

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК  
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Сребрно језеро  
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд  
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG  
Srebrno jezero  
27- 29. September 2017**

**Belgrade  
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић  
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

## РАДИЈАЦИОНИ РИЗИК

**Славица ИВКОВИЋ, Александар ЖИГИЋ, Јасминка ЈОКСИЋ**

*Агенција за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије  
ivkovic@srbatom.gov.rs*

### **САДРЖАЈ**

*Једно од основних питања у области заштите од зрачења је процена прихватљивости ризика од зрачења, што је формулисано и кроз три принципа заштите од зрачења: оправданост, оптимизација и ограничење дозе. Спровођење ових принципа је сложен процес који захтева примену низа активности и вештина из различитих области од правно регулаторних до уско стручних тј. природно техничких или хуманитарно медицинских наука. Почетне тачке у разматрању примене извора зрачења су процена користи тј. добробити од примене извора зрачења и процена радијационог ризика коју та примена носи. У овом раду су такође разматране и вредности доза тј. шта сматрамо високим а шта ниским дозама, приступ процени радијационог ризика као и преглед вредности за неке границе излагања.*

### **1. УВОД**

Свака људска активност је повезана са одређеним ризиком, те нам свака ситуација корисна из неких разлога у исто време доноси одређену штету. Откриће зрачења и могућност његовог коришћења за разне намене у исто време је донело и различите ризике, на првом месту по здравље људи, не говорећи о злонамерним коришћењима који сваку људску активност и откриће могу да преобрате у штету и невољу. Људи су током свог живота изложени различитим изворима зрачења: природним изворима зрачења, зрачењу услед примене дијагностичких и терапеутских процедура, зрачењу на радним местима у индустрији и науци где се примењују извори зрачења, у нуклеарним електранама, као и у акцидентима до којих долази током примене извора зрачења.

Осим тешких детерминистичких ефеката зрачења, који се испољавају одмах након озрачивања (неколико дана до недеља за ране ткивне реакције, односно неколико месеци до година за касне ткивне реакције) и за које се зна праг дозе изнад којих се испољавају, посебан страх и недоумице изазивају стохастички ефекти који немају праг дозе, а могу се појавити дуго након озрачивања тј. постоји латентни период у коме се не појављују (2-10 година) [1, 2, 3].

### **2. ШТЕТНЕ ПОСЛЕДИЦЕ ЗРАЧЕЊА - РИЗИК**

Ризик је синоним за вероватноћу појаве неког штетног ефекта – обично болести или смртног исхода, или претње да ће се неки нежељени ефекат догодити при чему се узимају у обзир вероватноћа да до догађаја дође и последица коју изазива – тј. производ је математичког очекивања и величине последице.

Извори података за испитивања ефеката зрачења су такође ван контроле и могућности планирања и пројектовања у сврху испитивања. То су студије изведене на основу података о преживелим жртвама нуклеарних бомби у Јапану током

другог светског рата, озраченим радницима на радним местима, људима који живе у зонама са повишеним природним зрачењима (радон), људима изложеним зрачењима у медицинске сврхе.

Научни комитет за ефекте атомске енергије и зрачења (UNSCEAR) при Уједињеним нацијама, основан 1955. године, на глобалном нивоу проучава примену извора зрачења и ефекте које зрачење испољава на здравље људи и животну средину, док се на високом научном нивоу тиме бави Међународна комисија за радиолошку заштиту (ICRP). Стандарди, препоруке и регулатива у области заштите од зрачења као и документи Међународне агенције за атомску енергију (IAEA) произилазе управо из публикација ICRP и UNSCEAR.

Комитет америчког националног истраживачког савета за биолошке ефекте јонизујућег зрачења (Biological Effects of Ionizing Radiation, BEIR) који у својим публикацијама извештава америчку владу о ефектима јонизујућег зрачења у свом извештају из 2006. године, VII део – Здравствени ризици услед изложености ниским дозама јонизујућег зрачења, даје анализу и ставове о дејству ниских доза јонизујућег зрачења у светлу нових података и научних достигнућа [3]. Према закључцима овог комитета научна сазнања нису у супротности са претпоставком о линеарној зависности између појаве зрачењем индукованог канцера и изложености јонизујућем зрачењу (дозе). Овај став је задржан и у новом сигурносном стандарду IAEA GSR 3 [4]. Такође, важећи је став да постојање прага ефекта за појаву стохастичких ефеката није вероватно, на шта указују појаве мутација на ћелијама мишева и других организама и појаве канцера и при ниским дозама.

Комбинација вероватноће да ће се догађај по одређеном сценарију десити и величине тј. мере штетног ефекта који може да проузрокује представља меру ризика догађаја. Према Основном сигурносном стандарду IAEA[4] радијациони ризик представља штетне ефекте које зрачење има/испољава или може да има/испољи на здравље људи, као и други утицај који може да има на животну средину као директну последицу: изложености зрачењу, присуства радиоактивног материјала или губитка контроле над нуклеарним реактором, нуклеарном ланчаном реакцијом, радиоактивним извором или неким другим извором зрачења. Да би се сигурносни стандарди и принципи заштите од зрачења примењивали потребно је прво извршити процену ризика који коришћење извора зрачења представља за људе и животну средину. У складу са основним принципима заштите од зрачења, ризик се применом мера заштите смањује на најмању разумну меру – АЛПА принцип.

Радијациони ризик у смислу штетног деловања зрачења на здравље људи се добија на основу процене дозе зрачења (одређене као ефективне дозе за репрезентативну особу из становништва) и коефицијента ризика.

### **3. РИЗИК ЗА ПОЈАВУ СТОХАСТИЧКИХ ЕФЕКТА**

Према Основном сигурносном стандарду IAEA, а на основу података објављених у UNSCEAR као и препорука ICRP, зависност вероватноће појаве стохастичког ефекта као што је канцер је пропорционална примљеној дози без прага ефекта [1, 2, 4]. Коефицијент ризика за појаву стохастичких ефеката је дат у табели 1.

Табела 1. Коefицијент ризика за појаву стохастичких ефеката

Изложена популација	Коefицијент ризика ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ )		
	Канцер	Наследни ефекат	Укупно
Одрасли радници	4,1	0,1	4,2
Целокупна популација	5,5	0,2	5,7

Из табеле се види да је коefицијент ризика за појаву канцера за становништво  $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$  (или  $5,5\% \text{ Sv}^{-1}$ ), што значи да ће од 100 особа које приме дозу од 1Sv, 5,5 особа оболети од канцера [1]. Треба напоменути и да је коefицијент ризика повезан са кривом зависности доза/ефекат, чиме се у овом раду нећемо бавити.

То, такође, значи да ће за дозу од 100 mSv вероватноћа појаве канцера односно ризик од појаве канцера бити  $5,5 \cdot 10^{-3}$ , тј. да ће од 200 људи који су примили дозу од 100 mSv, 1 особа оболети од канцера. Вероватноћа да особа у току живота оболи од канцера, а чија појава се не доводи у везу са зрачењем, је 25-42% тј. од 100 особа 25 до 42 оболе од канцера [4,5].

Слика је унеколико поједностављена јер постоји и зависност од начина примања дозе – акутно или у дужем периоду, јачине дозе, старосног доба, пола особе и других параметара. Подаци се односе на становништво на планети за које су подаци били доступни.

У дијагностичкој процедури помоћу компјутеризоване томографије (СТ) пацијент прими дозу од око 10 mSv. Ризик од развијања канцера за ефективне дозе од 10 mSv је развој канцера код 1 особе од 2000 које су примиле наведену дозу, или 0,05% [5]. Узимајући за коefицијент ризика вредност од  $5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ , повезане су дозе са ризицима односно степеном забринутости услед појаве последице по здравље људи. У табели 2 је дат приказ ефективних доза са процењеним ризиком од штетног деловања на здравље људи [6].

Табела 2. Приказ ефективних доза са процењеним ризиком од штетног деловања на здравље

Ефективна доза (mSv/год)	Вероватноћа појаве последице по здравље - ризик
0,01	$10^{-7}$
<0,1	$10^{-6}$
0,1-1	$10^{-5}$
1-10	$10^{-4}$
>10	$10^{-3}$

#### 4. КОЈЕ ДОЗЕ СЕ СМАТРАЈУ НИСКИМ ДОЗАМА

Према релевантним међународним препорукама дозе испод 100 mSv се могу сматрати ниским дозама, првенствено јер при излагању овим дозама нема детерминистичких ефеката, а нема ни статистички значајног податка о појави

стохастичких ефеката тј. појава зрачењем индукованог канцера је мања од 1% [1, 2, 5-7)]. Дозе од 1-10mSv се сматрају веома ниским дозама.

За дозе преко 100 mSv ризик од стохастичких ефеката је значајан, сматра се неприхватљивим, па је оправдана примена интервентних мера заштите. У циљу доследне интерпретације и коришћења термина, у циљу боље комуникације при разматрању ефеката зрачења, Научни комитет УН је усвојио терминологију којом се указује на приближне опсеге апсорбованих доза. Дозе се односе на цело тело или делове тела и није узет у обзир утицај јачине дозе. У табели 3 је дата прихваћена терминологија за одређене опсеге доза [2].

**Табела 3. Прихваћена терминологија за одређене опсеге доза**

Доза	Опсег апсорбоване дозе
Висока	Више од 1Gy
Умерена	Око 100 mGy до око 1Gy
Ниска	Око 10 до око 100mGy
Веома ниска	Мање од 10mGy

Веома ниске дозе одговарају дозама које су на нивоу годишњег излагања природним изворима зрачења (просечна вредност је 2,4 mSv/god али се креће и до 10 mSv/god, на неким местима чак и до 100mSv/god) и дозама које се примају при конвенционалним радиолошким процедурама (осим СТ). Такође, ове дозе одговарају и референтним нивоима за присуство радона у затвореном простору.

Ниске дозе одговарају дози која се прими при неколико пута поновљеној компјутеризованој томографији. У овом опсегу је и граница годишњег излагања за професионално изложена лица која је одређена тако да ризик којем су изложени ови радници не би требало да премаши здравствени ризик радника у било којој другој делатности.

Умерене дозе су дозе код којих је извесна појава стохастичких ефеката.

Дозе преко 1Gy тј. високе дозе имају за последицу појаву детерминистичких и тешких детерминистичких ефеката. О овим дозама се говори када је у питању озбиљан радиолошки акцидент или када се примењују поједине радиотерапијске процедуре.

Када се изврши процена ризика, одређивање прихватљивости ризика зависи од добробити коју ризик доноси, цене коштања последице прихватања или смањивања ризика, социјалних и друштвених параметара – тешко мерљивих али неопходних у разматрању. Процена прихватљивости ризика је завршни чин и успешност или лакоћа/тежина којом се одлучује умногоме зависи од претходних корака у анализи ризика. Сматра се да је ризик од смрти при раду од 1% годишње неприхватљив, али да већ код 0,1% (1 на 1000) ситуација није једнозначна и показује се потреба да се ризик анализира и узму у обзир и други параметри [8].

## 5. ЗАКЉУЧАК

Први корак у примени мера заштите од зрачења је процена изложености лица и упоређивање са прописаним границама односно референтним вредностима. За то је потребна потпуна анализа околности и свих битних параметара излагања, после чега се примењују три основна принципа заштите од зрачења оправданост,

оптимизација и ограничење дозе. Прихваћене вредности граница излагања, ограничења доза и референтних нивоа су испод вредности дозе од 100 mSv која се сматра ниском дозом.

### 6. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] ICRP Publication 103, Recommendations of ICRP, Elsevier, 2007
- [2] Sources, effects and risks of ionizing radiation, UNSCEAR, 2012
- [3] Health Risk from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII, 2006
- [4] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3), IAEA, Беч, 2014
- [5] ICRP Supporting Guidance 2, Elsevier, 2001
- [6] ICRP Supporting Guidance 5, Elsevier, 2005
- [7] ICRP Publication 96, Elsevier, 2004
- [8] ICRP Publication 60, Recommendations of ICRP, Pergamon Press, 1990

### RADIATION RISK

**Slavica IVKOVIĆ, Aleksandar ŽIGIĆ, Jasminka JOKSIĆ**

*Serbian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*

*ivkovic@srbatom.gov.rs*

#### **ABSTRACT**

*Having in mind that all human activities carry some sort of risks, one of the main issue of radiation protection is assessment of the acceptability of risks of using radiation sources. This is also, the first step of applying ALARA principle. Risk is a synonym for probability of harmful effect and takes into account probability of happening some events and severity of consequences. This is complicated task in which have to be involved many specialist and skills from different parts of science. The paper discussed some effective dose values, the way of calculation risks from low doses and connection of dose and risks with terms from regular usage such as: high doses, low doses and very low doses.*