

# Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja

---

**Barukčić, Dragana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:975469>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA**

**Dragana Barukčić**

**Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara  
zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA**

**Dragana Barukčić**

**Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara  
zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2017.**

Ovaj diplomski rad izrađen je na Školi narodnog zdravlja „Andrija Štampar“, Katedra za zdravstvenu ekologiju, medicinu rada i sporta Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Iskre Alexandre Nola i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2016./2017.

## Popis kratica

Bq - Becquerel

BSS – Basic Safety Standards, hrv. Osnovni sigurnosni standardi

DNK - deoksiribonukleinska kiselina

DZRNS - Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost

Gy - Gray

IAEA – International Atomic Energy Agency, hrv. Međunarodna agencija za atomsku energiju

ICOH – International Commission on Occupational Health, hrv. Međunarodna komisija za medicinu rada

ICRP – International Commission on Radiological Protection, hrv. Međunarodno povjerenstvo za zaštitu od zračenja

ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurement, hrv. Međunarodno povjerenstvo za jedinice zračenja

ILO – International Labour Organization, hrv. Svjetska organizacija rada

NEA - Nuclear Energy Agency, hrv. Agencija za nuklearnu energiju

OEI – Occupationally Exposed Individuals, hrv. profesionalno izloženi pojedinac

QE – Qualified Expert, hrv. kvalificirani stručnjak

RH - Republika Hrvatska

RPE – Radiation Protection Expert, hrv. Stručnjak za zaštitu od zračenja

Sv - Sievert

SZO - Svjetska zdravstvena organizacija

## Sažetak

## Summary

1. Uvod.....	1
2. Zaštita na radu .....	2
2.1. Povijest zdravstvene zaštite radnika.....	2
2.2. Razvoj zaštite na radu u Hrvatskoj .....	4
3. Ionizirajuće zračenje .....	5
4. Djelovanje ionizirajućeg zračenja na ljudsko tijelo .....	9
4.1. Osobine biološkog djelovanja ionizirajućeg zračenja.....	10
4.2. Biološki učinci ionizirajućeg zračenja.....	12
4.2.1. Somatska (tjelesna) oštećenja .....	14
4.2.2. Genska oštećenja (mutacije gena).....	15
5. Prevencija i zaštita medicinskih sestara/tehničara od zračenja.....	16
5.1. Zakoni i preporuke.....	16
5.2. Dozimetrija .....	17
5.3. Prevencija.....	18
5.4. Zaštita na radnom mjestu u zoni ionizirajućeg zračenja .....	21
5.5. Prevencija i zaštita u drugim europskim zemljama i svijetu .....	23
6. Zaključak.....	25
7. Zahvale .....	26
8. Literatura.....	27
9. Životopis.....	29

## **Sažetak**

### **Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja**

**Dragana Barukčić**

Život na zemlji razvio se i razvija se uz prisustvo zračenja. Zračenje je energija koja putuje kroz prostor i prisutna je svugdje oko nas. Život na zemlji se razvijao u okruženju ionizirajućeg zračenja. Otkrićem ionizirajućeg zračenja započinje značajno razdoblje u medicinskoj dijagnostici i liječenju. Otkrićem rentgenskog zračenja i njegovom upotrebom u medicini, raste i svijest o njegovim štetnim učincima na ljudski organizam. Sve veća uporaba ionizirajućeg zračenja povećava mogućnost nastanka štetnosti opasnih po zdravlje, ukoliko se ono ne koristi pravilno. Medicinskim rentgenom dolazi se do otkrića problema odnosno dijagnosticiranja (kao što je zubni rentgen ili rentgen u ortopediji i traumatologiji), a također se može koristiti radi liječenja bolesti. Svakodnevnom razvojem medicinske radiologije dolazi se do novih spoznaja vezanih za dijagnosticiranje i liječenje, a samim time i do usavršavanja pojedinih postupaka. Medicinske sestre/tehničari koji su svakodnevno ili povremeno izloženi tijekom svog rada ionizirajućem zračenju mogu smanjiti opasnost nepoželjnih posljedica od zračenja odgovarajućom zaštitom na radu koja će spriječiti nepotrebnu izloženost velikim dozama. Dobra stručna edukacija prvi je preduvjet zaštite čiji je cilj ne samo dobro poznavanje posljedica zračenja već i svih načina, sredstava i metoda za smanjivanje izloženosti zračenju. Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara uključuje dobru izobrazbu, korištenje zaštitne odjeće, nošenje dozimetara i sistematske preglede.

**Ključne riječi:** ionizirajuće zračenje, medicinske sestre/tehničari, rentgen, zaštita na radu

## Summary

### Safety at work of nurses/technicians employed in ionizing radiation zone

**Dragana Barukčić**

Life on Earth has developed and is developing in the presence of radiation. Radiation is the energy that travels through space and is present everywhere around us. Life on Earth developed in the environment of ionizing radiation. The discovery of ionizing radiation begins a significant period in medical diagnosis and treatment. By discovering x-rays and its use in medicine, an awareness of its adverse effects on the human body is growing. Increased use of ionizing radiation increases the likelihood of harmful health hazards if it is not used properly. Medical X-rays come up with problem finding or diagnosis (such as dental x-ray or x-rays in orthopaedics and traumatology) and can also be used to treat the disease. Everyday development of medical radiology comes up with new findings related to diagnosis and treatment, and thus to the improvement of individual procedures. Nurses / technicians who are exposed on a daily or periodic basis during their work with ionizing radiation may reduce the risk of undesirable consequences of radiation by appropriate workplace protection that will prevent unnecessary exposure to large doses. Good professional education is the first precondition for protection, whose aim is not just to know the consequences of radiation but also all the means, means and methods for reducing radiation exposure. Protection of nurses / technicians' work includes good training, wearing protective clothing, carrying dosimeters and systematic examinations.

**Key words:** ionizing radiation, nurses / technicians, occupational safety, X-ray



## 1. Uvod

Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara u zoni ionizirajućeg zračenja je od iznimne važnosti. Tijekom godina od otkrića rentgenskih zraka pa do danas, s razvojem radiologije povećavala se spoznaja da bi posebnu pažnju trebalo posvetiti zaštiti medicinskog osoblja koje radi s izvorima ionizirajućeg zračenja.

Medicinsko dijagnostički postupci koji se koriste u dijagnostici patoloških stanja, trenutno su najveći izvor izloženosti ionizirajućem zračenju u općoj populaciji. Korištenje ionizirajućeg zračenja u medicini je započelo otkrićem rentgenskih zraka 1895. godine. Ionizirajuće zračenje je dio elektromagnetskog spektra koji ima dovoljno energije da prođe kroz materiju i fizički odbaci orbitalne elektrone i stvori ione, a ti ioni mogu proizvesti biološke promjene.

Različite biološke promjene koje nastaju u stanicama i tkivima su posljedica djelovanja ionizirajućeg zračenja, stoga je od iznimne važnosti da medicinske sestre/tehničari budu educirani o posljedicama koje ono izaziva. Od iznimne važnosti je i da medicinske sestre/tehničari budu educirani o svim mogućim metodama zaštite od ionizirajućeg zračenja kako bi se štetnosti od ionizirajućeg zračenja svele na minimum.

Briga o vlastitom zdravlju i sigurnosti na radnom mjestu način je na koji se smanjuje rizik od bolesti i nastanka ozljeda na radnom mjestu. Svako radno mjesto sadrži tvari i opremu koji mogu nanijeti štetu zaposleniku. Svi radnici imaju pravo raditi u okruženju gdje su rizici za njihovo zdravlje i sigurnost pravilno kontrolirani. Također, obveza je radnika koristiti se propisanom zaštitnom opremom, te aktivno sudjelovati u zaštiti vlastitog zdravlja.

## **2. Zaštita na radu**

Kroz početak industrijske revolucije, koja je započela u 18. stoljeću, događali su se nesretni slučajevi na radnom mjestu što je utjecalo na razvoj ideja o primjeni zaštite radnika na radnom mjestu. I radnici i liječnici, potaknuti svjesnošću o mogućim posljedicama na radnom mjestu, zdravlje radnika počinju shvaćati kao problem vezan i za radno mjesto. Po definiciji, zaštita na radu je sustav pravila, načela, mjera, postupaka i aktivnosti, čijom se organiziranom primjenom ostvaruje i unapređuje sigurnost i zaštita zdravlja na radu, s ciljem sprječavanja rizika na radu, ozljeda na radu, profesionalnih bolesti, bolesti u vezi s radom te ostalih materijalnih i nematerijalnih šteta na radu i u vezi s radom (1, 2).

Ulazak radnika u radni odnos nije jednostavan čin. Tijekom radnog vijeka radnici su izloženi mnogim opasnostima koje mogu nepovoljno utjecati na njihovo zdravlje i dobrobiti. Potpisivanjem ugovora o radu od strane radnika i poslodavca prisutna je kontinuirana obaveza poslodavca da omogući zaštitu na radu kao i zdravstvenu zaštitu svakog radnika s kojim sklopi ugovor o radnom odnosu. Radnik je isto tako dužan držati se svih propisanih pravila (3).

### **2.1. Povijest zdravstvene zaštite radnika**

Tisućama godina ljudi su smatrali da neke obične bolesti koje su se dobivale zbog rada u rudnicima nastaju zbog djelovanja kletve, duhova i slično. Danas se takve bolesti liječe iznimno lako i jednostavno. Na početku industrijske revolucije nije bilo interesa za stvaranjem zaštite na radu jer za to nisu bili ispunjeni drugi preduvjeti: status radničke klase, obaveze poslodavaca, znanje o mogućim štetnostima na pojedinim radnim mjestima i sl. Dolaskom strojeva i proizvodnih postrojenja tijekom 17. i 18. stoljeća nastaju tvornice, a usporedno s njima razvijaju se i prva radnička udruženja koja se bore za bolja radnička prava. U to vrijeme nisu postojala zakonska prava radnika, a društvo je primjećivalo ogromne posljedice na radno aktivnom stanovništvu. Radnici su i živjeli i radili u lošim uvjetima u kojima su se, zbog

nehigijenskih uvjeta života, pothranjenosti i iscrpljenosti, širile epidemije. Često su zbog loših uvjeta u tvornicama žene ostajale bez muževa pa su na taj način obitelji ostajale bez novčanog prihoda. Industrijska revolucija promijenila je cijelo društvo (raspad feudalizma, promjene na tržištu rada, jačanje radničkih prava).

Razvojem medicine, započinje, indirektno, i praćenje bolesti povezanih s radnim mjestom. Pisani tragovi o nastanku bolesti povezanih s određenim radnim mjestom datiraju i više od tisuću godina prije Krista. Edwin Smith je na kirurškom papirusu 1700. godine prije Krista opisao svoja zapažanja o određenim bolestima povezanim s radnim mjestom. U doba starih Rimljana i Grka (460.-377. prije Krista) zabilježene su bolesti i smrtni ishodi kod rudara. Hipokrat je 400. godine prije Krista opisao prvu profesionalnu bolest, olovne kolike, kod robova koji su radili u rudnicima olova (1).

Bernardino Ramazzini (1633.-1714.) promatrao je kako godišnja doba utječu na zdravlje radnika. Tako je primijetio da radnici zimi i početkom proljeća boluju od bolesti pluća, očnih bolesti i upale grla, ljeti imaju povišenu temperaturu, a u jesen dijareju. Opisivao je nastanak različitih bolesti kod različitih zanimanja. Ramazzini je zaslužan za skretanje pozornosti liječnika da kod uzimanja anamnestičkih podataka o bolesniku upitaju i bolesnika koje mu je zanimanje. Postavio je temelje preventivne medicine, koja je broj jedan zdravstvene zaštite radnika. Bernardino Ramazzini začetnik je medicine rade, a slavu je stekao objavom knjige o profesionalnim bolestima koja je bila objavljena 1700. godine na latinskom jeziku pod imenom *De morbis artificum diatriba* (Bolesti radnika) (1, 4).

Ljudima je, dakle, trebalo nekoliko tisuća godina praćenja povezanosti bolesti i radnog mjesta kako bi s takvim spoznajama pokrenuli zaštitu radnika na radu i odgovarajuće institucije koje su se tom granom bavile. Prvi Institut za higijenu rada (njem. *Institut für Gewerbehygiene*) osnovan je početkom 20. stoljeća i započeo je s radom u Frankfurtu na Majni, Njemačka. Prva Klinika za profesionalne bolesti (tal. *Clinica del Lavoro*) osnovana je 1910. godine u Milanu, Italija, zalaganjem Luigija Devota. U New Yorku iste godine ustanovljena je prva jedinica medicine rade na *Cornell* medicinskoj školi. Na temelju odredaba mirovnog ugovora osniva se 1919. godine Međunarodna organizacija rada sa sjedištem u Ženevi. Predstavnici vlada zemalja, poslodavaca i radnika sudjeluju u njezinim aktivnostima. Međunarodni kongres za profesionalne bolesti održan je u Milanu prvi puta 1906. godine te se tada

osniva Međunarodna komisija za medicinu rada (engl. *International Commission on Occupational Health* - ICOH), koja je 1910. godine održala drugi kongres u Bruxellesu. Pojam „medicina rada“ (engl. *Occupational health*) usvojen je u Lyonu 1929. godine kada se održao 6. Kongres (4).

## **2.2. Razvoj zaštite na radu u Hrvatskoj**

Začeci medicine rada u Hrvatskoj počinju početkom 18. stoljeća kada se pojavljuju pisani dokumenti u kojima se opisivala prevencija i način uklanjanja bolova nastalih uslijed radnog okoliša. Prva knjiga koja je napisana na hrvatskom jeziku, a govori o životnim prilikama, radnim uvjetima i bolestima kmetova, izdana je 1776. godine pod naslovom *Vrchtva ladanyszka*, autora Jean Baptiste Lalangue (1,4).

Ozbiljan i profesionalan pristup zaštiti radnika vezan je za 1912. godinu i Željka Hahna kojega se smatra osnivačem suvremene medicine rada u Hrvatskoj. Te godine objavio je rasprave vezane za borbu protiv profesionalnih bolesti, zaštite radnika na radu i radničke tuberkuloze. Izradio je program sprječavanja nastanka profesionalnih bolesti i nesreća na radu (4).

Kako u svijetu tako i kod nas, u razdoblju nakon 1912. godine, osnovane su ustanove za zaštitu radnika na radu, a i donesena je zakonska regulativa. Zakon o inspekciji rada donesen je 1921. godine, a Zakon o zaštiti radnika 1922. godine. Na inicijativu Andrije Štampara, 1947. godine osnovan je Institut za higijenu rada (poslije Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada) u okviru tadašnje Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnost. U organizaciji Škole narodnog zdravlja Medicinskog fakulteta u Zagrebu u akademskoj godini 1949./1950. započinje se s poslijediplomskim tečajevima medicine rada. Početkom šezdesetih godina 20. stoljeća uvedena je medicina rada kao zasebna medicinska specijalizacija (1, 4).

### 3. Ionizirajuće zračenje

Život na zemlji odvija se u radioaktivnom okruženju. Sva živa bića od nastanka su bila i biti će izložena ionizirajućem zračenju. Kada se govori o ionizirajućem zračenju treba se reći da je ono prisutno svugdje u našem okolišu. Radioaktivni minerali dio su našeg okoliša jer su oni praostaci od stvaranja našeg planeta.

U svakodnevnom životu izloženi smo globalnom polju ionizirajućeg zračenja. Kroz život, stalno smo izloženi svemirskom zračenju i zračenju od prirodnih i umjetnih radioaktivnih tvari koje unosimo u organizam putem hrane i pića. Dakle, ljudski je organizam sačinjen i od radioaktivnih tvari, kao i radioaktivnih plinova. Čovjek nije bio svjestan postojanja radioaktivnog djelovanja sve do njegovog otkrića (5).

Krajem 19. stoljeća nekoliko je temeljnih otkrića promijenilo razvoj medicine, a poglavito u dijagnostičkim i terapijskim mogućnostima u medicini. Dana 8. studenoga 1895. godine njemački fizičar i matematičar Wilhelm Konrad Röntgen otkrio je nepoznate zrake odnosno novu vrstu elektromagnetskog zračenja. Istraživao je svojstva staklenih cijevi iz kojih je djelomično odstranjen zrak, a u cijevi su bile ugrađene elektrode na koje bi priključio električnu struju visokog napona. Prilikom priključivanja elektroda u električnu struju fotografska ploča u blizini cijevi bi pocrnjela, a određeni dio kristala koji se nalazio u blizini cijevi bi svjetlucao. Budući da nije ništa znao o novootkrivenim zrakama nazvao ih je „X“ zrakama. Ubrzo je shvatio da pomoću novih zraka može promatrati unutrašnjost čovjekova tijela. Za prvu rentgensku sliku koristio je ruku svoje žene, te su se na toj rentgenskoj snimci jasno vidjele kosti i dva prstena. Rentgenska snimka ruke njegove žene ubrzo je obišla svijet. Godine 1901. Wilhelm Konrad Röntgen dobiva Nobelovu nagradu za nove otkrivene zrake, a te su zrake njemu u čast prozване rentgenskim zrakama (6, 7).

Ubrzo nakon otkrića rentgenskih zraka, odmah na početku 1896. godine, otkriva se i prirodna radioaktivnost. Henry Becquerel je otkrio da uranske soli emitiraju nevidljivo zračenje bez ikakve stimulacije. Dvije godine kasnije Marie i Pierre Curie također su proučavali zrake urana, te pronašli i druge radioaktivne elemente: polonij i radij.

Marie Curie opisala je novi fenomen i nazvala ga radioaktivnost. Godine 1903. Becquerel i Curie su podijelili Nobelovu nagradu za otkriće radioaktivnosti (5).

Zračenje nastaje jer jezgra atoma teži ka oslobađanju viška energije. Taj proces se događa uslijed strukture samoga atoma. Naime, sve na kugli zemaljskoj građeno je od atoma. Atom se sastoji od jezgre i omotača. U jezgri se nalaze neutroni koji su neutralne čestice i protoni koji su pozitivno nabijene čestice, a u omotaču se nalaze elektroni koji su negativno nabijene čestice koje određuju kemijska svojstva određene tvari. Ukoliko je jezgra stabilna neutroni i protoni vezani su jakim nuklearnim silama, te ju niti jedna čestica ne može razdvojiti, osim ako je u pitanju vanjski utjecaj. Jezgra je uravnotežena i mirna dok nema vanjskih utjecaja. Ukoliko je jezgra pod djelovanjem nekog vanjskog utjecaja, dolazi do neravnoteže neutrona, te jezgra posjeduje višak energije i ona teži prema ravnotežnom stanju. Jezgra će osloboditi višak energije u obliku elektromagnetskog vala ili struje čestica.

Zračenje, dakle, definiramo kao prijenos energije prostorom ili kroz tvar u obliku elektromagnetskih valova ili subatomske čestice. Ionizirajuće zračenje je elektromagnetsko i čestično zračenje čijim prolaskom kroz tvar atomi dobivaju ili gube elektrone i tako od neutralnih postaju električki nabijene čestice, ioni. Radioaktivnost je sposobnost neke tvari da emitira zračenje odnosno jezgre atoma se spontano mijenjaju i ovisi o broju neutrona u jezgri atoma (5, 8).

Ionizirajuće zračenje možemo podijeliti na dvije osnovne skupine (9):

A. Elektromagnetsko ili fotonsko zračenje koje se razlikuje od drugih zračenja po svojoj valnoj duljini i frekvenciji a to su:

1. Rentgenske zrake (kod rentgenskih zraka valovi su kratki  $10^{-6}$  do  $10^{-10}$  cm, a frekvencija je velika 1016 do 1018Hz)
2. Gama zrake /  $\gamma$ -zračenje (valna duljina kraća je od  $10^{-13}$  m)

B. Korpuskularna ili čestična zračenja su skup vrlo brzih subatomske čestice i njihovih skupina:

1. Alfa zračenje (ne predstavljaju veliku opasnost jer imaju veliku masu te u zraku imaju domet svega par centimetara, te ih kao vanjski izvor zračenja

može zaustaviti list papira, ali su opasne ako uđu u organizam jer imaju jaku snagu ionizacije).

2. Beta zračenje (ima manju masu od alfa čestica i prodornije je, može prodrijeti duboko u tvar, zaustaviti ga može metalni lim ili staklo. Ulaskom u organizam ozračiti će ga iznutra).
3. Protonsko zračenje.
4. Neutronsko zračenje je prisutno samo kod nuklearnih reaktora (ukoliko pogodi jezgru može uzrokovati emisiju gama zraka te potaknuti ionizirajuće zračenje tvari).

Izvore ionizirajućeg zračenja dijelimo na prirodne i umjetne (5):

**A/ Prirodni izvori zračenja** se nalaze svuda oko nas, u našem okolišu, te kod njih ne možemo kontrolirati dozu zračenja:

1. Svemirsko zračenje: djelomično dolazi od Sunca i drugih izvora u našem suzviježđu i prolazi kroz Zemljinu atmosferu.
2. Zračenje iz zemljine kore: Zemljina kora sadrži i određeni postotak radioaktivnih tvari. S obzirom da se građevinski materijal uglavnom dobiva iz tla što znači da zgrade i kuće u kojima živimo sadrže male količine radioaktivnih tvari.
3. Radon: je prirodni plin koji nastaje raspadom u uranskom nizu. Najčešće se oslobađa iz stijena ili dolazi iz tla, te tako dolazi u atmosferu gdje može doći do kuća i zgrada. On se također raspada te nastaju drugi radionuklidi. Ukoliko ostaje u zatvorenom prostoru on se nakuplja te udisanjem ulazi u tijelo, te se ugrađuje u pluća i tamo ozračuje okolno tkivo.
4. Hrana i voda za piće. U malim količinama radioaktivne tvari prisutne su u okolišu, te ulaze u organizam čovjeka kroz vodu i hranu. Radionuklid kalij-40 je najveći uzrok unutarnjem ozračenju ljudi.

**B/ Umjetni izvori zračenja** uključuju aparate koji proizvode zračenje i radioaktivne kemikalije, a kod kojih se može kontrolirati doza zračenja (5, 9):

1. Medicinsko ozračivanje rentgenskim aparatima (radiološki uređaj s ravnim detektorom, mamografski uređaj, pokretni digitalni rentgen uređaj, pokretni dijaskopski digitalni radiološki uređaj) radi dijagnostike ili za terapiju bolesnika.

2. Radionuklidi u okolišu kao posljedica nuklearnih istraživanja ili ispitivanja oružja ili drugih djelatnosti kao na primjer nuklearna postrojenja koja nam koriste za proizvodnju električne energije, a ispuštaju manje količine radioaktivnih tvari.
3. Radioaktivne tvari koriste se i u industriji, rentgenski aparati koriste se u zračnim lukama, graničnim prijelazima, carini, te u proizvodnji papira, plastike i lima.

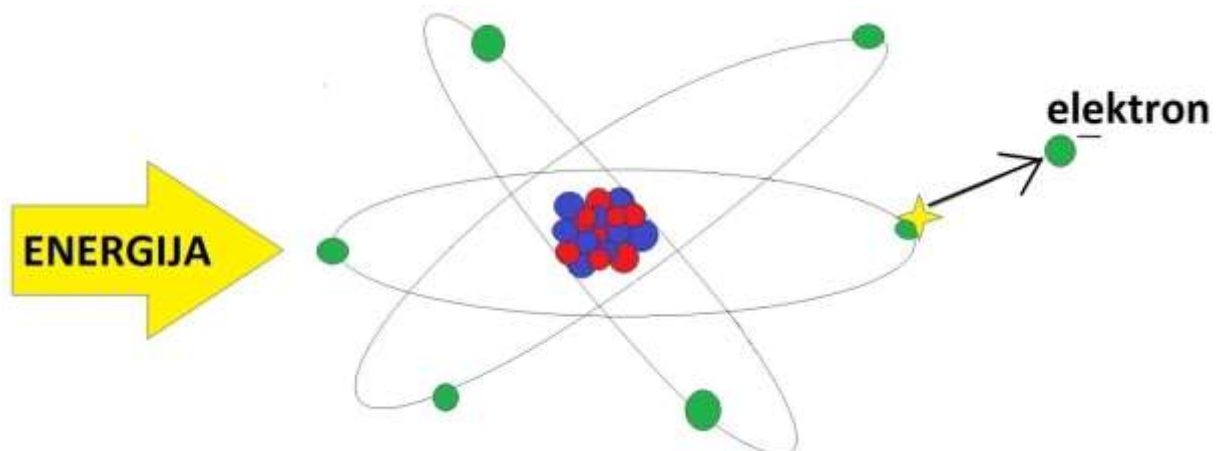


## 4. Djelovanje ionizirajućeg zračenja na ljudsko tijelo

Ionizirajuća zračenja su elektromagnetski valovi odnosno fotoni energije koji putuju kroz prostor u točno određenim količinama, ali i određenom brzinom, a brzina kojom putuju iznosi  $3 \times 10^{10}$  cm u sekundi. Elektromagnetski valovi razlikuju se po svojoj valnoj dužini i frekvenciji. Što im je frekvencija veća to je valna duljina manja, a veća je količina energije koju fotoni predaju stanicama (10, 11).

Ako se žive stanice, organi ili čitavo tijelo izlože ionizirajućem zračenju može doći do ionizacije u tkivima kroz koje je ono prošlo. Prolazak zračenja kroz tkivo ionizira kemijske molekule koje zbog toga postaju kemijski vrlo aktivne. Stoga zračenje može promijeniti, oštetiti ili čak uništiti organske makromolekule. Zbog niza fizikalnih i kemijskih procesa koji se događaju u tkivima uslijed izloženosti ionizirajućem zračenju, nastati će u konačnici biološke promjene od kojih će upravo one koje su ireverzibilne biti i najopasnije. Međutim, biološko djelovanje zračenja ovisiti će o dozi zračenja i apsorbiranom dijelu u tkivima. Dakle, jačina bioloških promjena velikim dijelom ovisi o količini energije koja je apsorbirana u tijelu.

U stanici ozračenog tkiva prvo se događaju fizikalne promjene potaknute apsorbiranom energijom zračenja. Dakle, izbacivanje jezgre atoma iz ravnoteže, u ozračenom tkivu pod djelovanjem ionizirajućeg zračenja, pokrenuti će cijeli niz kako kemijskih tako i bioloških promjena.



Slika 1: Prikaz izbacivanja elektrona pod djelovanjem ionizirajućeg zračenja

Kemijske promjene u stanici nadovezuju se na fizikalne promjene. Atomi kroz koje je prošlo zračenje postaju ionizirani te mijenjaju svoja kemijska svojstva. Ako je atom dio velike molekule, u ovom slučaju vode jer su molekule vode najbrojnije, može doći do raznih oštećenja funkcije ili gubitka funkcije. Znatno manji dio energije djelovati će na organske makromolekule. Bez obzira što su brojčano manje one imaju veliku ulogu u regulaciji složenih biokemijskih reakcija (9, 10, 11).

#### 4.1. Osobine biološkog djelovanja ionizirajućeg zračenja

Osobine biološkog djelovanja kod ionizirajućeg zračenja su: latencija, selektivnost, kumulacija, kombinacija i nepatognomičnost.

Primijećene promjene na živim stanicama i tkivima ne nastaju odmah nakon ozračivanja. Razdoblje od djelovanja zračenja do izbijanja vidljivog oštećenja naziva se **latencija**. Koliko će trajati vrijeme latencije ovisi ukupnoj količini zračenja koju je osoba primila, o vremenu trajanja u kojem je doza bila aplicirana, te drugim čimbenicima, kao npr. dob, imunosni status i sl. Dakle, što je osoba primila veću dozu u kraćem vremenskom razdoblju to će i latencija bioloških promjena biti kraća. Ukoliko je cijelo tijelo izloženo velikim, smrtonosnim dozama, pri jednokratnom izlaganju, onda će i latencija kliničkih simptoma biti u svega nekoliko minuta ili sati. Što je aplikacija doze manja i što je manje izloženo područje tijela i što je duže vremensko razdoblje u kojem je tijelo bilo izloženo zračenju to je latencija duža (10).

Pojavu različite osjetljivosti ili radiosenzibilnosti tkiva na dozu zračenja nazivamo **selektivnost**. Ukoliko se apliciraju jednake doze zračenja i daju se na sličan način one neće izazvati isti stupanj bioloških promjena kod svih vrsta stanica i tkiva. To upućuje na različitu osjetljivost različitih stanica. Najosjetljivije su stanice koje se intenzivno dijele i koje imaju intenzivne metaboličke procese. Dakle, selektivnost će ovisiti i o tipu stanice, ali i o općem stanju i dobi osobe (10).

Podjela tkiva prema radiosenzibilnosti njihovih stanica (od niske prema visokoj osjetljivosti na zračenje) (8):

1. Koštano tkivo i mozak,
2. Pluća, bubrezi, jetra, serozne opne (pleura, peritoneum, perikard), ostale žlijezde s unutarnjom i vanjskom sekrecijom, vezivno tkivo, mišići, hrskavica,
3. Epidermis kože,
4. Leća oka, sluznice, korijen kose i dlaka, žlijezde lojnice, slinovnice, znojnice, štitna žlijezda, endotel krvnih žila,
5. Limfne i spolne žlijezde, koštana srž.

Značajan čimbenik u procjeni ozračenosti i njezinim učincima je i **kumulacija** koja se odnosi na činjenicu da će se biološko djelovanje svakog novog zračenja pribrajati prethodnom izlaganju. Tako se npr. neki biološki učinci mogu izazvati ukupnom akumuliranom dozom zračenja koju je čovjek primio od samog začeca (10).

Također, djelovanje zračenja može se povećati ukoliko se kombinira s drugim kemijskim ili fizikalnim učincima, pa je **kombinacija** jedna od važnih osobina izloženosti ionizirajućem zračenju koja može utjecati na biološki učinak. Ukoliko je došlo do kroničnog izlaganja organizma zračenju, a udruženo je s hormonalnim poremećajima ili bilo kakvim oblikom hipovitaminoze, tada može doći do različitih kombinacija oštećenja. Koža koja je bila izložena velikim dozama zračenja uslijed radioterapije, ako je poslije zračenja bila trljana ručnikom ili mazana masnim kremama može pokazati jače radijacijsko oštećenje (10).

**Nepatognomičnost** je najveći problem kod bioloških promjena izazvanih zračenjem. Sve promjene koje mogu biti izazvane zračenjem mogu sličiti na promjene koje mogu biti izazvane drugim uzrocima ili patološkim procesima u organizmu. Naravno da ćemo vrlo lako prepoznati biološko promjene nakon poznatih doza zračenja, no problem nastaje kada je osoba bila izložena nepoznatom ili neprepoznatom zračenju, tada se mogu razviti jako kasno patološke promjene. Neke posljedice zračenja su zbog toga slabije poznate ili vrlo kasno otkrivene (10).

Na tip i jakost bioloških oštećenja uzrokovanih ionizirajućim zračenjem utječu ovi čimbenici (10, 11):

- a) Vrsta ionizirajućeg zračenja i način zračenja. Svako zračenje ima svoje karakterističnosti i različito će djelovati na određena tkiva.
- b) Vrsta tkiva izloženog ionizirajućem zračenju. Nije svaka vrsta tkiva jednako radiosenzibilna.
- c) Vremenska raspodjela doze. Jednokratna doza zračenja na organizam može izazvati oštećenja ili smrt, a ista doza aplicirana na organizam kroz duže vremensko razdoblje daje šansu da se stanica obnovi i postoji mogućnost da neće ni doći do oštećenja stanice
- d) Topografska raspodjela doze. Što je veći volumen ozračenog tijela to je i oštećenje organizma veće.
- e) Apsorbirana doza ionizirajućeg zračenja. To su biološka oštećenja koja su nastala pod djelovanjem sveukupnog zračenja neovisno o dozi, vremenu izlaganja i volumenu izloženog dijela tijela.
- f) Životna dob. Stanice kod mlađih osoba su osjetljivije, pogotovo kod djece i fetusa.
- g) Individualna osjetljivost na ionizirajuće zračenje. Primijećeno je da kod iste aplikacije doze zračenja u istom vremenskom razdoblju i istom vrstom zračenja može različito djelovati kod različitih organizama.

#### **4.2. Biološki učinci ionizirajućeg zračenja**

Ionizirajuće zračenje kroz vrlo složene procese djeluje na ljudsko tijelo. Promjene se odvijaju na atomskoj razini. Temeljni uzroci oštećenja stanice zračenjem su promjene koje nastaju na anorganskim molekulama vode i organskim makromolekulama kao što je deoksiribonukleinska kiselina (DNK) koja upravlja sintezom proteina u stanicama. Ionizirajuće zračenje može proći kroz stanicu i ostaviti ju bez oštećenja, može oštetiti stanicu, ali tako da će se ona uspjeti obnoviti, ali može i uzrokovati takva oštećenja koja će za posljedicu imati nepravilnu reprodukciju stanica uslijed čega će uzrokovati mutaciju gena. Izravna oštećenja nastaju kada izbijeni elektron udari u DNK i razbije njezin lanac. DNK ima sposobnost popravka štete, no ukoliko

se šteta ne može popraviti ili se ne popravija ispravno mogu se pojaviti ireverzibilne posljedice. Neizravna oštećenja nastaju kada elektron reagira s molekulom vode i na taj način počinje stvaranje slobodnih radikala i vodikova peroksida što naravno rezultira različitim vrstama oštećenja kako na razini stanice tako i na razini tkiva i organa (5, 10, 11).

Apsorbirana energija zračenja u tijelu izaziva kemijske i fizikalne procese koji dovode do bioloških promjena. Posljedice tih bioloških promjena su određeni štetni oblici koji mogu nastati na tkivu ozračene osobe odnosno somatski i oni koji se pojavljuju na potomcima ozračene osobe odnosno genetički. Naravno u slučaju većeg broja uništenih stanica na većini tkiva i organa neće se pojaviti oštećenje, ali ukoliko je broj dovoljno visok pojaviti će se primjetljiva ozljeda ili promjena u funkciji organa. Kod niskih doza ozračenosti vjerojatnost ozljede biti će praktički zanemariva, no ozljede će se sve više pojavljivati iznad određene razine doze odnosno praga. Naravno, s porastom doze rasti će i jačina ozljede. Ove ozljede možemo sa sigurnošću predvidjeti jer za njih postoji granična doza iznad koje se pojavljuju, a nazivaju se nestohastičke ili determinističke ozljede. Ukoliko je ozračena stanica promijenjena, ali ne i uništena posljedice će biti drugačije. U pravilu organizam te stanice koje nastaju diobom stanica odbacuje ili izolira, a ako se to ne dogodi može se razviti tumor nakon nekog perioda latencije. Vjerojatnost nastanka tumora raste s porastom primljene doze zračenja, no bez ikakvog praga. Učinci pri kojima se veza između učinka i doze ne može sa sigurnošću predvidjeti zove se stohastički učinak (5, 12).

Jedno od pitanja koje se često postavlja vezano uz **učinke malih doza zračenja** jest da li one mogu uzrokovati karcinome. Smatra se da je za pojavu karcinoma potrebna kumulacija većih doza zračenja jer se karcinom ne javlja do određenog praga zračenja. Pri apliciranim dozama od tog praga zračenja raste učestalost karcinoma s porastom ukupne apsorbirane doze zračenja. No, novija istraživanja govore da karcinomi pojedinih organa mogu nastati i nakon apliciranja najmanjih doza zračenja. Ti organi su dojka, štitna žlijezda i bronhi. Postoje i istraživanja koja pokazuju mogućnost nastanka leukemije kod sasvim malih doza zračenja. Pri malim dozama zračenja postotak pojavnosti karcinoma je nizak, ali ga svakako treba uzeti u obzir zbog ozračivanja velikog dijela populacije prilikom rentgenske dijagnostike (6, 8, 10).

Također, ako govorimo o **učincima velikih doza zračenja** tada treba imati na umu kako će latencija bioloških promjena biti kraća, ako tijelo primi veću dozu u kraćem vremenskom razdoblju. Prilikom izlaganja tijela jednokratnoj velikoj smrtonosnoj dozi latencija kliničkih simptoma može biti svega u nekoliko minuta ili sati. Promjene u stanici ili smrt stanice nastaje ukoliko se stanica ne može oporaviti od oštećenja nastalog kod viših doza zračenja. Organizam je razvio sposobnost da mrtve stanice nadomjesti te su na taj način posljedice za organizam neznatne, ukoliko su stanice trajno promijenjene organizam počinje diobom proizvoditi abnormalne stanice. Kod visokih doza zračenja stanice se ne mogu dovoljno brzo nadomjestiti te će se teško održavati funkcija tkiva. Radijacijska bolest je primjer takve situacije. Radijacijska bolest je stanje nastalo poslije ozračivanja cijelog tijela vrlo visokim dozama zračenja, uslijed čega dolazi do bioloških promjena u čitavom organizmu. Dolazi do povrijeđenja unutarnje stjenke probavnog trakta, te ne može više obavljati svoju funkciju i štititi organizam od infekcije. Simptomi koji se pojavljuju su proljev, povraćanje i opća slabost. Nakon tako visokih doza zračenja vrlo brzo nastupa smrt ljudi (5, 10, 11).

#### **4.2.1. Somatska (tjelesna) oštećenja**

Somatska (tjelesna) oštećenja su ozljede koje se mogu javiti u tkivima, a dijele se na lokalna i opća. Lokalna oštećenja se pojavljuju na ozračenim mjestima tijela: površina kože, potkožno vezivo, sluznice, krvne žila. Opća su ona oštećenja koja nastaju nakon ozračenosti cijeloga tijela (11, 12).

Somatska oštećenja možemo podijeliti na (5, 11, 12):

- a) akutna - nastaju nakon kratkotrajnog izlaganja zračenju;
- b) kronična - posljedica su čestih ponavljanja zračenja;
- c) profesionalna - nastaju nakon izlaganja dugotrajnom zračenju;
- d) kancerogena - nakon oštećenja tijela zračenjem mogu nastati tumori;
- e) leukemogena - posljedice oštećenja uzrokuju smanjenje bijelih krvnih tjelešca;
- f) teratogena - oštećenje ploda ukoliko se ozrači trudnica.

#### **4.2.2. Genska oštećenja (mutacije gena)**

Broj nepoželjnih, štetnih mutacija može se povećati izlaganjem čovjeka djelovanju ionizirajućeg zračenja. Genske mutacije koje nastaju kao posljedica ionizirajućeg zračenja odnose se na promjene u sastavu baza DNK (adicija, delecija, supstitucija). Također, mogu nastati i promjene u strukturi i broju kromosoma (kromosomske mutacije). Posljedice kromosomskih mutacija su Down, Edward i Patau sindromi. U slučaju genskog oštećenja (mutacije) na spolnim stanicama jajnika ili testisa, budući je njihova uloga prijenos genetičkih informacija na buduće naraštaje, učinci će se prenijeti na potomke (5, 11).

## **5. Prevencija i zaštita medicinskih sestara/tehničara od zračenja**

Ionizirajuće zračenje vrlo je rasprostranjeno u medicini, pa su u današnje vrijeme nezamislivi dijagnostika i liječenje u pojedinim granama medicine: kirurgija, traumatologa, ortopedija, stomatologija, onkologija. Kako je sve veća i učestalija primjena ionizirajućeg zračenja u medicini, tako se i izloženost medicinskog osoblja i bolesnika rapidno povećava. Mogućnost zdravstvenih posljedica veća je u osoba koje su izložene i na radnom mjestu, a ne samo u svom općem okolišu.

Bolesti koje se mogu javiti u osoba koje su u medicinskoj profesiji izložene ionizirajućem zračenju su: radiodermatitis, anemije različitih oblika, leukemija, nekroza pojedinih dijelova kostiju (posljedica je npr. prijelom na mjestu nekroze), kožni karcinom, tumor koštane srži, katarakta, kromosomske aberacije, te oštećenja stanica u gonadama (10).

### **5.1. Zakoni i preporuke**

Republika Hrvatska (RH) je 1. srpnja 2013. godine postala 28. članica Europske unije. Posljednji Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti u RH donesen je 27. Studenog 2013. godine i taj Zakon je u skladu s odredbama jedanaestog akta Europske unije – direktivama i uredbama Vijeća (Euroatom) iz razdoblja 1989.-2011. godine. Vijeće Europske unije donijelo je novu Direktivu Vijeća 2013/59/Euroatom 5. prosinca 2013. godine o osnovnim sigurnosnim standardima zaštite od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, te stavljaju izvan snage direktive 89/618/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom, znači ukupno pet od jedanaest akata. U Službenom listu Europske unije Direktiva je 17. siječnja 2014. godine objavljena na svim jezicima država članica, te tako i na hrvatskom jeziku. Za usklađivanje s ovom Direktivom države članice trebaju donijeti potrebne zakone, pravilnike i druge propise najkasnije do 6. veljače 2018. godine (13, 14).

Ravnatelj Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost (DZRN) obavezan je temeljem Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti najmanje svakih deset godina



provesti samoprocjenu domaćeg zakonodavnog okvira i nadležnih tijela, te osigurati međunarodni pregled svih bitnih segmenata radi stalnog poboljšanja radiološke i nuklearne sigurnosti (13, 15).

## 5.2. Dozimetrija

Osnova za uspostavu prevencije i zaštite je kontinuirano mjerenje količine radijacije, kao i praćenje bioloških procesa u tkivu. Važno je točno određivanje kvalitete i količine zračenja za poznavanje biološkog djelovanja zračenja. U radiologiji se općenito mjeri apsorbirana doza, doza izloženosti (ekspozicijska doza), ekvivalentna doza, efektivna doza i doza zračenja radioaktivnih izotopa (5).

**Apsorbirana doza** ( $D_T$ ) je osnovna dozimetrijska veličina koja se koristi u zaštiti od zračenja. Ona je čimbenik koji određuje biološki učinak uzrokovan ionizirajućim zračenjem. To je količina apsorbirane (primljene) energije na određenu masu tkiva, što znači da je apsorbirana energija pridijeljena tkivu i podijeljena s masom tog tkiva. Jedinica je 1 Grej (Gy) (5, 9).

**Ekspozicijska doza** ili doza izloženosti je dozimetrijska veličina koja pokazuje dozu kojoj je čovjek bio izložen bez obzira na to koliko je od toga apsorbirao. Mjerna jedinica koja se koristi je 1 C/kg (kulon na kilogram) (5, 9).

**Ekvivalentna doza** ( $H_T$ ) je dozimetrijska veličina koja opisuje dozu u odnosu na vrstu zračenja, s obzirom da su neke vrste zračenja učinkovitije od drugih. Biološko djelovanje zračenja ne ovisi samo o apsorbiranoj dozi već i o vrsti i kvaliteti zračenja. Jedinica ekvivalentne doze je 1 Sievert (Sv) (5, 9).

**Efektivna doza** je dozimetrijska veličina koja opisuje učinak ionizirajućeg zračenja na cijelo ljudsko tijelo i predstavlja zbroj ekvivalentnih doza u pojedinim dijelovima tijela. Naime, ukoliko se ozračuje različiti organi ili tkiva u tijelu dobiti ćemo različite vjerojatnosti za pojedine ozljede i različite stupnjeve štetnosti. Da bismo uvažili tu različitost moraju se zbrajati umnošci ekvivalentnih doza za pojedine organe s težinskim čimbenicima tih organa koji predstavljaju relativan doprinos organa ukupnoj

štetnosti kad je cijelo tijelo jednako ozračeno. Jedinica efektivne doze je 1 Sievert (Sv) (5, 9).

**Tablica 1.** Težinski čimbenici za pojedine organe

Težinski čimbenik	Organ ili tkivo
0,20	gonade
0,12	pluća, debelo crijevo, koštana srž, želudac
0,05	grudi, jetra, mjehur, jednjak, štitna žlijezda
0,01	površina kosti, koža

Doza zračenja radioaktivnih izotopa pokazuje intenzitet zračenja iskazan kao broj raspada izotopa u jedinici vremena. Jedinica 1 Becquerel (Bq) označava raspad jednog atoma u jednoj sekundi (5, 8, 9).

### 5.3. Prevencija

Kod prevencije i zaštite od ionizirajućeg zračenja medicinskih sestara/tehničara cilj zaštite prije svega treba biti sprječavanje nastanka učinaka koji su rezultat direktnog izlaganja zračenju, te ograničiti na najmanju moguću mjeru pojavu stohastičkih učinaka. Potrebno je osigurati da prilikom obavljanja poslova kod kojih dolazi do izlaganja ionizirajućem zračenju to izlaganje bude opravdano, da korist od izlaganja bude veća od štete (8, 10, 15).

S obzirom da ne postoji tako mala doza zračenja za koju bi smo mogli tvrditi da smo apsolutno sigurni da neće izazvati oštećenja, Međunarodna komisija za radiološku zaštitu preporuča sustav radiološke zaštite na ovim načelima: opravdanost (korist veća od štete), optimalizacija (izlaganja zračenju moraju se održavati nisko koliko je racionalno moguće), ograničenje (izlaganje pojedinca zračenju niže od zakonom utvrđenih granica) i granice doza (zakonom određene granice doza za djelatnike) (8, 10, 15).

Sve medicinske sestre/tehničari koje se pripremaju ili rade u zoni ionizirajućeg zračenja moraju proći specifičnu edukaciju o mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja. Svi koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja temeljem zakonskih propisa svakih pet godina moraju pohađati tečaj obnove znanja iz područja zaštite od ionizirajućeg zračenja (8, 10, 15).

Svi djelatnici prije rada u zoni ionizirajućeg zračenja trebaju udovoljiti posebnim zdravstvenim uvjetima. Zdravstveni pregledi se obavljaju kod specijalista medicine rada, koji ima posebnu stručnu naobrazbu o primjeni mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja. Redovni zdravstveni pregledi obavljaju se svakih 12 mjeseci od prethodnog pregleda. Sadržaj pregleda uključuje pregled leće, kapilaroskopiju, kompletnu krvnu sliku, vrijeme krvarenja, broj trombocita i ispitivanje kromosomskih aberacija (kariogram) (8, 10, 15).

Za rad na mjestima s ionizirajućem zračenjem kontraindikacije su bolesti krvotvornih organa, trudnoća, bolesti očne leće (kataraka), bolesti kože, teži poremećaji endokrinih žlijezda, te teže bolesti središnjeg živčanog sustava i osobe koje nisu zadovoljile zdravstvene preglede (16).

Granice dopuštene ozračenosti radiološkog osoblja definirane su zakonskim propisima koji reguliraju zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Naime, načelom ograničenja i optimizacije zaštita nije provedena, jer to što su vrijednosti iznad dopuštenih granica strogo zabranjene ne znači da su sve vrijednosti ispod dopuštenih granica prihvatljive. Zakonom propisane granice doza služe nam kod zaštite od zračenja kao uvjet za proceduru optimizacije. Granice doza su dio sustava zaštite od ionizirajućeg zračenja kojem je temeljni cilj reducirati razinu doza onoliko koliko je to racionalno moguće postići, uvažavajući sve socijalne i ekonomske aspekte (11).

Na temelju članka 24. Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti («Narodne novine», br. 28/10) i Pravilnika o granicama ozračenja, definirane su granične doze svih dozimetrijskih veličina koje se prate:

#### Članak 6.

- (1) Efektivna doza izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima tijekom rada biti veća od 100 mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina, uz uvjet da niti u

jednoj godini petogodišnjeg razdoblja efektivna doza ne smije biti veća od 50 mSv.

- (2) Ekvivalentna doza za očne leće izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 150 mSv u jednoj godini.
- (3) Ekvivalentna doza za podlaktice, šake, stopala ili kožu izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 500 mSv u jednoj godini, usrednjena preko 1 cm<sup>2</sup> površine bilo kojeg dijela kože, neovisno o dijelu kože koji je ozračen (11, 17).

### ***Dozimetri***

Budući da ljudsko tijelo nema mogućnost osjetila s kojim bi odmah moglo uočiti ionizirajuće zračenje, kao na primjer toplinsko zračenje koje osjeti odmah u obliku grijanja, bilo je potrebno razviti odgovarajuće instrumente i mjerenja za njegovu kvantifikaciju. Dozimetrija je jedna od osnovnih aktivnosti u zaštiti od zračenja. Ona se bavi mjerenjem i izračunavanjem doza zračenja. Dozimetri su instrumenti kojima određujemo dozu zračenja. U medicinskoj praksi ih ima više vrsta, ali najčešće se upotrebljavaju dozimetri za mjerenje vanjskog ozračenja a to su: filmdozimetri ili termoluminiscentni dozimetri (TLD).

Dozimetrima se mjeri stupanj osobnog ozračenja, a prema potrebi koriste se i drugi dodatni osobni dozimetri uz izravno ili odgođeno očitavanje primljene doze. Efektivna doza za cijelo tijelo procjenjuje se na temelju rezultata dobivenih osobnim dozimetrom i za svakog izloženog radnika upisuje se u osobni dozimetrijski karton koji se vodi u Državnom zavodu za radiološku i nuklearnu sigurnost. Također, stupanj izloženosti vanjskom ozračenju izloženih radnika obavezno se mjeri osobnim dozimetrima u 12 mjernih razdoblja godišnje (8, 10, 14).

Pod dozimetrijskim nadzorom moraju biti izloženi radnici i osobe koje se educiraju za rad s izvorima ionizirajućeg zračenja. Izloženi radnik je onaj koji obavlja svoj posao a mora biti u području izloženosti, bez obzira upravlja li on izvorima ionizirajućeg zračenje ili ne. Područje izloženosti je ono područje u kojem postoji mogućnost da pojedinac ili grupa ljudi bude izložena ionizirajućem zračenju iznad propisane granice za pojedinog stanovnika (iznad 1 mSv u godinu dana) (8, 10, 14).

Osobni dozimetar za utvrđivanje efektivne doze za cijelo tijelo obavezno se nosi na lijevoj strani prsnog koša. Ukoliko se nosi zaštitna pregača onda se stavlja ispod zaštitne pregače. Ponekad zbog naravi posla koji obavlja izloženi radnik može uz osobne dozimetre nositi i dodatne dozimetre i to iznad zaštitne odjeće, na ruci, zatim na stražnjoj strani tijela, blizu očiju i slično. Svi podaci o primljenim dozama na tim radnim mjestima mjerenja upisuju se u osobni karton (8, 10, 14).

#### **5.4. Zaštita na radnom mjestu u zoni ionizirajućeg zračenja**

Mnoge zemlje u svijetu imaju zajedničku ili ujednačenu strategiju u zaštiti od ionizirajućeg zračenja, a pri tom imaju mogućnost korištenja rezultata koje su dobile od raznih međunarodnih državnih i nedržavnih organizacija, kao što su: Međunarodno povjerenstvo za zaštitu od zračenja (ICRP), Međunarodno povjerenstvo za jedinice zračenja (ICRU), Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), Svjetska zdravstvena organizacija (SZO), Međunarodna organizacija rada (ILO), Agencija za nuklearnu energiju (NEA ) (16, 18). Korištenjem podataka iz istraživanja i implementiranim načinima zaštite na radnom mjestu na kojem postoji mogućnost pretjerane izloženosti ionizirajućem zračenju postiže se optimalna razine zaštite radnika.

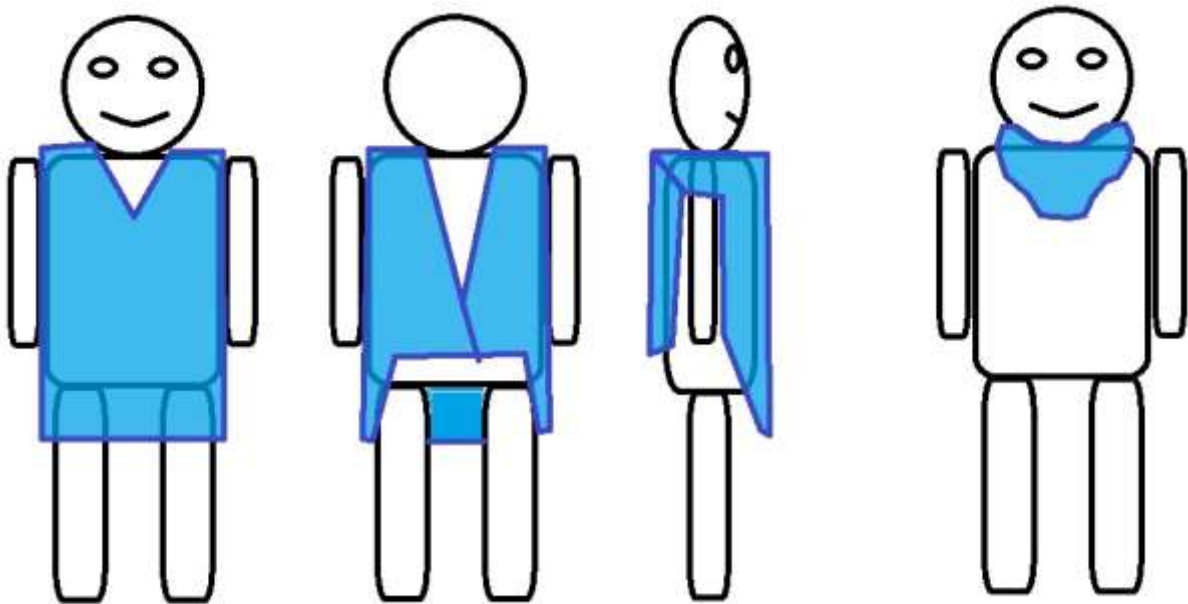
#### ***Zahtjevi za radni okoliš u zaštiti od ionizirajućeg zračenja***

Odjel radiologije gdje se obavljaju dijagnostičke pretrage potrebno je izolirati odokoline, a za to se najčešće koriste olovne ploče ili neki drugi elementi koji zadržavaju prodor rentgenskih zraka u istoj mjeri kao i olovo. Lokacija rentgen odjela također je bitna, dobro je da se oni nalaze na samom ulazu u bolnicu radi prijema hitnih slučajeva. Od početka primjene rentgenskih uređaja ti odjeli su se najčešće nalazili u podrumima ili prizemljima bolnica, a i danas je u većini bolnica takav princip zbog toga što je na tim područjima bilo moguće pružiti najbolju zaštitu (11).

## **Osobna zaštitna sredstva za zaštitu**

Olovo osim što se koristi za zaštitu podova, zidova, stropova i vrata služi i za osobna zaštitna sredstva za zaštitu profesionalnog osoblja i bolesnika (11):

1. zaštitne pregače koriste se za zaštitu unutrašnjih organa,
2. štitnik za vrat štiti štitnu žlijezdu,
3. zaštitne rukavice,
4. zaštitne naočale za zaštitu očne leće,
5. zaštitne pregače zabolesnike,
6. štitnici za ovarije i sjemenike bolesnika.



Slika 2. Zaštitna pregača i štitnik za vrat

## 5.5. Prevencija i zaštita u drugim europskim zemljama i svijetu

Krajem 2013. godine Europska komisija je implementirala novu *Basic Safety Standards (BSS) Directive*, u kojoj je ispravila prethodni BSS (Directive 96/29/EURATOM) koji je u poslovima zaštite od ionizirajućeg zračenja propisivao zahtjeve za angažman kvalificiranog stručnjaka (eng. *Qualified Expert - QE*) te kompetencije istog.

Novi BSS uvodi pojam stručnjaka za zaštitu od zračenja (eng. *Radiation Protection Expert - RPE*), te on propisuje njegovu zadaću u poslovima vezanima uz uporabu izvora ionizirajućeg zračenja. Razinu znanja, kompetencije i praktične vještine koje mora posjedovati RPE također propisuje BSS, a od članica Europske unije zahtjeva da donesu nacionalni okvir za priznavanje status RPE, te da ustroje sustav obrazovanja i kontinuiranog profesionalnog usavršavanja. U nacionalno zakonodavstvo do 6. veljače 2018. godine sve zemlje članice direktivu moraju implementirati.

Europska direktiva 97/43/Euratom o medicinskim izloženostima određuje uvjete za primjenu interventne kardiologije. Vodič koji je objavila Europska komisija, s ciljem obrazovanja i osposobljavanja za zaštitu od zračenja u medicinskim izloženostima, sadrži i preporuke o programima obuke i akreditacije(19, 14).

U Latinskoj Americi, za razliku od Europe i Sjedinjenih Američkih Država, nema dovoljnog pravnog okvira za regulaciju sigurne uporabe ionizirajućeg zračenja u medicini. Saznanje da se provode interventni postupci koji mogu dovesti do visokih doza zračenja na pacijentima i medicinskom osoblju potaknulo je međunarodnu organizaciju na objavljivanje preporuka visokih sigurnosnih standarda za potrebe interventne kardiologije.

Interventne postupke u Latinskoj Americi obavljaju medicinski stručnjaci u pratnji medicinskih sestara, medicinskih tehnologa i tehničara koji često nemaju odgovarajuću edukaciju o zaštiti od zračenja. To potvrđuje i istraživanje koje su proveli Vano i dr. u deset centara interventne kardiologije u zemljama Latinske Amerike uključujući i Brazil, a koje je pokazalo kako samo 64% profesionalno

izloženih pojedinaca (OEI, engl. *Occupationally exposed individual*) koristilo monitor (dozimetar), a samo 36% je potvrdilo da znaju što znači dozimetrija (20).



## 6. Zaključak

Uporaba ionizirajućeg zračenja značajno se povećava iz godine u godinu zbog kontinuiranog razvoja novih tehnika u suvremenim zdravstvenim sustavima, a time i izloženost djelatnika visokim dozama zračenja, što može izazvati ozbiljne sigurnosne i zdravstvene probleme. Ionizirajuće zračenje uključuje rizike koji su opravdani dijagnostičkim i terapijskim postupcima. Razvoj svijesti i znanja o tim rizicima uvelike smanjuju štetu, te optimiziraju radiološko snimanje i sigurnu uporabu ionizirajućeg zračenja.

Neophodno je uspostaviti kulturu samozaštite od ionizirajućeg zračenja kod medicinskog osoblja kao ključnog čimbenika u zaštiti od zračenja i osiguranja kvalitete. Važno je educirati medicinsko osoblje i medicinske sestre/tehničare koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja ili su u bilo kakvom kontaktu s tim odjelima i to tijekom školovanja, ali i tijekom radnog vijeka.

Kontinuirana edukacija je učinkovita jer dovodi do stvaranja poticajne i motivirajuće radne okoline u kojoj svatko ima jasnu ulogu, a dobra educiranost medicinskog osoblja povećava svijest o riziku od zračenja i omogućuje izvođenje sigurnih postupaka kako za medicinsko osoblje tako i za pacijenta, što dovodi do smanjenja pogrešaka i nepotrebnoj izloženosti ionizirajućem zračenju.

Medicinske sestre/tehničari koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja moraju nositi zaštitna sredstva kao i dozimetre i pridržavati se svih preporučenih smjernica za zaštitu. Također, oni koji rade u operacijskim salama dužni su za vrijeme rentgenskog snimanja, ako ne mogu izaći iz operacijske sale moraju nositi zaštitnu odjeću i dozimetar. Medicinske sestre/tehničari koji rade u jedinicama intenzivnog liječenja trebaju se pridržavati istih principa zaštite. U hitnim ambulancama ili bolničkim odjelima gdje medicinske sestre dovode bolesnike do rentgen odjela trebaju se što kraće zadržavati. Nikako nisu dužni/e biti s pacijentima u sobi za snimanje za vrijeme rentgenskog snimanja kako bi pridržavale bolesnike.

## 7. Zahvale

Hvala mojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Iskri Alexandri Noli, na stručnom vodstvu i savjetima u vezi ovog diplomskog rada.

Hvala mojem suprugu, koji mi je uvijek bio podrška, a osobito u toku studija i često nesebično žrtvovao svoje vrijeme.

Hvala mojim roditeljima, te ostaloj bližoj i široj obitelji, prijateljima, te kolegicama i kolegama na poslu na pružanju podrške.

## 8. Literatura

1. Žuškin E, Mustajbegović J (2006) Prepoznavanje potrebe zdravstvene skrbi o radnicima tijekom povijesti <http://hrcak.srce.hr/3933> [Accessed 26 July 2017]
2. Zakon o zaštiti na radu, Narodne novine službeni list Republike Hrvatske (Zagreb, 5. lipnja 2014.)  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_06\\_71\\_1334.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_06_71_1334.html)  
[Accessed 18 September 2017.]
3. Učur M (2006) Zdravstveno osiguranje zaštite zdravlja na radu.  
[http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=40027](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=40027)  
[Accessed 26 July 2017]
4. Šarić M, Žuškin E (2002) Medicina rada i okoliša. Medicinska naklada Zagreb
5. Novaković M (2001) Zaštita od ionizirajućeg zračenja Propisi u Republici Hrvatskoj s komentarima. Ekoteh-dozimetrija d.o.o. za zaštitu od zračenja
6. Agbaba M, Lovrenčić M (1994) Radiologija. Medicinska naklada Zagreb
7. Howell D. J. (2016) Early Clinical use of the X-Ray. The American Clinical and Climatological Association 2016; 127: 341–349  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5216491/> [Accessed 17 September 2017]
8. Dodig D, Kusić Z (2012) Klinička nuklearna medicina. Medicinska naklada Zagreb
9. Hebrang A, Lovrenčić M (2001) Radiologija. Medicinska naklada Zagreb
10. Hebrang A, Petrovčić F (1987) Radijacija i zaštita u medicinskoj dijagnostici. Medicinska knjiga Beograd-Zagreb
11. Janković S, Eterović D (2002) Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike. Medicinska naklada Zagreb
12. Zavalčić M (2010) Zdravstveni nadzor radnika izloženih ionizirajućim zračenjima u razdoblju od 2005. do 2009. <http://hrcak.srce.hr/60302>  
[Accessed 26 July 2017]
13. Medvedec M (2017) Bespuća prevoditeljske zbiljnosti o ionizirajućem zračenju. Zbornik radova jedanaestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja.  
[http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ\\_zbornik.pdf](http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ_zbornik.pdf)  
[Accessed 26 July 2017]

14. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Communities  
<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN> [Accessed 18. September 2017]
15. Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost  
[http://cms.dzrns.hr/zastita\\_od\\_zracenja/dozimetrijski\\_nadzor](http://cms.dzrns.hr/zastita_od_zracenja/dozimetrijski_nadzor) web stranica [Accessed 17. September 2017]
16. Bertić-Stahuljak, Žuškin E, Valić F, Mustajbegović J (1999) Medicina rada. Medicinska naklada Zagreb
17. Pravilnik o granicama ozračenja, Narodne novine službeni list Republike Hrvatske (ponedjeljak, 20. svibnja 2013.) <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/426377.pdf>. [Accessed 26 July 2017]
18. Kubelka D, Sviličić N, Kralik I, Belamarić N, Faj D (2010) Usklađenost Hrvatskog zakonodavstva s propisima Europske unije kojima se regulira radiološka i nuklearna sigurnost. <http://hrcak.srce.hr/60301> Accessed 26 July 2017
19. Surić M, Hršak H, Prlić I (2017) Status RPE u nekim zemljama EU. Zbornik radova jedanaestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja [http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ\\_zbornik.pdf](http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ_zbornik.pdf). [Accessed 26 July 2017]
20. Layton F, Canevaro L, Dourado A, Castello H, Bacelar A, Teixeira Navarro A, Vano E, do Socorro Nogueira M, Batista W O, Fuequim A C T, Lykawka R, S Melo C S, Borges F, Rodrigues B (2014) Radiation Risks and the Importance of Radiological Protection in Interventional Cardiology: A Systematic Review, *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*. Volume 22, Issue 1, March 2014, Pages 87-98 [https://doi.org/10.1016/S2214-1235\(15\)30184-8](https://doi.org/10.1016/S2214-1235(15)30184-8) [Accessed 29 July 2017]

## 9. Životopis

Rođena sam 1984. godine u Zaboku. Osnovnu školu sam završila 1999. godine u Odri u Zagrebu. Godine 2003. završila sam Školu za medicinske sestre Vrapče te se iste godine zapošljam u Klinici za traumatologiju Zagreb. Studij sestrinstva na Zdravstvenom veleučilištu Zagreb završavam 2011. godine, a 2015. godine upisala sam Sveučilišni diplomski studij sestrinstva na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Govorim engleski jezik. Služim se Microsoft Office alatima.

Osobni interesi: slikarstvo, glazba.

Hobiji: čitanje, ples, putovanja.