



# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

**2. - 4. октобар 2019. године**  
**Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија**

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



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Дивчибаре  
2- 4. октобар 2019. године**

**Београд  
2019. године**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXX SYMPOSIUM RPSSM  
Divčibare  
2<sup>nd</sup> - 4<sup>th</sup> October 2019**

**Belgrade  
2019**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
2-4.10.2019.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник  
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:

Др Михајло Јовић  
Др Гордана Пантелић

**ISBN 978-86-7306-154-2**

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Михајло Јовић, Гордана Пантелић

Електронско издање:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2019.

## UTICAJ VAZDUŠNE ŠUPLJINE NA RASPODELU DOZE U RADIJACIONOJ TERAPIJI FOTONSKIM SNOPI

Andrea KOJIĆ<sup>1</sup> i Miloš VICIĆ<sup>2</sup>

1) Institut za nuklearne nauke "Vinča", Univerzitet u Beogradu, Vinča, Srbija, [andrea.kojic@vinca.rs](mailto:andrea.kojic@vinca.rs)

2) Fizički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija, [mvicic@ff.bg.ac.rs](mailto:mvicic@ff.bg.ac.rs)

### SADRŽAJ

Sistemi za planiranje (TPS) u radioterapiji daju dobru procenu raspodele doze u homogenim sredinama, odnosno vrednosti koje su unutar preporučenih referentnih vrednosti [1-2]. Postavlja se pitanje uticaja nehomogenosti tkiva odnosno regija sa različitom elektronskom koncentracijom na raspodelu doze. U ovom radu prikazan je uticaj vazdušne šupljine na raspodelu doze duž centralne ose snopa. Ukazano je na pojavu sekundarnog nagomilavanja doze izvan regije vazdušne šupljine kao i na isporučenje niže doze unutar regije vazdušne šupljine [3]. Studija je sprovedena pomoću Monte Karlo simulacija u programskom paketu EGSnrc. U cilju optimizacije izlaganja pacijenata u radijacionoj terapiji, ove efekte bi trebalo uvrstiti u algoritme za proračun doze koje koriste sistemi za planiranje terapije.

### 1. Uvod

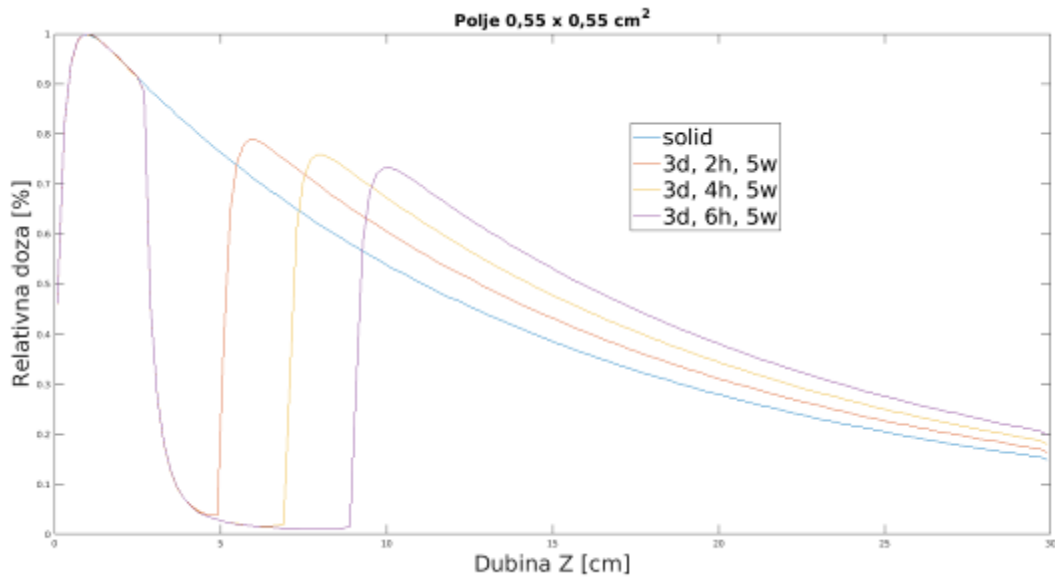
Jedan od programskih paketa koji koristi Monte Karlo simulacije je EGSnrc (engl. *Electron Gamma Shower, National Research Council of Canada*). EGSnrc simulira transport fotona i elektrona čije se energije kreću od 1 keV za fotone, odnosno nekoliko desetina keV za elektrone, do nekoliko stotina GeV za obe vrste čestica, u proizvoljnoj geometriji sačinjenoj od bilo kog elementa ili jedinjenja [4]. EGSnrc u sebi sadrži algoritme koji opisuju transport čestica, kao i efikasne preseke za razne fizičke procese (fotoelektrični efekat, Komptonovo rasejanje, zakočno zračenje, atomske relaksacije, kreacija parova itd.) koji se odvijaju prilikom prolaska radijacionog snopa kroz sredinu. EGSnrc u sebi sadrži programske kodove BEAMnrc i DOSXYZnrc. BEAMnrc služi za modeliranje izvora koji se koriste u terapiji zračenjem (<sup>60</sup>Co, generisani elektronski i fotonski snopovi i drugi). Takođe se pomoću BEAMnrc programskog koda može modelirati svaka pojedinačna komponenta linearnog akceleratora. DOSXYZnrc se koristi za dobijanje raspodele doze unutar fantoma. Raspodela doze je predstavljena 3D matricom koja je rezultat kombinacije raspodela doza na centralnoj osi i van nje. Na osnovu ove matrice može se dobiti PDD (engl. *Percentage Depth Dose*) kriva koja opisuje ponašanje apsorbovane doze duž centralne ose [5]. DOSXYZnrc ima mogućnost odabira različitih izvora za ozračivanje fantoma. Jedan od izvora je i fazna ravan („*phase-space*“) koja se učitava kao poseban fajl prethodno dobijen u programskom kodu BEAMnrc. Najniža energija sa kojom se vrši transport čestica naziva se „*cutoff*“ energija. Čestice koje imaju energiju nižu od definisane *cutoff* energije, prestaju da se prate u simulaciji.

## 2. Metoda

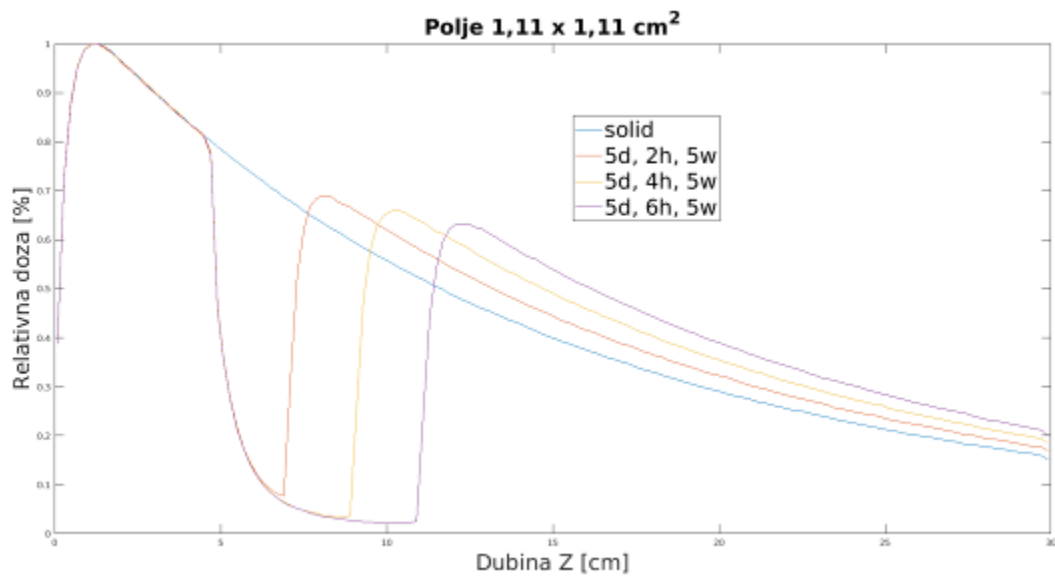
Za dobijanje raspodele doze unutar pravougaonog fantoma koji je ozračen radijacionim snopom od 6 MV korišćen je korisnički kod DOSXYZnrc u okviru EGSnrc programskog paketa. Za potrebe ovog rada u DOSXYZnrc programskom kodu kao izvor zračenja korišćeni su fajlovi faznog prostora preuzeti iz onlajn baze podataka [6] Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA – International Atomic Energy Agency). Preuzeti fajlovi faznog prostora (dobijeni u korisničkom kodu BEAMnrc) opisuju realistični linearni akcelerator Varian Clinac iX 6 MV, za veličine radijacionog polja:  $0,55 \times 0,55 \text{ cm}^2$ ,  $1,11 \times 1,11 \text{ cm}^2$ ,  $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ,  $4 \times 4 \text{ cm}^2$ . Prilikom simulacije u obzir su uzeti relativistički spinski efekti, Komptonovo rasejanje, fotoelektrični efekat, atomske relaksacije, zakočno zračenje i kreacija parova. U simulaciji je korišćen vodeni fantom dimenzija  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  i gustine  $1,00 \text{ g/cm}^3$ , koji je podeljen na voksele različitih dimenzija. Ono što je u ovom radu od interesa su vokseli duž centralne z-ose, čije dimenzije po ovoj osi iznose 2 mm. Šupljina unutar fantoma je ispunjena vazduhom gustine  $1,2048 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ , a njene dimenzije i položaj su varirani. Svi rezultati simulacija su obrađeni u softverskom okruženju MATLAB u kome su dobijene PDD krive koje su korišćene za dalju analizu rezultata. Broj istorija iznosi  $6,4 \times 10^8$  za sve simulacije. Broj recikliranja svake čestice iz izvora (fazne ravni), odnosno koliko puta je čestica korišćena prilikom svakog očitavanja, bio je podešen na 100. U simulaciji su korišćene standardne vrednosti *cutoff* energija od 0,7 MeV za elektrone i 0,01 MeV za fotone [7]. Nakon dostizanja *cutoff* energije deponovana energija čestice u lokalnom vokselu biva zabeležena.

## 3. Rezultati i diskusija

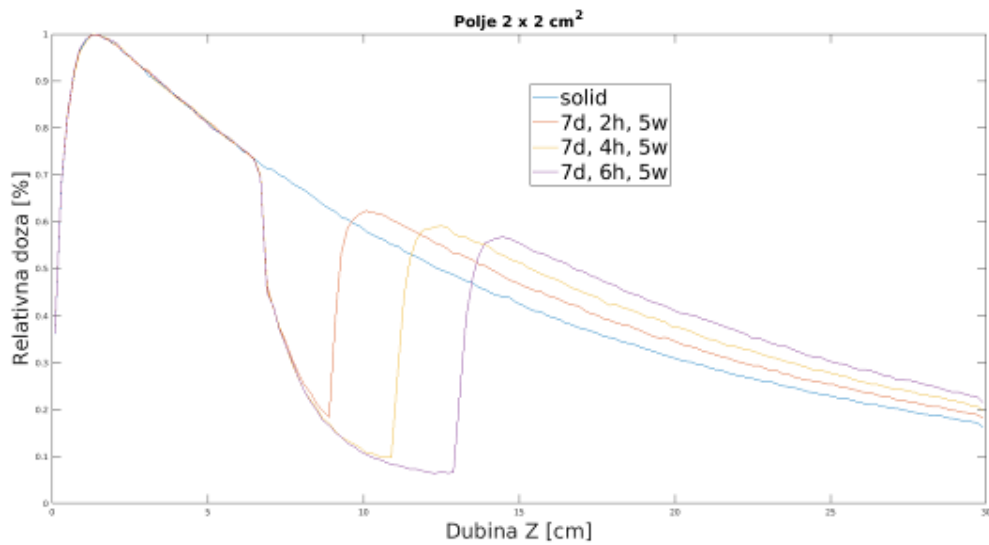
Grafici PDD krivih prikazani su za različite veličine radijacionog polja:  $0,55 \times 0,55 \text{ cm}^2$ ,  $1,11 \times 1,11 \text{ cm}^2$ ,  $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ,  $4 \times 4 \text{ cm}^2$ . Vazdušne šupljine su pozicionirane na različitim dubinama ( $d$ ) u vodenom fantomu: 3 cm, 5 cm, 7 cm, 10 cm. Sve šupljine imaju istu površinu ( $w$ ) od  $5 \text{ cm}^2$ . Kriva označena kao *solid* predstavlja PDD krivu u slučaju kada je sredina homogena, odnosno kada u vodenom fantomu ne postoji vazdušna šupljina. Sa grafika se uočava da doza naglo opada unutar vazdušne šupljine zbog značajnog nedostatka rasejanja u ovoj regiji, kao i da dolazi do sekundarnog nagomilavanje doze izvan vazdušne šupljine. Sekundarno nagomilavanje doze se objašnjava ponovo povećanom elektronskom koncentracijom u vodi u odnosu na vazduh i samim tim većim brojem rasejanja u toj regiji. Takođe, izvan granice vazduh – voda postoji i doprinos dozi od elektrona rasejanih u vazdušnoj šupljini zbog smanjene atenuacije primarnog snopa zračenja prolaskom kroz vazduh.



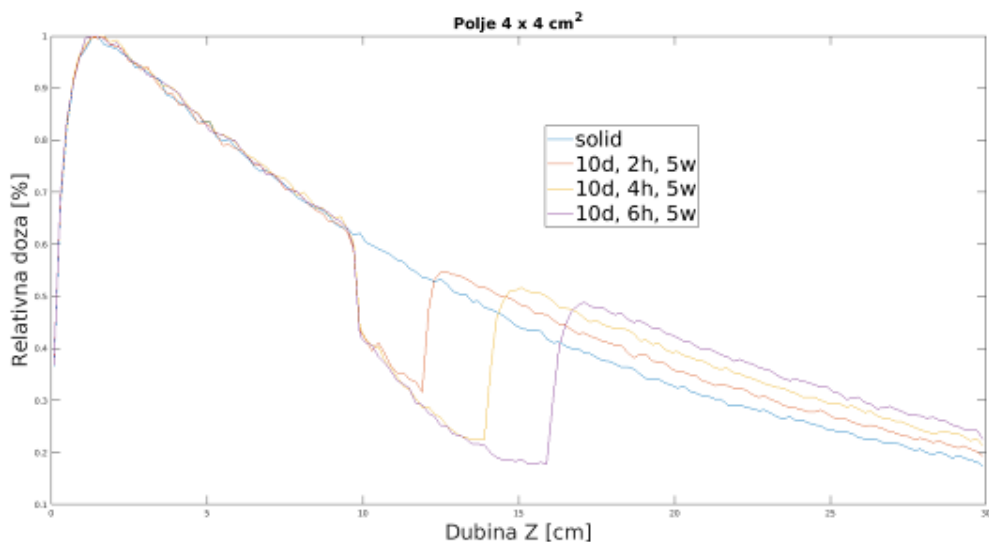
Grafik 1. PDD kriva za polje 0.55 x 0.55 cm<sup>2</sup>, i vazdušnu šupljinu pozicioniranu na 3 cm, površine 5 cm<sup>2</sup>, i variranih visina od 2 cm, 4 cm, 6 cm.



Grafik 2. PDD kriva za polje 1.11 x 1.11 cm<sup>2</sup>, i vazdušnu šupljinu pozicioniranu na 5 cm, površine 5 cm<sup>2</sup>, i variranih visina od 2 cm, 4 cm, 6 cm.



**График 3.** PDD kriva za polje 2 x 2 cm<sup>2</sup>, i vazдушnu šupljinu pozicioniranu na 7 cm, površine 5 cm<sup>2</sup>, i variranih visina od 2 cm, 4 cm, 6 cm.



**График 4.** PDD kriva za polje 4 x 4 cm<sup>2</sup>, i vazдушnu šupljinu pozicioniranu na 10 cm, površine 5 cm<sup>2</sup>, i variranih visina od 2 cm, 4 cm, 6 cm.

#### 4. Zaključak

Dobijeni rezultati ukazuju na postojanje sekundarnog nagomilavanja i na povećanje apsorbovane doze u regiji pozicioniranoj iza vazdušne šupljine. Ovakvi rezultati ukazuju na potencijalnu potrebu optimizacije TPS kod ozračivanja regija koje sadrže šupljinu (pluća, debelo crevo itd.). U cilju optimizacije izlaganja pacijenata, da ne bi došlo da isporučivanja doza koje se razlikuju od planiranih, potrebno je uzeti u obzir efekat koji vazdušne šupljine imaju na promenu apsorbovane doze u regiji iza šupljine.



### 5. Literatura

- [1] ICRU. Internationa Commission on Radiation Units and Measurements. *Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy*. ICRU Report 50, and Report 62, Bethesda, MD USA, 1993.
- [2] Marta Bueno Vizcarra, *Absorbed dose assessment in the presence of tissue heterogeneities in external radiotherapy* (Doctoral dissertation), Institut de Tècniques Energètiques, Universitat Politècnica de Catalunya, 2013.
- [3] A. Kojić, *Sekundarno nagomilavanje doze zračenja u šupljim fantomima* (master rad), Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2018.
- [4] I. Kawrakow, E. Mainegra-Hing, D.W.O. Rogers, F. Tessier, B.R.B. Walters, *The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport*, Ionizing Radiation Standards, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2019.
- [5] Faiz M. Khan, *The Physics of Radiation Therapy – Fourth edition*, Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business, 2010.
- [6] [https://www-nds.iaea.org/phsp/photon/Varian\\_Clinac\\_iX\\_6MV/](https://www-nds.iaea.org/phsp/photon/Varian_Clinac_iX_6MV/), poslednji put pristupano 16.05.2019.
- [7] B. Walters, I. Kawrakow and D.W.O. Rogers, *DOSXYZnrc Users Manual*, Ionizing Radiation Standards, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2019.

## INFLUENCE OF AIR CAVITY ON DOSE DISTRIBUTION IN PHOTON BEAM RADIATION THERAPY

Andrea KOJIĆ<sup>1</sup> and Miloš VIĆIĆ<sup>2</sup>

1) Vinca Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Vinca, Serbia,  
[andrea.kojic@vinca.rs](mailto:andrea.kojic@vinca.rs)

2) Faculty of Physics, University of Belgrade, Belgrade, Serbia,  
[mvicic@ff.bg.ac.rs](mailto:mvicic@ff.bg.ac.rs)

### ABSTRACT

Treatment planning systems (TPS) accurately assess dose distribution in homogeneous medium. Inhomogeneities, due to varying electron densities of organs, should be accounted for in dose distribution in order to accurately deliver dose to the patient. In this paper, the influence of an air cavity on dose distribution along the central axis of the beam was investigated using the EGSnrc Monte Carlo simulation package. Secondary build-up in absorbed dose was observed in the vicinity beyond the air cavity. Optimization of protection of patients in radiation therapy requires the TPS algorithms used to calculate the dose distribution, to include these effects.