

**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.

KONSTRUKCIJA SEKUNDARNOG ETALONA ZA VELIČINU LIČNI DOZNI EKVIVALENT $H_p(3)$ POMOĆU MONTE KARLO SIMULACIJA

Sandra ĆEKLIC¹, Olivera CIRAJ BJELAC¹, Danijela ARANĐIĆ¹, Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ¹, Predrag BOŽOVIĆ¹, Cristian MIHAILESCU LIVIU²

1) Institut za nuklearne nauke Vinča, Univerzitet u Beogradu, Srbija,

csandra@vinca.rs

2) Belgijski nuklearni institut SCK-CEN, Mol, Belgija

SADRŽAJ

U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja mogućeg dizajna sekundarnog etalona za lični dozni ekvivalent $H_p(3)$ pomoću Monte Karlo simulacija. Simulirana je sferna jonizaciona komora ugrađena u sferni fantom. Ispitivana je energetska i ugaona zavisnost i cilj je bio da se postigne što konstantniji odgovor u širokom opsegu energija. Rezultati pokazuju da se najadekvatniji dizajn postize jonizacionom komorom TK-30 ugrađenom u sferni fantom od polimetil-metakrilata (PMMA) prečnika 15 cm. Energetski odgovor je u $\pm 10\%$ za opseg energija od (18 do 1250) keV, dok je ugaoni odgovor u $\pm 20\%$ za upadni ugao u opsegu od 0 do 90° za energetski opseg od (48 do 1250) keV.

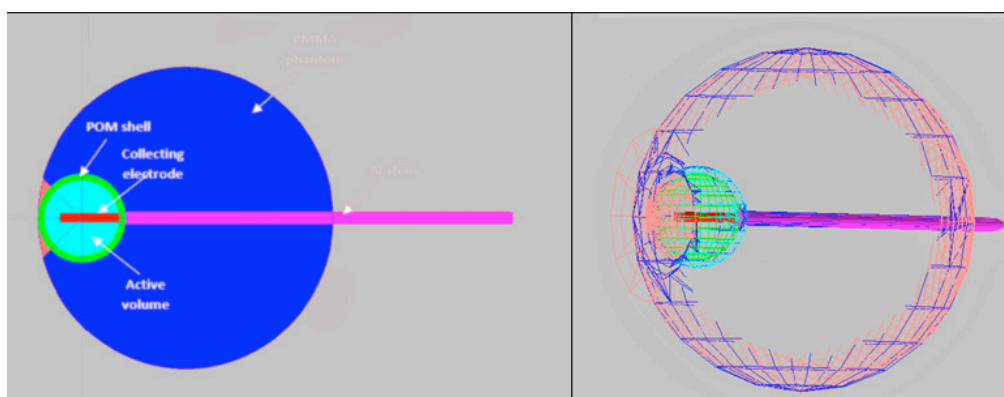
1. UVOD

Mnogobrojna epidemiološka istraživanja koja su u poslednjih nekoliko godina sprovedena nad zaposlenima u interventnoj radiologiji pokazali su da oštećenja očnog sočiva mogu nastati i na dozama od 0,5 Gy što je daleko manje od ranije utvrđenog praga od 2 Gy [1]. Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja je stoga smanjila godišnju granicu doze za očno sočivo sa 150 mSv na 20 mSv i naglasila značaj tačnije procjene doze za očno sočivo [2]. Operativna veličina koja se koristi za monitoring očnog sočiva je lični dozni ekvivalent $H_p(3)$ [3]. Konvencionalno tačna vrijednost veličine $H_p(3)$ se dobija mjerenjem kerme u vazduhu i primjenom odgovarajućih konverzionih koeficijenata. Energetska zavisnost ovih konverzionih koeficijenata koja je posebno izražena na niskim energijama ističe potrebu za uređajem za direktno mjerenje veličine $H_p(3)$ [4]. Takođe, razlike u spektru snopa zračenja dovode da značajnih razlika u vrijednostima ovih konverzionih koeficijenata što je posebno izraženo u snopovima koji se koriste u dijagnostičkoj radiologiji. Snopovi koji se koriste u bolnicama se razlikuju od onih koji se koriste u kalibracionim laboratorijama gdje se instrumenti etaloniraju, te je spektrometrijskim mjerenjima neophodno izvršiti korekcije na te razlike. Konstrukcijom sekundarnog etalona koji bi direktno mjerio veličinu $H_p(3)$ izbjegla bi se spektrometrijska mjerenja kao i upotreba konverzionih koeficijenata.

2. MATERIJALI I METODE

Koristeći MCNP6.1 softver simulirana je jonizaciona komora ugrađena u sferni fantom od PMMA-a. Tokom faze dizajniranja sekundarnog etalona sledeći aspekti su uzeti u obzir. Jonizaciona komora mora da ima dovoljno veliku zapreminu kako bi sa zadovoljavajućom tačnošću mjerila jačine doze reda $\mu\text{Sv/h}$ što su doze koje su

karakteristične za ISO 4037 N-kvalitete snopova u kalibracionim laboratorijama kao i za rasejani snop zračenja u radiološkim odjeljenjima. Takođe, mora da ima dovoljno male dimenzije uporedive sa dimenzijama ljudskog oka. Sferna simetrija je poželjna zbog velikog broja mogućih rotacija rendgen cijevi tokom medicinskih procedura kad nije moguće tačno definisati pravac snopa zračenja. Uzimajući u obzir da je veličina $H_p(3)$ definisana kao ekvivalentna doza na dubini 3 mm tkivno ekvivalentnog fantoma, debljina zida jonizacione komore bi trebalo da bude približno 3 mm tkivno ekvivalentnog materijala. Jonizaciona komora TK-30 proizvedena u PTW-u najbolje ispunjava gore navedene uslove [5]. TK-30 jonizaciona komora je ugrađena u sferni PMMA fantom i simulirane su energetska i ugaona zavisnost za različite debljine fantoma sa ciljem da se dobije što konstantniji odgovor. Konusni otvor od 120° je korišćen kako bi se napravio model glave i oka koji odgovara realnoj slici. Monte Karlo model sekundarnog etalona je prikazan na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz $H_p(3)$ jonizacione komore

Odgovor jonizacione komore u veličini lični dozni ekvivalent $H_p(3)$ je dobijen iz Monte Karlo simulacija pomoću talije F6e tj. deponovane energije u aktivnoj zapremini jonizaciona komore. Vrijednost kerme u vazduhu K_a je izračunata na isti način s tim što je u simulacijama materijal oko aktivne zapremine zamjenjen vazduhom i praćena je talija F6p. U oba slučaja je korišćen *mode p e* tj. praćeni su i elektroni i fotoni iako isti nije bio neophodan za kalkulacije kerme u vazduhu (talija F6p je dala iste vrijednosti za *mode p* i *mode p e*). Spektar zračenja izmjeren u laboratoriji za etaloniranje u Belgijskom nuklearnom institutu SCK·CEN je korišćen u simulacijama. Simulacije su izvršene u vazduhu i korišćen je tačkasti izotropni izvor.

Korekcionni faktori $k(R, \alpha)$ za kvalitet snopa R i upadni ugao α su izračunati koristeći

$$k(R, \alpha) = (h_{pK}(3; R, \alpha) \frac{K_a}{H_p(3)}) \frac{1}{N_H}$$

gdje su

$h_{pK}(3; R, \alpha)$ -konverzioni koeficijenti iz K_a u $H_p(3)$ za R kvalitet snopa i upadni ugao α ,

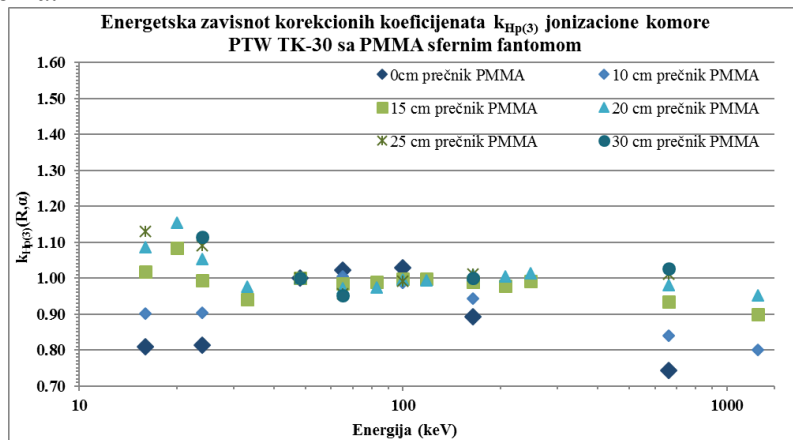
N_H - kalibracioni faktor za referentni kvalitet snopa N-60 i upadni ugao $\alpha=0^\circ$.

Vrijednosti za konverzije koeficijente su uzeti od Behrensa [6].

Za različite prečnike sfernog PMMA fantoma od 0, 10, 25 i 30 cm ispitana je energetska zavisnost i to za kvalitete snopova N-20, N-30, N-60, N-80, N-120, N-200, S-Cs i S-Co. Za fantom prečnika od 15 cm i 20 cm ispitana je energetska zavisnost za širok opseg kvaliteta snopova X-zračenja od N-20 do N-300 kao i za S-Cs i S-Co. Ugaona zavisnost je ispitana za iste kvalitete snopova u opsegu upadnog ugla od 0° do 90° .

3. REZULTATI

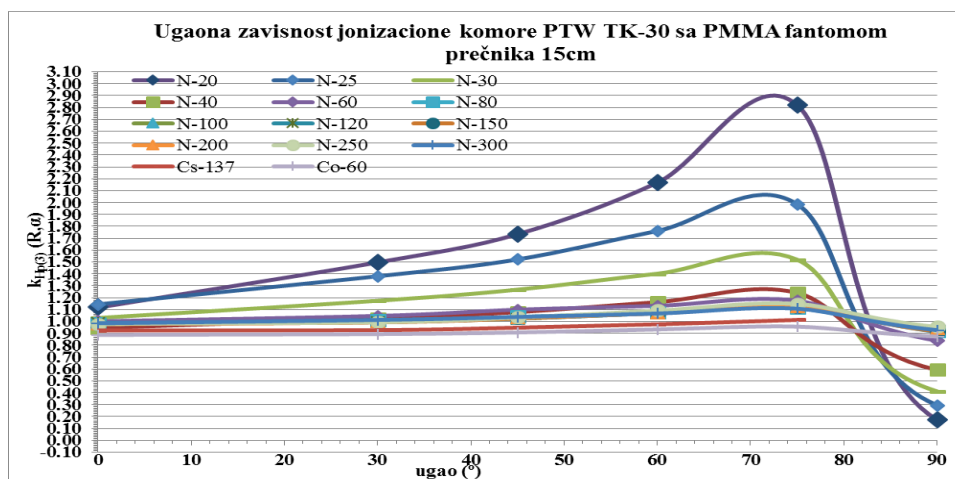
Na slici 2 prikazana je energetska zavisnost jonizacione komore za različite debljine PMMA fantoma.



Slika 2. Energetska zavisnost jonizacione komore TK-30 za različite debljine sfernog fantoma za upadni ugao $\alpha=0^\circ$ normirano na N-60

Sa slike 2 se vidi da je energetska zavisnost posebno izražena na niskim i visokim energijama fotona, kao i da zavisi od veličine fantoma. Za veći prečnik fantoma veća je i doza u oku što se može objasniti efektom apsorpcije i *build up* efektom koji su dominantni na niskim i visokim energijama, respektivno. Najmanja energetska zavisnost je primjećena za fantom prečnika 15 cm, gdje se odgovor kreće u $\pm 10\%$ u cijelom opsegu izmjerenih energija.

Na slici 3 prikazana je ugaona zavisnost jonizacione komore TK-30 ugrađene u sferni fantom prečnika 15 cm. Kao što se može primjetiti odgovor se nalazi u $\pm 20\%$ u širokom opsegu energija od (48 do 1250) keV, dok je kvalitete snopova niže energije (N-20 do N-60) primjećeno veće odstupanje.



Slika 3. Ugaona zavisnost jonizacione komore TK-30 sa 15 cm prečnika fantoma normirano na N-60 i $\alpha=0^\circ$

4. ZAKLJUČAK

Optimalna geometrija za novu jonizacionu komoru koja se može koristiti kao sekundarni etalon za veličinu lični dozni ekvivalent $H_p(3)$ je postignuta jonizacionom

komorom koja je komercijalno dostupna PTW TK-30 i fantomom od PMMA-a prečnika 15 cm. Kako bi se poboljšale performanse mogućeg sekundarnog etalona potrebno je ispitati kako parametri kao što su debljina zida komore, materijal i prečnik komore utiču na energetske i ugaozavisne karakteristike što može biti predmet narednog istraživanja.

5. LITERATURA

- [1] International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Vol 37, 2007.
- [2] International Commission on Radiological Protection (ICRP). 2011 Statement on Tissue Reactions. ICRP ref-4825-3093-1464, 2011.
- [3] International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. ICRU Report 51, 1993.
- [4] U. Ankerhold, R. Behrens, P. Ambrosi. X-ray spectrometry of low Energy photons for determining conversion coefficients from air kerma, K_a , to personal dose equivalent, $H_p(10)$, for the radiation qualities of the ISO narrow spectrum series. *Radiation Protection Dosimetry*. 81(4), 1999, 247-256.
- [5] PTW. Brochure of detectors including Codes of Practice. http://www.ptw.de/fileadmin/data/download/catalogviewer/DETECTORS_Cat_en_16522900_10/blaetterkatalog/index.html?startpage=48#page_1
- [6] R. Behrens. Air kerma to $H_p(3)$ conversion coefficients for a new cylinder phantom for photon reference radiation qualities. *Radiation Protection Dosimetry* 151(3), 2012, 450-455.

DESIGN OF SECONDARY STANDARD $H_p(3)$ IONISATION CHAMBER USING MONTE CARLO SIMULATIONS

Sandra ĆEKLIĆ¹, Olivera CIRAJ BJELAC¹, Danijela ARANĐIĆ¹, Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ¹, Predrag BOŽOVIĆ¹, Cristian MIHAILESCU LIVIU²

1) *Vinca institute of nuclear sciences, University of Belgrade, Serbia, csandra@vinca.rs*

2) *Belgian Nuclear Research Centre SCK·CEN, Mol, Belgium*

ABSTRACT

In this paper possible design for secondary standard $H_p(3)$ ionisation chamber was investigated using Monte Carlo simulations. The simulations were performed for spherical ionization chamber surrounded by spherical phantom. The goal was to obtain the more constant energy and angular response in wide energy range in order to get optimal geometry. The results shown that the most adequate design for secondary standard $H_p(3)$ was achieved using commercially available TK-30 ionization chamber manufactured by PTW embedded in spherical polymethyl methacrylate (PMMA) phantom with diameter 15 cm. The energy response was within $\pm 10\%$ in range of photon energies from (18 to 1250) keV, while angular response was within $\pm 20\%$ for angle of incidence α from 0° to 90° for energy range (48 to 1250) keV.