu.

Radioaktivni otpad može biti kruti ili tekući. U medicinskom radioaktivnom otpadu, isluženе generatore radionuklida, kontaminirane staklene bočice, šprice, igle, vatu, kontaminiranu posteljinu i slično smatramo krutim radioaktivnim otpadom. Pod tekućim radioaktivnim otpadom smatramo biološke tjelesne izlučevine bolesnika, urin i fekalije. [10]

3.3.1.1. Vrste radioaktivnog otpada

Tijekom rada s radioaktivnim izvorima neminovno se generira bilo radioaktivni otpad (otvoreni ili zatvoreni radioaktivni izvori), bilo iskorišteni izvori zračenja (zatvoreni radioaktivni izvor).

Iskorišteni izvor zračenja jest pojam koji je vezan isključivo uz zatvorene radioaktivne izvore. To je onaj zatvoreni radioaktivni izvor koji se više ne koristi ili se više ne namjerava koristiti za obavljanje prethodno odobrene djelatnosti, ali se i dalje s njim postupa na propisan i siguran način.

Prema definiciji danoj prema hrvatskim propisima, radioaktivni otpad je otpadna tvar u plinovitom, tekućem ili krutom stanju za koju nije predviđena daljnja uporaba, a koja sadrži radioaktivne tvari čija je aktivnost iznad propisane granične vrijednosti za otpuštanje iz nadzora. Prema agregatnom stanju, radioaktivni otpad se dijeli na kruti, tekući i plinoviti, a razvrstava se u više klasa, ovisno o tipičnim svojstvima te predviđenom načinu njegovog zbrinjavanja (Tablica 1.). [11]

Tablica 1. Klase radioaktivnog otpada [11]

Klasa	Tipična svojstva	Načini zbrinjavanja
Otpušteni radioaktivni otpad (ORAO)	Radioaktivni otpad koji udovoljava uvjetima za otpuštanje iz regulatornog nadzora.	Otpuštanje iz regulatornog nadzora. Jednom otpušten iz nadzora ovaj se materijal više ne smatra radioaktivnim otpadom.
Vrlo kratkoživući radioaktivni otpad (VKRAO)	Sadrži radionuklide s vremenom poluraspada kraćim od 100 dana.	Skladištenje u prostoriji odgovarajućih karakteristika i potom otpuštanje iz regulatornog nadzora. Ovom radioaktivnom otpadu će se skladištenjem nakon dovoljno vremena koncentracija aktivnosti smanjiti na razinu koja je propisana za otpuštanje iz nadzora.
Vrlo nisko radioaktivni otpad (VNRAO)	Radioaktivni otpad s većim koncentracijama aktivnosti od VKRAO. Koncentracije dugoživućih radionuklida u ovoj kategoriji otpada su zanemarive.	Skladištenje u građevini odgovarajućih karakteristika i potom otpuštanje iz regulatornog nadzora. Ovom radioaktivnom otpadu će se skladištenjem kroz nekoliko desetaka godina koncentracija aktivnosti smanjiti na razinu koja je propisana za otpuštanje iz nadzora.

Klasa	Tipična svojstva	Načini zbrinjavanja
Nisko radioaktivni otpad (NRAO)	Radioaktivni otpad koji sadrži radionuklide s vremenom poluraspada kraćim od 30 godina i ograničene koncentracije aktivnosti dugoživućih radionuklida (4.000 Bq/g u pojedinom pakiranju, odnosno 400 Bq/g za kompletnu masu radioaktivnog otpada). Proizvodnja topline u ovom otpadu niža je od 2 kW/m^3.	Skladištenje u građevini odgovarajućih karakteristika i potom odlaganje u površinskom ili podzemnom odlagalištu.
Srednje radioaktivni otpad (SRAO)	Radioaktivni otpad koji sadrži veće koncentracije aktivnosti od NRAO.	Skladištenje u građevini odgovarajućih karakteristika i potom odlaganje u podzemnom odlagalištu na dubini od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara ispod površine.
Visoko radioaktivni otpad (VRAO)	Radioaktivni otpad u kojemu je proizvodnja topline iznad 2 kW/m^3.	Skladištenje u građevini odgovarajućih karakteristika i potom odlaganje u podzemnom odlagalištu smještenom u stabilnoj geološkoj formaciji na dubini od nekoliko stotina metara ispod površine.

Prema klasifikaciji iz Tablice 1, u Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničke bolnice Dubrava generira se vrlo kratkoživući radioaktivni otpad kao posljedica provedbe dijagnostičkih postupaka uporabom otvorenih radioaktivnih izvora. Nakon provedbe dijagnostičkih postupaka u nuklearnoj medicini, radioaktivni otpad najvećim dijelom čine bočice, vata, staničevina, filtar-papir, igle, šprice, kateteri i slično. S obzirom da se za provjeru kvalitete uređaja koji se koriste za provedbu tih postupaka koriste i zatvoreni radioaktivni izvori (npr. tzv. *flood* radioaktivni izvor, odnosno radioaktivni izvor ravnomjerno raspoređen u tvornički zatvorenoj matrici), iskorišteni izvori (ali još uvijek radioaktivni) također su dio radioaktivnog medicinskog otpada. [3],[11]

3.3.1.2. Radioaktivni otpad u kliničkoj bolnici Dubrava

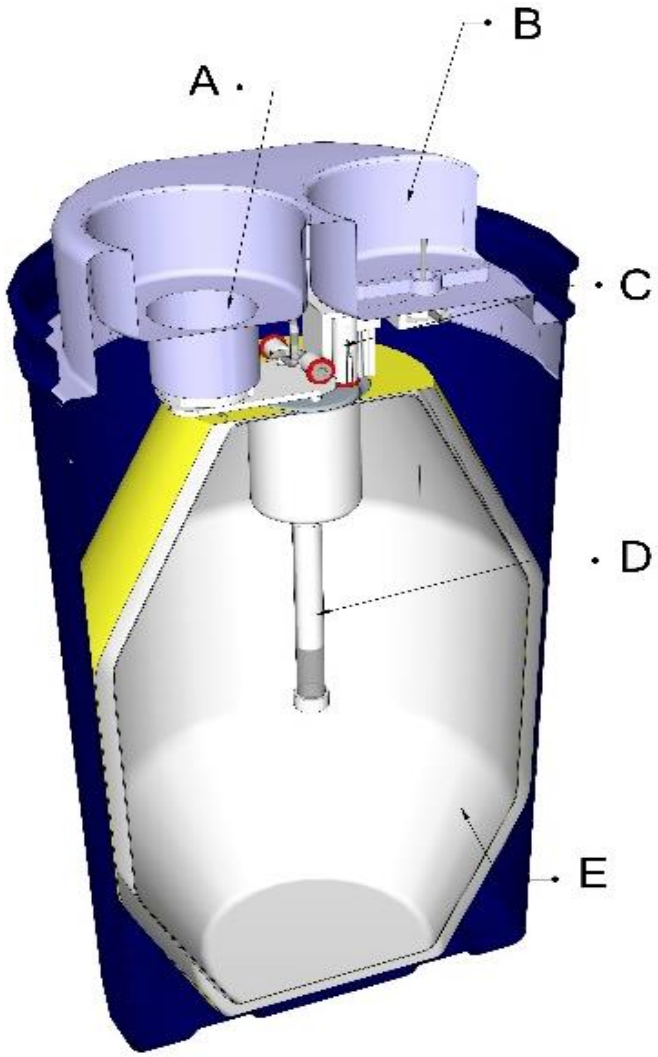
Radioaktivni materijal koji se koristi u nuklearnoj medicini primjenjuje se za provedbu dijagnostičkih i terapijskih postupaka. Dijagnostički postupci, naravno, predstavljaju okosnicu

suvremene nuklearne medicine. Budući da je cilj provedbe dijagnostičkog postupka postići boljitak za bolesnika (dijagnoza) i pri tome smanjiti ozračivanje bolesnika koliko je to moguće, primjenjuju se kratkoživući radionuklidi kojima je vrijeme poluraspada tipično od nekoliko sati do nekoliko minuta.

Radioaktivni materijal koji se primjenjuje za provedbu dijagnostičkog postupka definiran je kao radiofarmaceutik ili radiofarmaceutski pripravak. Priređivanje (sinteza) radiofarmaceutika najčešće se provodi u jedinicama nuklearne medicine, gdje se provodi i njegova primjena.

U Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu priređuju se radiofarmaceutski pripravci u kojima je sadržan kratkoživući metastabilni radioizotop tehnecija, tehnecij-99m (^{99m}Tc). Tehnecij-99m je radionuklid koji ima vrijeme poluraspada 6,02 sati, a nastaje raspadom matičnog radionuklida, molibdena-99. Molibden-99 ima vrijeme poluraspada 65,9 sati, to je izvor snažnog beta-minus-zračenja i ne smije biti prisutan u radiofarmaceutskom pripravku. Prema tome, prije postupka sinteze potrebno je dobiti ^{99m}Tc u čistom obliku, što se postiže korištenjem ^{99}Mo/^{99m}Tc radionuklidskog generatora.

Pojam *generator radionuklida* asocira na glomazni i složeni, sofisticirani uređaj. Radi se zapravo o jednostavnom uređaju valjkastog oblika koji u suštini predstavlja malenu kromatografsku kolonu u kojoj je adsorbiran matični radionuklid (^{99}Mo), a odvajanje matičnog radionuklida i radionuklida-potomka (^{99m}Tc) postiže se ispiranjem kolone s fiziološkom otopinom (Slike 2 i 3). Nakon kvantitativnog ispiranja kolone ^{99m}Tc se nalazi u eluatu, a ^{99}Mo ostaje čvrsto adsorbiran u kromatografskoj koloni. Na Slici 2. vidimo shemu ^{99}Mo/^{99m}Tc generatora radionuklida.



Slika 2. Shema ^{99}Mo/^{99m}Tc generatora radionuklida

Na Slika 2 označeno je: A – utor za bočicu s fiziološkom otopinom, B – utor za vakuumsku bočicu, C – odušak za izjednačavanje tlaka nakon izvršenog eluiranja, D – krucijalni dio generatora-kromatografska kolona s adorbiranim ^{99}Mo, E – olovni štitnik.



Slika 3. ^{99}Mo/^{99m}Tc generator radionuklida

Na Slika 3 nalazi se ^{99}Mo/^{99m}Tc generator radionuklida. Lijevo: integralni uređaj nakon isporuke korisniku, desno: utori generatora s većom bocom fiziološke otopine i vakuumskom bočicom.

Kromatografska kolona je staklena cjevčica volumena nekoliko mililitara, napunjena čvrstim nosačem i koja je smještena unutar zaštitnog olovnog tijela (Slika 4). U kromatografskoj koloni sadržan je sav radioaktivni materijal generatora radionuklida. Na slici se jasno vidi kromatografska kolona ^{99}Mo/^{99m}Tc generatora radionuklida, izvađena iz tijela radionuklidskog generatora tijekom postupka njegova rastavljanja poslije propisanog vremena odležavanja u skladištu radioaktivnog otpada.



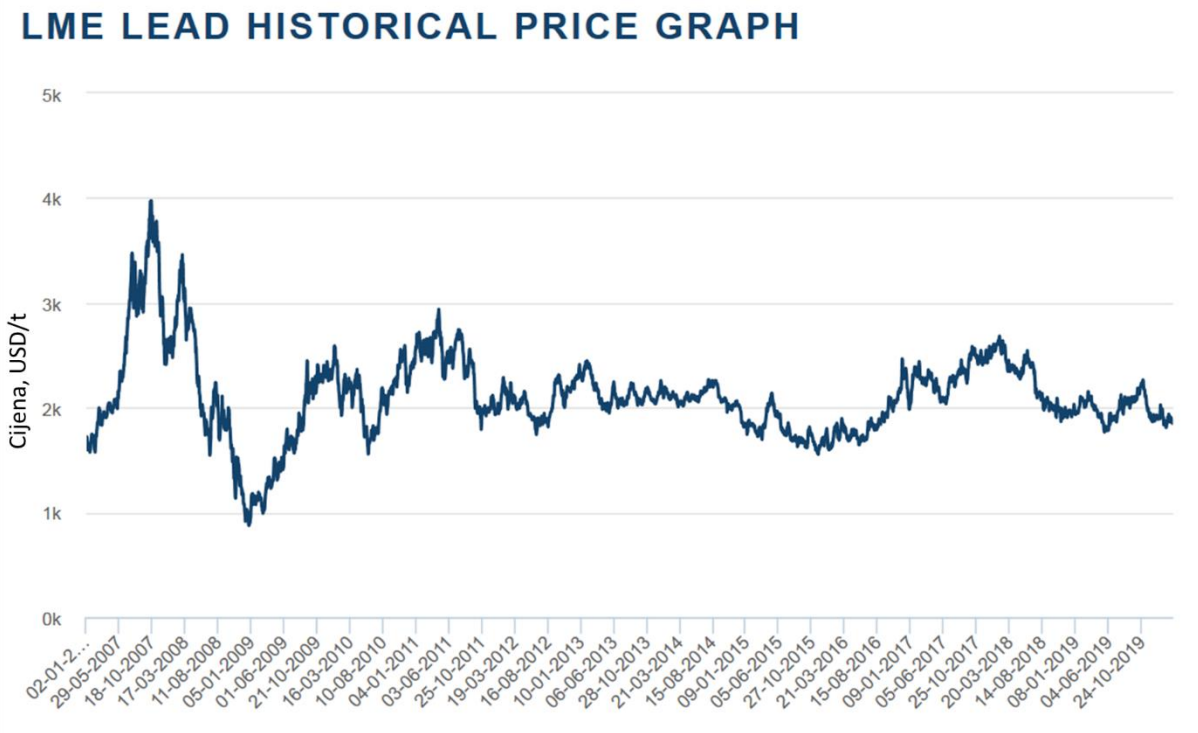
Slika 4. Kromatografska kolona ^{99}Mo/^{99m}Tc generatora radionuklida

Generator radionuklida prikazan na Slika 4 koristi se za dobivanje tehnecija-99m tijekom dva tjedna, nakon čega je koncentracija aktivnosti ^{99m}Tc u eluatu vrlo malena i za praktične potrebe neiskoristiva. Takav, iskorišteni generator radionuklida, predstavlja radioaktivni otpad pa se čuva u posebnoj prostoriji-spremištu (sukladno Tablica 1.) dok razina koncentracije aktivnosti ne bude zadovoljavajuća za otpuštanje tog materijala iz nadzora (tri mjeseca). Tijekom rastavljanja generatora radionuklida, posebno se odvajaju metalni dijelovi, polimerni dijelovi i kromatografske kolone. Kromatografske kolone tretiraju se kao infektivni otpad. Prikupljeni polimerni i metalni dijelovi odnose se na posebno mjesto u bolnici gdje se provodi dodatna provjera i razvrstavanje otpada, koji se zatim zbrinjava na propisani način. U Tablica 2. navedena je ukupna masa jednog generatora te udjeli pojedinih komponenti.

Tablica 2. Maseni udio komponenti u generatoru radionuklida

Materijal	Masa (kg)
Ukupna masa generatora	13
Polimerni materijali	0,4
Limena ambalaža	0,4
Staklena ambalaža	0,4
Olovo	11,8

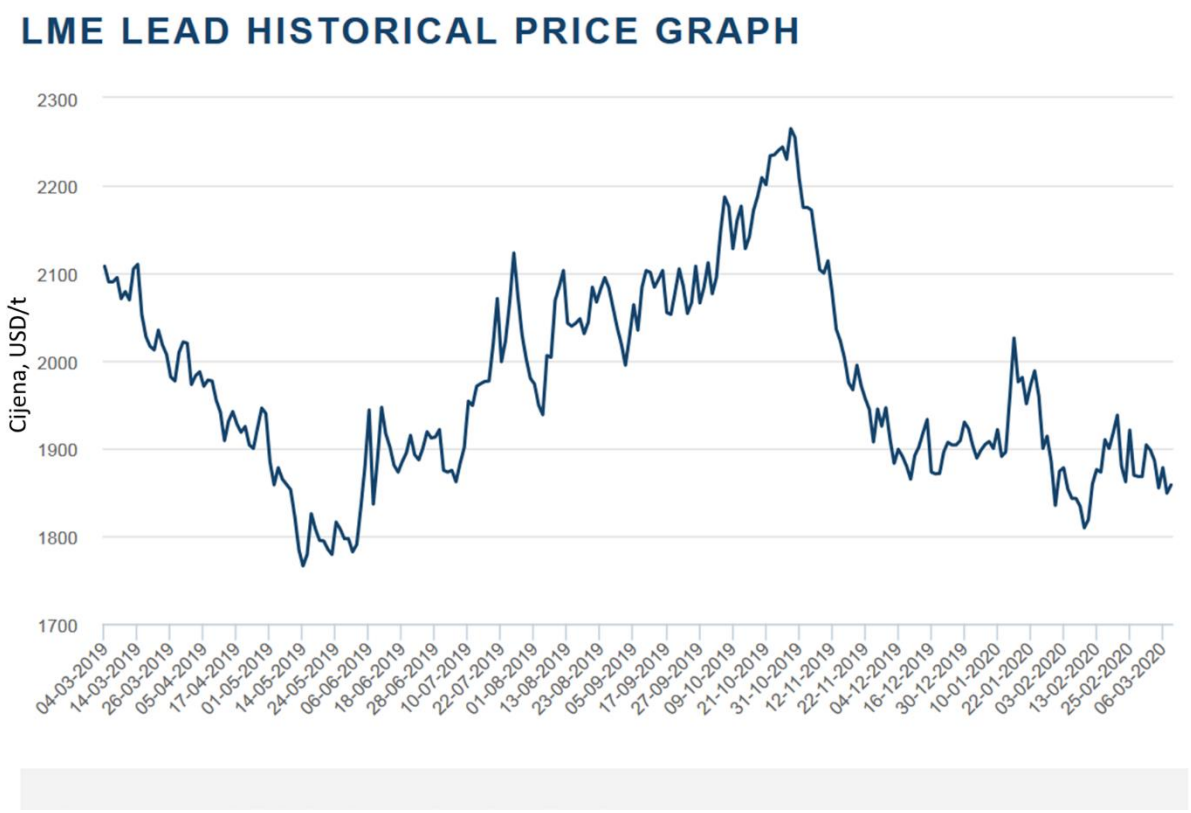
Godišnje se u navedenoj bolnici iskoristi 26 generatora, što znači da se na godišnjoj razini zbrinjava 10,4 kilograma polimernih materijala, 10,4 kg limene ambalaže te 10,4 kg staklene ambalaže i 306,8 kilograma olova. S obzirom da se olovo nalazi u najvećem masenom udjelu u otpadnim generatorima radionuklida te da kao metalni otpad ima tržišnu vrijednost, gospodarenje i recikliranje olova iz generatora radionuklida sadrži i važnu ekonomsku komponentu. Na Slikama 5, 6 i 7 jasno se vidi osciliranje cijene olova na svjetskom tržištu prema podacima londonske burze metala London Metal Exchange (LME) kroz bližu povijest. Pri određivanju otkupne cijene otpadnog olova u Republici Hrvatskoj, otkupljivači otpada najčešće se referiraju na dnevnu cijenu olova očitane upravo na LME, uz uzimanje u obzir dnevnog tečaja hrvatske kune prema stranoj valuti.



Slika 5. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2007.-2020. god. [12]



Slika 6. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2015.-2020. god. [12]



Slika 7. Grafički prikaz kretanja cijene olova u dolarima u razdoblju od 2019.-2020. god. [12]

Kao što se vidi iz prethodnih dijagrama, cijena olova na svjetskom tržištu jako varira s vremenom, pa je tako u razdoblju od 14. 5. 2019. do 21. 10. 2019. cijena varirala od nešto manje od 1800 $ pa do skoro 2300 $ po toni. Uzmemo li u obzir trenutnu cijenu olova koja iznosi 1673,5 $/t, što je 1,67 $/kg, lako možemo procijeniti godišnju vrijednost olova prikupljenu u kliničkoj bolnici Dubrava na oko 500 $, tj. na približno 3500 kn.



Slika 8. Iskorišteni ^{99}Mo/^{99m}Tc generatori radionuklida

Na Slika 8. prikazan je iskorišteni $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generator radionuklida u periodu skladištenja i nadzora. Odgovarajućim instrumentom kontrolira se radioaktivnost u skladišnoj prostoriji. Nakon 3 mjeseca odležavanja otpadnog generatora u skladišnoj prostoriji, sadržaj iskorištenog generatora radionuklida više se ne smatra radioaktivnim.



Slika 9. Postupak rastavljanja iskorištenog $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora

Slika 9. prikazuje postupak rastavljanja iskorištenog $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora radionuklida nakon perioda nadzora u prostoru skladištenja. Pojedine komponente uređaja sortiraju se i koriste kao iskoristive sirovine (npr. polimerni poklopac generatora, masivni olovni štitnik).

Eluat koji se dobije propuštanjem fiziološke otopine kroz kromatografsku kolonu generatora radionuklida sadrži tehnecij-99m u obliku soli – pertehnetata, što je polazna tvar za sintezu svih radiofarmaceutskih pripravaka koji sadrže tehnecij-99m. Sinteza radiofarmaceutskih pripravaka tehnecija-99m je razmjerno jednostavan postupak koji se najčešće svodi na dodavanje tehnecija-99m u bočici s ostalim konstituentima za sintezu. Pri tome se osobita pozornost posvećuje zaštiti osoblja od nepotrebnog ozračivanja (Slika 10).

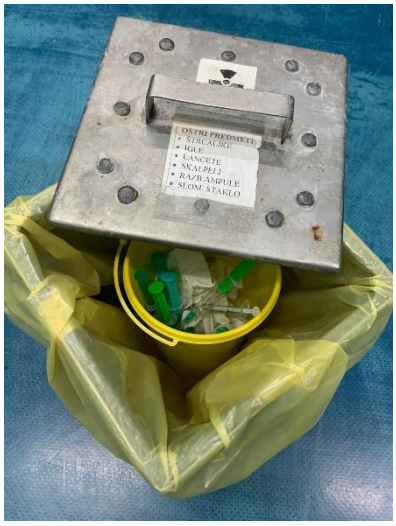


Slika 10. Postupak priređivanja radiofarmaceutskog pripravka

Slika 10. prikazuje postupak priređivanja radiofarmaceutskog pripravka. Bočica s radiofarmaceutskim pripravkom nalazi se u olovnom spremniku, a osoba koja vrši priređivanje zaštićena je olovnim zidom i staklom.

Radiofarmaceutski pripravak unosi se u tijelo bolesnika najčešće intravenskom injekcijom. Nakon toga slijedi snimanje bolesnika gama-kamerom pa se analizom tzv. scintigrafskih snimaka definira status bolesnika, odnosno određuje medicinska dijagnoza.

Radioaktivni otpad u nuklearnoj medicini sastoji se od neiskorištenog radioaktivnog materijala (bočice s eluatom $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora, bočice s radiofarmaceutskim pripravkom), te od materijala koji zaostaje nakon primjene radiofarmaceutskog pripravka bolesniku (igle, šprice, vata i dr.). Sav takav otpadni materijal se sakuplja na tjednoj osnovi u olovnim kantama s olovnim poklopcem koje su propisno označene (Slika 11).



Slika 11. Radioaktivni medicinski otpad

Slika 11. prikazuje radioaktivni medicinski otpad (konkretno na slici: šprice i igle koje sadrže radioaktivni materijal) u namjenskoj označenoj olovnoj kanti.

Na Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničke bolnice Dubrava generiranje radioaktivnog otpada rezultat je provedbe dijagnostičkih postupaka korištenjem otvorenih radioaktivnih izvora. U većini ustanova za nuklearnu medicinu u Republici Hrvatskoj situacija je bitno složenija. Otvoreni izvori u tim se ustanovama koriste ne samo za dijagnostiku, već i za terapiju u nuklearnoj medicini, za znanstvene studije na životinjama u istraživačkim ustanovama, te za analizu krvi u kliničkim laboratorijima. Pritom se koristi više različitih radionuklida, pa tako terapija otvorenim radioaktivnim izvorima obuhvaća radionuklidnu (I-131, Y-90) i radiojodnu (I-131) terapiju. Pri ovom tipu liječenja i sami bolesnici su veliki izvor ionizirajućeg zračenja, a njihove tjelesne izlučevine pogotovo, te se rangiraju kao opasni otpad.

3.3.1.3. Zbrinjavanje radioaktivnog otpada u kliničkoj bolnici Dubrava

Općenito, radioaktivni otpad mora se kontrolirano nadzirati u ustanovi u kojoj se generira i u kojoj se nalazi određeno vrijeme. Nakon radioaktivnog raspada radioaktivnih tvari u radioaktivnom otpadu, primjenjuju se postupci primjereni sanitarnom otpadu. Kontrolirani nadzor postiže se zadržavanjem radioaktivnih tvari u prikladnom spremniku, sve do raspada radioaktivnosti na zanemarivu razinu. Pri kontroliranom nadzoru, ne smije doći do suvišnog ozračivanja bilo koga pa je glavna svrha zbrinjavanja radioaktivnog otpada u medicini zaštita radnog osoblja i sprječavanje moguće kontaminacije prostora i opreme, a svim postupcima rukovodi osposobljena stručna osoba.

Svako spremište radioaktivnog otpada trebalo bi imati prikladan štit od zračenja, adekvatnu ventilaciju, osiguranu protupožarnu zaštitu, propisno označen prostor i taj prostor mora biti osiguran ključem. Prije konačnog odlaganja radioaktivnog otpada obvezno je izmjeriti razinu radioaktivnosti te pritom treba voditi pisani zapis o podrijetlu spremljenog otpada. Otpad se, prije odlaganja u spremište, treba razvrstati, a to razvrstavanje ovisi o očekivanom vremenu trajanja radioaktivnog poluraspada te fizičkom obliku otpada, odnosno materijalu. Kod biološkog otpada, moguće je truljenje, kod infektivnog je (prije odlaganja) nužna sterilizacija, a razbijeno staklo i igle skupljaju se u posebnim polimernim spremnicima, ne bi li se tako izbjegle ozljede.

Radioaktivne tvari za dijagnostičku primjenu u nuklearnoj medicini preferentno su kratkoživuće, jer je cilj postići što manje radiološko opterećenje pacijenta. Kod kratkoživućih tvari radioaktivnim raspadom u spremištu razina radioaktivnosti pada ispod propisane granice pa je moguće kontrolirano ispuštanje iz nadzora. Dugoživući radionuklidi nepraktični su za spremanje u medicinskim ustanovama i odvoze se u komercijalna licencirana odlagališta radioaktivnih izvora.

Bitno je da koncentracija propuštene radioaktivnosti (tekućina, plin) ne smije proći propisanu graničnu razinu za pojedini radionuklid. Radioaktivni otpad postaje obični otpad ako radioaktivnost otpada padne ispod propisane granice. Tada ga dijelimo na kemijski ili toksični. [11]

3.3.2. Zbrinjavanje radioaktivnog otpada

Radioaktivni otpad koji je nastao na teritoriju Republike Hrvatske mora se zbrinuti na dugoročno održiv način na teritoriju Republike Hrvatske, osim u iznimnim slučajevima pobrojanim u pozitivnim zakonskim propisima. Propisima je predviđeno osnivanje Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada. Hrvatski Sabor je 2014. godine donio Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva, a 2018. godine Vlada Republike Hrvatske je donijela Nacionalni program provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (program za razdoblje do 2025. godine).

Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora podrazumijeva sve administrativne i operativne postupke koji su uključeni u djelatnost predobrade, obrade, kondicioniranja, rukovanja, prijevoza, skladištenja i odlaganja, isključujući prijevoz izvan lokacije zbrinjavanja,

a sve pravne i fizičke osobe koje obavljaju djelatnost zbrinjavanja obvezne su ishoditi odobrenje za obavljanje te djelatnosti.

Za osiguranje zbrinjavanja radioaktivnog otpada na propisan način odgovoran je njegov prouzročitelj koji mora osigurati i to da tijekom obavljanja djelatnosti s radioaktivnim izvorima otpadne radioaktivne tvari nastaju u najmanjim mogućim količinama.

U slučaju iskorištenih izvora, propisi nalažu da se, ako je iskorišteni izvor upotrebljiv, mora prvo ponuditi drugom korisniku kako bi se uključio u drugu djelatnost ili ga se mora vratiti proizvođaču. Ukoliko niti jedno od navedenog nije moguće provesti, takav izvor mora se predati Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada koji dalje s njime postupa u skladu sa svojim Programom zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

Nadalje, propisi dozvoljavaju prouzročitelju i/ili vlasniku, odnosno posjedniku krutog, tekućeg ili plinovitog radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora njihovo odležavanje u vlastitom spremištu (odlagalištu) do postizanja propisane vrijednosti za otpuštanje iz nadzora ako ukupno potrebno vrijeme nije dulje od šest mjeseci. Takvo spremište mora udovoljavati propisanim uvjetima.

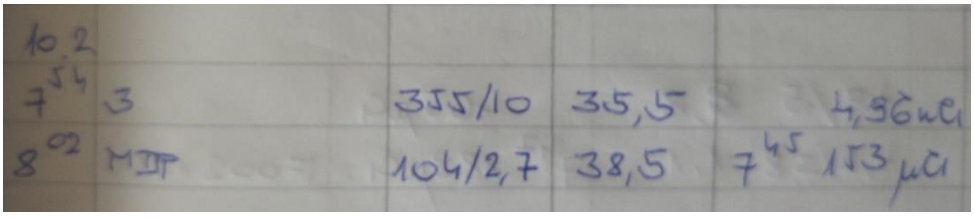
Radioaktivni otpad prestaje biti radioaktivni otpad nakon što aktivnost (koncentracija aktivnosti) svakog radionuklida koji je sadržan u radioaktivnom otpadu padne ispod propisane granične vrijednosti za ispuštanje iz nadzora, nakon čega ga se može tretirati kao komunalni otpad. Posebnu pozornost vezano uz zbrinjavanje treba posvetiti onom otpadu koji je istovremeno i biomedicinski otpad.

Svaki prouzročitelj radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora obvezan je izraditi *Plan zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora* te postupati u skladu s njime. Određena mu je i obveza voditi propisane evidencije o radioaktivnom otpadu i iskorištenim izvorima, čuvati ih najmanje pet godina te ih jednom godišnje u propisanom opsegu i obliku dostavljati tijelu državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost. [3],[11],[13],[14]

4. SAKUPLJANJE, KONTROLIRANI NADZOR I ODLEŽAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA U NUKLEARNOJ MEDICINI – PRAKTIČNI PRIMJER

Hot-laboratorij je uobičajeni stručni naziv za laboratorijski prostor u medicinskim ustanovama u kojemu se dopremaju, pripremaju i skladište radioaktivnih izvori. Na Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničke bolnice Dubrava dijagnostički postupci uz upotrebu otvorenih radioaktivnih izvora provode se svakog radnog dana, od ponedjeljka do petka u tzv. hot-laboratoriju. Sukladno tome, svakog radnog dana generira se radioaktivni otpad koji se sakuplja u olovnim kantama da se spriječi nepoželjno ozračivanje radnog osoblja i bolesnika.

Rutinski postupci na početku svakog radnog dana uključuju provjeru razine ionizirajućeg zračenja u radnim prostorijama te ispravnosti uređaja, nakon čega se sav radioaktivni otpad od prethodnog dana (bočice s radioaktivnim sadržajem) premješta iz olovnih spremnika u olovne kante. Pritom se kalibratorom doza zračenja mjeri i evidentira radioaktivnost svake bočice prije nego se ona odloži u kantu za radioaktivni otpad (Slika 12). Prema tome, vodi se cjelovita evidencija koliko je radioaktivnog materijala uneseno u sustav (koliko je dobiveno tehnecija-99m eluiranjem $^{99}Mo/^{99m}Tc$ generatora radionuklida te kolika je aktivnost priređenih radiofarmaceutskih pripravaka) i koliko je radioaktivnog materijala izuzeto iz sustava (koliko je radiofarmaceutskih pripravaka tijekom obavljanja dijagnostičkih postupaka u nuklearnoj medicini aplicirano bolesnicima i koliko je radioaktivnog otpada odloženo u olovnu kantu za radioaktivni otpad).



Slika 12. Primjer dnevne evidencije unosa radioaktivnog materijala u sustav

Na Slika 12. prikazan je primjer dnevne evidencije (10. veljače 2020. godine) unosa radioaktivnog materijala u sustav (eluiranje generatora radionuklida br. 3/2020 u 7:54 sati, sinteza MDP radiofarmaceutika u 8:02 sati) te odbacivanja radioaktivnog otpada sutradan u 7:45 sati.

Na početku radnog tjedna, ponedjeljkom, vreće iz olovnih kanti s cjelokupnim radioaktivnim otpadom se sakupljaju i stavljaju u jednu polietilensku vreću koja se označava rednim brojem i datumom do kojega se dotična vreća s radioaktivnim otpadom čuva u prostoriji za odlaganje radioaktivnog otpada, Slika 13.



Slika 13. Polietilenska vreća s radioaktivnim otpadom

Za potrebe ovog diplomskog rada, evidentirani su podaci o dinamici sakupljanja radioaktivnog otpada u hot-laboratoriju u periodu od 11. veljače do 14. veljače 2020., što je prikazano u Tablici 3.

Tablica 3.[†] Evidencija radioaktivnog otpada u hot-laboratoriju u periodu 11. 2.-14. 2. 2020.

Datum	Sat	Sadržaj	Aktivnost evid.	Aktivnost
11. 2. 2020.	07:45	Eluat ^{99}Mo/^{99m}Tc generatora	4,96 mCi	183,52 MBq
11. 2. 2020.	07:45	MDP (radiofarmaceutik)	153 μCi	5,66 MBq
12. 2. 2020.	07:32	Eluat ^{99}Mo /^{99m}Tc generatora	10,65 mCi	394,05 MBq
12. 2. 2020.	07:32	MDP (radiofarmaceutik)	426 μCi	15,76 MBq
13. 2. 2020.	07:44	Eluat ^{99}Mo /^{99m}Tc generatora	52 μCi	1,92 MBq
13. 2. 2020.	07:44	MDP (radiofarmaceutik)	2,76 mCi	102,12 MBq
13. 2. 2020.	07:44	Nanocoll (radiofarmaceutik)	188 μCi	6,96 MBq
13. 2. 2020.	07:44	MIBI (radiofarmaceutik)	308 μCi	11,40 MBq
14. 2. 2020.	07:29	Eluat ^{99}Mo /^{99m}Tc generatora	3,51 mCi	129,87 MBq

[†] Napomena uz Tablicu 3: Aktivnost radioaktivnog otpada navedena je u dva stupca: u lijevom stupcu kako je upisana u evidenciji (izražena u mCi i μCi, praktičnim jedinicama koje su zastarjele, ali se interno još uvijek rabe), te u desnom stupcu izraženo u izvedenoj SI-jedinici MBq.

14. 2. 2020.	07:29	MDP (radiofarmaceutik)	1,63 mCi	60,31 MBq
14. 2. 2020.	07:29	Nanocoll (radiofarmaceutik)	206 μCi	7,62 MBq
14. 2. 2020.	11:15	Eluat ^{99}Mo /^{99m}Tc generatora	2,11 mCi	78,07 MBq
14. 2. 2020.	11:15	MDP (radiofarmaceutik)	16,77 mCi	620,49 MBq
14. 2. 2020.	11:15	Nanocoll (radiofarmaceutik)	964 μCi	35,67 MBq
14. 2. 2020.	12:35	MAA (radiofarmaceutik)	18,63 mCi	689,31 MBq

Sav radioaktivni otpad ^{99m}Tc koji je sakupljen tijekom tjedna, zaključno s petkom 14. veljače 2020., premješten je u ponedjeljak sljedećeg tjedna (17. veljače 2020.), u 7:45 u prostoriju za odlaganje radioaktivnog otpada. U Tablici 4. navedene su aktivnosti pojedinih komponenti otpada u vrijeme kada je navedena komponenta odložena u olovnu kantu (stupac Početna akt.) te aktivnosti tih komponenti u vrijeme kada je polietilenska vreća premještena u prostoriju za odlaganje radioaktivnog otpada (Konačna akt.). Navedeno je također vrijeme (Vrijeme) koje je proteklo za svaku komponentu od njenog odlaganja u kantu do premještanja u prostoriju za odlaganje radioaktivnog otpada. Tijekom toga vremena aktivnost svake komponente opada za određeni faktor raspada te se konačna aktivnost komponente dobije kao umnožak početne aktivnosti i faktora raspada.

Tablica 4. Aktivnost pojedinih komponenti radioaktivnog otpada neposredno prije odlaganja otpada

Datum	Sat	Početna akt., MBq	Vrijeme, h	Faktor raspada	Konačna akt., kBq
11. 2. 2020.	07:45	183,52	144	$6{,}29916 \cdot 10^{-8}$	0
11. 2. 2020.	07:45	5,66	144	$6{,}29916 \cdot 10^{-8}$	0
12. 2. 2020.	07:32	394,05	120,2167	$9{,}74016 \cdot 10^{-7}$	0
12. 2. 2020.	07:32	15,76	120,2167	$9{,}74016 \cdot 10^{-7}$	0
13. 2. 2020.	07:44	1,92	96,0167	$1{,}58011 \cdot 10^{-5}$	0,03
13. 2. 2020.	07:44	102,12	96,0167	$1{,}58011 \cdot 10^{-5}$	1,61
13. 2. 2020.	07:44	6,96	96,0167	$1{,}58011 \cdot 10^{-5}$	0,11
13. 2. 2020.	07:44	11,40	96,0167	$1{,}58011 \cdot 10^{-5}$	0,18
14. 2. 2020.	07:29	129,87	72,2667	$2{,}43391 \cdot 10^{-4}$	31,61
14. 2. 2020.	07:29	60,31	72,2667	$2{,}43391 \cdot 10^{-4}$	14,68
14. 2. 2020.	07:29	7,62	72,2667	$2{,}43391 \cdot 10^{-4}$	1,85
14. 2. 2020.	11:15	78,07	68,5	$3{,}75542 \cdot 10^{-4}$	29,32
14. 2. 2020.	11:15	620,49	68,5	$3{,}75542 \cdot 10^{-4}$	233,02
14. 2. 2020.	11:15	35,67	68,5	$3{,}75542 \cdot 10^{-4}$	13,40
14. 2. 2020.	12:35	689,31	67,1667	$4{,}37855 \cdot 10^{-4}$	301,82
Ukupno					627,63

Kao što se iz Tablice 4. može vidjeti, ukupna aktivnost radioaktivnog otpada koji je sakupljen u polietilenskoj vreći, u vrijeme premještanja polietilenske vreće s radioaktivnim otpadom, iznosi svega 627,63 kBq. To znači da se pretežiti dio radioaktivnog materijala raspao

tijekom vikenda, što je razumljivo jer se aktivnost ^{99m}Tc svake komponente tijekom jednog dana smanji 16 puta. Provjera radiološkim monitorom pokazala je da aktivnost polietilenske vreće s radioaktivnim otpadom iznosi 353 impulsa u minuti (cpm).

Nakon točno tjedan dana, u ponedjeljak, 24. veljače 2020., u 7:45 sati, izmjerena aktivnost te vreće s radioaktivnim otpadom iznosila je 34 cpm. Budući da je izmjerena osnovna aktivnost prostora hot-laboratorija toga dana iznosila samo 36 cpm, zaključujemo da je aktivnost sadržaja vreće s radioaktivnim otpadom praktički zanemariva. Zaista, aktivnost radioaktivnog izvora ^{99m}Tc od 627,63 kBq nakon tjedan dana iznosi samo $2{,}49 \cdot 10^{-3}$ Bq.

U prostoriju za odlaganje radioaktivnog otpada, uz polietilensku vreću s radioaktivnim otpadom iz hot-laboratorija, smještene su i ostale polietilenske vreće s radioaktivnim otpadom iz drugih olovnih kanti s Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu. Međutim, upravo kanta iz hot-laboratorija sadrži radioaktivni otpad koji je daleko najveće aktivnosti, pa zaključujemo da će i cjelokupan radioaktivni otpad ^{99m}Tc generiran na Odjelu nakon tjedan dana smještaja u prostoriji za odlaganje radioaktivnog otpada biti zanemarive aktivnosti.

5. PLAN ZBRINJAVANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA

Obveza izrade Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (dalje u tekstu: Plan zbrinjavanja) proizlazi iz članka 9. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18). U istom članku propisan je i obvezni sadržaj Plana zbrinjavanja te obveza njegovog periodičnog revidiranja. Plan zbrinjavanja, kao i njegove revizije odobrava tijelo državne uprave nadležno za radiološku sigurnost.

5.1. Obvezni sadržaj Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora

Sukladno odredbi članka 9. stavka 2. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18), Plan zbrinjavanja mora sadržavati najmanje sljedeće:

- organizaciju postupaka zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora
- ime osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora
- pisane postupke u skladu s kojima se zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora provodi
- opis načina nastanka radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora, klasifikaciju, kategorizaciju te dinamiku nastajanja
- tehničke, organizacijske i druge mjere kojima se sprječava štetan utjecaj radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora na zaposlenike, pojedine stanovnike i okoliš
- predviđenu dinamiku predaje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora na zbrinjavanje Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada ili njegovo otpuštanje iz nadzora
- način vođenja evidencije radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u spremištu kao i način izvješćivanja u središnju evidenciju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

Opseg i sadržaj pisanih postupaka koji su sastavni dio Plana zbrinjavanja dani su u Prilogu 2. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18). Propisano je da pisani postupci moraju sadržavati najmanje sljedeće dijelove:

- namjena: objašnjenje namjene pisanog postupka
- opseg: definiranje opsega dokumenta – ovisno o sustavima, postupcima, lokaciji itd. – razgraničenje s drugim postupcima
- odgovornosti: imenovanje odgovornih osoba te njihovih odgovornosti za obavljanje postupaka

- definicije: objašnjenje ključnih pojmova, oznaka i kratica
- reference: popis propisa, postupaka i standarda te drugih dokumenata na koje se poziva u pisanom postupku
- preduvjeti: lista postupaka i aktivnosti koje je potrebno provesti, kao i uvjeta koje valja zadovoljiti prije provedbe postupka, kao i osoba odgovornih za ostvarenje tih preduvjeta
- mjere sigurnosti: popis mjera koje je potrebno provesti kako bi se zaštitilo zdravlje radnika, pojedinih stanovnika i okoliša, a koje se provode s namjerom umanjenja vjerojatnosti da dođe do izvanrednih okolnosti, kao i zbog smanjenja štete ako dođe do takvih okolnosti
- ograničenja: granične vrijednosti parametara (masa, temperatura, specifična aktivnost, ukupna aktivnost, brzina doze zračenja itd.) izvan kojih bi moglo doći do teškoća u izvođenju postupka, kao i mjere koje valja poduzeti ako dođe do prekoračenja ograničenja
- opis postupka: detaljan opis postupka s fazama izvođenja
- provjere: definicija aktivnosti koje tijekom postupka treba provjeriti, kao i faza postupka u kojoj se provodi provjera
- mjerila prihvatljivosti: kriteriji za ocjenu uspješnosti izvedbe postupka i opis načina provjere
- evidencija: oblik, sadržaj, vrijeme i mjesto pohrane podataka o obavljenom postupku.

Uz navedeno, svaki pisani postupak mora na naslovnici sadržavati najmanje:

- naziv organizacije koja koristi pisani postupak
- naziv dokumenta
- broj revizije
- imena, potpise i datume potpisivanja osoba koje su dokument izradile, pregledale i odobrile.

5.2. Oblik Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora

S obzirom da oblik Plana zbrinjavanja nije propisan, prouzročitelj radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora može Plan zbrinjavanja izraditi u obliku koji mu najviše odgovara. Plan zbrinjavanja može biti samostalni dokument, a može biti i dio dokumentacije izrađene u okviru sustava upravljanja kvalitetom prouzročitelja radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora.

5.2.1. Plan zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD

Plan zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora Kliničke bolnice Dubrava (dalje u tekstu: KBD) oblikom je prilagođen ostalim dokumentima koji su izrađeni u okviru sustava upravljanja kvalitetom te se sastoji od standardnog operativnog postupka i radnih uputa koje proizlaze iz tog standardnog operativnog postupka uz potreban broj obrazaca i priloga. Popis dokumenata koji čine Plan zbrinjavanja dan je Tablici 5. Svi dokumenti dani su u prilogu ovoga diplomskog rada.

Tablica 5. Popis dokumenata koji su sastavni dio Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD

VRSTA DOKUMENTA	NAZIV DOKUMENTA
Standardni operativni postupak	Zbrinjavanje radioaktivnog otpada
Obrazac	Imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora
Obrazac	Evidencija ključeva
Obrazac	Evidencija radioaktivnog otpada u spremištu
Obrazac	Dostava podataka u središnju evidenciju
Obrazac	Izvješće o gubitku nadzora
Radna uputa	Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$
Obrazac	Zapisnik o provedenom zbrinjavanju generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$
Radna uputa	Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala
Prilog	Naljepnica za označivanje vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom
Prilog	Upute za postupanje s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom
Radna uputa	Zbrinjavanje iskorištenih izvora

5.3. Standardni operativni postupak

Standardni operativni postupak (dalje u tekstu: SOP) naziva *Zbrinjavanje radioaktivnog otpada* sadrži sljedeća poglavlja:

- Uvod
- Svrha
- Područje primjene
- Definicije
- Odgovornost
- Postupak
- Obrasci

- Reference
- Veza s drugim dokumentima.

U uvodnom dijelu SOP-a opisani su postupci koji se provode u KBD, a rezultiraju nastankom radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora te su navedene ustrojstvene jedinice u kojima radioaktivni otpad i/ili iskorišteni izvori nastaju. Navedene su i klase radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora koji nastaju u KBD te očekivana dinamika njegovog nastajanja.

U poglavlju *Svrha* naveden je razlog donošenja ovog SOP-a, a to je opisati način zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora koji nastaju u KBD, a u skladu s pozitivnim propisima Republike Hrvatske koji reguliraju ovo područje te međunarodnim preporukama.

U poglavlju *Područje primjene* navedena je ustrojstvena jedinica KBD u kojoj se ovaj SOP primjenjuje, odnosno Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju u okviru kojeg djeluje Odjel za ultrazvuk i nuklearnu medicinu.

Svi pojmovi koje se koriste u ovom SOP-u kao i u svim radnim uputama koje proizlaze iz ovog SOP-a opisani su u poglavlju *Definicije*, a preuzeti su iz Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13, 39/15, 130/17, 118/18) te Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18).

Obveza imenovanja osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora dana je u poglavlju *Odgovornost* u kojoj su popisani uvjeti kojima ta osoba mora udovoljavati. SOP-om je predviđeno za imenovanje te osobe koristiti obrazac *Imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora*. U ovom je poglavlju navedeno i to da će odgovornosti vezane uz provedbu pojedinih aktivnosti u okviru provedbe zbrinjavanja radioaktivnih izvora i iskorištenih izvora koji nastaju u KBD biti dane u radnim uputama koje proizlaze iz ovoga SOP-a.

Poglavlje *Postupak* podijeljeno je na pet potpoglavlja. U prvom potpoglavlju naziva *Prikupljanje radioaktivnog otpada, njegovo čuvanje u spremištu i predaja Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada* navedeno je da će pojedini postupci zbrinjavanja generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$, otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala te iskorištenih izvora biti opisani u radnim uputama. Procijenjeno je da se u KBD opće mjere kojima se u KBD sprječava štetan utjecaj radioaktivnog otpada te iskorištenih izvora na zaposlenike, pojedine stanovnike i okoliš mogu svesti na onemogućavanje neovlaštenog ulaza u prostorije u kojima se rukuje radioaktivnim otpadom i/ili iskorištenim izvorima. Ovo je opisano u potpoglavlju

naziva *Tehničke, organizacijske i druge mjere kojima se sprječava štetan utjecaj radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora na zaposlenike, pojedine stanovnike i okoliš*. Predviđeno je vođenje evidencije o osobama koje posjeduju ključeve i kojima im je omogućen ulaz u prethodno spomenute prostorije, putem obrasca *Evidencija ključeva*. Ostale mjere, specifične za pojedinu aktivnost u okviru provedbe zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora, poput provjere radioaktivnog onečišćenja te provjere cjelovitosti, opisane su u pripadajućim radnim uputama. Način na koji se vodi evidencija radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora opisan je u potpoglavlju *Vođenje evidencije radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u spremištu*. Predviđeno je voditi evidenciju putem obrasca *Evidencija radioaktivnog otpada u spremištu* u koji se pri unošenju radioaktivnog otpada i/ili iskorištenog izvora u spremište upisuju sljedeći podaci: datum unošenja, mjesto nastanka, ime i prezime te potpis osobe koja je radioaktivni otpad i/ili iskorišteni predala, kao i osobe koja ga je unijela u spremište. Po iznošenju radioaktivnog otpada i/ili iskorištenog izvora iz spremišta, u navedeni obrazac unose se sljedeći podaci: datum iznošenja, svrha iznošenja te ime, prezime i potpis osobe koja ga je iznijela. Izvješćivanje u središnju evidenciju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora koja se vodi pri tijelu državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost predviđeno je korištenjem obrasca *Dostava podataka u središnju evidenciju* koji je izrađen u skladu s Prilogom 4. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18). Ovo je opisano u potpoglavlju *Način dostave podataka u središnju evidenciju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora*. Iako članak 9. stavak 2. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18) to ne zahtijeva, u ovom poglavlju opisano je i postupanje u slučaju gubitka nadzora nad radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima, u potpoglavlju naziva *Postupanje u slučaju gubitka nadzora nad radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima*.

Svi obrasci koji proizlaze iz ovoga SOP-a pobrojani su poglavlju *Obrasci*, a dokumenti na koje se referira u tekstu SOP-a u poglavlju *Reference*.

U poglavlju *Veza s drugim dokumentima* pobrojani su svi dokumenti koji proizlaze iz ovoga SOP-a, odnosno sve radne upute.

U SOP-u je dana i tablica koja sadrži popis osoba koje su sudjelovale u izradi SOP-a, osobe koja ga je pregledala i osobe koja ga je odobrila. Predviđeno je mjesto za potpis svih navedenih osoba, kao i datume kada su dokument potpisale.

Na kraju SOP-a dana je i tablica koju se popunjava prilikom pregleda dokumenta, kojeg treba provesti najmanje jednom godišnje, sukladno internim pravilima donesenim u okviru sustava upravljanja kvalitetom u KBD.

SOP naziva *Zbrinjavanje radioaktivnog otpada* sadrži sve elemente koji su traženi člankom 9. stavkom 2. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18) i predstavlja temelj za izradu radnih uputa u kojima su detaljno opisane sve aktivnosti koje se provode u okviru provedbe zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

5.4. Radne upute

Iz prethodno opisanog SOP-a proizlaze sljedeće radne upute:

- Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$
- Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala
- Zbrinjavanje iskorištenih izvora.

Pri strukturiranju radnih uputa, valjalo je u obzir uzeti obvezni sadržaj radnih uputa kakav traži sustav za upravljanje kvalitetom u KBD i Prilog 2. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18) te tako svaka radna uputa sadrži sljedeća poglavlja:

- Svrha
- Područje primjene
- Odgovornost
- Postupak
- Evidencija
- Reference
- Veza s drugim dokumentima.

U poglavlju *Svrha* ukratko je objašnjena namjena svake radne upute, dok je u poglavlju *Područje primjene* definirana ustrojstvena jedinica u KBD na koju se radna uputa odnosi.

Popis osoba koje su odgovorne za provedbu pojedinih aktivnosti u postupku koji je opisan svakom radnom uputom dan je tablici u poglavlju *Odgovornosti*.

U svakoj radnoj uputi poglavlje *Postupak* sadrži šest potpoglavlja. U potpoglavlju *Preduvjeti* su u tablici pobrojani postupci i aktivnosti koje je potrebno provesti, kao i preduvjeti kojima mora biti udovoljeno da bi se postupak proveo te osobe koje su za te postupke, odnosno

aktivnosti i ostvarenje pojedinih preduvjeta odgovorne. U potpoglavlju *Mjere sigurnosti* navedene su sve one mjere radiološke sigurnosti koje je potrebno poduzeti kako bi se pojedini postupak proveo na način koji vjerojatnost ugroze zdravlja radnika, pojedinih stanovnika i okoliša svodi na minimum. Granične vrijednosti parametara, poput aktivnosti radionuklida sadržanog u vrećama u kojima je prikupljen otpadni radioaktivni medicinski materijal ili u generatoru radionuklida, dane su poglavlju *Ograničenja*. Sam postupak zbrinjavanja generatora radionuklida, otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala, odnosno iskorištenih izvora opisan je u potpoglavlju *Postupak*. U slučaju zbrinjavanja otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala opisana su oba postupka - zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog materijala nastalog u Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu te onog koji je nastao u drugim ustrojstvenim jedinicama KBD-a. Provjere poput provjere na moguće radioaktivno onečišćenje radnih površina, odnosno ruku i nogu osoba koje su postupak provele opisane su u potpoglavlju *Provjere,* dok su u poglavlju *Mjerila prihvatljivosti* dani kriteriji za uspješnost izvedbe postupka uz kratki opis načina provjere (ako nije prethodno opisan pod *Postupak*).

U poglavlju *Evidencija* opisano je na koji se način postupa s obrascima koje je po završetku postupka potrebno popuniti.

Radna uputa iz koje proizlaze zapisi (*Zbrinjavanje generatora radionuklida* $^{99}Mo/^{99m}Tc$), sadrži i poglavlje *Obrasci* u kojima je dan popis obrazaca, a radna uputa koja sadrži prilog (*Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala*), sadrži i poglavlje *Prilozi* u kojem je dan popis priloga koji su sastavni dio radnih uputa.

Kao i u slučaju prethodno opisanog SOP-a, dokumenti na koje se referira u tekstu radnih uputa popisani su u poglavlju *Reference,* a u poglavlju *Veza s drugim dokumentima* naveden je naziv SOP-a iz kojeg proizlazi pojedina radna uputa.

I radne upute sadrže tablicu s popisom osoba koje su sudjelovale u njihovoj izradi, osobe koja ih je pregledala i osobe koja ih je odobrila. Predviđeno je mjesto za potpis svih navedenih osoba, kao i datume kada su dokument potpisale.

Na kraju svake radne upute dana je i tablica koju se popunjava prilikom pregleda dokumenta kojeg treba provesti najmanje jednom godišnje, sukladno internim pravilima donesenim u okviru sustava upravljanja kvalitetom u KBD.

5.5. Izazovi vezani uz izradu plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora KBD

Kako je prethodno rečeno, pozitivni propisi ne propisuju oblik Plana zbrinjavanja u kojem ga prouzročitelj radioaktivnog otpada i/ili iskorištenih izvora mora izraditi te je stoga prije same izrade navedenog Plana trebalo odlučiti o obliku u kojem će biti izrađen. Postupak izrade Plana zbrinjavanja kao samostalnog dokumenta daleko je jednostavniji od oblika u kojem je izrađen, međutim KBD odlučila se je za oblik koji podrazumijeva standardni operativni postupak i radne upute, kako bi Plan bio u skladu s ostalim sličnim internim dokumentima izrađenim u okviru sustava za upravljanje kvalitetom. Iz tog je razloga izrada Plana, osim poznavanja pozitivnih propisa Republike Hrvatske i međunarodnih preporuka iz područja zbrinjavanja radioaktivnog otpada koji nastaje uporabom otvorenih radioaktivnih izvora u svrhu provedbe dijagnostičkih postupaka te zatvorenih radioaktivnih izvora u svrhu provedbe provjere kvalitete SPECT/CT uređaja, podrazumijevala i poznavanje sustava upravljanja kvalitetom u KBD. Uz navedeno, bila je neophodna suradnja svih struka koje u provedbi navedenih dijagnostičkih postupaka sudjeluju - doktora medicine specijalista nuklearne medicine, kemičara, radioloških tehnologa i fizičara, uz savjetovanje s osobom odgovornom za zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Jedan od izazova s kojima se KBD suočila prilikom izrade Plana zbrinjavanja bilo je i definiranje odgovornosti za provedbu pojedinih aktivnosti, odnosno postupaka te osiguranje preduvjeta za mogućnost njihove provedbe

.

5.6. Prilozi standardnih operativnih postupaka, radnih uputa i obrazaca

ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

KLINIČKA BOLNICA DUBRAVA

VRSTA	NAZIV	BROJ
SOP	ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA	
OBR	Imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora	
OBR	Evidencija ključeva	
OBR	Evidencija radioaktivnog otpada u spremištu	
OBR	Dostava podataka u središnju evidenciju	
OBR	Izvješće o gubitku nadzora	
RU	Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$	
OBR	Zapisnik o provedenom zbrinjavanju generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$	
RU	Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala	
PRIL	Naljepnica za označivanje vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom	
PRIL	Upute za postupanje s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom	
RU	Zbrinjavanje iskorištenih izvora	

ZBRINJAVANJE RADIOATIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Šifra i naziv klinike, (Kl. zavoda, centra, zavoda) Šifra i naziv zavoda Šifra i naziv odjela, kliničke jedinice
PLAN ZBRINJAVANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA	Broj: Datum stupanja na snagu: Zamjenjuje prijašnji broj: /

UVOD

U Kliničkoj bolnici Dubrava radioaktivni otpad nastaje kao posljedica provedbe dijagnostičkih postupaka otvorenim radioaktivnim izvorima te postupaka kalibracije i provjere kvalitete detektora koji su sastavni dio SPECT/CT uređaja.

Radioaktivni otpad najvećim dijelom nastaje u prostorijama Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju (dalje u tekstu: KZDIR - OUNM), ali nastaje i u ostalim ustrojstvenim jedinicama u kojima se po provedenom dijagnostičkom postupku smještaju bolnički pacijenti.

Radioaktivni otpad koji nastaje u prostorijama KZDIR-OUNM čine generatori radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$ (dalje u tekstu: generator), vata, staničevina, igle, šprice i slično te zatvoreni radioaktivni izvori koji se koriste za provjeru kvalitete detektora i kalibratora aktivnosti. Generatori radionuklida se nabavljaju svaka dva tjedna te se očekuje otpuštanje iz nadzora xx† komada generatora godišnje. Zatvoreni radioaktivni izvori nabavljaju se svake dvije godine te je predviđeno predavanje Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada dva takva izvora svake dvije godine. Ostali radioaktivni otpad u prostorijama KZDIR-OUNM nastaje svakodnevno, kao posljedica provedbe dijagnostičkih postupaka otvorenim radioaktivnim izvorima. Ova vrsta radioaktivnog otpada otpušta se iz nadzora u količini xx m^3 svaki tjedan.

U ustrojstvenim jedinicama u kojima se po provedenom dijagnostičkom postupku smještaju bolnički pacijenti radioaktivni otpad čine intravenske cjevčice (kanile), infuzijski sustavi, centralni venski kateteri, nazogastrične sonde, urinarni kateteri, drenažne vrećice, tubusi, vrećice za urin te pelene. Očekivani broj ovih pacijenata je do deset tjedno.

† Polja označena žutim markerom predstavljaju mjesta za upis veličina ili naziva pri upotrebi Plana.

Radioaktivni otpad nastao kao posljedica provedbe dijagnostičkih postupaka pripada klasi vrlo kraktoživućeg radioaktivnog otpada. Radioaktivni otpad kojeg čine iskorišteni izvori pripada klasi niskoradioaktivnog otpada.

SVRHA

Svrha ovog standardnog operativnog postupka je opisati način zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u skladu sa zahtjevima danim u Pravilniku o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18) te međunarodnim preporukama.

PODRUČJE PRIMJENE

Ovaj standardni operativni postupak primjenjuje se u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju, xxxx, xxxx, xxxx.

DEFINICIJE

Iskorišteni izvor jest onaj zatvoreni radioaktivni izvor koji se ne koristi ili se ne namjerava koristiti za obavljanje prethodno odobrene djelatnosti, ali se i dalje s njim postupa na propisan i siguran način.

Otpuštanje iz nadzora jest prestanak obveze primjenjivanja odredbi propisanih zakonom koji uređuje radiološku i nuklearnu sigurnost i na temelju njega donesenih podzakonskih propisa na radioaktivni otpad i iskorištene izvore, izvore ionizirajućeg zračenja ili građevine koji su bili uključeni u djelatnost zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora ili djelatnost s izvorima ionizirajućeg zračenja.

Otvoreni radioaktivni izvor jest radioaktivni izvor koji nije zatvoreni radioaktivni izvor, a može biti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju.

Radioaktivni izvor jest radioaktivna tvar u kojoj aktivnost i/ili koncentracija aktivnosti radionuklida prelazi propisane granične vrijednosti za izuzimanje iz nadzora.

Radioaktivni otpad jest otpadna tvar u plinovitom, tekućem ili krutom stanju za koju nije predviđena daljnja uporaba, koja sadržava radioaktivne tvari čija je aktivnost ili koncentracija aktivnosti iznad granične vrijednosti za otpuštanje iz nadzora koju pravilnikom propisuje ministar.

Radioaktivno onečišćenje jest nenamjerna ili neželjena prisutnost radioaktivnih tvari na površinama ili unutar krutih tvari, tekućina ili plinova ili na ljudskom tijelu iznad propisanih granica.

Spremište jest samostalna građevina ili prostorija unutar građevine druge namjene koja je prikladna za privremenu pohranu radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u svrhu kontroliranog odležavanja ili kratkotrajnog zadržavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora prije predaje Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada.

Zatvoreni radioaktivni izvor jest radioaktivni izvor zatvoren u nepropusnoj ovojnici od neradioaktivne tvari ili ugrađen u čvrsti oblik tako da radioaktivna tvar u normalnim uvjetima rada ne može doći u dodir s okolišem.

ODGOVORNOST

Za osiguranje uvjeta za provedbu zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u skladu s ovim standardnim operativnim postupkom odgovorna osoba odgovorna je za zabrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora koju putem obrasca Imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxxx imenuje ravnatelj Kliničke bolnice Dubrava. Sredstva za osiguranje navedenih uvjeta osigurava ravnatelj Kliničke bolnice Dubrava.

Osoba odgovorna za zabrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora mora imati završen preddiplomski i diplomski sveučilišni studij ili integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij tehničke ili prirodne struke i posebno stručno obrazovanje za rukovanje izvorima ionizirajućeg zračenja i primjenu mjera radiološke sigurnosti koje se stječe redovitim obrazovanjem, specijalističkim obrazovanjem ili dodatnim obrazovanjem, o čemu mora postojati pisani dokaz te za nju ne smiju postojati sigurnosne zapreke za obavljanje preuzete obveze.

Odgovornosti vezane uz pojedine aktivnosti u okviru provedbe zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora opisane su u radnim uputama Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$ broj: xxxx, Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala broj: xxxx i Zbrinjavanje zatvorenih radioaktivnih izvora broj: xxxx.

POSTUPAK

1. **Prikupljanje radioaktivnog otpada, njegovo čuvanje u spremištu i predaja Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada**

Radioaktivni otpad prikuplja se, čuva u spremištu i predaje Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada u skladu s radnim uputama Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$ broj: xxxx, Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala broj: xxxx i Zbrinjavanje zatvorenih radioaktivnih izvora broj: xxxx.

2. **Tehničke, organizacijske i druge mjere kojima se sprječava štetan utjecaj radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora na zaposlenike, pojedine stanovnike i okoliš**

Ulaz neovlaštenim osobama u prostorije KZDIR-OUNM onemogućen je vratima koje je moguće otvoriti samo ključem. Ulaz u spremište radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora, soba 11C (dalje u tekstu: spremište) također je moguć samo osobama koje posjeduju ključ. Evidencije o osobama koje posjeduju ključeve vodi se putem obrasca Evidencije ključeva broj: xxxx.

3. **Vođenje evidencije radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u spremištu**

Evidencije radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u spremištu vode se putem obrasca Evidencije radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx.

Evidencije radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u spremištu čuvaju se najmanje pet godina nakon završetka pojedinih postupaka otpuštanja iz nadzora ili iskorištenih izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada

4. **Način dostave podataka u središnju evidenciju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora**

Tijelu državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost se svake godine do 15. veljače dostavljaju podaci za upis u središnju evidenciju, a vezano uz stanje u spremištu na dan 31. prosinca prethodne godine. Podaci se dostavljaju putem obrasca Dostava podataka u središnju evidenciju broj: xxxx.

5. **Postupanje u slučaju gubitka nadzora nad radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima**

U slučaju gubitka nadzora nad radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima, osoba odgovorna za zabrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora obveza je o istome

odmah obavijestiti tijelo državne uprave nadležno za radiološku sigurnost putem obrasca Izvješće o gubitku nadzora broj: xxxx.

OBRASCI

Imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxxx

Evidencija ključeva broj: xxxx

Evidencija radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx

Dostava podataka u središnju evidenciju broj: xxxx

Izvješće o gubitku nadzora broj: xxxx

REFERENCE

Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13, 39/15, 130/17, 118/18)

Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18)

VEZA S DRUGIM DOKUMENTIMA

Zbrinjavanje generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$ broj: xxxx

Zbrinjavanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala broj: xxxx

Zbrinjavanje iskorištenih izvora broj: xxxx

	Izradio/la	Pregledao/la	Odobrio/la
Datum:			
Potpis:			
Ime i prezime:	dr. sc. Ivana Kralik, dipl. ing. fiz. dr. sc. Željko Kušter, dipl. ing. kem. Luka Tarle, bacc. rad. tech.	dr. sc. Igor Čikara, dr. med.	prof. dr. sc. Boris Brkljačić, dr. med.
Dužnost:	fizičar kemičar radiološki tehnolog	Voditelj Kliničke jedinice za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju	Predstojnik Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju

PREGLED DOKUMENTA

DATUM PREGLEDA	**POTREBNA REVIZIJA** (DA, NE)	**POGLAVLJA ZA REVIZIJU**	**POTPIS**

IMENOVANJE OSOBE ODGOVORNE ZA ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za imenovanje osobe odgovorne za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: RU broj: xxxxx	

Zagreb, _____

(*datum*)

Temeljem članka 10. stavka 5. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i Iskorištenih Izvora (NN 12/18), imenujem

_____

(*ime i prezime*)

osobom odgovornom za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

RAVNATELJ

EVIDENCIJA KLJUČEVA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za vođenje evidencije o osobama koje posjeduju ključeve koji omogućuju pristup spremištu radioaktivnog otpada	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: RU broj: xxxxx	

R.b.	Ime i prezime osobe koja je preuzela ključ	Ukupan broj preuzetih ključeva	Preuzeti su ključevi od‡	Datum preuzi-manja ključeva	Potpis osobe koja je preuzela ključeve	Ime i prezime te potpis osobe koja je predala ključeve	Ukupan broj vraćenih ključeva	Datum vraćanja ključeva	Potpis osobe koja je vratila ključeve	Ime i prezime te potpis osobe kojoj su ključevi vraćeni
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							
			☐ Hot ☐ Spremišta							

‡ Hot - vrata na ulazu u hot-laboratorij (soba 11)

EVIDENCIJA RADIOAKTIVNOG OTPADA U SPREMIŠTU	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za vođenje evidencije o radioaktivnom otpadu u spremištu	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: SOP-u broj: xxxxx	

R.b.	**Vrsta radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora**	**Broj žute vreće†**	**Podaci o odlaganju u spremište**	**Podaci o iznošenju iz spremišta**
			Datum:	Datum:
			Mjesto nastanka:	Svrha iznošenja iz spremišta:
			Osoba koja je predala RAO ili iskorišteni izvor za odlaganje u spremište (ime i prezime te potpis):	Osoba koja je iznijela RAO ili iskorišteni izvor iz spremišta (ime i prezime te potpis):
			Osoba koja je RAO ili iskorišteni izvor odložila u spremište (ime i prezime te potpis):	Napomena:
			Datum:	Datum:
			Mjesto nastanka:	Svrha iznošenja iz spremišta:
			Osoba koja je predala RAO ili iskorišteni izvor za odlaganje u spremište (ime i prezime te potpis):	Osoba koja je iznijela RAO ili iskorišteni izvor iz spremišta (ime i prezime te potpis):
			Osoba koja je RAO ili iskorišteni izvor odložila u spremište (ime i prezime te potpis):	Napomena:
			Datum:	Datum:
			Mjesto nastanka:	Svrha iznošenja iz spremišta:
			Osoba koja je predala RAO ili iskorišteni izvor za odlaganje u spremište (ime i prezime te potpis):	Osoba koja je iznijela RAO ili iskorišteni izvor iz spremišta (ime i prezime te potpis):
			Osoba koja je RAO ili iskorišteni izvor odložila u spremište (ime i prezime te potpis):	Napomena:
			Datum:	Datum:
			Mjesto nastanka:	Svrha iznošenja iz spremišta:
			Osoba koja je predala RAO ili iskorišteni izvor za odlaganje u spremište (ime i prezime te potpis):	Osoba koja je iznijela RAO ili iskorišteni izvor iz spremišta (ime i prezime te potpis):
			Osoba koja je RAO ili iskorišteni izvor odložila u spremište (ime i prezime te potpis):	Napomena:

† Upisati u slučaju otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala

DOSTAVA PODATAKA U SREDIŠNJU EVIDENCIJU	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za dostavu podataka o stanju u spremištu radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora u središnju evidenciju koja se vodi pri tijelu državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: SOP-u broj: xxxxx	

PODACI O STANJU U SPREMIŠTU RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISKORIŠTENIH IZVORA NA DAN

31. PROSINCA _____ GODINE

R.b.	Naziv podatka	Podatak	Vrsta podatka	Jedinica
1.	Evidencijski broj	*Evidencijski broj paketa:* n/a†	Brojčani	
2.	Prouzročitelj i/ili vlasnik	KLINIČKA BOLNICA DUBRAVA AVENIJA GOJKA ŠUŠKA 6, ZAGREB	Tekst	
3.	OIB	*Identifikacijski broj prouzročitelja i/ili vlasnika:* 32206148371	Brojčani	
4.	Građevina	*Naziv građevine:* KLINIČKA BOLNICA DUBRAVA KLINIČKI ZAVOD ZA DIJAGOSTIČKU I INTERVENCIJSKU RADIOLOGIJU ODJEL ZA ULTRAZVUK I NUKLEARNU MEDICINU SPREMIŠTE RADIOAKTIVNOG OTPADA (SOBA 11C)	Tekst	
5.	Lokacija	*Lokacija paketa u građevini:* Mjesto predviđeno za odlaganje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala	Tekst	
6.	Klasa	*Klasa radioaktivnog otpada:* Vrlo kratkoživući radioaktivni otpad	Tekst	
7.	Vrsta	*Kruti ili tekući:* Kruti	Tekst	
8.	Datum	*Datum nastanka radioaktivnog otpada i iskorištenog izvora koji se koristi za izračun aktivnosti:*	Datum	
9.	Spremnici	*Vrsta odobrenih spremnika:* n/a	Tekst	
10.	Masa	*Masa paketa:* n/a	Brojčani	kg
11.	Volumen	*Volumen paketa:* n/a	Brojčani	m^3
12.	Kontaminacija	*Površinska kontaminacija paketa:* n/a	Brojčani	Bq/dm^2
13.	Brzina doze	*Najveća izmjerena brzina doze na površini paketa:* n/a	Brojčani	mSv/h
14.	Obrada	*Obrada:* Otpadni radioaktivni medicinski materijal ne zahtijeva obradu.	Tekst	
15.	Daljnja obrada	*Daljnja obrada:* Otpadni radioaktivni medicinski materijal ne zahtijeva obradu.	Tekst	

† U Kliničkoj bolnici Dubrava ne koriste se paketi u postupku zbrinjavanja otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala, u smislu definicije paketa dane u Pravilniku o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18).

R.b.	Naziv podatka	Podatak	Vrsta podatka	Jedi-nica
16.	Kraj	*Predviđena godina u kojoj će aktivnost paketa pasti na ili ispod razine otpuštanja iz nadzora:* n/a	Brojčani	godina
17.	Radionuklidi	Povezano s Tablicom 2.† Inventar radionuklida u paketu: n/a	Brojčani	

Na dan 31. prosinca _____ godine, u spremištu radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora nalazilo se ukupno _____ komada žutih vreća s krutim otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom. Ovaj otpad čine vata, staničevina, igle, šprice i slično, a nastaje kao posljedica provedbe dijagnostičkih postupaka uporabom otvorenih radioaktivnih izvora (radionuklid: ^{99m}Tc).

Tjedan dana nakon odlaganja u spremište, sadržaj žutih vreća tretira se kao ostali komunalni otpad.

U spremištu su se na dan 31. prosinca _____ godine nalazili i sljedeći iskorišteni izvori:

R.b.	Serijski broj	Radionuklid	Radioaktivni izvor se koristio za	Datum proizvodnje	Aktivnost na dan proizvodnje

Osoba odgovorna za zbrinjavanje
radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora

_____

(ime i prezime te potpis)

† Odnosi se na tablicu 2. Priloga 4. Pravilnika o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18).

IZVJEŠĆE O GUBITKU NADZORA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za izvješćivanje tijela državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost o gubitku nadzora nad radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: SOP-u broj: xxxxx	

Vrsta događaja:	☐ gubitak radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora ☐ krađa radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora ☐ znatno prolijevanje radioaktivnog otpada ☐ neovlašteno korištenje radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora ☐ ispuštanje radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora u okoliš
Opis radioaktivnog otpada ili iskorištenog izvora†:	
Kratki opis događaja:	
Kratki opis poduzetih mjera:	
Datum izvješća:	
Osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (ime i prezime te potpis):	

† U slučaju iskorištenog izvora obvezno navesti oblik izvora, prethodnu namjenu, radionuklid, serijski broj, datum proizvodnje te aktivnost na dan proizvodnje.

ZBRINJAVANJE GENERATORA RADIONUKLIDA ^{99}Mo/^{99m}Tc	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
RADNA UPUTA	Broj: Datum stupanja na snagu: Zamjenjuje prijašnji broj:
Temeljeno na SOP-u broj: xxxx	

SVRHA

Svrha ove radne upute je opisati postupak zbrinjavanja generatora radionuklida ^{99}Mo/^{99m}Tc (dalje u tekstu: generator).

PODRUČJE PRIMJENE

Ova radna uputa primjenjuje se u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju.

ODGOVORNOST

U sljedećoj tablici dan je popis osoba odgovornih za pojedine postupke u okviru provedbe zbrinjavanja generatora:

Postupak	Odgovorna osoba
Odlaganje generatora koji više nije u uporabi u spremište radioaktivnog otpada i upis u evidenciju	Osoba koja u uporabu stavlja novi generator
Rastavljanje generatora i sortiranje otpada	Radiološki tehnolog
Provjera dijelova generatora te radnih ploha radi utvrđivanja mogućeg radioaktivnog onečišćenja	Kemičar
Zbrinjavanje metalnog, polimernog te infektivnog otpada	Sektor tehničkih poslova - Služba integriranih sustava zaštite

POSTUPAK

1. PREDUVJETI

U sljedećoj tablici dan je popis postupaka i aktivnosti te preduvjeta kojima mora biti udovoljeno prije provedbe postupka, kao i osoba odgovornih za ostvarenje tih preduvjeta.

Postupak / aktivnost / preduvjet	Odgovorna osoba
U spremištu je osigurano mjesto za odlaganje generatora do njihovog rastavljanja	Kemičar
Dostupne su radne plohe neprekinutih lakoperivih površina	Kemičar
Osiguran je dostatan broj zaštitnih rukavica	Radiološki tehnolog
Osiguran je dostatan broj jednokratnih rukavica od lateksa	Glavna sestra Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu[§†]
Osiguran je dostatan broj spremnika za infektivni otpad	Glavna sestra Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu
Osiguran je prijenosni uređaj za provjeru radioaktivnog onečišćenja	Kemičar

2. MJERE SIGURNOSTI

Ulaz u spremište mora biti pod nadzorom, u skladu sa standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

U prostoriji u kojoj se rastavljaju generatori, za vrijeme rastavljanja generatora smiju boraviti samo osobe koje sudjeluju u postupku rastavljanja i provjere radioaktivnog onečišćenja.

Osoba koja rastavlja generator obvezna je nositi zaštitne rukavice kako bi se spriječile ozljede zbog oštrih predmeta. Ispod zaštitnih rukavica obvezno nosi jednokratne rukavice od lateksa kao zaštitu od mogućeg radioaktivnog onečišćenja.

Prilikom rastavljanja generatora, prijenosnim uređajem za provjeru radioaktivnog onečišćenja provjeravaju se svi dijelovi generatora, osim kromatografskih kolona, na moguće radioaktivno onečišćenje. Obvezno je nošenje jednokratnih rukavica od lateksa.

† Ili vršitelj dužnosti glavne sestre Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu

3. OGRANIČENJA

Generator se u spremište odlaže nakon četiri tjedna uporabe, a rastavlja se najranije nakon tri mjeseca odležavanja u spremištu[†].

4. POSTUPAK

1. Generator koji više nije u uporabi odložiti u spremište radioaktivnog otpada (soba 11C).
2. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencije radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx.
3. Najranije tri mjeseca nakon odlaganja, rastaviti generator pri čemu se posebno odvajaju:
   - metalni dijelovi
   - polimerni dijelovi
   - kromatografske kolone.
4. Kromatografske kolone odložiti u spremnike predviđene za infektivni otpad i zbrinuti kao infektivni otpad.
5. Metalni dijelovi zbrinjavaju se kao metalni otpad.
6. Polimerni dijelovi zbrinjavaju se kao polimerni otpad.
7. Popuniti obrazac Zapisnik o provedenom rastavljanju generatora broj: xxxx.

5. PROVJERE

Po završenom rastavljanju generatora prijenosnim uređajem za provjeru radioaktivnog onečišćenja provjeriti sve radne plohe radi utvrđivanja mogućeg radioaktivnog onečišćenja. Obvezno je nošenje jednokratnih rukavica od lateksa.

Po ispunjenom obrascu Zapisnik o provedenom rastavljanju generatora broj: xxxx, usporediti serijske brojeve kromatografskih kolona upisanih u obrazac s brojevima napisanim na spremniku za infektivni otpad.

[†] Primijenjen je konzervativni pristup izračunu vremena potrebnog za odležavanje generatora u spremištu - računa se kao da na dan odlaganja u spremište sadrži početnu aktivnost te se uzima u obzir aktivnost radionuklida ^{99}Mo koja predstavlja kriterij za otpuštanje iz nadzora.

6. MJERILA PRIHVATLJIVOSTI

Sve kromatografske kolone moraju biti u spremniku za infektivni otpad koji je zatvoren na predviđen način.

Metalni i polimerni dijelovi odvojeni su od radioaktivnog otpada.

Niti jedan dio rastavljenog generatora, kao ni radne plohe nisu radioaktivno onečišćeni.

EVIDENCIJA

Popunjen obrazac Zapisnik o provedenom rastavljanju generatora broj: xxxx čuva se na za to predviđenom mjestu u spremištu u skladu s rokovima određenim standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

OBRASCI

Zapisnik o provedenom rastavljanju generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$ broj: xxxx

REFERENCE

Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18)

VEZA S DRUGIM DOKUMENTIMA

Standardni operativni postupak Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx

	Izradio/la	Pregledao/la	Odobrio/la
Datum:		7. 2. 2020.	8. 2. 2020.
Potpis:			
Ime i prezime:	dr. sc. Ivana Kralik, dipl. ing. fiz. dr. sc. Željko Kušter, dipl. ing. kem. Luka Tarle, bacc. rad. tech.	dr. sc. Igor Čikara, dr. med.	prof. dr. sc. Boris Brkljačić, dr. med.
Dužnost:	fizičar kemičar radiološki tehnolog	Voditelj Kliničke jedinice za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju	Predstojnik Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju

PREGLED DOKUMENTA

DATUM PREGLEDA	**POTREBNA REVIZIJA** (DA, NE)	**POGLAVLJA ZA REVIZIJU**	**POTPIS**

ZAPISNIK O PROVEDENOM ZBRINJAVANJU GENERATORA RADIONUKLIDA $^{99}Mo/^{99m}Tc$	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Obrazac za unos podataka po provedenom zbrinjavanju generatora radionuklida $^{99}Mo/^{99m}Tc$	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: RU broj: xxxxx	

R.b.	BROJ KOLONE	INTERNI BROJ GENERATORA	GODINA PROIZVODNJE

Datum zbrinjavanja generatora:	
Rastavljanje generatora izvršili (ime i prezime te potpis svake osobe koja je sudjelovala u rastavljanju generatora):	
Je li utvrđeno radioaktivno onečišćenje bilo kojeg dijela generatora ili radnih ploha?	☐ DA ☐ NE
Ako je odgovor na prethodno pitanje „DA“, kratko opisati poduzete mjere u svrhu uklanjanja radioaktivnog onečišćenja:	
Provjeru na radioaktivno onečišćenje proveo/la (ime i prezime te potpis):	

ZBRINJAVANJE OTPADNOG RADIOAKTIVNOG MEDICINSKOG MATERIJALA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
RADNA UPUTA	Broj: Datum stupanja na snagu: Zamjenjuje prijašnji broj:
Temeljeno na SOP-u broj: xxxx	

SVRHA

Svrha ove radne upute je opisati postupak zbrinjavanja otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala.

PODRUČJE PRIMJENE

Ova radna uputa primjenjuje se u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju.

ODGOVORNOST

U sljedećoj tablici dan je popis osoba odgovornih za pojedine postupke u okviru provedbe zbrinjavanja otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala:

Postupak	Odgovorna osoba
Postavljanje žutih vreća u kante za prikupljanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala	Spremačica
Prikupljanje vreća iz kanti za prikupljanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala, stavljanje vreća u veću žutu vreću te odlaganje u spremište	Spremačica
Prihvat vreća s otpadnim radioaktivnim materijalom prikupljenim u ustrojstvenoj jedinici u kojoj se nalazi bolesnik koji je prethodno podvrgnut dijagnostičkom postupku uporabom otvorenih radioaktivnih izvora i odlaganje u spremište	Spremačica
Iznošenje žute vreće iz spremišta i tretiranje kao ostali komunalni otpad	Spremačica

Postupak	Odgovorna osoba
Provjera na moguće radioaktivno onečišćenje žutih vreća po iznošenju iz spremišta	Kemičar

POSTUPAK

7. ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG MEDICINSKOG MATERIJALA NASTALOG U PROSTORIJAMA ODJELA ZA ULTRAZVUK I NUKLEARNU MEDICINU

a. PREDUVJETI

U sljedećoj tablici dan je popis postupaka i aktivnosti te preduvjeta kojima mora biti udovoljeno prije provedbe postupka, kao i osoba odgovornih za ostvarenje tih preduvjeta.

Postupak / aktivnost / preduvjet	Odgovorna osoba
Osiguran je dostatan broj žutih polietilenskih vreća odgovarajuće veličine.	Spremačica
Osiguran je dostatan broj kanti za prikupljanje otpadnog radioaktivnog materijala od odgovarajućeg materijala i zaštitne moći	Voditelj Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu
Osiguran je dostatan broj jednokratnih rukavica od lateksa	Glavna sestra Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu[†]
Osiguran je dostatan broj zaštitnih pregača odgovarajućih veličina	Voditelj Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu
Osiguran je dostatan broj naljepnica za označivanje vreća koje se odlažu u spremište	Spremačica

b. MJERE SIGURNOSTI

Pri rukovanju otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom obvezno je koristiti jednokratne rukavice od lateksa.

[†] Ili vršitelj dužnosti glavne sestre Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu

Prije uporabe vreća za prikupljanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala, obvezno je provjeriti je li vreća neoštećena.

Ulaz u spremište mora biti pod nadzorom, u skladu sa standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

c. OGRANIČENJA

Vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom koje su smještene u kantama prikupljaju se jednom tjedno, obvezno ponedjeljkom prije početka rada s otvorenim radioaktivnim izvorima kako bi se smanjilo moguće ozračenje osobe koja otpad prikuplja.

d. POSTUPAK

i. U kantu predviđenu za prikupljanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala (vata, staničevina, igle, šprice i slično) odlagati samo radioaktivni materijal.

ii. Bočice s radioaktivnim sadržajem, staničevina i rukavice odlagati u kantu bez posebnog rukovanja.

iii. Štrcaljke, nakon iniciranja radiofarmaceutskog pripravka pacijentu, odložiti u kantu s čvrsto usađenom iglom i kapicom igle. Igle se s usađenom kapicom mogu se odložiti u PVC posude za takvu vrstu otpada.

iv. Dogodi li se curenje radioaktivnog sadržaja (npr. zbog pucanja bočice), bočicu ili štrcaljku treba umotati u staničevinu i u jednokratnoj rukavici od lateksa odložiti u kantu.

v. Nakon bacanja radioaktivnog otpada u kantu, kantu dobro zatvoriti poklopcem u svrhu smanjenja mogućnosti nepotrebnog ozračenja zaposlenika i pacijenata.

vi. Vreće prikupljene iz kanti staviti u veću žutu vreću na koju se stavlja Naljepnica za označivanje vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom broj: xxxx te popuniti naljepnicu.

vii. Veću žutu vreću s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom odložiti u označen prostor ograđen olovnim ciglama u spremištu (soba 11C).

viii. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencija radioaktivnog materijala u spremištu broj xxxx.

ix. Veću žutu vreću s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom ukloniti iz spremišta dva tjedna† nakon odlaganja u spremište i tretirati ju kao ostali komunalni otpad. Vreću prethodno provjeriti na moguće radioaktivno onečišćenje.

x. Izvršiti provjeru mogućeg radioaktivnog onečišćenja ruku i nogu pomoću uređaja za provjeru radioaktivnog onečišćenja ekstremiteta.

xi. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencija radioaktivnog materijala u spremištu broj xxxx.

1.5. PROVJERE

Po iznošenju veće žute vreće iz spremišta, obvezno je provesti provjeru na moguće radioaktivno onečišćenje. Obvezno je nošenje rukavica od lateksa. Po skidanju rukavica od lateksa, obvezno je provesti provjeru ruku i nogu na moguće radioaktivno onečišćenje.

1.6. MJERILA PRIHVATLJIVOSTI

Veća žuta vreća nije radioaktivno onečišćena.

8. ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG MEDICINSKOG MATERIJALA NASTALOG U DRUGIM USTROJSTVENIM JEDINICAMA KLINIČKE BOLNICE DUBRAVA

a. PREDUVJETI

U sljedećoj tablici dan je popis postupaka i aktivnosti te preduvjeta kojima mora biti udovoljeno prije provedbe postupka, kao i osoba odgovornih za ostvarenje tih preduvjeta.

Postupak / aktivnost / preduvjet	Odgovorna osoba
Osiguran je dostatan broj uputa za postupanje s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom koje su u Prilogu ovih radnih uputa	Voditelj Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu
Zaposlenicima koji su u pratnji odjelnih bolesnika na raspolaganju su upute za postupanje s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom	Radiološki tehnolog

† Primijenjen je konzervativni pristup izračunu vremena potrebnog za odležavanje žute vreće u spremištu - računa se kao da na dan odlaganja u spremište žuta vreća sadrži radionuklide aktivnosti jednake tjednoj utrošenoj aktivnosti radiofarmaceutskih pripravaka te se uzima u obzir aktivnost radionuklida ^{99}Mo koja predstavlja kriterij za otpuštanje iz nadzora.

Postupak / aktivnost / preduvjet	Odgovorna osoba
Osiguran je dostatan broj žutih polietilenskih vreća odgovarajuće veličine.	Spremačica
Osiguran je dostatan broj jednokratnih rukavica od lateksa	Kemičar
Osiguran je dostatan broj zaštitnih pregača odgovarajućih veličina	Voditelj Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu
Osiguran je dostatan broj naljepnica za označivanje vreća koje se odlažu u spremište	Spremačica

b. MJERE SIGURNOSTI

Pri rukovanju otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom obvezno je koristiti jednokratne rukavice od lateksa.

Prije uporabe vreća za prikupljanje otpadnog radioaktivnog medicinskog materijala, obvezno je provjeriti je li vreća čitava.

Ulaz u spremište mora biti pod nadzorom, u skladu sa standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

c. OGRANIČENJA

Otpad prikupljen u ustrojstvenoj jedinici u kojoj se nalazi bolesnik koji je prethodno podvrgnut dijagnostičkom pregledu uporabom otvorenih radioaktivnih izvora ne smije sadržavati višekratnu posteljinu te odjeću i obuću pacijenta.

d. POSTUPAK

i. Vreću koju donese zaposlenik ustrojstvene jedinice u kojoj se nalazi bolesnik koji je prethodno podvrgnut dijagnostičkom pregledu uporabom otvorenih radioaktivnih izvora staviti u žutu vreću na koju se stavlja Naljepnica za označivanje vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom broj: xxxx te popuniti naljepnicu.

ii. Žutu vreću s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom odložiti u označen prostor ograđen olovnim ciglama u spremištu (soba 11C).

iii. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencija radioaktivnog materijala u spremištu broj xxxx. Obrazac popunjava zaposlenik ustrojstvene jedinice u kojoj se nalazi bolesnik i osoba koja je vreću preuzela.

iv. Veću žutu vreću s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom ukloniti iz spremišta dva tjedna† nakon odlaganja u spremište i tretirati ju kao ostali komunalni otpad. Vreću prethodno provjeriti na moguće radioaktivno onečišćenje.

v. Izvršiti provjeru mogućeg radioaktivnog onečišćenja ruku i nogu pomoću uređaja za provjeru radioaktivnog onečišćenja ekstremiteta.

vi. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencija radioaktivnog materijala u spremištu broj xxxx.

1.7. PROVJERE

Po iznošenju žute vreće iz spremišta, obvezno je provesti provjeru na moguće radioaktivno onečišćenje. Obvezno je nošenje rukavica od lateksa. Po skidanju rukavica od lateksa, obvezno je provesti provjeru ruku i nogu na moguće radioaktivno onečišćenje.

1.8. MJERILA PRIHVATLJIVOSTI

Žuta vreća nije radioaktivno onečišćena.

EVIDENCIJA

Popunjen obrazac Evidencija radioaktivnog materijala u spremištu: xxxx čuva se na za to predviđenom mjestu u spremištu u skladu s rokovima određenim standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

PRILOZI

Naljepnica za označivanje vreće s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom broj: xxxx
Upute za postupanje s otpadnim radioaktivnim medicinskim materijalom broj: xxxx

† Primijenjen je konzervativni pristup izračunu vremena potrebnog za odležavanje žute vreće u spremištu - računa se kao da na dan odlaganja u spremište žuta vreća sadrži radionuklide aktivnosti jednake tjednoj utrošenoj aktivnosti radiofarmaceutskih pripravaka te se uzima u obzir aktivnost radionuklida ^{99}Mo koja predstavlja kriterij za otpuštanje iz nadzora.

REFERENCE

Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18)

VEZA S DRUGIM DOKUMENTIMA

Standardni operativni postupak Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx

<table>
<tr><td></td><td>Izradio/la</td><td>Pregledao/la</td><td>Odobrio/la</td></tr>
<tr><td>Datum:</td><td></td><td>7. 2. 2020.</td><td>8. 2. 2020.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Potpis:</td><td></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ime i prezime:</td><td>dr. sc. Ivana Kralik, dipl. ing. fiz.</td><td rowspan="3">dr. sc. Igor Čikara, dr. med.</td><td rowspan="3">prof. dr. sc. Boris Brkljačić, dr. med.</td></tr>
<tr><td>dr. sc. Željko Kušter, dipl. ing. kem.</td></tr>
<tr><td>Luka Tarle, bacc. rad. tech.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Dužnost:</td><td>fizičar</td><td rowspan="3">Voditelj Kliničke jedinice za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju</td><td rowspan="3">Predstojnik Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju</td></tr>
<tr><td>kemičar</td></tr>
<tr><td>radiološki tehnolog</td></tr>
</table>

PREGLED DOKUMENTA

DATUM PREGLEDA	**POTREBNA REVIZIJA** (DA, NE)	**POGLAVLJA ZA REVIZIJU**	**POTPIS**

NALJEPNICA ZA OZNAČIVANJE VREĆE S OTPADNIM RADIOAKTIVNIM MEDICINSKIM MATERIJALOM	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Prilog	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: RU broj: xxxxx	

OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*	**OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL** BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*
OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*	**OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL** BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*
OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*	**OTPADNI RADIOAKTIVNI MEDICINSKI MATERIJAL** BROJ VREĆE: *(redni broj vreće u godini/godina)*

UPUTE ZA POSTUPANJE S OTPADNIM RADIOAKTIVNIM MEDICINSKIM MATERIJALOM	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
Prilog	Broj: **xxxxx** Datum stupanja na snagu: xxxxx. Zamjenjuje prijašnji broj: /
Temeljeno na: RU broj: xxxxx	

Pacijentima koji su u Odjelu za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju podvrgnuti scintigrafskoj obradi aplicirana je određena količina radioaktivnog materijala te su oni i njihove izlučevine određeno vrijeme (24 do 48 sati) slabi izvor ionizirajućeg zračenja. U cilju sprečavanja otpuštanja radioaktivnog infektivnog otpada iz KB Dubrava, potrebno je slijediti sljedeće upute:

1. **Za pacijente koji su nepokretni i/ili su tijekom navedenog vremena spojeni na medicinske uređaje i koriste jednokratni medicinski materijal koji je u kontaktu s krvlju ili sluznicama pacijenta – infektivni otpad je radioaktivan te ga treba skupiti i određeno vrijeme čuvati, do njegova otpuštanja iz KB Dubrava.**
2. Sadržaj vrećica s urinom prije odlaganja treba isprazniti u školjku WC-a uz obilno ispiranje školjke vodom.
3. Navedeni jednokratni medicinski materijal uključuje IV kanile, infuzijske sisteme, centralni venski kateter, nazogastrične sonde, urinarni kateter, prazne drenažne vrećice, tubus, ispražnjene vrećice za urin i pelene.

   Napomena: Navedeni jednokratni medicinski materijal ne uključuje višekratnu posteljinu te odjeću i obuću pacijenta.
4. Sav jednokratni materijal iz točke 3. se stavlja u vreću za infektivni otpad koja treba biti propisno označena: na vreći se napiše datum i naziv ustrojstvene jedinice u kojoj je smješten pacijent.
5. Takve vreće se odmah moraju odnijeti u Odjel za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju gdje ih spremačica koja je pod dozimetrijskim nadzorom preuzima, evidentira i smješta u spremište radioaktivnog otpada (soba 10C), a primopredaju vreće potpisom potvrđuju osoba koja ju je donijela te osoba koja ju je primila.

Prije donošenja vreće s infektivnim otpadom, potrebo je najaviti se pozivanjem na broj 099/2664-582.

Uz slučaju bilo kakvih nejasnoća ili problema, glavna sestra dotične ustrojstvene jedinice može se javiti osobi odgovornoj za zaštitu od ionizirajućeg zračenja (dr. sc. Ivana Kralik, kućni 3636, mob 091/5298-279).

Napomena: Ove upute ne primjenjuju se u slučaju pacijenata koji su pokretni i nisu tijekom navedenog vremenskog perioda spojeni na medicinske uređaje te ne koriste jednokratni medicinski materijal koji je u kontaktu s krvlju ili sluznicama pacijenta.

ZBRINJAVANJE ISKORIŠTENIH IZVORA	**KBD Klinička bolnica Dubrava** Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju
RADNA UPUTA	Broj: Datum stupanja na snagu: Zamjenjuje prijašnji broj:
Temeljeno na SOP-u broj: xxxx	

SVRHA

Svrha ove radne upute je opisati postupak zbrinjavanja iskorištenih izvora.

PODRUČJE PRIMJENE

Ova radna uputa primjenjuje se u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju.

ODGOVORNOST

U sljedećoj tablici dan je popis osoba odgovornih za pojedine postupke u okviru provedbe zbrinjavanja iskorištenog izvora:

Postupak	Odgovorna osoba
Provjera cjelovitost iskorištenog izvora	Radiološki tehnolog
Odlaganje iskorištenog izvora u spremište	Radiološki tehnolog
Organizacija predaje i predaja iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada	Osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora
Obavješćivanje tijela državne uprave nadležnog za radiološku sigurnost o predaji izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada	Osoba odgovorna za zaštitu od ionizirajućeg zračenja

POSTUPAK

9. PREDUVJETI

U sljedećoj tablici dan je popis postupaka i aktivnosti te preduvjeta kojima mora biti udovoljeno prije provedbe postupka, kao i osoba odgovornih za ostvarenje tih preduvjeta.

Postupak / aktivnost / preduvjet	Odgovorna osoba
U spremištu je osigurano mjesto za odlaganje iskorištenog izvora do njegovog predavanja Centru za zbrinjavanje radioaktivnog izvora	Radiološki tehnolog i kemičar
Osiguran je dostatan broj jednokratnih rukavica od lateksa	Glavna sestra Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu**

10. MJERE SIGURNOSTI

Ulaz u spremište mora biti pod nadzorom, u skladu sa standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

Prilikom manipuliranja iskorištenim izvorom obvezno je nošenje jednokratnih rukavica od lateksa.

11. OGRANIČENJA

Iskorišteni izvor zbrinjava se najranije dvije godine†† od dana njegove nabavke.

12. POSTUPAK

1. Provjeriti cjelovitost iskorištenog izvora.
2. Iskorišteni izvor odložiti na za to predviđeno mjesto u spremištu (soba 11C).
3. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencije radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx.
4. U roku od 15 dana od dana odlaganja u spremište, osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora obvezna je iskorišteni izvor predati Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada.

** Ili vršitelj dužnosti glavne sestre Odjela za ultrazvuk i nuklearnu medicinu.

†† Vrijeme je izračunato na temelju aktivnosti iskorištenog izvora na dan proizvodnje. Nakon isteka dvije godine aktivnost je nedostatna za provedbu provjere kvalitete detektora koji su sastavni dio SPECT/CT uređaja, odnosno kalibratora aktivnosti.

5. Prilikom predaje iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora obvezna je uz izvor predati i presliku dokumentacije važne za daljnje postupke zbrinjavanja (najmanje presliku certifikata).
6. Po predaji iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, obvezno je učiniti zapisnik o primopredaji čime se dokazuje da je Centar za zbrinjavanje radioaktivnog otpada novi posjednik tog izvora. Zapisnik o primopredaji čuva osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.
7. Popuniti odgovarajući dio obrasca Evidencije radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx.
8. U roku od 5 dana od dana predaje iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada osoba dogovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora obvezna je o istome u pisanom obliku obavijestiti osobu dogovornu za zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Obavijesti se prilaže preslika zapisnika o primopredaji.
9. Osoba odgovorna za zaštitu od ionizirajućeg zračenja je obvezna u roku od 10 dana od dana zaprimanja obavijesti o istome u pisanom obliku obavijestiti tijelo državne uprave nadležno za radiološku sigurnost. Obavijesti se prilaže preslika zapisnika o primopredaji.

13. PROVJERE

Provjeriti cjelovitost iskorištenog izvora.

14. MJERILA PRIHVATLJIVOSTI

Učinjen je zapisnik o primopredaji iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada.

O predaji iskorištenog izvora Centru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada obaviješteno je tijelo državne uprave nadležno za radiološku sigurnost.

EVIDENCIJA

Popunjen obrazac Evidencije radioaktivnog otpada u spremištu broj: xxxx čuva se na za to predviđenom mjestu u spremištu u skladu s rokovima određenim standardnim operativnim postupkom Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

Original zapisnika o primopredaji iskorištenog izvora čuva osoba odgovorna za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

REFERENCE

Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18)

VEZA S DRUGIM DOKUMENTIMA

Standardni operativni postupak Zbrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora broj: xxxx.

<table>
<tr><td></td><td>Izradio/la</td><td>Pregledao/la</td><td>Odobrio/la</td></tr>
<tr><td>Datum:</td><td></td><td>7. 2. 2020.</td><td>8. 2. 2020.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Potpis:</td><td></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ime i prezime:</td><td>dr. sc. Ivana Kralik, dipl. ing. fiz.</td><td rowspan="3">dr. sc. Igor Čikara, dr. med.</td><td rowspan="3">prof. dr. sc. Boris Brkljačić, dr. med.</td></tr>
<tr><td>dr. sc. Željko Kušter, dipl. ing. kem.</td></tr>
<tr><td>Luka Tarle, bacc. rad. tech.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Dužnost:</td><td>fizičar</td><td rowspan="3">Voditelj Kliničke jedinice za ultrazvuk i nuklearnu medicinu Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju</td><td rowspan="3">Predstojnik Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju</td></tr>
<tr><td>kemičar</td></tr>
<tr><td>radiološki tehnolog</td></tr>
</table>

PREGLED DOKUMENTA

DATUM PREGLEDA	**POTREBNA REVIZIJA** (DA, NE)	**POGLAVLJA ZA REVIZIJU**	**POTPIS**

6. ZAKLJUČAK

Radioaktivni otpad nastaje u procesima u kojima se primjenjuje ionizirajuće zračenje. Institucionalni radioaktivni otpad, kao što je radioaktivni otpad iz zdravstvenih ustanova potrebno je zbrinuti na siguran, djelotvoran i ekološki prihvatljiv način. Prema novim zakonima, prouzročitelji i/ili vlasnici i posjednici radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora s radioaktivnim otpadom moraju izraditi Plan zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora i postupati u skladu s njim.

Pretežiti dio radioaktivnog otpada u medicinskim ustanovama gdje se obavljaju nuklearno-medicinski dijagnostički postupci potječe iz dva izvora: iskorišteni generator radionuklida te neiskorišteni radiofarmaceutski pripravci. Do donošenja Plana zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora, u KBD su postojale pisane upute za sve aktivnosti koje se svakodnevno provode u okviru zbrinjavanja radioaktivnog otpada koji nastaje kao posljedica obavljanja dijagnostičkih postupka uporabom otvorenih radioaktivnih izvora. Međutim, nije bio uspostavljen sustav upravljanja radioaktivnim otpadom, odnosno zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora.

Izradom Plana zbrinjavanja, osiguran je isti oblik i obvezni sadržaj svih uputa kako provesti pojedinu aktivnost u okviru zbrinjavanja radioaktivnog otpada te je na ovaj način, osim usklađenosti sa zahtjevima danim u pozitivnim propisima Republike Hrvatske, osigurano i svođenje mogućnosti pogreške na najmanju moguću razinu uz istovremeno postizanje više razine radiološke sigurnosti.

Sljedeća obveza KBD-a jest uvesti izrađene dokumente u sustav upravljanja kvalitetom tijekom kojeg će svakom dokumentu biti pridijeljen jedinstveni broj uz naznaku datuma stupanja na snagu. Po imenovanju osobe odgovorne za zabrinjavanje radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora, KBD će svoj Plan zbrinjavanja poslati tijelu državne uprave nadležnom za radiološku sigurnost na odobrenje te ga nakon toga periodično revidirati.

LITERATURA

[1] Ell, P. J.; Gambhir, S.: Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment, Vol. 2, 3rd Edition, Churchil Livingstone 2004.

[2] Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost. Izvješće o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti u Republici Hrvatskoj 2016. - 2017.

[3] Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13, 39/15, 130/17, 118/18).

[4] Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja NN 53/2018.

[5] Chandra, R.; Rahmim, A.: Nuclear Medicine Physics, The Basics, 8th edition, LWW, 2017. 256 p.

[6] Uloga proizvodnje energije iz otpada u kružnom gospodarstvu, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0034&from=IT, datum pristupa: 15. 2. 2020.

[7] Ivković, E.: Zbrinjavanje otpada, 2012. http://ss-mareljkovica-sb.skole.hr/upload/ss-mareljkovica-sb/newsattach/200/GOSP ODARENJE-OTPADOM_SKRIPTA.pdf datum pristupa: 15. 2. 2020.

[8] Regionalni centar zaštite okoliša: EU i zaštita okoliša – gospodarenje otpadom na lokalnoj razini, Znanje d.d., Zagreb, 2009.

[9] Sofilić, T.; Brnardić, I.: Gospodarenje otpadom, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2013.

[10] Grošev D.: Zbrinjavanje medicinskog radioaktivnog otpada. Stručna prezentacija; 2016.

[11] Pravilnik o zbrinjavanju radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora (NN 12/18).

[12] London Metal Exchange: LME Lead, https://www.lme.com/en-GB/Metals/Non-ferrous/Lead#tabIndex=2, datum pristupa 6. 3. 2020.

[13] Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (NN 125/2014).

[14] Nacionalni program provedbe Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva (Program za razdoblje do 2025. godine s pogledom do 2060. godine).

PRILOZI

I. CD-R disk