

Dragoslav Nikezić

Dragana Krstić

# FIZIKA ZRAČENJA

AKADEMSKA MISAO

Beograd 2026.

**Dragoslav Nikezić, Dragana Krstić**

## **FIZIKA ZRAČENJA**

### **Recenzenti**

Dr Dušan Mrđa

Dr Miloš Vujisić

### **Izdavači**

Akadska misao, Beograd

Univerzitet u Kragujevcu,

Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

### **Štampa**

Akadska misao, Beograd

### **Dizajn naslovne strane**

Boris Popović

### **Tiraž**

300 primeraka

ISBN 978-86-6200-067-5

Mesto i godina izdanja: Beograd, 2026.

*Knjigu posvećujemo našem profesoru dr Petru Markoviću<sup>+</sup>,  
koji nas je uveo u naučnu oblast Radijaciona fizika i zaštita  
od zračenja.*

## ZAHVALNICA

*Rad na ovoj knjizi ne bi bio potpun bez dragocenih komentara naših recenzenata. Ovom prilikom se posebno zahvaljujemo profesorima Dušanu Mrđi, Departman za fiziku Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu i Milošu Vujisiću, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, čije su stručne povratne informacije i sugestije obogatile kvalitet ove knjige.*

*Zahvaljujemo se našim porodicama na strpljenju, razumevanju i podršci tokom procesa nastanka ove knjige.*

## Predgovor

Knjiga koja je pred Vama daje pregled fizike zračenja, kao i deo regulative o zaštiti od zračenja. Namenjena je studentima osnovnih i doktorskih studija fizike i drugih srodnih oblasti, kao i zaposlenima, koji se bave fizikom zaštite od zračenja i povezanim pitanjima i problemima. Pojedinci entuzijasti, zainteresovani za ovu oblast, takodje mogu naći dosta interesantnih tema.

U većini poglavlja predložena je dodatna literatura, koja čitaoca dovodi do istraživačkog nivoa, što je bio jedan od ciljeva pri pisanju ove knjige. Drugi cilj je bio da se glavna pitanja fizike zaštite od zračenja predstave kao logička celina u jednoj knjizi, iako je ovo već „stara oblast“ sa obiljem štampanih materijala, izveštaja, naučnih radova i publikacija.

Pojedine glave se mogu čitati skoro nezavisno od drugih, a da bi se to olakšalo, neki podaci se mogu naći na više mesta u tekstu.

U tekstu smo uložili napor da date informacije budu tačne i ažurne. Pojedine informacije se nalaze na *web* adresama. Navedene *web* stranice su bile dostupne u vreme pisanja i štampanja ove knjige, što ne znači da će biti i u vreme čitanja, jer se u međuvremenu mogu lako promeniti.

Prema jednoj narodnoj izreci „*svaka stvar na svog gazdu liči*“, a da bi se to videlo i u ovoj knjizi, u Glavama 10-14, dotakli smo se dela naših rezultata u Fizici zračenja, koje smo ostvarili u prethodnim decenijama.



# SADRŽAJ

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTERAKCIJA TEŠKIH NAELEKTRISANIH ČESTICA I MATERIJE</b>                                | <b>1</b>  |
| 1.1. Uvod .....                                                                               | 1         |
| 1.2. Interakcija teških naelektrisanih čestica i materije.....                                | 2         |
| 1.2.1. Osnovi teorije višestrukog rasejanja .....                                             | 4         |
| 1.2.2. Maksimalna energija prenetu u sudaru.....                                              | 7         |
| 1.2.3. Klasično (Borovo) izvođenje izraza za zaustavnu moć.....                               | 9         |
| 1.2.4. Kvantno mehanička teorija zaustavne moći. ....                                         | 14        |
| Bethe-Blochov izraz za zaustavnu moć (BB formula).....                                        | 14        |
| 1.2.5. Popravke Bethe -Blochove formule .....                                                 | 19        |
| (a) Efekat ljuske (Shell korekcija) .....                                                     | 19        |
| (b) Korekcija na gustinu (Density correction).....                                            | 19        |
| (c) Barkasova korekcija.....                                                                  | 21        |
| 1.2.6. Specifična jonizacija.....                                                             | 22        |
| 1.3. Bragov pik i računanje zaustavnih moći .....                                             | 23        |
| 1.3.1. Domet .....                                                                            | 24        |
| 1.4. Sumaciona pravila .....                                                                  | 27        |
| 1.4.1. Bragovo pravilo sabiranja (Bragovo sumaciono pravilo) .....                            | 27        |
| 1.4.2. Brag – Kleemanovo pravilo sumiranja.....                                               | 28        |
| 1.5. Softveri za računanje zaustavne moći.....                                                | 29        |
| 1.6. Delta zraci.....                                                                         | 30        |
| 1.7. Linearni transfer energije LET (linear energy transfer) i ograničena zaustavna moć ..... | 33        |
| <b>2. INTERAKCIJA LAKIH NAELEKTRISANIH ČESTICA I MATERIJE</b>                                 | <b>40</b> |
| 2.1. Sudarni gubici energije .....                                                            | 40        |
| 2.2. Efikasni presek za emisiju zakočnog zračenja .....                                       | 44        |
| 2.2.1. Radijativna zaustavna moć.....                                                         | 48        |
| 2.3. Pozitroni .....                                                                          | 49        |
| <b>3. INTERAKCIJA ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA I MATERIJE</b>                                   | <b>51</b> |
| 3.1. Fotoelektrični efekat.....                                                               | 52        |
| 3.2. Komptonov efekat.....                                                                    | 57        |

|                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.1. Efikasni presek Komptonovog efekta. Klein-Nishina formula.....                                      | 60         |
| <b>3.3. Rayleighovo rasejanje .....</b>                                                                    | <b>63</b>  |
| <b>3.4. Proces proizvodnje para (PPP) elektron-pozitron.....</b>                                           | <b>65</b>  |
| 3.4.1. Energetska raspodela elektron-pozitronskog para.....                                                | 68         |
| 3.4.2. Ugaona raspodela elektron-pozitronskog para.....                                                    | 70         |
| <b>3.5. Koeficijent slabljenja fotonskog snopa .....</b>                                                   | <b>70</b>  |
| <b>4. INTERAKCIJA NEUTRONA SA MATERIJOM .....</b>                                                          | <b>72</b>  |
| <b>4.1. Osnovni tipovi interakcija neutrona i jezgara .....</b>                                            | <b>72</b>  |
| <b>4.2. Breit-Wignerova formula.....</b>                                                                   | <b>79</b>  |
| <b>4.3. Polje neutronskega zračenja u sredini bez umnožavanja.....</b>                                     | <b>81</b>  |
| 4.3.1. Dinamika sudara .....                                                                               | 82         |
| 4.3.2. Podela neutrona po energijama .....                                                                 | 84         |
| 4.3.3. Gustina fluksa i gustina struje neutrona. Slabljenje snopa neutrona pri prolasku kroz materiju..... | 86         |
| 4.3.4. Termalni neutroni.....                                                                              | 88         |
| 4.3.5. Brzi neutroni.....                                                                                  | 90         |
| <b>5. DETEKTORI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA.....</b>                                                              | <b>92</b>  |
| <b>5.1. Osnovne karakteristike detektora.....</b>                                                          | <b>92</b>  |
| 5.1.1. Efikasnost detekcije .....                                                                          | 94         |
| 5.1.2. Merenje efikasnosti detekcije. Kalibracija poznatim izvorom.....                                    | 98         |
| 5.1.3. Statistika brojanja.....                                                                            | 99         |
| <b>5.2. Elektronski instrumenti za impulsne detektore.....</b>                                             | <b>101</b> |
| 5.2.1. Osobine i parametri strujnih impulsa.....                                                           | 102        |
| 5.2.2. Uobličavanje i prenos impulsa .....                                                                 | 103        |
| 5.2.3. Kola za integraciju i difereciranje.....                                                            | 104        |
| 5.2.4. Prenos impulsa .....                                                                                | 105        |
| 5.2.5. Linearni pojačavači.....                                                                            | 106        |
| 5.2.6. Amplitudski analizator.....                                                                         | 108        |
| 5.2.7. Diskriminator .....                                                                                 | 109        |
| <b>5.3. Gasni detektori.....</b>                                                                           | <b>111</b> |
| 5.3.1. Jonizaciona komora.....                                                                             | 113        |
| 5.3.2. Proporcionalni brojači (PB) .....                                                                   | 115        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.3. Gajger Milerov brojač (GM).....                                   | 119        |
| <b>5.4. Scintilacioni detektori.....</b>                                 | <b>123</b> |
| 5.4.1. Osnovne karakteristike scintilacionih brojača .....               | 123        |
| 5.4.2. Neorganski scintilatori .....                                     | 126        |
| 5.4.3. Aktivacija scintilacionih kristala .....                          | 127        |
| 5.4.4. Organski scintilatori.....                                        | 129        |
| 5.4.5. Fotomultiplikatori.....                                           | 131        |
| 5.4.6. Fotokatoda.....                                                   | 132        |
| 5.4.7. Tamna struja fotomultiplikatora.....                              | 133        |
| 5.4.8. Spektrometrija gama zračenja scintilacionim detektorima .....     | 133        |
| 5.4.9. Energetska rezolucija scintilacionog spektrometra.....            | 138        |
| 5.4.10. Identifikacija radioizotopa .....                                | 138        |
| 5.4.11. Određivanje nepoznate aktivnosti scintilacionim detektorom ..... | 140        |
| 5.4.12. Još neke karakteristike scintilacionih brojača .....             | 142        |
| 5.4.13. Primena scintilacionih detektora.....                            | 144        |
| <b>5.5. Poluprovodnički detektori .....</b>                              | <b>145</b> |
| 5.5.1. Osobine poluprovodnika.....                                       | 145        |
| 5.5.2. Elektroni i šupljine u poluprovodniku .....                       | 147        |
| 5.5.3. Poluprovodnik N tipa.....                                         | 148        |
| 5.5.4. Poluprovodnik P tipa.....                                         | 150        |
| 5.5.5. P-N spoj .....                                                    | 151        |
| 5.5.6. Germanijumski detektori gama zračenja.....                        | 153        |
| 5.5.7. Formiranje spektra .....                                          | 155        |
| 5.5.8. Karakteristike Ge (i ostalih) detektora. ....                     | 161        |
| <b>5.6. Trag detektori .....</b>                                         | <b>167</b> |
| 5.6.1. Geometrija razvoja traga .....                                    | 169        |
| 5.6.2. Primena trag detektora.....                                       | 175        |
| <b>5.7. Čerenkovljevi brojači .....</b>                                  | <b>175</b> |
| <b>5.8. Aktivacioni detektori neutrona .....</b>                         | <b>178</b> |
| <b>5.9. Termoluminscentni dozimetri .....</b>                            | <b>181</b> |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6. PRORAČUN RADIJACIONOG POLJA.....</b>                                        | <b>185</b> |
| <b>6.1. Potrebne matematičke funkcije.....</b>                                    | <b>185</b> |
| <b>6.2. Tačkasti izvor.....</b>                                                   | <b>187</b> |
| <b>6.3. Linearni izvor.....</b>                                                   | <b>188</b> |
| <b>6.4. Površinski izvori .....</b>                                               | <b>191</b> |
| 6.4.1. Izvor u obliku diska.....                                                  | 191        |
| 6.4.2. Gustina fluksa van ose diska .....                                         | 193        |
| 6.4.3. Izvor u obliku neapsorbujućeg cilindra.....                                | 197        |
| <b>6.5. Polje zračenja zapreminskih izvora .....</b>                              | <b>198</b> |
| 6.5.1. Izvor u obliku ploče u polubeskonačnoj sredini, bez zaštitnog ekrana ..... | 198        |
| 6.5.2. Izvor u obliku ploče. Gustina fluksa iza zaštitnog ekrana .....            | 201        |
| <b>6.6. Sferni izvor .....</b>                                                    | <b>204</b> |
| <b>6.7. Cilindrični izvori.....</b>                                               | <b>206</b> |
| 6.7.1. Cilindrični izvor bez samoapsorpcije i bez zaštitnog ekrana .....          | 206        |
| 6.7.2. Cilindrični izvor sa samoapsorpcijom i zaštitnim ekranom .....             | 209        |
| 6.7.3. Gustina fluksa u tački van cilindra na produžetku ose cilindra .....       | 211        |
| <b>6.8. Uračunavanje rasejanog zračenja.....</b>                                  | <b>214</b> |
| <b>7. DOZIMETRIJA .....</b>                                                       | <b>216</b> |
| <b>7.1. Polje jonizujućeg zračenja .....</b>                                      | <b>216</b> |
| <b>7.2. Skalarne karakteristike polja zračenja .....</b>                          | <b>217</b> |
| <b>7.3. Diferencijalne karakteristike polja zračenja.....</b>                     | <b>220</b> |
| <b>7.4. Vektorske karakteristike polja zračenja .....</b>                         | <b>222</b> |
| <b>7.5. Fanoova teorema.....</b>                                                  | <b>227</b> |
| <b>7.6. Teorijski osnovi dozimetrije .....</b>                                    | <b>229</b> |
| 7.6.1. Predata energija: osnovna veličina dozimetrije zračenja .....              | 231        |
| 7.6.2. Energija predata materiji u zapremini .....                                | 238        |
| <b>7.7. Apsorbovana doza .....</b>                                                | <b>241</b> |
| <b>7.8. Ekvivalentna doza.....</b>                                                | <b>243</b> |
| <b>7.9. Dozimetrija fotonskog zračenja.....</b>                                   | <b>246</b> |
| 7.9.1. Koeficijent apsorpcije zračenja .....                                      | 246        |
| 7.9.2. Kerma .....                                                                | 251        |

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.9.3. Elektronska ravnoteža .....                                          | 252        |
| 7.9.4. Efektivni broj materije .....                                        | 255        |
| <b>7.10. Apsolutno merenje apsorbovanih doza jonizacionom komorom .....</b> | <b>258</b> |
| 7.10.1. Uticaj šupljine na karakter elektronske komponente zračenja.....    | 259        |
| 7.10.2. Jonizacija u šupljini koju stvaraju elektroni iz zidova komore..... | 260        |
| 7.10.3. Jonizacija u šupljini od elektrona stvorenih u šupljini.....        | 262        |
| 7.10.4. Veličina $\rho$ .....                                               | 263        |
| 7.10.5. Veličina $\omega$ .....                                             | 265        |
| 7.10.6. Apsolutno merenje doze gama zračenja .....                          | 265        |
| <b>8. EFEKTI ZRAČENJA .....</b>                                             | <b>267</b> |
| 8.1. Jonizacija.....                                                        | 267        |
| 8.2. Zagrevanje.....                                                        | 268        |
| 8.3. Luminiscencija .....                                                   | 269        |
| 8.4. Biološki efekti zračenja .....                                         | 270        |
| 8.4.1. Nestohastički efekti .....                                           | 274        |
| 8.4.2. Radijacioni sindrom .....                                            | 274        |
| 8.4.3. Stohastički efekti (Somatski efekti) .....                           | 275        |
| 8.4.4. Katarakt.....                                                        | 275        |
| 8.4.5. Sterilnost.....                                                      | 276        |
| 8.4.6. Teratogeni efekti.....                                               | 276        |
| 8.4.7. Degenerativne promene.....                                           | 276        |
| 8.4.8. Genetski efekti.....                                                 | 276        |
| 8.5. Modeli i teorije radijacionih efekata.....                             | 277        |
| 8.5.1. Radijacioni rizik .....                                              | 278        |
| 8.6. Dejstvo zračenja na čvrsta tela.....                                   | 279        |
| 8.7. Hemijsko dejstvo zračenja.....                                         | 283        |
| 8.7.1. Radijacione hemijske reakcije polimera.....                          | 285        |
| 8.7.2. Primena radijacione hemije .....                                     | 286        |
| <b>9. ZAŠTITA OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA .....</b>                             | <b>287</b> |
| 9.1. Kratak istorijat zaštite od zračenja.....                              | 287        |
| 9.1.1. Organizovana zaštita od zračenja .....                               | 288        |

|                                                                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.1.2. Koncepti usvojeni u ICRP publikaciji broj 60 iz 1991. godine .....                                      | 290        |
| 9.1.3. Evolucija radijacionih jedinica .....                                                                   | 290        |
| <b>9.2. Važeći sistem radijacionih veličina .....</b>                                                          | <b>294</b> |
| 9.2.1. Definicije operativnih veličina .....                                                                   | 294        |
| 9.2.2. Operativne veličine za individualni monitoring .....                                                    | 299        |
| 9.2.3. Veličine za internu dozimetriju.....                                                                    | 300        |
| 9.2.4. Kolektivna doza .....                                                                                   | 300        |
| <b>9.3. Granice doza .....</b>                                                                                 | <b>301</b> |
| <b>9.4. Sistem radijacionih veličina prema ICRU95.....</b>                                                     | <b>303</b> |
| 9.4.1. Protekcione (zaštitne) veličine.....                                                                    | 305        |
| 9.4.2. Svrha operativnih veličina.....                                                                         | 305        |
| 9.4.3. Ograničenja i nedostaci operativnih veličina definisanih u ICRP51                                       | 307        |
| <b>9.5. Operativne veličine za spoljašnje ozračivanje prema ICRU 95 .....</b>                                  | <b>308</b> |
| 9.5.1. Ambijentalna doza i jačina ambijentalne doze.....                                                       | 309        |
| 9.5.2. Direkciona apsorbovana doza u očnom sočivu i jačina direkcione<br>apsorbovane doze u očnom sočivu ..... | 310        |
| 9.5.3. Direkciona apsorbovana doza lokalno u koži i jačina direkcione<br>apsorbovane doze lokalno u koži.....  | 311        |
| 9.5.4. Personalna doza $H_p$ .....                                                                             | 312        |
| 9.5.5. Personalna apsorbovana doza u očnom sočivu.....                                                         | 313        |
| 9.5.6. Personalna apsorbovana doza u koži.....                                                                 | 314        |
| 9.5.7. Pregled i odnos između veličina.....                                                                    | 315        |
| <b>9.6. Konverzioni koeficijenti.....</b>                                                                      | <b>316</b> |
| 9.6.1. Računanje konverzionih koeficijenata.....                                                               | 317        |
| 9.6.2. Konverzioni koeficijenti za ambijentalnu dozu.....                                                      | 318        |
| 9.6.3. Konverzioni koeficijenti za personalnu dozu.....                                                        | 318        |
| 9.6.4. Konverzioni koeficijent za direkcionu apsorbovanu dozu u očnom sočivu<br>.....                          | 318        |
| 9.6.5. Konverzioni koeficijent za apsorbovanu dozu lokalno u koži.....                                         | 318        |
| <b>9.7. Principi ograničavanja izlaganju zračenju .....</b>                                                    | <b>319</b> |
| 9.7.1. Ograničavanje spoljašnjeg izlaganja .....                                                               | 321        |
| 9.7.2. Zaštita od alfa zračenja .....                                                                          | 322        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.7.3. Zaštita od beta zračenja .....                                                           | 323        |
| 9.7.4. Zaštita od gama i X zračenja.....                                                        | 324        |
| 9.7.5. Zaštita od neutronskeg zračenja.....                                                     | 326        |
| <b>10. FANTOMI U DOZIMETRIJI I ZAŠTITI OD ZRA- ČENJA .....</b>                                  | <b>328</b> |
| <b>10.1. Uvod .....</b>                                                                         | <b>328</b> |
| <b>10.2. Istorijat razvoja fantoma i modela ljudskog tela.....</b>                              | <b>329</b> |
| <b>10.3. NURBS fantomi .....</b>                                                                | <b>333</b> |
| <b>10.4. RPI-P (RPI-P3, RPI-P6 i RPI-P9) fantomi.....</b>                                       | <b>334</b> |
| 10.4.1. Druga podela fantoma.....                                                               | 336        |
| <b>10.5. ORNL fantom .....</b>                                                                  | <b>336</b> |
| 10.5.1. Opis delova tela i organa ORNL fantoma .....                                            | 338        |
| <b>10.6. ICRP voksel fantom.....</b>                                                            | <b>341</b> |
| 10.6.1. Referentni kompjuterski fantomi odraslih osoba .....                                    | 341        |
| 10.6.2. Ograničenja voxel modela.....                                                           | 343        |
| <b>10.7. Mesh fantomi .....</b>                                                                 | <b>345</b> |
| <b>11. METOD MONTE KARLO I PRIMENA U FIZICI ZRAČENJA.....</b>                                   | <b>348</b> |
| <b>11.1. Uvod .....</b>                                                                         | <b>348</b> |
| <b>11.2. Kratak repertorijum teorije verovatnoće i statistike.....</b>                          | <b>349</b> |
| 11.2.1. Slučajne promenljive i raspodele verovatnoće .....                                      | 349        |
| 11.2.2. Parametri raspodela.....                                                                | 353        |
| <b>11.3. Slučajni brojevi .....</b>                                                             | <b>355</b> |
| 11.3.1. Dobijanje standardnih slučajnih brojeva .....                                           | 355        |
| 11.3.2. Testiranje generatora slučajnih brojeva .....                                           | 359        |
| <b>11.4. Transformacije slučajnih veličina .....</b>                                            | <b>361</b> |
| 11.4.1. Metod inverzne funkcije.....                                                            | 364        |
| 11.4.2. Modelovanje višedimenzionalnih slučajnih veličina i korišćenje zamene promenljivih..... | 368        |
| 11.4.3. Metod inverzne funkcije za tabelirane vrednosti .....                                   | 372        |
| 11.4.4. Metod odbacivanja .....                                                                 | 372        |
| 11.4.5. Modelovanje pojedinih raspodela .....                                                   | 373        |
| <b>11.5. Monte Karlo integracija.....</b>                                                       | <b>378</b> |
| 11.5.1. Konvergencija i neodređenost (greška) MK integracije.....                               | 381        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.6. Primena Metode Monte Karlo u simulaciji transporta zračenja .....           | 382        |
| 11.7. Monte Karlo softveri za simulaciju transporta zračenja .....                | 384        |
| 11.8. Osnovne komande za rad sa MCNP .....                                        | 388        |
| <b>12. MIKRODOZIMETRIJA .....</b>                                                 | <b>403</b> |
| 12.1. Predmet mikrodozimetrije.....                                               | 403        |
| 12.2. Statistička priroda primarno predate energije .....                         | 404        |
| 12.3. Mikrodozimetrijske veličine i funkcije njihovih raspodela .....             | 407        |
| 12.4. Teorije meta (target theories).....                                         | 411        |
| 12.5. Eksperimentalne tehnike .....                                               | 413        |
| 12.5.1. Eksperimentalne metode merenja mikrodozimetrijskih spektara ...           | 415        |
| 12.5.2. Efekat zidova i bez-zidni brojači.....                                    | 417        |
| <b>13. RADIOEKOLOGIJA.....</b>                                                    | <b>419</b> |
| 13.1. Uvod .....                                                                  | 419        |
| 13.2. Prirodno zračenje .....                                                     | 419        |
| 13.2.1. Kosmičko zračenje.....                                                    | 420        |
| 13.2.2. Terestrijalno zračenje i primordijalni radionuklidi .....                 | 421        |
| 13.2.3. Radon.....                                                                | 424        |
| 13.2.4. Kosmogeni radionuklidi .....                                              | 425        |
| 13.2.5. Oblasti u svetu sa povećanim nivoima zračenja.....                        | 427        |
| 13.3. Izvori zračenja veštačkog porekla.....                                      | 428        |
| 13.4. Procena radiološkog uticaja ispuštanja radionuklida u životnu sredinu ..... | 432        |
| 13.4.1. Radaktivnost tla .....                                                    | 436        |
| 13.4.2. Difuzija $^{137}\text{Cs}$ u tlu.....                                     | 440        |
| 13.4.3. Transfer faktor $^{137}\text{Cs}$ iz tla u biljke .....                   | 442        |
| <b>14. INTERNO OZRAČIVANJE .....</b>                                              | <b>444</b> |
| 14.1. Osnovni pojmovi interne dozimetrije .....                                   | 444        |
| 14.2. Efektivni poluživot.....                                                    | 447        |
| 14.3. Doza od beta emitera .....                                                  | 448        |
| 14.4. Biokinetički modeli.....                                                    | 449        |
| 14.4.1. Tri kompartmentni biokinetički model.....                                 | 451        |
| 14.5. Model respiratornog trakta čoveka .....                                     | 453        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>14.5.1. Morfološki model.....</i>                                           | <i>454</i> |
| <i>14.5.2. Bronhijalni region BB .....</i>                                     | <i>455</i> |
| <i>14.5.3. Bronhiolarni deo.....</i>                                           | <i>457</i> |
| <i>14.5.4. Alveolarni region (AI) .....</i>                                    | <i>459</i> |
| <i>14.5.5. Model depozicije.....</i>                                           | <i>459</i> |
| <i>14.5.6. Model čišćenja T-B trakta .....</i>                                 | <i>463</i> |
| <i>11.5.7. Računanje i utežnjavanje doza .....</i>                             | <i>464</i> |
| <i>14.5.8. Ulazni podaci za račun doza u plućima i postojeći softveri.....</i> | <i>465</i> |
| <b>14.6. Model Gastro intestinalnog trakta .....</b>                           | <b>466</b> |
| <b>Reference .....</b>                                                         | <b>471</b> |