



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Mogućnosti automatskog planiranja radioterapije

-master rad-

Profesor:
dr Borislava Petrović

Student:
Malina Bontić 23m/19

Novi Sad, 2021.

Zahvaljujem se svima koji su na pomalo teškom i sebičnom putu bili moja nesebična podrška i pomoći! Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici Bontić, svojim prijateljima, svom mentoru - profesorici na departmanu za fiziku, Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu- dr Borislavi Petrović, profesorici na departmanu za fiziku istog fakulteta Nataši Todorović, profesoru Predragu Kuzmanoviću, čiji sam saradnik u nastavi na Odseku za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Akademije strukovnih studija u Šapcu i medicinskim fizičarima na Institutu za onkologiju Vojvodine, kao i svim ljudima koji vanvremenski veruju u nauku!

Sadržaj

Uvod.....	4
1. Baze podataka, mašinsko učenje i veštačka inteligencija	5
2. Kompjutersko planiranje radioterapije.....	6
2.1. Konvencionalna terapija	6
2.2. Konformalna terapija 3DCRT.....	8
2.3. Intenzitet modulisana terapija IMRT	8
2.4. Zapreminska modulisana lučna terapija VMAT.....	8
2.5. Slikom vođena radioterapija IGRT	8
2.6. Stereotaksična radioterapija SBRT	9
3. Tehnološki i metodološki nivo radioterapije	10
4. Integracija <i>Big data</i> u radioterapiji	11
Metodologija	14
5. Python i analiza podataka	14
5.1. Koraci u analizi podataka.....	14
5.2. Definisanje cilja	15
5.3. Skupljanje podataka.....	15
5.4. Priprema podataka	16
5.5. Istraživanje podataka	16
5.6. Kreiranje modela.....	17
Rezultati	20
Diskusija	39
Zaključak	48
Literatura.....	50
Prilozi.....	51
Biografija	101

Uvod

Radioterapija je kompleksan i multidisciplinarni proces. U same tokove radioterapije su uključena znanja i veštine iz oblasti medicine, biologije, fizike, matematike, mehanike, elektronike i informatike i zato se može smatrati jednom od najkompleksnijih terapijskih tehnika. Za kompjutersko planiranje radioterapije potrebna su znanja iz medicine, fizike i informatike, sa ciljem da uz napredak tehnologije, napreduje i primena kompjutera. Cilj ovog master rada je da se pospeši rad na razvoju programiranja kao dela nauke o kompjuterima i njegove integraciji u tokove radioterapije.

Klasičnom radioterapijom, kao jednim modalitetom lečenja ili u kombinaciji sa drugim modalitetima lečenja (hirurgija i hemoterapija) leči se preko 60% ukupnog broja pacijenata obolelih od malignih oboljenja.

Osnovni lek u radioterapiji je jonizujuće zračenje. Kvalitet (vrsta i energija zračenja) i kvantitet (apsorbovana doza zračenja) leka koji se daje se permanentno proverava, jer efikasnost radioterapije se postiže i održava primenom tačno određene doze određenog kvaliteta zračenja u planiranoj zapremini mete u granicama od 5%. Zbog toga je uloga medicinskog fizičara u toku radioterapije veoma bitna i značajna.

Primena jonizujućeg zračenja u medicini datira još od 20.veka i od tada se razvija kako u tehnološkom, tako i u metodološkom smislu.

U metodološkom smislu se velikim napretkom smatra uvođenje kompjuterskog planiranja. U poslednjih desetak godina je došlo do ubrzanih razvoja tehnologije u radijacionoj onkologiji, a kao sledeći veliki korak vidi se uvođenje mašinskog učenja i veštačke inteligencije u procesu obrađivanja slike i planiranja same terapije.

U ovom master radu obrađena je velika količina kliničkih podataka, radi izrade modela koji bi se mogao koristiti kao osnova za svaki klinički plan, čime bi se delimično automatizovala izrada terapijskog plana i ubrzao proces planiranja terapije za svakog pacijenta.

1. Baze podataka, mašinsko učenje i veštačka inteligencija

U bazama podataka sakuplja se veliki broj podataka i skladišti za kasniju obradu. Baze podataka uglavnom počinju kao lista, međutim, stalnim prikupljanjem novih podataka, ta lista se organizuje u kompleksne tabele i za razumevanje samih podataka i njihovu obradu potreban je neki od programskih jezika, gde je u ovom slučaju korišćen Python. Tabele se zatim organizuju u kompjuterizovani sistem za bazu podataka koji može sadržati i veći broj tabela i taj sistem predstavlja izvor podataka koji se mogu brisati, dodavati, uređivati i organizovati na različite načine.

Podaci u bazama podataka su veliki i složeni i predstavljaju takozvani “*Big Data*”. Kada govorimo o *Big Data*, govorimo o količinama podataka koji se kreću od terabajt (TB) do jotabajt (YB) količine podataka.

Podaci se deklarišu kao *Big data* kada sadrže osobine **4V**: obim, raznolikost, brzinu i istinitost (prema engleskom: volume, variety, velocity and veracity).

Obim predstavlja količinu podataka. Raznolikost se odnosi na različite tipove podataka. Brzina se odnosi na brzinu kojom se generišu novi podaci. Istinitost je odnos interpretacije i kvaliteta.

Postoji više tehnika za analizu *Big Data*:

- *Data mining* – izvlačenje informacija iz skupa podataka primenom upita nad bazom podataka;
- Poslovna inteligencija – omogućava korisniku da kroz grafički interfejs pronađe tražene informacije i vizualizuje rezultate pretrage;
- Statistička analiza – izvršavanje statističkih operacija na skupovima podataka;
- Mašinsko učenje – obuhvata algoritme koji mogu da uče na bazi prethodnog iskustva. [1]

Mašinsko učenje (engl. *Machine learning*) je aplikacija veštačke inteligencije u kojoj se kompjuteru (mašini) pruža pristup podacima gde se kompjuter praktično uči da funkcioniše i sam deklariše na osnovu pređasnog iskustva.

Veštačka inteligencija - Artificial Intelligence - AI (stabla odlučivanja, regresivni algoritmi,

vektorske mašine za podršku, Bajesove metode, neuronske mreže itd.) decenijama se koristi za rešavanje različitih problema medicinskog snimanja, kao što je segmentacija slike, detekcija (tj. detekcija formacija / struktura), klasifikacija (tj. grupisanje medicinskih informacija u podgrupe). Takođe, može olakšati unos podataka u radiološke tokove (DICOM). [2]

Mašinsko učenje (ML) je aplikacija AI.

2. Kompjutersko planiranje radioterapije

U čitavom procesu radioterapije ključnu komponentu predstavlja proces planiranja radioterapije koji se vrši na radioterapijskom odeljenju.

Radioterapijsko odeljenje u današnje vreme podrazumeva primenu digitalnih linearnih akceleratora, virtuelne simulacije radioterapijskog plana, savremene dijagnostičke uređaje, komunikaciono – verifikacionih sistema, a uključuje i stručno osoblje za planiranje terapije koje se naziva i radioterapijski tim. [2]

Tim se sastoji od radijacionog onkologa, medicinskog fizičara i radiološkog tehničara. Svako od njih ima svoju ulogu, ali je potrebna i dobra timska saradnja radi izrade što boljeg plana terapije i tretmana pacijenta. Radijacioni onkolog je specijalista koji propisuje terapiju jonizujućim zračenjem, određuje volumen mete koji treba da se ozrači, i prati pacijenta tokom i nakon terapije. Medicinski fizičar u kontekstu planiranja radioterapije, nakon određivanja volumena mete, generiše najoptimalniji plan zračenja koji će na linearnom akceleratoru isporučiti radiološki tehničar. [3]

Razvoj različitih vrsta terapije je u najvećoj meri doprineo i razvoju tehnologije i principa po kojima se ta tehnologija primenjuje u radioterapiji.

2.1. Konvencionalna terapija

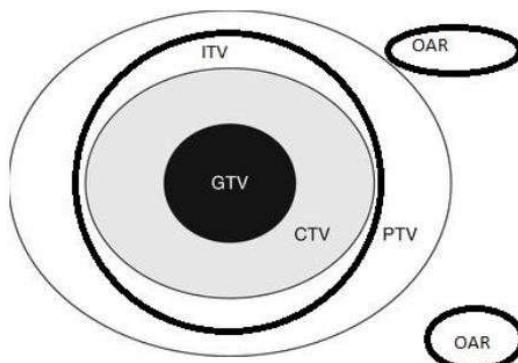
Konvencionalna terapija može biti u vidu jednog ili dva zračna polja. Jedno zračno polje u današnje vreme ima vrlo ograničenu primenu, i to najčešće u slučaju ozračivanja površinskih lezija ili palijativnih ozračivanja, jer je primenom jednog zračnog polja teško postići homogeno

ozračivanje mete, uz poštovanje minimalnih i maksimalnih doza na planirani volumen mete (PTV) i organe od rizika (OAR). [3]

Volumeni mete prilikom ozračivanja o kojima se mora voditi računa su:

- GTV (Gross Tumour Volume) – vidljiva zapremina malignog tumora (volumen tumora).
- CTV (Clinical Target Volume) – volumen koji uključuje GTV i mikroskopsko proširenje tumora.
- ITV (Internal Target Volume) – volumen koji uključuje CTV i proširenje koje potiče od pomeranja organa.
- PTV (Planning Target Volume) – volumen koji uključuje ITV i sve moguće pomeraje pacijenta prilikom tretmana.
- OAR (Organ At Risk) – organi koji se nalaze u neposrednoj blizini tumora i koji mogu biti ozračeni prilikom tretmana.

Kako ovi volumeni mete izgledaju grafički, dato je na slici 1.



Slika 1: Grafički prikaz volumena pri ozračivanju u radioterapiji

Vreme zračenja se iskazuje u monitorskim jedinicama MU. To vreme se izračunava na osnovu poznatih parametara: veličine zračnog polja, dubine promene koju treba tretirati, energije zračenja, tehnika ozračivanja (SSD ili SAD). [3]

Ako su u pitanju dva zračna polja, najjednostavnija kombinacija je ona sa dva suprotno orijentisana polja. Prednosti ove tehnike su jednostavnost i ponovljivost, homogenost doze na tumor i manje šanse da se geometrijski napravi greška. Mana ove tehnike jeste što se u većoj meri zrači okolno zdravo tkivo i ne mogu se izbeći OAR.

2.2. Konformalna terapija 3DCRT

Konformalna terapija započela je kompjuterizacijom radioterapije, pa se isporuka zračenja menja iz 2D u 3D. Dodatnu revoluciju predstavlja i uvođenje multi-leaf kolimatora vođenih kompjuterskim algoritmima, što poboljšava raspodelu doze na tumore nepravilnih oblika. 3DCRT je ustvari naziv za niz tehnika baziranih na kompjuterizovanoj tomografiji kako bi se generisali 3D volumeni anatomske struktura. [4]

Ovi setovi podataka se zatim koriste za generisanje 3D računarske slike i razvijanje složenih planova za isporuku visoko fokusiranog zračenja, a štede zdrava susedna tkiva. Prednost ove tehnike se ogleda u boljem lečenju tumora nepravilnih oblika i dodatno izbegavanje zračenja OAR-a.

2.3. Intenzitet modulisana terapija IMRT

Intenzitet modulisana radioterapija (IMRT) je bazirana na konformalnoj radioterapiji. Poboljšanje se ogleda u mogućnosti promene intenziteta fotonskog snopa zračenja. Ova promena zatim daje bolju optimizaciju zračenja po zadatom volumenu (CTV). Ovaj oblik lečenja zračenjem koristi računare i linearne akceleratore za sprovođenje trodimenzionalne radioterapije i raspodelu doze zračenja specifičnu za ciljanu lokaciju. Prednosti IMRT-a su smanjenje ozračenog volumena i pošteda okolnih zdravih organa (OAR), gde je veća doza usmerena na sam tumor.

2.4. Zapreminska modulisana lučna terapija VMAT

Zapreminska modulisana lučna terapija ili VMRT je napredna - rotaciona IMRT. Ova tehnika donosi napredak u vidu bržeg tretmana zračenja i bolje efikasnosti. Vreme jednog tretmana se u odnosu na IMRT smanjuje za bar 50%. [4]

2.5. Slikom vođena radioterapija IGRT

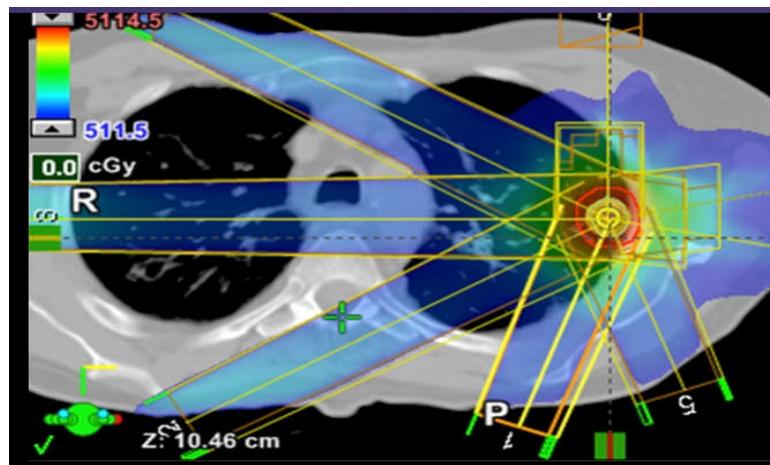
Slikom vođena radioterapija ili IGRT je jedna od najsavremenijih tehnika u lečenju tumora. U ovom vidu terapije se koriste veće doze zračenja, što povećava veću kontrolu tumora što obično rezultira kraćim trajanjem lečenja.

Na gentri akceleratora se postavlja imidžing sistem i slike dobijene tako se poklapaju sa onim slikama koje su dobijene na CT uređaju prilikom pripreme za terapiju. Zato se ovaj vid tretmana naziva slikom vođena radioterapija.

2.6. Stereotaksična radioterapija SBRT

Prvi uredaji stereotaksične radioterapije su korišćeni za zračenje tumora u mozgu i to sa velikim uspehom. Preciznost isporuke doze je milimetarska, pa je i zračenje okolnog zdravog tkiva svedeno na minimum. Koordinatni sistem u SBRT-u omogućava nameštanje parametara za svakog bolesnika posebno, u zavisnosti od anatomsije, lokalizacije tumora i pomeranju organa prilikom disanja, slika 2. Tokom ovog tretmana polja zračenja se konstantno menjaju.

SBRT tretmanom se isporuči visoka dnevna doza, u jednoj ili više frakcija.



Slika 2: SBRT

3. Tehnološki i metodološki nivo radioterapije

Primena ionizujućeg zračenja u medicini datira još od 20.veka i od tada se razvija kako u tehnološkom, tako i u metodološkom smislu. Uredaji koji se koriste su digitalni, a sve je veća primena računara u svim segmentima terapije.

Postoje dva proizvođača radioterapijskih digitalnih elektronskih akceleratora (LINAC): *Varian*-SAD i *Elekta*-Velika Britanija. [5]

Kobalt teleradioterapijski uređaji u razvijenim zemljama su potisnuti u drugi plan, jer tehničke i terapijske karakteristike ovih uređaja umnogome zaostaju za linearnim akceleratorom.

Savremena radioterapija se ne može zamisliti bez 3D kompjuterizovanog planiranja koje direktno doprinosi kvalitetu i kvantitetu radioterapijskog tretmana. Sistemi za planiranje, pored 3DCRT, IMRT, VMAT i SBRT u sebi integrišu i module vezane za dijagnostične podatke o pacijentu i tumoru (prema odgovarajućem protokolu za prijem informacija direktno sa dijagnostičkog aparata: primer DICOM), virtualnu simulaciju i prikaz rekonstruisanih radiografskih slika, radiobiološko modelovanje, slanje podataka o parametrima radioterapijskog tretmana (preko komunikaciono- verifikacionog sistema; primer: DICOM RT Export protokol). [5]

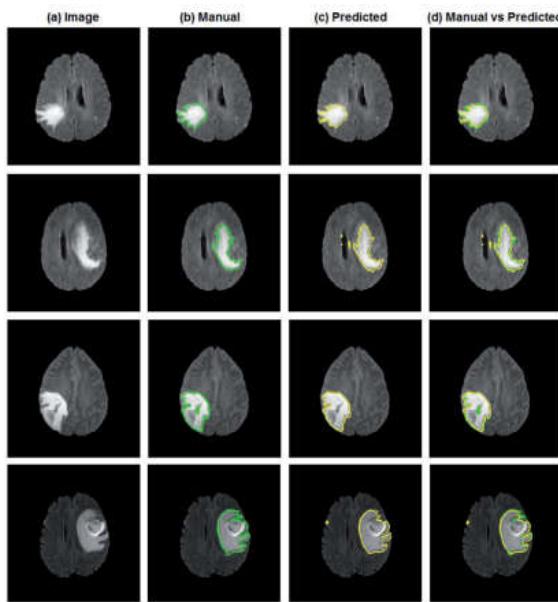


Slika 3: LINAC firme Varian

4. Integracija *Big data* u radioterapiji

ML ima dobru primenu u radiodijagnostici. U radioterapiji, ML daje rezultate pri segmentaciji organa i to pomoću algoritma dubokog učenja (DL – deep learning)¹. [6]

Rezultati “BRATS’2017 dataset” koji su koristili ML za segmentaciju tumora su dati na slici 4:



Slika 4: Rezultati BRATS “2017 dataset”

Radioterapija doživljava veliki tehnološki napredak i generisanje velike količine podataka (“*Big data*”). *Big data* je korak ka integraciji mašinskog učenja u tokove radioterapije.

Nedavna upotreba neuronskih mreža² je dobila značajan zamah u primeni na dubokim mrežama. Istraživanje ovih mreža pokazuje da tačnost i preciznost primenjenih modela u velikoj meri zavisi od količine podataka; stoga je koristan pristup i prošlim podacima i neprekidni priliv novih informacija. Shodno tome, rešenja zasnovana na DL-u obično se grade na ogromnim količinama podataka, gde je DICOM sistem poželjan izvor podataka.[7]

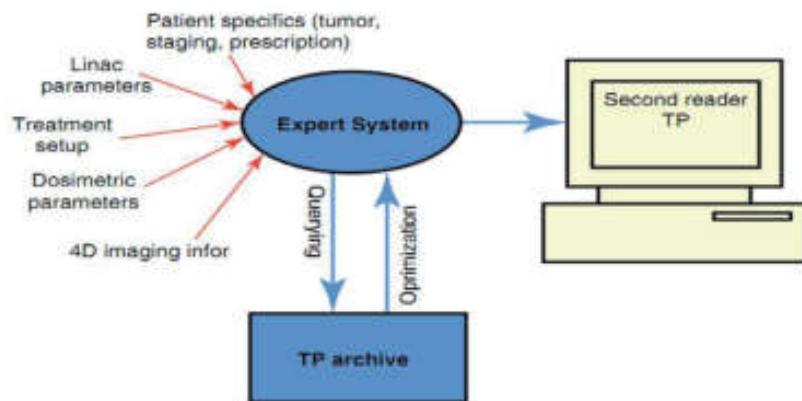
¹ Duboko učenje (eng. Deep Learning) je metoda mašinskog učenja gde je sistem u stanju da sam prepozna veze između podataka u bazi i to pruža kao povratnu informaciju.

² Neuronska mreža je jedan oblik implementacije sistema veštačke inteligencije, koji predstavlja sistem koji se sastoji od određenog broja međusobno povezanih procesora ili čvorova, ili procesnih elemenata koje nazivamo veštačkim neuronima. Podaci sa ove mreže su numerički.

Uvođenje veštačke inteligencije u medicinski sistem ima i svojih prednosti i svojih mana, ali bi sistem koji ima već generisan algoritam za kompjutersko planiranje terapije umnogome poboljšao preciznost konturisanja. Konture koje lekar mora da radi za svakog pacijenta posebno i plan terapije koji je drugačiji za svakog pacijenta, mašinskim učenjem se može generalizovati. Mašinsko učenje uklanja greške koje unosi čovek pri slabijem rukovanju velikom količinom podataka i brzim protokom informacija. Mana ovakve implementacije je što AI ipak ne može raditi bez nadzora i grešku koju on načini nekad bi bilo teže otkloniti, nego što bi izrada novog plana terapije zahtevala vremena.

ML već podržava identifikaciju bolesti i dijagnozu kroz planiranje, lečenje i negu, a radioterapija predstavlja jednu od najizazovnijih primena analitike podataka i tehnologije mašinskog učenja.

Jedan sistem ML-a koji se naziva KBTP (*knowledge based treatment planning*- planiranje zasnovano na prethodnom znanju) se odnosi na plan terapije uz korišćenje prethodnih informacija i znanja. Princip po kome taj sistem radi je prikazan na slici 5:



Slika 5: KBTP sistem

Podaci sa prethodnih radioterapija kao što su broj monitorskih jedinica, doza, energija, informacije vezane za sliku i sam tumor, unose sa u tzv *expert system*, a onda svi ti podaci bivaju ispitivani i stavljeni u bazu podataka. Zatim baza izbacuje model i onaj set podataka koji najviše odgovara novom setu podataka, pri čemu korisnik može vršiti optimizaciju novog plana sa modelom.

Analizom hiljade različitih podataka, napredni algoritmi u sistemu mogu pomoći klinikama da

uštede vreme i povećaju doslednost automatizacijom generisanja plana i segmentacije organa. [8]



Figure 1. ADMISSIBLE DVHs

Slika 6: Određivanje doze prilikom kompjuterskog planiranja terapije

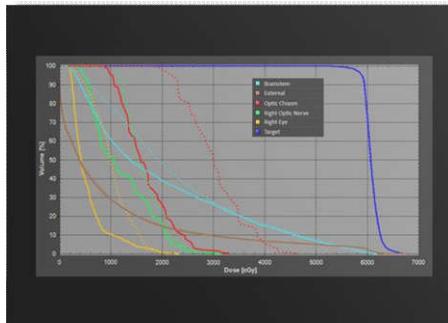


Figure 2. IMPROVED DVHs

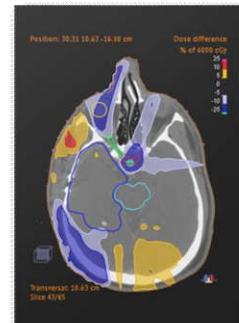


Figure 3. DOSE DIFFERENCE

Slika 7: Redukovanje doze u sistemu RayStation i razlika

Na slikama 6. i 7. su prikazani modeli po kojima radi jedna od firmi koja se bavi implementacijom ML-a u medicinskoj fizici.

Iako su primene mašinskog učenja u analizi medicinskih slika i kompjuterskom planiranju terapije tek nedavno počele da se istražuju, potencijali takvih sistema su ogromni zbog jedinstvenih karakteristika medicinskih slika.

U ovom master radu, vršena je analiza određene količine podataka, napravljen je model (baza) prema kome bi se moglo prevazići unošenje svakog koraka u planiranju zasebno i upoređeni su rezultati već urađenih planova sa ovakvim modelom.

Metodologija

U istraživanju koje se tiče ovog master rada korišćeni su:

- Hardver i softver sistema za planiranje radioterapije Instituta za onologiju Vojvodine;
- Programski jezik *Python*, online okruženje *Google Colaboratory*;
- *Microsoft Excel*.

Iz sistema za planiranje radioterapije, koji je u ovom slučaju predstavljao bazu podataka, beleženi su podaci potrebnii za analizu u vidu tabela u programu *Microsoft Excel*. Analiza podataka je vršena u programskom jeziku *Python*.

5. Python i analiza podataka

Python je programski jezik koji je veoma primenljiv, jer je jednostavan za upotrebu i dostupan je i u online okruženju, u vidu *Google Colab Notebook*-u, koji je korišćen i za potrebe ovog master rada. Pošto je u *Python*-u analiziran *Big Data* organizovan u vidu tabele u *Excel*-u, taj dokument se prvo postavi na *Google Disk* i zatim se importuje u okruženje *Colab*. Tada su podaci dobijeni iz sistema za planiranje dostupni za analizu preko koraka navedenih i opisanih u sledećim poglavljima.



Slika 8: Python i Google Colab

5.1. Koraci u analizi podataka

Postoji nekoliko koraka pri analizi podataka:

1. Definisanje cilja
2. Skupljanje podataka
3. Priprema podataka
4. Istraživanje podataka
5. Kreiranje modela
6. Prezentovanje rezultata.

5.2. Definisanje cilja

Definisanje istraživačkog cilja predstavlja postavljanje pitanja šta se istražuje. Potrebno je jasno znati koja je korist od analize podataka i koji se rezultat očekuje, kao i čemu će taj rezultat služiti. Kada se jasno uvidi pravac u kom će teći analiza, a to je ka cilju, potrebno je znati i koji podaci su potrebni. Kada je cilj definisan, ono što je poslednja aktivnost kod ovog koraka, jeste postavljanje vremenskog roka za koji će se analiza izvršiti.

Kao početak izrade ovog master rada je postavljen istraživački cilj. Taj cilj je podrazumevao analizu podataka i izradu modela. Model se zatim koristi za upoređivanje sa podacima iz već postojećih planova koji su generisali medicinski fizičari sa Instituta za onkologiju Vojvodine. Zaključak koji bi trebalo da se doneše jeste koliko bi postojanje osnove (model) dobijene iz analize baze podataka ubrzalo sam proces izrade plana i da li bi taj model bio dovoljno precizan. Model se koristi i za uporedovanje sa podacima novih planova koji nisu ušli u analizu, što predstavlja testiranje samog modela.

5.3. Skupljanje podataka

U ovom koraku vrši se obezbeđivanje podataka za analizu. Ono što nas zanima jeste da li imamo potrebne podatke i da li su u odgovarajućem formatu. Postoje i javni/besplatni skupovi podataka koji su dostupni na sajtovima kao što su:

5. <https://www.kaggle.com/datasets>
6. <https://catalog.data.gov/dataset>
7. <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/>

Skupljanje podataka je vršeno na Institutu za onkologiju u Sremskoj Kamenici, iz sistema za planiranje terapije. Sakupljeni su podaci 107 pacijentkinja od kojih je generisan model. Podaci koji su bili potrebni bili su, na prvom mestu, iz planova pacijentkinja sa ginekološkim karcinomima koje su bile lečene dozom od $45Gy/25$ frakcija VMAT tehnikom. Ostali podaci su bili individualni, a to su podaci vezani za: broj monitorskih jedinica MU/fx , broj ARC -ova, energija, preskripcije za planirani volumen zračenja (PTV), kao i funkcije doze na svaki od organa od rizika (OAR): tanka creva, rektum, levi i desni femur, levi i desni bubreg, itd.

U prilozima na kraju master rada, dat je prikaz ovih podataka u tabeli 1.

5.4. Priprema podataka

Kada imamo zadovoljavajući broj podataka, potrebno je te podatke pripremiti za analizu. Prvo su izbačeni podaci koji nemaju veliki uticaj na model (na primer, za organe od rizika je izbačena funkcija „*Serial*“, jer se pojavljivala samo za nekoliko pacijenata, te se njen uticaj na model mogao zanemariti u odnosu na funkciju „*Parallel*“ koja se pojavljivala gotovo kod svih pacijenata). Zatim se prati da li postoji neka greška pri unosu, da li postoji višak razmaka na početku ili kraju unosa (u Pythonu postoji funkcija *strip()* koja otklanja ovakav vid unosa) i ostali vidovi grešaka koji mogu nastati pri unošenju podataka u tabele. Ovaj postupak se naziva *čišćenje podataka*.

Za analizu podataka ovog master rad, urađena je tabela koja drugačije imenuje kolone, odnosno:

- sve kolone su napisane malim početnim slovom. Razlog je bio jer je Python „*case sensitive*“ odnosno pravi razliku između malih i velikih slova.
- razmak je uzet kao „_“ jer se pri navođenju određene kolone, ne prepoznaže razmak kao deo naziva kolone.

Kod pripreme podataka postoji i postupak koji se naziva *kombinovanje različitih tipova podataka*. On podrazumeva dodavanje novih obeležna na osnovu agregiranih vrednosti, spajanje na osnovu zajedničkog obeležja ili dodavanje jednog skupa na kraj drugog. Još jedan postupak pri pripremi podataka za analizu jeste *transformisanje podataka*. On podrazumeva primenu logaritama, pretvaranje vrednosti kao i izbacivanje osobina koje imaju visoku korelaciju. [1]

Za potrebe ovog master rada, ova dva postupka nisu bila potrebna za primenu.

5.5. Istraživanje podataka

Pre analize podataka u programskom jeziku, moramo poznavati te podatke. Cilj je bolje razumeti zavisnost između njih, zašto su nam baš ti podaci potrebni, šta podaci predstavljaju i šta govore o našem istraživačkom cilju. Grafički prikaz je od velike koristi.

5.6. Kreiranje modela

U ovom koraku se na podatke (naša tabela) primenjuju tehnike statistike, mašinskog učenja, data mining. Kao što je već navedeno, za analizu podataka u ovom radu je korišćen programski jezik Python i neke tehnike statistike kao što su sumiranje, srednja vrednost i upoređivanje dve vrednosti.

Kreiranje modela podrazumeva implementaciju i izvršavanje modela, što u ovom slučaju podrazumeva pokretanje programskog koda.

Programski kod je pisan u programskom jeziku *Python*, gde je, za biblioteke i baze potrebne za rad, potrebno samo navesti ih, bez dodatnih instalacija softverskih aplikacija ili biblioteka.

```
#Importovanje Google diska, gde se nalazi dokument sa Excel tabelom

from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')

#Importovanje biblioteke

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
#Importovanje Excel tabele kao df
df=pd.read_excel('/content/drive/My Drive/Malina rad - Copy - Copy.xlsx')

#Provera da li su sve peskripcije doze 45/25
df.dose.value_counts()
#Odredjivanje monitorskih jedinica kao srednja vrednost svih vrednosti iz tabele
df.MU.sum()/107

#Provera da li se više puta koristilo 1 ili 2 ARC-ova
df.ARC.value_counts()

#Provera da li se više puta koristila energija od 6MV ili 10MV
df.energy.value_counts()
#Za svaki organ od rizika, takođe tražimo srednju vrednost po svakoj funkciji
```

```

#Tanka creva, paralelna funkcija:
p=df[ (df.ftanka_cрева=="Parallel")]
tc1=df.referencedose_tankacreva.sum()/len(p)
tc2=df.mean_organ_damagetanka_cрева.sum()/len(p)
tc3=df.power_law_exponenttanka_cрева.sum()/len(p)
tc4=df.shrink_margintanka_cрева.sum()/len(p)
print(tc1,tc2,tc3,tc4)

#Rektum, paralelna funkcija:
p1=df[ (df.fектум=="Parallel")]
r1=df.referencedose_rektум.sum()/len(p1)
r2=df.mean_organ_damageректум.sum()/len(p1)
r3=df.power_law_exponentректум.sum()/len(p1)
r4=df.shrink_marginректум.sum()/len(p1)
print(r1,r2,r3,r4)

#Levi femur, paralelna funkcija
p2=df[ (df.fлеви_fемур=="Parallel")]
lf1=df.reference_doseлеви_fемур.sum()/len(p2)
lf2=df.mean_organ_damageлеви_fемур.sum()/len(p2)
lf3=df.power_law_exponentлеви_fемур.sum()/len(p2)
lf4=df.shrink_marginлеви_fемур.sum()
print(lf1,lf2,lf3,lf4)
#Desni femur, paralelna funkcija
p3=df[ (df.fдесни_fемур=="Parallel")]
df1=df.reference_dosedесни_fемур.sum()/len(p3)
df2=df.mean_organ_damageдесни_fемур.sum()/len(p2)
df3=df.power_law_exponentдесни_fемур.sum()/len(p2)
df4=df.shrink_marginдесни_fемур.sum()/len(p2)
print(df1,df2,df3,df4)

#Bešika, paralelna funkcija
p4=df[ (df.fбешика=="Parallel")]
b1=df.reference_doseбешика.sum()/len(p4)
b2=df.mean_organ_damageбешика.sum()/len(p4)
b3=df.power_law_exponentбешика.sum()/len(p4)
b4=df.shrink_marginбешика.sum() /len(p4)
print(b1,b2,b3,b4)

#Levi bubreg, paralelna funkcija
p5=df[ (df.fлеви_bubreg=="Parallel")]
lb1=df.reference_doseлеви_bubreg.sum()/len(p5)
lb2=df.mean_organ_damageлеви_bubreg.sum()/len(p5)
lb3=df.power_law_exponentлеви_bubreg.sum()/len(p5)

```

```
lb4=df.shrink_marginlevi_bubreg.sum()/len(p5)
print(lb1,lb2,lb3,lb4)

#Desni bubreg, paralelna funkcija
p6=df[ (df.fdesni_bubreg=="Parallel")]
db1=df.reference_dosedesni_bubreg.sum()/len(p6)
db2=df.mean_organ_damagedesni_bubreg.sum()/len(p6)
db3=df.power_law_exponentdesni_bubreg.sum()/len(p6)
db4=df.shrink_margindesni_bubreg.sum()/len(p6)
print(db1,db2,db3,db4)

#PTV, Target EUD
t=df.fPTV
ptv1=df.prescriptionPTV.sum()/len(t)
ptv2=df.cell_sensitivityPTV.sum()/len(t)
print(ptv1,ptv2)

#PTV, Target Penalty
ptv3=df.prescriptionPTV1.sum()/len(t)
ptv4=df.minimum_volumePTV.sum()/len(t)
print(ptv3,ptv4)

#PTV, Quadratic Overdose
ptv5=df.maximum_dosePTV.sum()/len(t)
ptv6=df.RMSPTV.sum()/len(t)
ptv7=df.shrink_marginPTV.sum()/len(t)
print(ptv5,ptv6,ptv7)

#Pacijent, prva Quadratic Ovedose funkcija
pp=df.fpacijent
p1=df.maximum_dosepacijent.sum()/len(pp)
p2=df.RMSpacijent.sum()/len(pp)
p3=df.shrink_marginpacijent.sum()/len(pp)
print(p1,p2,p3)

#Pacijent, druga Quadratic Ovedose funkcija
pp1=df.fpacijent1
p4=df.maximum_dosepacijent1.sum()/len(pp1)
p5=df.RMSpacijent1.sum()/len(pp1)
p6=df.shrink_marginpacijent1.sum()/len(pp1)
print(p4,p5,p6)
```

Rezultati

Pokretanjem programskog koda, dobijeni su rezultati funkcija, preko kojih je napravljen model. Model (parametri) je predstavljen u sledećoj tabeli:

Tabela 2: Model i vrednosti parametara dobijeni analizom podataka iz planova radioterapije

Dose (Gy/frakcija)		MU/Fx	ARC	Energy [MV]	
45/25		776.21	2	10	
Tanka creva					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Power Law Exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	30.5		35.1	3	0.08
Rektum					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Power Law Exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	37.6		34.28	3	0.2
Levi femur					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Low power exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	28.8		33.3	3	0.01
Desni femur					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Power Law Exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	28.8		33.6	3	0.01
Bešika					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Power law Exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	40.7		31.7	3.16	0.06
Levi bubreg					
Function	Reference Dose [Gy]	Mean Organ Damage [%]	Low power exponent	Shrink margin [cm]	
Parallel	13.9		24.5	3	0.1
Desni bubreg					
Function	Reference Dose	Mean Organ Damage	Power Law	Shrink margin	

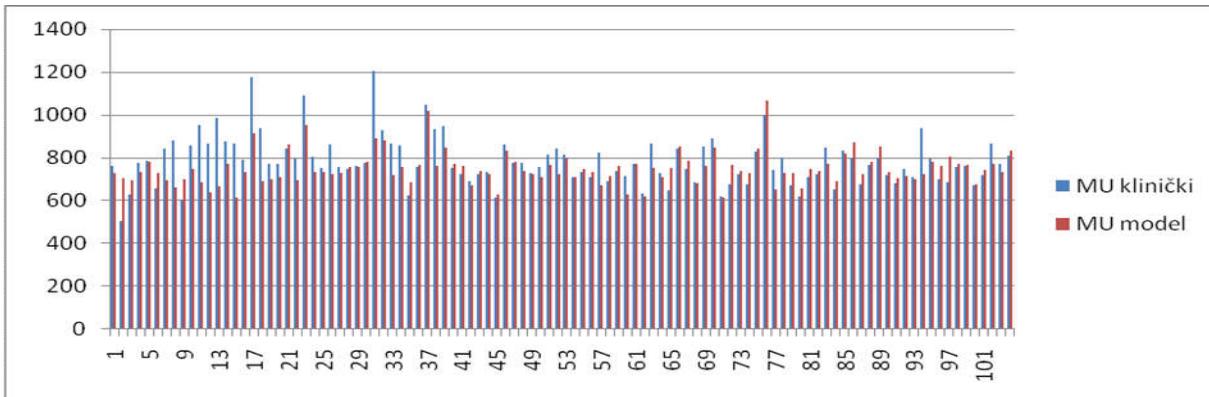
	[Gy]	[%]		exponent	[cm]
Parallel		14		22.8	3.21
PTV					
Function	Prescription [Gy]	Cell Sensitivity	Function	Prescription [Gy]	Minimum Volume [%]
Target EUD	45	0.52	Target Penalty	42.76	97.9
PTV					
Function	Maximum dose [Gy]	RMS [Gy]		Shrink Margin [cm]	
Quadratic Overdose	46	0.3		0.01	
Pacijent					
Function	Maximum Dose [Gy]	RMS(Gy)		Shrink Margin [cm]	
Quadratic Overdose	38	0.08		0.3	
Pacijent					
Function	Maximum Dose [Gy]	RMS(Gy)		Shrink Margin [cm]	
Quadratic Overdose	33.4	0.21		0.6	

Analiziranje dobijenih rezultata za potrebe ovog rada je vršeno takođe uz pomoć sistema za planiranje Instituta za onkologiju Vojvodine, gde je vršena optimizacija modela na pacijente i upoređivanje sa planovima vršenih od strane medicinskih fizičara. Ti planovi su već ušli u izgradnju modela, a kasnije će biti vršena analiza podataka upoređivanjem optimizovanog plana modela sa kliničkim planovima koji nisu ušli u izgradnju modela, te su to novi planovi. Takav deo analize se naziva testiranje.

Podaci koji su bili beleženi kod oba ova dva plana jesu: broj monitorskih jedinica MU/fx , volumen, srednja doza, maksimalna doza i preskripcije na planirani volumen zračenja (PTV) na 0%, 2%, 50%, 95%, 98%.

U tabeli 3, u prilozima, dat je prikaz ovako dobijenih podataka. Podaci su prikazani uporedno: broj monitorskih jedinica za model, pa broj monitorskih jedinica klinički; PTV preskripcija za model, pa PTV preskripcije klinički; itd.

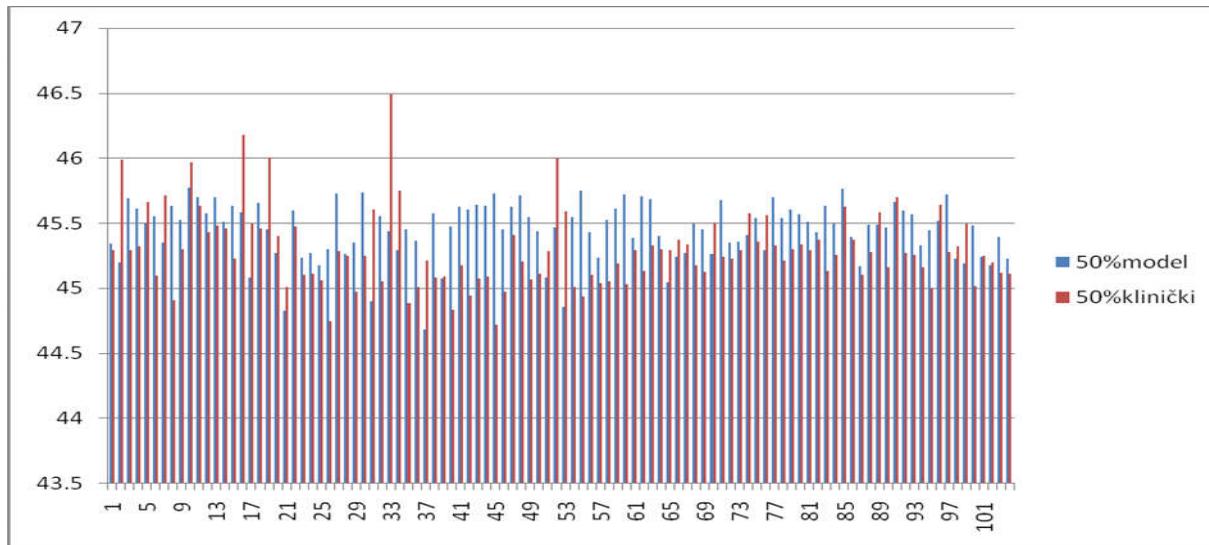
Grafički prikaz rezultata, upoređivanjem modela i kliničkih preskripcija, dat je sledećim grafikonima. Ispod grafikona, date su tabele sa prikazom maksimalnih i minimalnih vrednosti, kao i srednjih vrednosti preskripcija:



Grafikon 1: Monitorske jedinice kliničkog plana i plana po modelu

Tabela 4: Srednja, maksimalna i minimalna vrednosti monitorskih jedinica za plan po modelu i klinički model

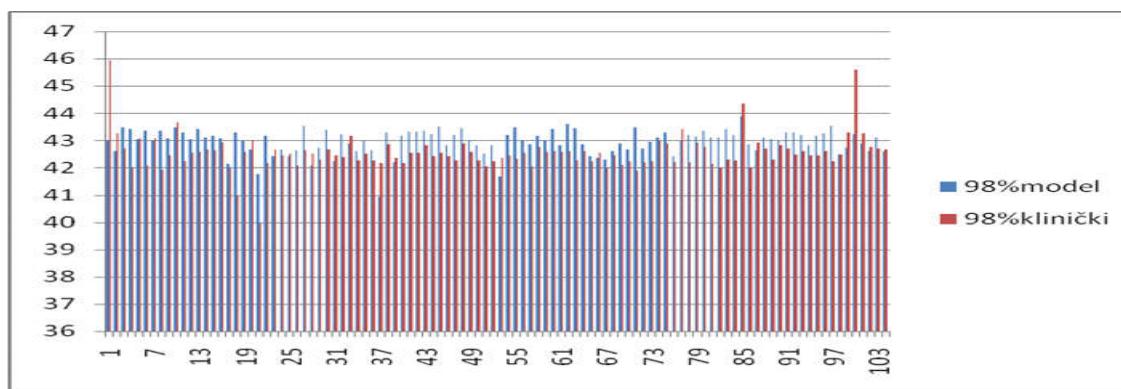
MU (broj monitorskih jedinica)	Model [MU]	Klinički [MU]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	749.517 ± 76.0	784.144 ± 114.5
maksimalna vrednost	1065.86	1203.31
minimalna vrednost	612.2	503.2



Grafikon 2: PTV 50% plana po modelu i kliničkog plana

Tabela 5: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost, željena vrednost i relativno odstupanje preskripcije doze PTV 50% za plan po modelu i klinički plan

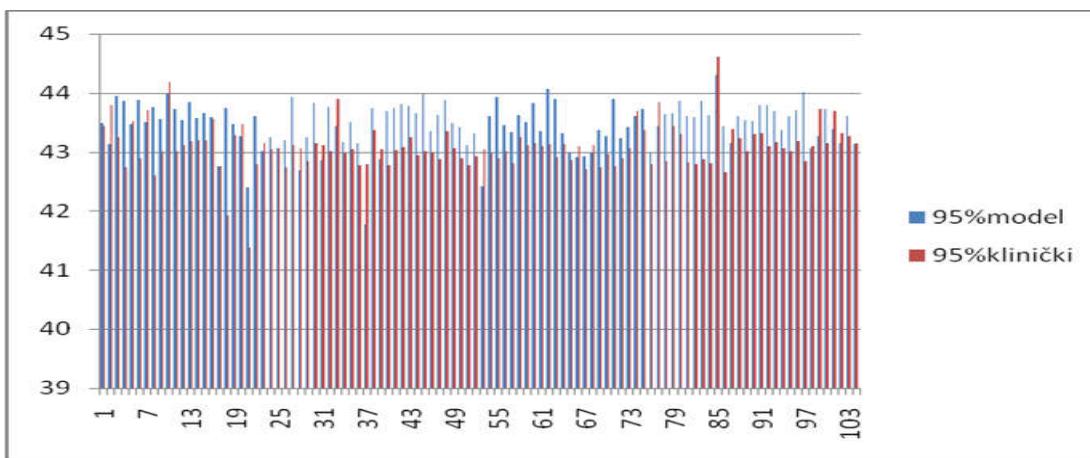
PTV 50%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	45.448 ± 0.2	45.298 ± 0.3
maksimalna vrednost	45.77	46.49
minimalna vrednost	44.683	44.721
željena vrednost	45Gy	
relativno odstupanje od željene vrednosti [%]	0.996	0.662



Grafikon 3: PTV 98% plana po modelu i kliničkog plana

Tabela 6: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije doze PTV98% za plan po modelu i klinički plan

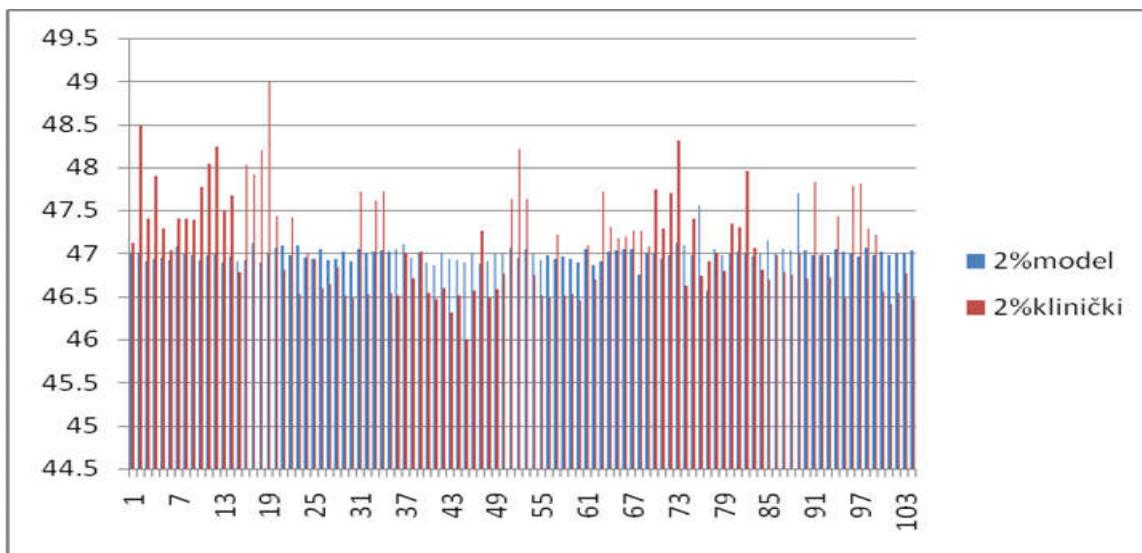
PTV 98%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	42.965 ± 0.4	42.554 ± 0.7
maksimalna vrednost	43.897	45.598
minimalna vrednost	40.939	39.955
željena vrednost	<44.1Gy	
Relativno odstupanje od željene vrednosti [%]	0.03	0.03



Grafikon 4: PTV 95% plana po modelu i kliničkog plana

Tabela 7: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije doze PTV95% za plan po modelu i klinički plan

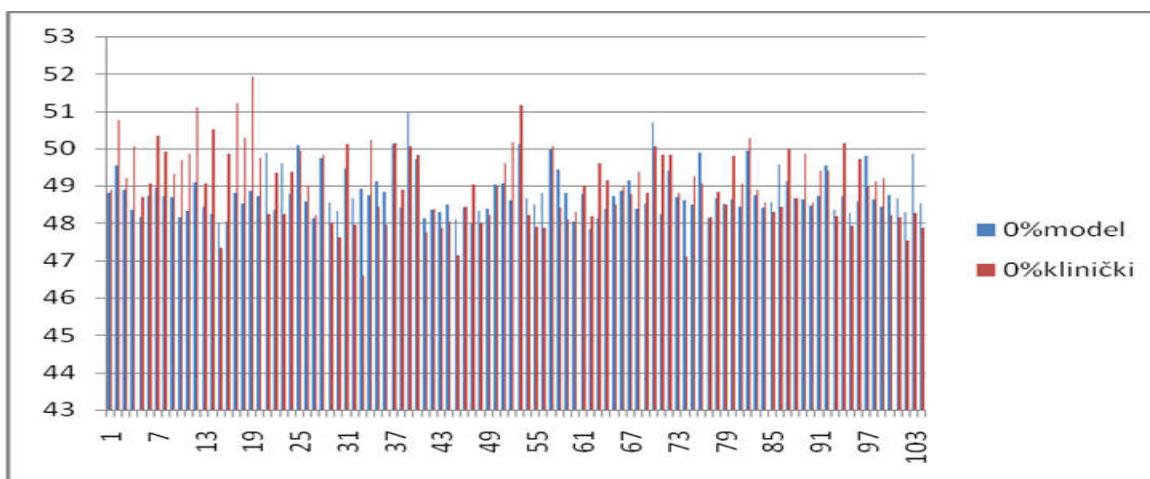
PTV 95%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	43.47 ± 0.4	43.092 ± 0.4
maksimalna vrednost	44.307	44.609
minimalna vrednost	41.775	41.373
željena vrednost	>42.75Gy	
relativno odstupanje od željene vrednosti [%]	0.017	0.008



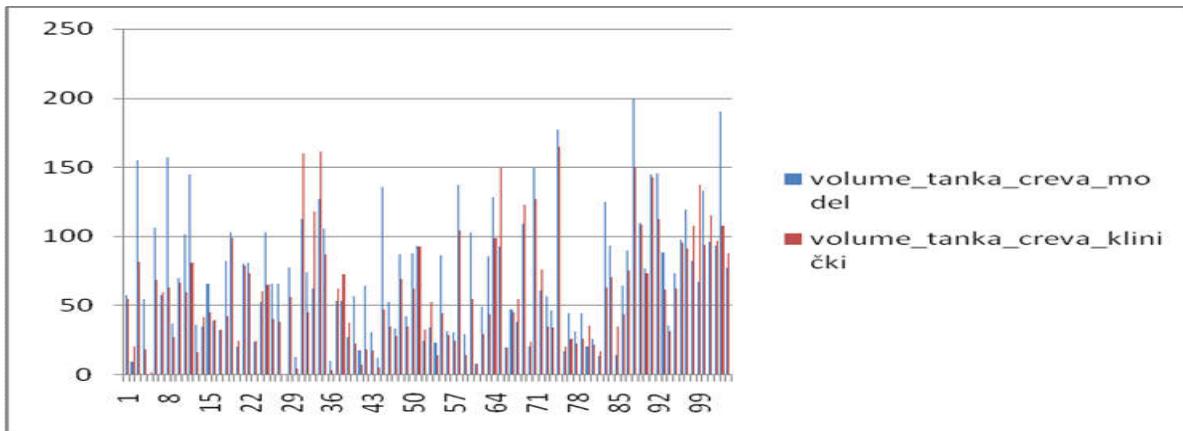
Grafikon 5: PTV 2% plana po modelu i kliničkog plana

Tabela 8: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije doze PTV2% za plan po modelu i klinički plan

PTV 2%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost ± standardna devijacija	46.996 ± 0.1	47.116 ± 0.6
maksimalna vrednost	47.704	48.993
minimalna vrednost	46.565	46.001
željena vrednost	<48.15Gy	
relativno odstupanje od željene vrednosti [%]	0.02	0.02

**Grafikon 6: PTV 0% plana po modelu i kliničkog plana****Tabela 9: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije doze PTV0% za plan po modelu i klinički plan**

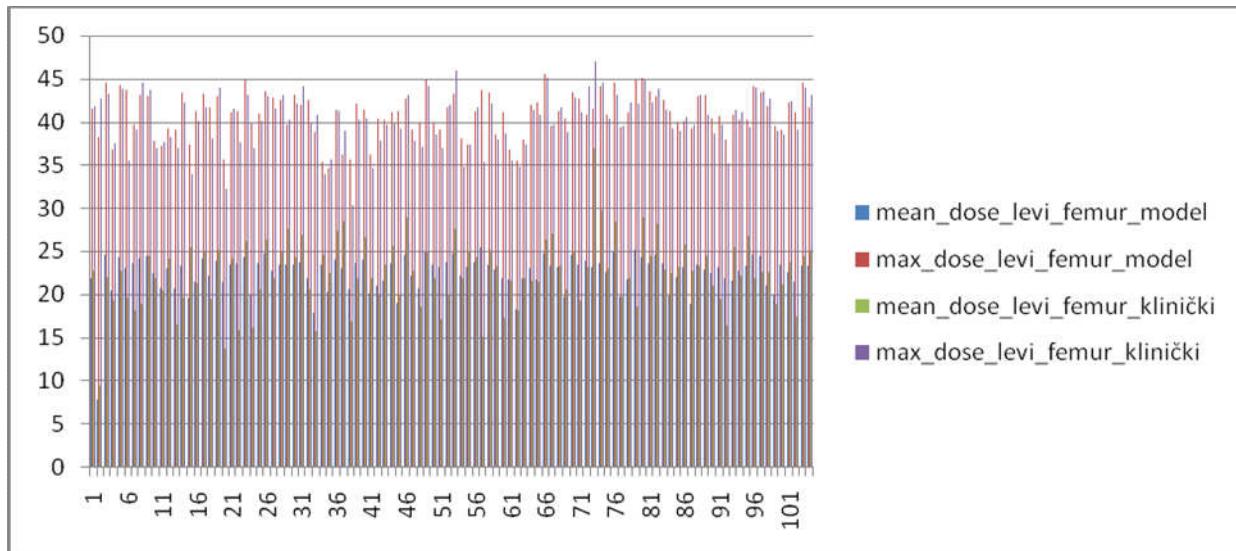
PTV 0%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost ± standardna devijacija	48.799 ± 0.6	49.027 ± 1.0
maksimalna vrednost	50.98	51.928
minimalna vrednost	47.851	46.593
Željena vrednost	<51.75Gy	
Relativno odstupanje od željene vrednosti [%]	0.06	0.05



Grafikon 7: Volumen na 45Gy za plan po modelu i klinički plan, tanka creva

Tabela 10: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije na tanka creva za plan po modelu i klinički plan

Volumen - tanka creva	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	70.535 ± 44.5	59.495 ± 39.8
maksimalna vrednost	199.93	164.955
minimalna vrednost	0.387	1.819



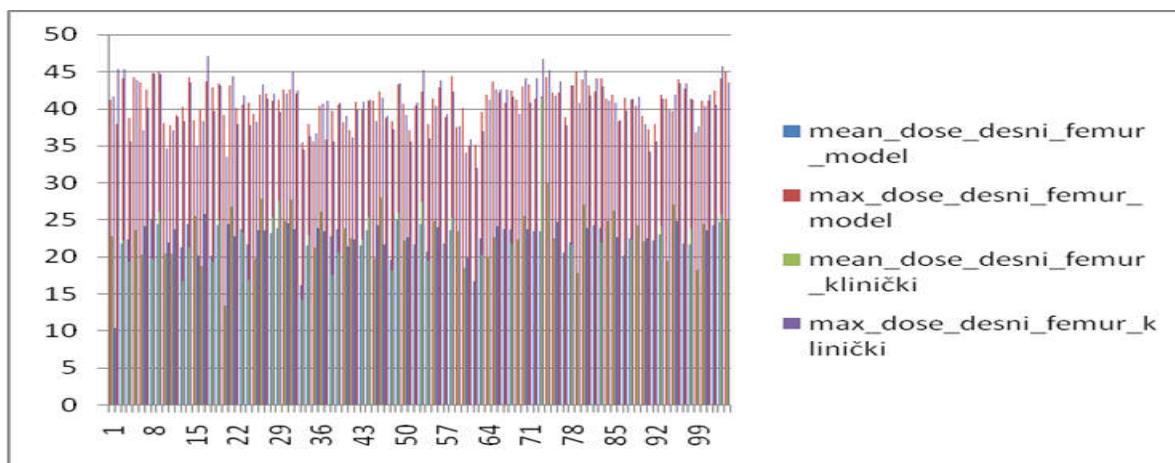
Grafikon 8: Srednja i maksimalna doza za plan po modelu i klinički plan, levi femur

Tabela 11: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije srednje doze na levi femur za plan po modelu i klinički plan

Srednja doza za levi femur	Model	klinički
srednja vrednost \pm standardna devijacija	22.505 ± 2.2	40.946 ± 2.5
maksimalna vrednost	25.385	45.538
minimalna vrednost	7.719	34.674

Tabela 12: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije maksimalne doze na levi femur za plan po modelu i klinički plan

Maksimalna doza za levi femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	22.439 ± 4.0	40.186 ± 3.1
maksimalna vrednost	36.897	46.968
minimalna vrednost	9.296	30.261
željena vrednost	max<45Gy	



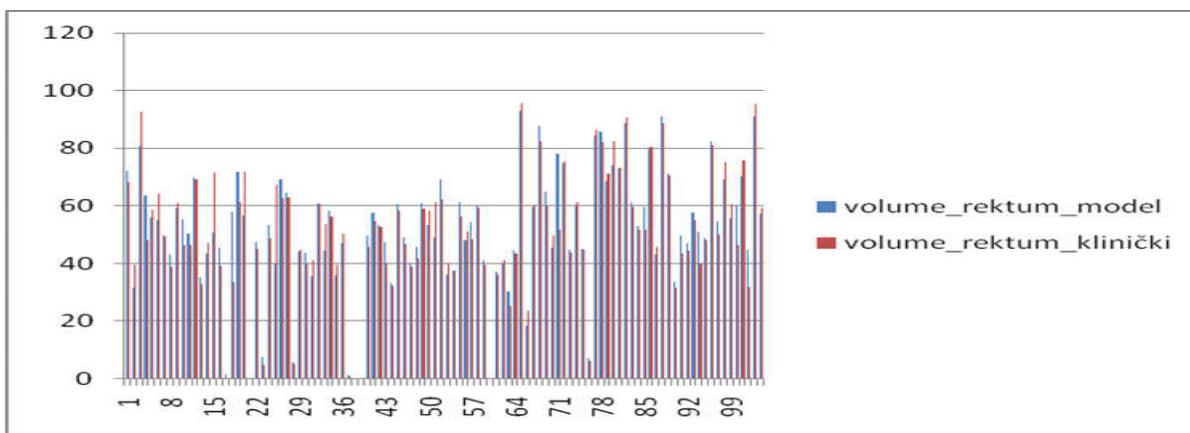
Grafikon 9: Srednja i maksimalna doza za plan po modelu i klinički plan, desni femur

Tabela 13: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije srednje doze na desni femur za plan po modelu i klinički plan

Srednja doza za desni femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	22.612 ± 2.1	40.929 ± 2.4
maksimalna vrednost	25.871	45.106
minimalna vrednost	10.408	35.005
željena vrednost	max<45Gy	

Tabela 14: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije maksimalne doze na desni femur za plan po modelu i klinički plan

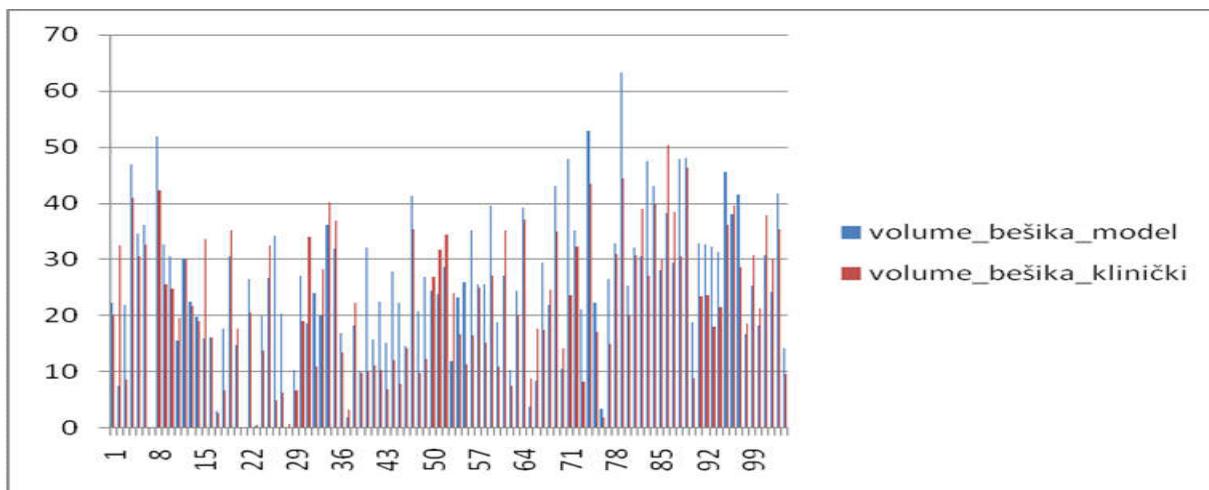
Maksimalna doza za desni femur	Model	klinički
srednja vrednost \pm standardna devijacija	22.738 ± 4.1	40.456 ± 3.3
maksimalna vrednost	41.504	47.139
minimalna vrednost	12.178	32.046



Grafikon 10: Volumen na 40Gy za plan po modelu i klinički plan, rectum

Tabela 15: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije na rektum za plan po modelu i klinički plan

Volumen - rektum	Model [cm ³]	Klinički [cm ³]
srednja vrednost ± standardna devijacija	53.6 ± 18.9	52.827 ± 19.6
maksimalna vrednost	93.13	95.54
minimalna vrednost	1.17	0.25



Grafikon 11: Volumen na 45Gy za plan po modelu i klinički plan, bešika

Tabela 16: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije na bešiku za plan po modelu i klinički plan

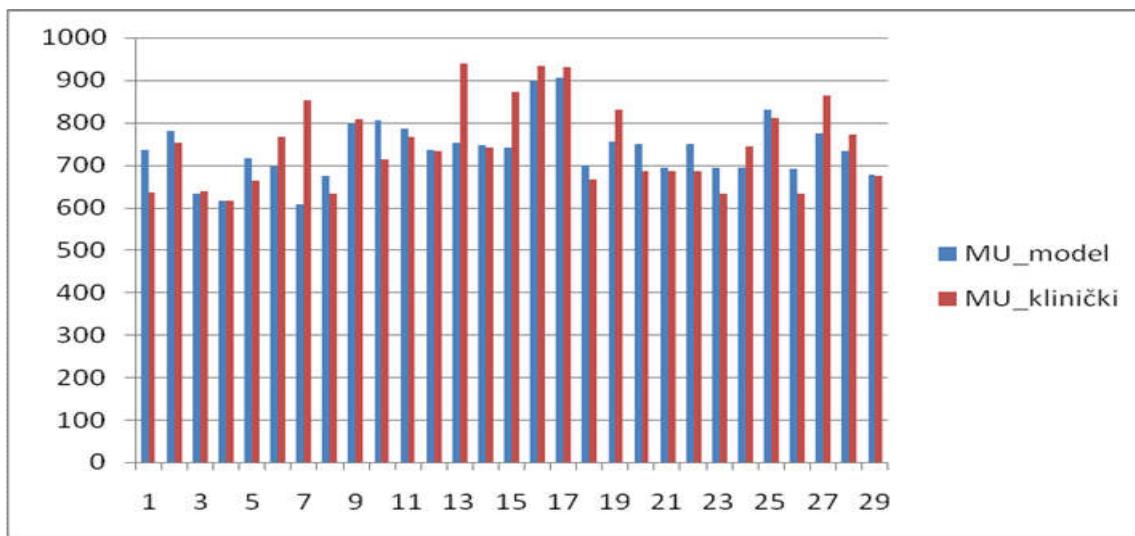
Volumen - bešika	Model [cm ³]	Klinički [cm ³]
srednja vrednost ± standardna devijacija	26.197 ± 12.4	22.618 ± 12.0
maksimalna vrednost	63.3	50.46
minimalna vrednost	0.14	0.62

Testiranje optimizovanog plana po modelu za nove planove koji nisu uključeni u izgradnju modela (klinički planovi), vršeno je isto kao i analiza dobijenih rezultata. U rezultate testiranja su

uključeni i: relativno odstupanje modela od kliničkog plana, srednje relativno odstupanje, maksimalno odstupanje, kao i to da li je to odstupanje (razlika) pozitivna ili negativna.

Isto kao i kod analize planova koji su ušli u izgradnju modela, u tabeli 17, u prilozima, dat je prikaz dobijenih podataka. Podaci su prikazani uporedo: broj monitorskih jedinica za model, pa broj monitorskih jedinica klinički; PTV preskripcija za model, pa PTV preskripcije klinički; itd.

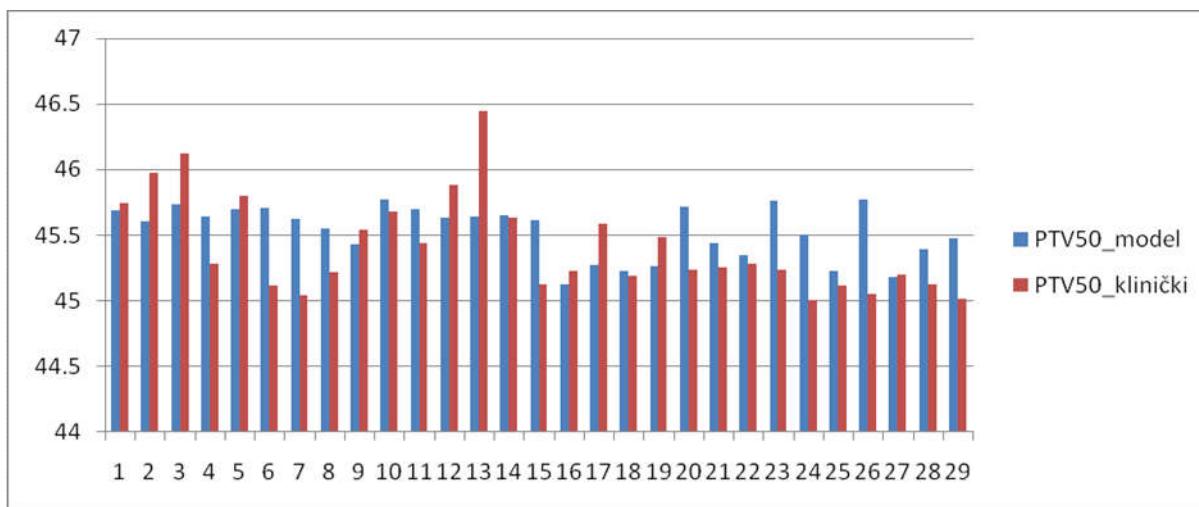
Grafički prikaz rezultata, upoređivanjem preskripcija po modelu i kliničkim preskripcijama za planove koji nisu upotrebljeni za model (test planovi), dat je sledećim grafikonima. Ispod grafikona, date su tabele sa prikazom maksimalnih i minimalnih vrednosti, kao i srednjih vrednosti preskripcija:



Grafikon 12: Broj monitorskih jedinica za plan po modelu i klinički plan, test

Tabela 18: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost monitorskih jedinica za plan po modelu i klinički plan, test

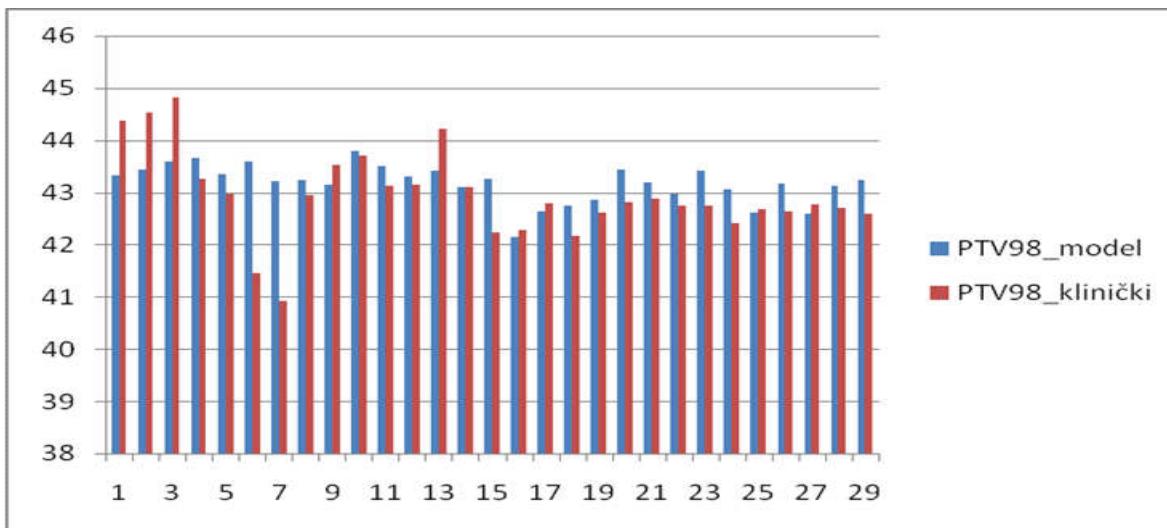
MU (broj monitorskih jedinica)	Model [MU]	Klinički [MU]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	736.6 ± 70.5	747.2 ± 99.0
maksimalna vrednost	906.3	938.3
minimalna vrednost	607.3	615.9



Grafikon 13: PTV 50% plana po modelu i kliničkog plana, test

Tabela 19: Srednja, maksimalna, minimalna vrednost, željena vrednost i relativno odstupanje od željene vrednosti za plan po modelu i klinički plan – PTV 50%, test

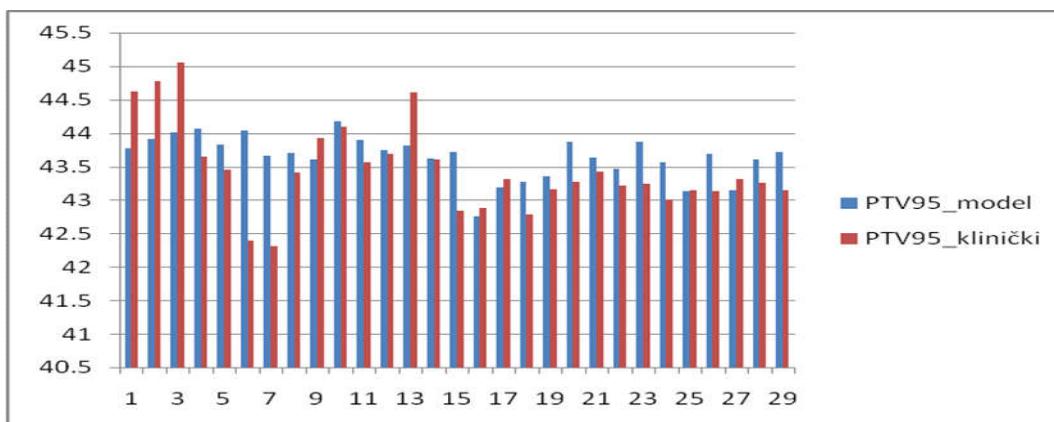
PTV 50%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	45.5 ± 0.2	45.4 ± 0.4
maksimalna vrednost	45.8	46.4
minimalna vrednost	45.1	45.0
željena vrednost		45
relativno odstupanje srednje od željene vrednosti [%]	1.1	0.8



Grafikon 14: PTV 98% plana po modelu i kliničkog plana, test

Tabela 20: Srednja, maksimalna i minimalna doza za plan po modelu i klinički plan – PTV 98%, test

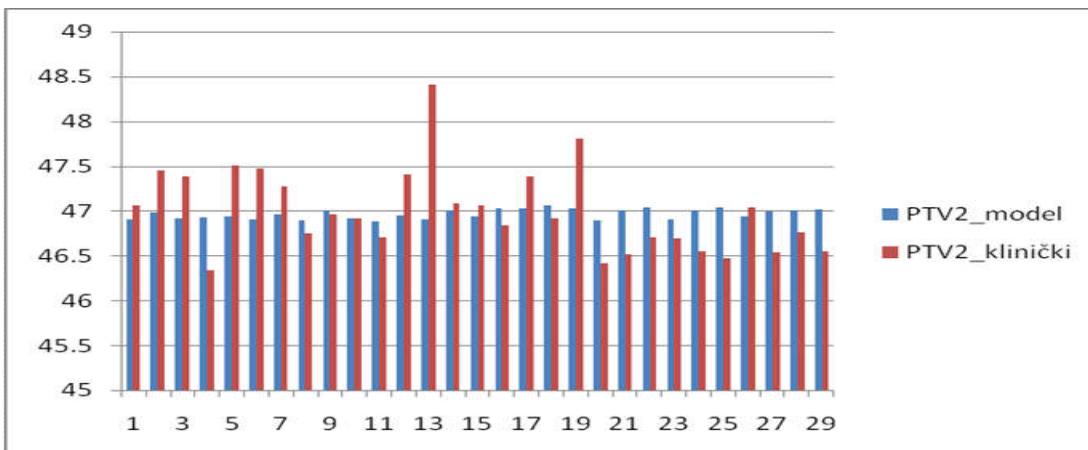
PTV 98%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	43.2 ± 0.4	42.9 ± 0.8
maksimalna vrednost	43.8	44.8
minimalna vrednost	42.1	40.9
Željena vrednost	<44.1Gy	



Grafikon 15: PTV 95% za plan po modelu i klinički plan, test

Tabela 21: Srednja, maksimalna i minimalna doza za plan po modelu i klinički plan – PTV 95%, test

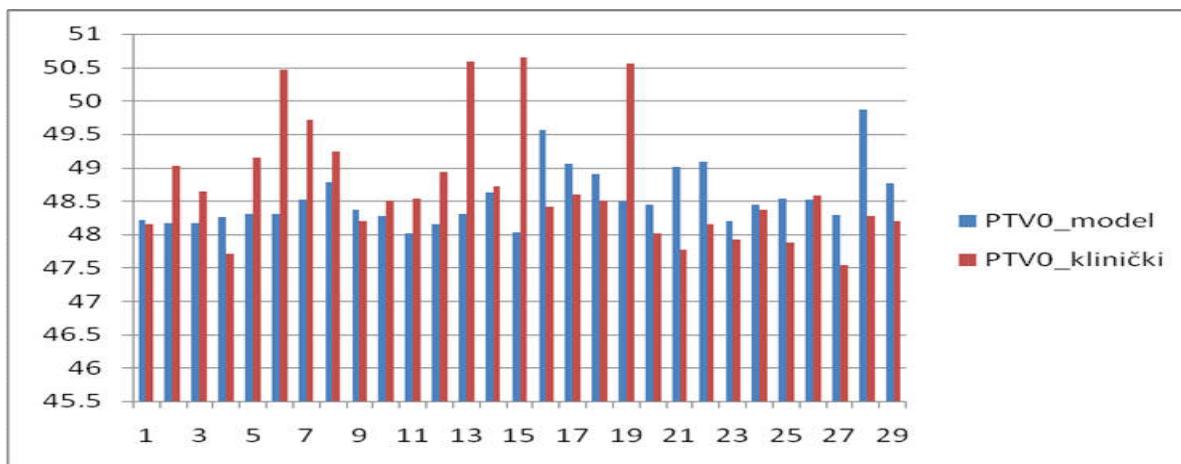
PTV 95%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	43.65 ± 0.3	43.46 ± 0.7
maksimalna vrednost	44.18	45.05
minimalna vrednost	42.76	42.31
željena vrednost	>42.75Gy	



Grafikon 16: PTV 2% za plan po modelu i klinički plan, test

Tabela 22: Srednja, maksimalna i minimalna doza za plan po modelu i klinički plan – PTV 2%, test

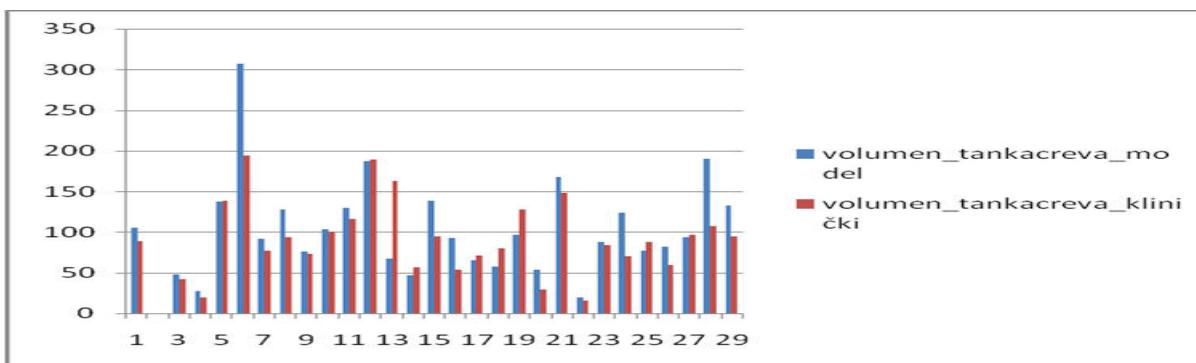
PTV 2%	Model	Klinički
srednja vrednost ± standardna devijacija	46.96 ± 0.05	46.99 ± 0.5
maksimalna vrednost	47.06	48.41
minimalna vrednost	46.89	46.33
Željena vrednost	<48.15Gy	



Grafikon 17: PTV 0% za plan po modelu i klinički plan, test

Tabela 23: Srednja, maksimalna i minimalna doza za plan po modelu i klinički plan – PTV 0%, test

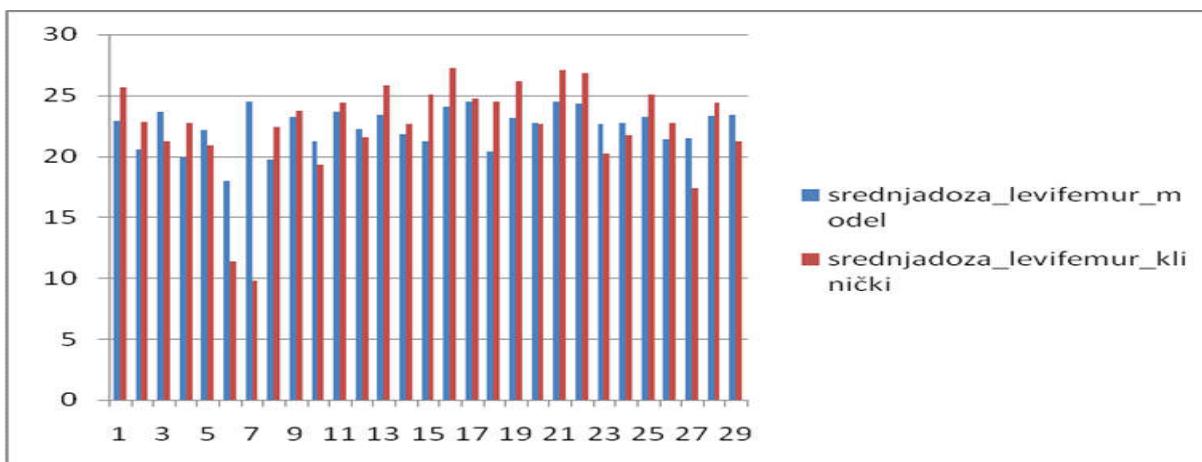
PTV 0%	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost ± standardna devijacija	48.54 ± 0.4	48.72 ± 0.8
maksimalna vrednost	49.86	50.65
minimalna vrednost	48.02	47.54
Željena vrednost	<51.75Gy	



Grafikon 18: Volumen na 45Gy za plan po modelu i klinički plan - tanka creva, test

Tabela 24: Srednja, maksimalna i minimalna doza za plan po modelu i klinički plan – tanka creva, test

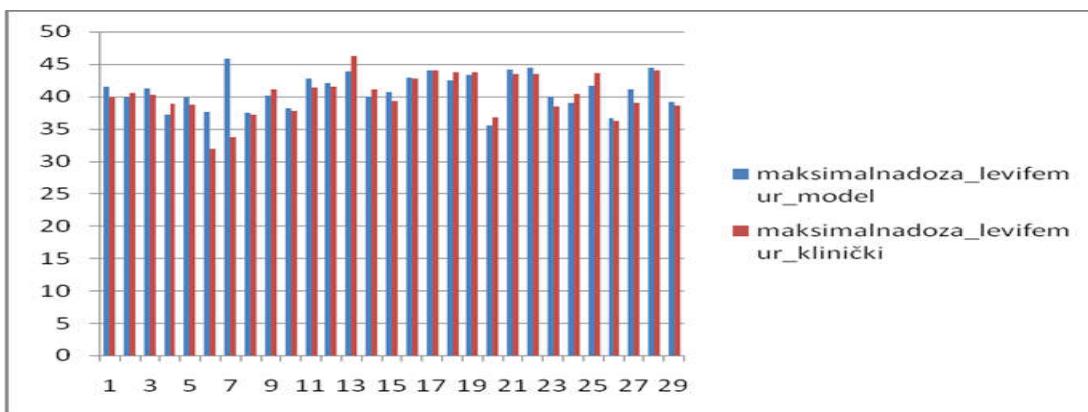
Volumen - tanka creva	Model [cm ³]	Klinički [cm ³]
srednja vrednost ± standardna devijacija	104.8 ± 59.0	91.9 ± 45.4
maksimalna vrednost	307.3	194.5
minimalna vrednost	19.1	15.7



Grafikon 19: Srednja doza za plan po modelu i klinički plan – levi femur, test

Tabela 25: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost srednje doze za plan po modelu i klinički plan – levi femur, test

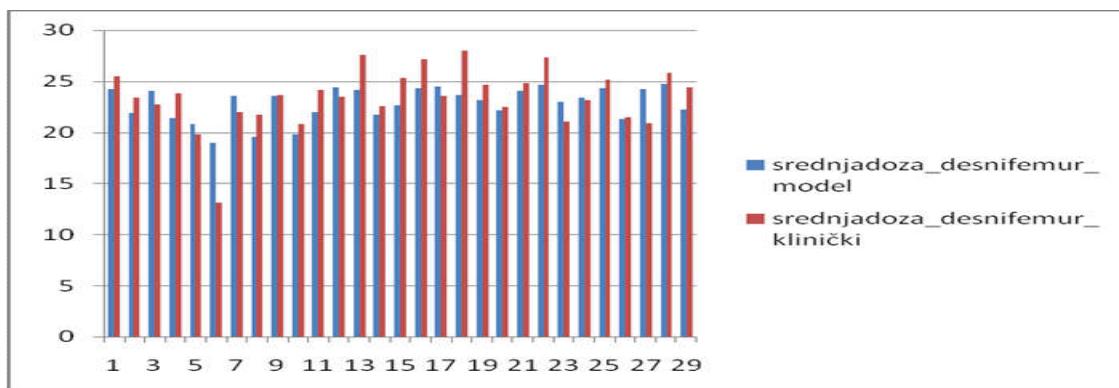
Srednja doza za levi femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost ± standardna devijacija	22.4± 1.6	22.4 ± 4.1
maksimalna vrednost	24.4	27.2
minimalna vrednost	17.9	9.8
željena vrednost	max<45Gy	



Grafikon 20: Maksimalna doza za plan po modelu i klinički plan – levi femur, test

Tabela 26: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost maksimalne doze za plan po modelu i klinički plan – levi femur, test

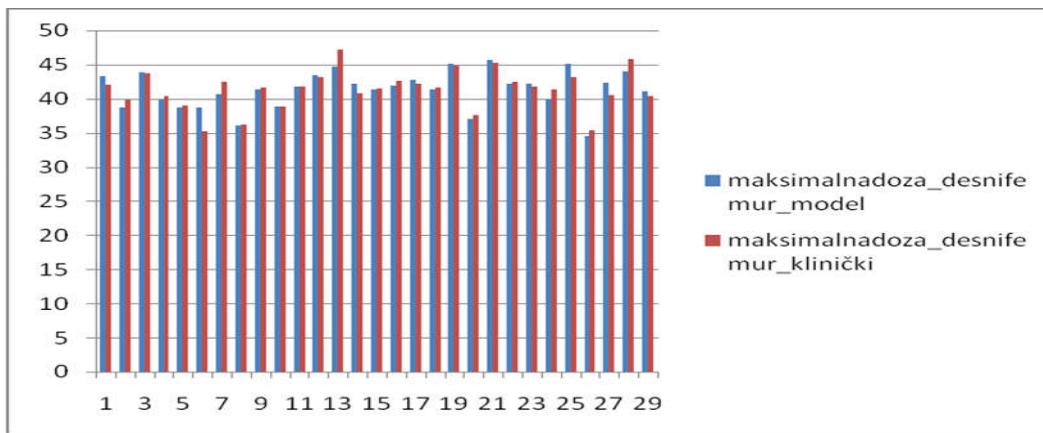
Maksimalna doza za levi femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	40.9 ± 2.7	40.3 ± 3.3
maksimalna vrednost	45.8	46.2
minimalna vrednost	35.5	31.8



Grafikon 21: Srednja doza za plan po modelu i klinički plan – desni femur, test

Tabela 27: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost srednje doze za plan po modelu i klinički plan – desni femur, test

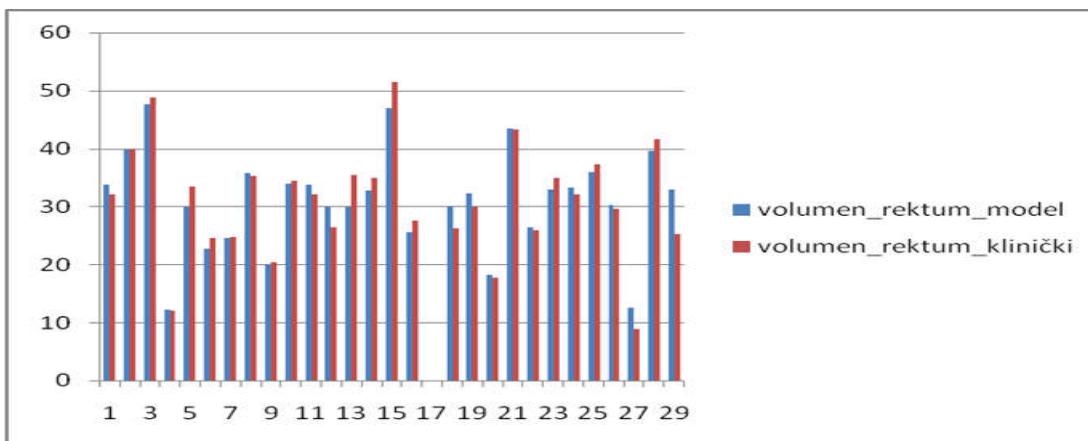
Srednja doza za desni femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	22.8 ± 1.6	23.4 ± 2.9
maksimalna vrednost	24.7	27.9
minimalna vrednost	18.9	13.1



Grafikon 22: Maksimalna doza za plan po modelu i klinički plan – desni femur, test

Tabela 28: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost maksimalne doze za plan po modelu i klinički plan – desni femur, test

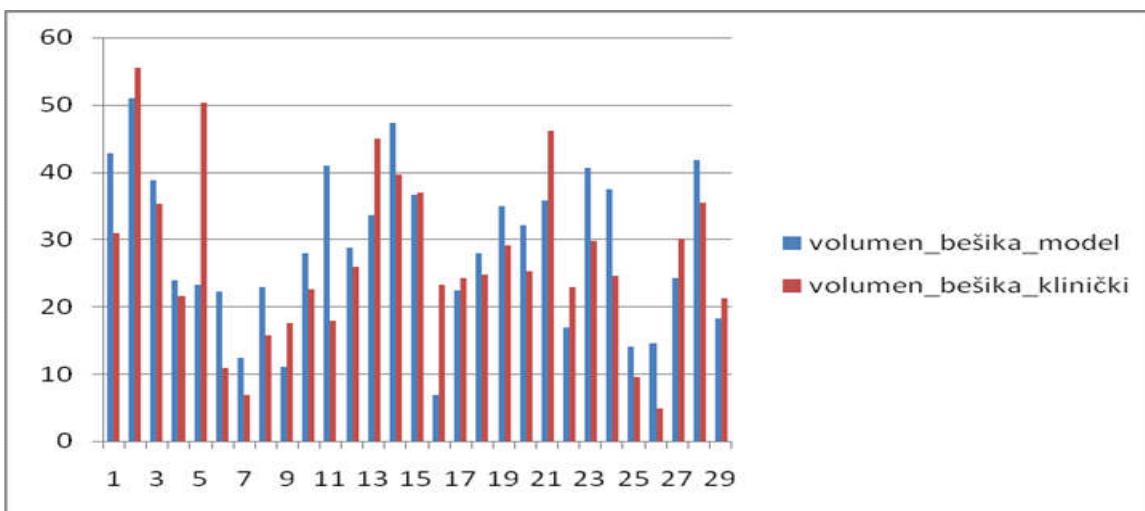
Maksimalna doza za desni femur	Model [Gy]	Klinički [Gy]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	41.3 ± 2.7	41.3 ± 2.9
maksimalna vrednost	45.7	47.2
minimalna vrednost	34.6	35.2



Grafikon 23: Volumen na 40Gy – rektum, test

Tabela 29: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije za plan po modelu i klinički plan – rektum, test

Volumen – rektum	Model [cm^3]	Klinički [cm^3]
srednja vrednost \pm standardna devijacija	30.9 ± 8.7	30.9 ± 9.7
maksimalna vrednost	47.6	51.4
minimalna vrednost	12.1	8.9



Grafikon 24: Volumen na 45Gy – bešika, test

Tabela 30: Srednja, maksimalna i minimalna vrednost preskripcije za plan po modelu i klinički plan – bešika, test

Volumen – bešika	Model [cm ³]	Klinički [cm ³]
srednja vrednost ± standardna devijacija	28.7 ± 11.6	27.0 ± 12.5
maksimalna vrednost	51.0	55.5
minimalna vrednost	6.8	4.9

Relativno odstupanje plana po modelu od kliničkog plana brojno se može izračunati u *Python-u*, gde uz importovanje Tabele broj 15 iz ovog master rada, uz imenovanje kolona u skladu sa funkcijama u tom programskom jeziku, računa i srednja vrednost odstupanja i da li je ta razlika negativna ili pozitivna.

Na kraju su proračunati indeks homogenosti HI i indeks kompleksnosti CI, koji su dati u tabeli 31:

Tabela 31: Indeksi homogenosti i kompleksnosti za planove po modelu i kliničke planove

Redni broj pacijenta	HI	CI	HI klinički	CI klinički
1	7.859316	kompleksan	5.878752	kompleksan
2	7.795369	kompleksan	6.338779	kompleksan
3	7.283103	kompleksan	5.57001	kompleksan
4	7.172746	kompleksan	6.81226	kompleksan
5	7.848672	kompleksan	9.893661	kompleksan

6	7.233344	kompleksan	13.35077	kompleksan
7	8.208579	normalan	14.09923	kompleksan
8	8.022306	kompleksan	8.40797	kompleksan
9	8.488344	kompleksan	7.511747	kompleksan
10	6.80706	kompleksan	7.052952	kompleksan
11	7.417618	kompleksan	7.902381	kompleksan
12	7.971427	kompleksan	9.288034	kompleksan
13	7.659276	kompleksan	9.021617	kompleksan
14	8.542703	kompleksan	8.730524	kompleksan
15	8.074807	kompleksan	10.69743	kompleksan
16	10.79739	kompleksan	10.0703	kompleksan
17	9.690316	kompleksan	10.09213	kompleksan
18	9.536972	kompleksan	10.534	kompleksan
19	9.235528	kompleksan	11.42719	kompleksan
20	7.577382	kompleksan	7.980899	kompleksan
21	8.392024	kompleksan	7.997613	kompleksan
22	8.969213	kompleksan	8.766506	kompleksan
23	7.606582	kompleksan	8.732369	kompleksan
24	8.686385	kompleksan	9.201813	kompleksan
25	9.790828	kompleksan	8.40759	kompleksan
26	8.216275	kompleksan	9.805793	kompleksan
27	9.738607	kompleksan	8.347715	kompleksan
28	8.568848	kompleksan	8.997828	kompleksan
29	8.335715	kompleksan	8.774463	kompleksan

I kod kliničkog plana i kod plana po modelu, indeks kompleksnosti je kompleksan, jer je broj monitorskih jedinica MU>612 u najvećem broju slučajeva. Izuzetak je jedan plan sa rednim brojem pacijenta 7, gde je plan po modelu normalan, odnosno standardni.

Indeks homogenosti računamo na sledeći način:

$$HI=((D_2-D_{98})/D_p) \times 100,$$

gde su u ovom slučaju $D_2=PTV2$, $D_{98}=PTV98$ i $D_p=PTV50$ iz tabele broj 4.

U tabeli 32. Dat je relativan odnos monitorskih jedinica i željene vrednosti od 612, pri čemu je dobijeno da je taj odnos približno jednak 1 i nema velikih odstupanja od tog odnosa.

Tabela 32: Odnos broja monitorskih jedinica plana po modelu sa željenom vrednošću od 612 MU i kliničkog plana sa željenom vrednošću od 612 MU

Model	Klinički
1.20183	1.037549
1.27433	1.230245
1.03219	1.043873
1.006389	1.006405
1.168709	1.081111
1.137761	1.252141
0.992353	1.39317
1.101356	1.035408
1.303186	1.318824
1.316993	1.164379
1.282582	1.250588
1.056585	1.116536
1.199918	1.195866
1.23085	1.533137
1.218627	1.211275
1.212288	1.423137
1.464265	1.524395
1.480866	1.521846
1.142042	1.088284
1.233758	1.356765
1.223824	1.118382
1.134216	1.121095
1.225588	1.118595
1.134869	1.032124
1.134951	1.215212
1.358464	1.326405
1.128301	1.034003
1.264069	1.412418
1.195654	1.262353
1.105572	1.099869
Srednja vrednost broja monitorskih jedinica i odstupanje	Srednja vrednost broja monitorskih jedinica i odstupanje
1.198746 ± 0.20	1.217513 ± 0.21

Diskusija

Automatsko planiranje radioterapije razvija se tek poslednjih nekoliko godina, radi ubrzavanja procesa planiranja posebno vrlo kompleksnih tehnika. Automatski procesi generalno ne mogu da zamene iskustvo i znanje planera, ali svakako mogu da preveniraju greške do kojih može doći tokom izrade terapijskog plana.

U ovom radu prikazan je princip izrade modela koji bi omogućio brže planiranje terapije za ginekološke pacijente, odnosno omogućio postavljanje relativno dobrih polaznih parametara, koji bi već u prvom krugu kalkulacije mogli da daju klinički prihvatljive rezultate.

1. Monitorske jedinice

Monitorske jedinice ukazuju na vreme zračenja pacijenta, i to preko brzine isporuke doze. Standardna brzina isporuke je oko 600 MU/min, što znači da u proseku svaki plan koji ima 600 MU isporuči se za 1 minutu. Broj monitorskih jedinica kod modela varira od 612 do 1065, sa srednjom vrednosti 749 i standadrnom devijacijom od 76 MU. Kod kliničkih planova ovaj broj je od 503 do 1203 MU, srednja verdnost je veća i iznosi 784 MU i standadrna devijacija je značajno veća i iznosi 114MU. To ukazuje na veće razlike između planova kod kliničkih nego kod planova modela, odnosno na nehomogenost kliničkih planova.

Monitorske jedinice test slučajeva su mnogo ravnomernije u odnosu na kliničke slučajeve, i iznose kod modela 733 MU (SD= 41) a test slučajeva 745 (SD= 98). Treba naglasiti da su klinički planovi pokrili period od početka korišćenja sistema za planiranje i takođe sadrže komponentu nepoznavanja sistema za planiranje a test slučajevi su analizirani nakon 6 godina od početka korišćenja sistema za planiranje, i vide se svi parametri koji su značajno homogeniji među planovima, uključujući i organe od rizika kao i PTV.

2. Pokrivenost PTV (PTV50)

Ukoliko posmatramo pacijente koji su poslužili za pravljenje modela, kojih je bilo 107 i čije smo podatke o PTV-u i OAR-u koristili iz sistema za planiranje Instituta za onkologiju Vojvodine, možemo doneti zaključak o pokrivenosti PTV-a na 50%. Željena

vrednost doze je 45Gy. Za model je srednja vrednost bila 45.4Gy, a za klinički plan je ta vrednost 45.3Gy. Odstupanje je 0.5Gy za model i 0.3Gy za klinički plan, gde se razlika u oba slučaja javlja na prvoj decimali. Greška je mala. Pokrivenost je zadovoljavajuća. Minimalne vrednosti u oba slučaja su ispod 45Gy. Maksimalne vrednosti su 45.77Gy za model i 46.49 za klinički plan, gde vidimo da je odstupanje kliničkog plana veće, nego odstupanje modela od željene vrednosti od 45Gy i to za jednu decimalu. Izračunato je i relativno odstupanje srednje vrednosti PTV50 od željene vrednosti za model i relativno odstupanje srednje vrednosti PTV50 od željene vrednosti za klinički plan i ona iznose redom: 0.9% i 0.7%.

Ukoliko posmatramo pacijente koji su poslužili kao test slučajevi, kojih je bilo 29 i čiji podaci nisu bili korišćeni za pravljenje modela, možemo doneti zaključak o pokrivenosti PTV-a na 50%, gde je željena vrednost doze takođe 45Gy. Srednja vrednost PTV50 za model je 45.5Gy, a za klinički plan je 45.4Gy, gde su obe vrednosti približne sa 45Gy i odstupanje se javlja na prvoj decimali. Minimalna vrednost u oba slučaja je na 45Gy i predstavlja zadovoljavajuću vrednost. Ukoliko posmatramo maksimalnu vrednost, za klinički plan je ta vrednost 46.4Gy, dok je za model ta vrednost 45.8Gy, što predstavlja bolji rezultat. Izračunato je i relativno odstupanje srednje vrednosti PTV50 od željene vrednosti za model i za klinički plan i ona iznose: 1.1 i 0.8 respektivno.

Upoređivanjem kliničkih planova koji su poslužili za model i novih kliničkih planova za testiranje, uviđamo da su parametri novih kliničkih planova mnogo kvalitetniji (manja odstupanja i veća homogenost rezultata) nego kod prvog seta vrednosti. Model dobijen od kliničkih planova se dobro slaže sa novim planovima, iz čega izvodimo zaključak da je model praktično uspeo da da rezultate kao i šestogodišnje iskustvo u planiranju terapije.

3. Pokrivenost PTV (PTV98, PTV95, PTV2, PTV0) i organi od rizika

U prvom slučaju posmatramo pacijente čiji su podaci ušli u pravljenje modela, a zatim pacijente koji su poslužili kao test slučajevi i donosimo zaključak kada je primljena manja doza PTV-a na 98%, 95%, 2% i 0% i za OAR.

3.1. PTV 98

Za PTV98 željena vrednost se računa tako što množimo 98% sa dozom od 45Gy i dobijamo da je željena vrednost doze manja od 44.1Gy. Srednje vrednosti PTV98 su manje od ove vrednosti i u slučaju modela i u slučaju kliničkog plana. Minimalne vrednosti su takođe manje od željene vrednosti i predstavljaju zadovoljavajući rezultat u oba slučaja. Ako posmatramo maksimalnu vrednost, za model je ta vrednost 43.9Gy što jeste manje od 44.1Gy, dok je za klinički plan ta vrednost 45.6Gy gde prelazi željenu vrednost i veća je od nje. U ovom slučaju (maksimalna vrednost) model isporučuje manju dozu pacijentu od kliničkog plana.

Što se tiče test slučajeva, za PTV98 je željena vrednost manja od 44.1Gy i računa se na isti način. Srednja vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja, gde su standardne devijacije 0.4 i 0.8 za model i klinički plan respektivno, imamo zadovoljavajuću homogenost. Minimalna vrednost je manja od željene vrednosti u oba slučaja. Što se maksimalne vrednosti tiče, za model ona iznosi 43.8Gy, što jeste manje od željene vrednosti, dok za klinički plan ona iznosi 44.8Gy, što je veće od željene vrednosti za 0.72Gy. U ovom slučaju (maksimalna vrednost) model isporučuje manju dozu od kliničkog plana.

Na isti način kao u prethodnom poređenju za PTV50, uviđamo da su parametri novih kliničkih planova za nijansu kvalitetniji (bolja pokrivenost i veća homogenost rezultata) nego kod prvog seta vrednosti. Model dobijen od kliničkih planova se bolje slaže sa novim planovima (test slučajevi) nego sa kliničkim.

3.2. PTV 95

Za PTV95 željena vrednost se računa tako što množimo 95% sa dozom od 45Gy i dobijamo da je željena vrednost doze veća od 42.75Gy. Srednje vrednosti PTV95 su veće od željene vrednosti i u slučaju modela i u slučaju kliničkog plana. Minimalne vrednosti su manje od željene vrednosti i onda ne

predstavljaju zadovoljavajući rezultat u oba slučaja. Njihova vrednost je 41.77Gy i 41.37Gy za model i klinički plan respektivno. Ako posmatramo maksimalnu vrednost, za model je ta vrednost 44.31Gy što jeste veće od 42.75Gy, dok je za klinički plan ta vrednost 44.61Gy, gde su u oba slučaja rezultati zadovoljavajući.

Za PTV95 je željena vrednost veća od 42.75Gy što se tiče test slučajeva. Srednja vrednost je veća od ove vrednosti u oba slučaja (44.18Gy za model sa SD 0.3Gy i 43.46Gy za klinički plan sa SD 0.7Gy). Maksimalna vrednost je veća od ove vrednosti u oba slučaja. Što se tiče minimalne vrednosti, kod planova po modelu je vrednost tek za 0.01Gy veća od željene vrednosti, dok je za kliničke planove ona manja za 0.44Gy. Ovaj rezultat kod kliničkih planova unosi malo odstupanje. U ovom slučaju (minimalna vrednost) model poprima bolju pokrivenost dozom od kliničkog plana.

3.3. PTV 2

Za PTV2 željena vrednost se računa tako što množimo 107% sa dozom od 45Gy i dobijamo da je željena vrednost doze manja od 48.15Gy. Srednje vrednosti PTV2 su manje od ove vrednosti i u slučaju modela i u slučaju kliničkog plana. Minimalne vrednosti su takođe manje od željene vrednosti i predstavljaju zadovoljavajući rezultat u oba slučaja. Ako posmatramo maksimalnu vrednost, za model je ta vrednost 47.70Gy što jeste manje od 48.15Gy, dok je za klinički plan ta vrednost 48.99Gy gde prelazi željenu vrednost i veća je od nje. U ovom slučaju (maksimalna vrednost) model poprima bolju pokrivenost dozom od kliničkog plana.

Za test slučajeve željena vrednost je manja od 48.15Gy. Srednja vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja i iznosi 46.96Gy (SD 0.05Gy) za model i 46.99Gy (SD 0.5Gy). Homogenost planova kod modela je mnogo veća, nego kod kliničkih planova, što vidimo kod standardne devijacije. Minimalna vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja. Što se maksimalne vrednosti tiče, za model ona iznosi 47.06Gy, što jeste manje od željene vrednosti, dok

za klinički plan ona iznosi 48.41Gy, što je malo veće od željene vrednosti. U ovom slučaju (maksimalna vrednost) model daje bolju pokrivenost dozom od kliničkog plana, iako je razlika veoma mala.

Identičan rezultat kao i kod ostalih PTV-a se dobija upoređivanjem kliničkih planova koji su poslužili za model i test slučajeva. Zaključak je da dobijamo bolju pokrivenost i veću homogenost rezultata kod test slučajeva nego kod prvog seta vrednosti i da model uspeva da da zadovoljavajuće rezultate po iskustvu.

3.4. PTV 0

Za PTV0 željena vrednost se računa tako što množimo 115% sa dozom od 45Gy i dobijamo da je željena vrednost doze manja od 51.75Gy. Srednje vrednosti PTV0 su manje od ove vrednosti i u slučaju modela i u slučaju kliničkog plana. Minimalne vrednosti su takođe manje od željene vrednosti i predstavljaju zadovoljavajući rezultat u oba slučaja. Ako posmatramo maksimalnu vrednost, za model je ta vrednost 50.98Gy što jeste manje od 51.75Gy, dok je za klinički plan ta vrednost 51.93Gy gde prelazi željenu vrednost i veća je od nje. U ovom slučaju (maksimalna vrednost) model poprima bolju pokrivenost dozom od kliničkog plana.

Za PTV0 je željena vrednost manja od 51.75Gy za test slučajeve. Srednja vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja i iznosi 48.54Gy ($SD=0.4Gy$) za model i 48.72Gy ($SD=0.8Gy$). Minimalna vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja. Maksimalna vrednost je manja od ove vrednosti u oba slučaja. Parametri su zadovoljavajući u oba slučaja.

Upoređivanjem kliničkih planova koji su poslužili za model i novih kliničkih planova za testiranje, izvodimo identičan zaključak kao kod svih PTV-a.

3.5. Levi femur

Za levi femur kod modela je maksimalna vrednost koju dobijamo kod očitavanja srednje doze na taj organ 25.4Gy, što jeste manje od željene

vrednosti 45Gy. Za levi femur kod kliničkog plana, vrednost je 45.5Gy, što je veće od željene vrednosti i ne predstavlja zadovoljavajući rezultat za 0.5Gy. U ovom slučaju model isporučuje manju dozu od kliničkog plana. Za levi femur kod modela prilikom očitavanja maksimalne doze na taj organ, maksimalna vrednost koju dobijamo je 36.9Gy, što jeste manje od željene vrednosti. Za levi femur kod kliničkog plana je ta vrednost 46.9Gy što je veće od željene vrednosti. U ovom slučaju model, takođe, daje mnogo manju dozu na organ od rizika- levi femur, nego klinički plan.

Ukoliko posmatramo test slučajeve, dobijamo sledeće rezultate. Za levi femur kod modela je maksimalna vrednost koju dobijamo kod očitavanja srednje doze na taj organ 22.4Gy, što jeste manje pod željene vrednosti 45Gy. Za levi femur kod kliničkog plana, vrednost je 27.2Gy, što jeste manje od željene vrednosti. Razlika je kod standardne devijacije, gde je manja razlika između planova kod planova po modelu ($SD=1.6Gy$) nego kod kliničkih planova ($SD=4.1Gy$). Za levi femur kod modela prilikom očitavanja maksimalne doze na taj organ, maksimalna vrednost koju dobijamo je 45.8Gy, što je veće od željene vrednosti. Za levi femur kod kliničkog plana je ta vrednost 46.2Gy, što je veće od željene vrednosti. U ovom slučaju i model i klinički plan nemaju zadovoljavajuće rezultate, jer je maksimalna vrednost veća od 45Gy.

Upoređivanjem kliničkih planova koji su poslužili za model i novih kliničkih planova za testiranje, uviđamo da su parametri približni kao kod prvog seta vrednosti, gde model nije uneo veliku razliku u planiranju terapije.

3.6. Desni femur

Za desni femur kod modela je maksimalna vrednost koju dobijamo kod očitavanja srednje doze na taj organ 25.87Gy, što jeste manje pod željene vrednosti 45Gy. Za levi femur kod kliničkog plana, vrednost je 45.11Gy, što je veće od željene vrednosti i ne predstavlja zadovoljavajući rezultat, iako je razlika mala. U ovom slučaju model daje manju dozu na organ od rizika –

desni femur, od kliničkog plana. Za desni femur kod modela prilikom očitavanja maksimalne doze na taj organ, maksimalna vrednost koju dobijamo je 41.50Gy, što jeste manje od željene vrednosti. Za levi femur kod kliničkog plana je ta vrednost 47.14Gy što je veće od željene vrednosti. U ovom slučaju model, daje manju dozu na desni femur od kliničkog plana.

Za test slučajeve kod desnog femura za model je maksimalna vrednost koju dobijamo kod očitavanja srednje doze na taj organ 24.7Gy, što jeste manje pod željene vrednosti 45Gy. Za levi femur kod kliničkog plana, vrednost je 27.9, što jeste manje od željene vrednosti. Oba slučaja imaju zadovoljavajući rezultat. Za desni femur kod modela prilikom očitavanja maksimalne doze na taj organ, maksimalna vrednost koju dobijamo je 45.7Gy, što je veće od željene vrednosti. Za levi femur kod kliničkog plana je ta vrednost 47.2Gy što je veće od željene vrednosti. U ovom slučaju i model i plan imaju nezadovoljavajuće rezultate, jer je maksimalna vrednost doze veća od 45Gy.

Ako posmatramo organe od rizika i pokrivenost doze za levi i desni femur, gde je željena vrednost manja od 45Gy ako uzimamo maksimalnu vrednost, možemo doneti zaključak o pokrivenosti.

Upoređivanjem kliničkih planova koji su poslužili za model i novih kliničkih planova za testiranje, uviđamo da su parametri približni kao kod prvog seta vrednosti, gde model nije uneo veliku razliku u planiranju terapije, kao što je bio slučaj kod PTV-a.

3.7. Tanka creva

Što se tiče tankih creva, mi iščitavamo volumen creva u izodozi od 45Gy. Ako pogledamo pacijente koji su korišćeni za pravljenje modela, za model je srednja vrednost tog volumena 70.5cm^3 ($SD=44.5$), a za kliničke planove je to 91.9cm^3 ($SD=39.8$). Ono što je karakteristično je velika standardna devijacija i velika razlika između maksimalne i minimalne vrednosti, što se može videti iz tabele. Znači da je razlika između pojedinačkih planova velika, da za tanka creva nije karakteristična homogenost.

Kada pogledamo i uporedimo test slučajeve, dobijamo veći zračni volumen. Za model je to 104.8 cm^3 ($SD=59$), a za klinički plan 91.9 cm^3 ($SD=45.4$). Maksimalna vrednost dostiže čak vrednost od 307.3 cm^3 . Dobijamo odstupanja kao i u prvom slučaju.

Daljom optimizacijom moguće je dobiti manji volumen creva u izodozi od 45Gy, a drugi važan izvor odstupanja je način konturacije creva, koji je u prve 3 godine bio takav da se konturišu samo delovi creva, a od pre 2 godine je to cela abdominalna kesa sa crevima (sva creva). Zbog toga je i volumen kod novijih planova značajno veći, i ne može se uzeti kao parametar za evaluaciju kvaliteta modela.

3.8. Rektum

Što se tiče rektuma, iščitavamo volumen koji se zrači u izodozi od 40Gy. Za planove koji su korišćeni za pravljenje modela, dobijene su sledeće vrednosti: srednja vrednost po modelu je 53.6cm^3 ($SD=8.9$) i 52.9cm^3 ($SD=19.6$) za klinički plan; maksimalne vrednosti su 93.13cm^3 i 95.54cm^3 za model i klinički plan respektivno.

Ukoliko uporedimo ove vrednosti sa onima koji su dobijeni za test slučajeve, možemo videti da se volumen smanjuje, te u tom slučaju u izodozi od 40Gy, srednja vrednost volumena iznosi 30.9cm^3 ($SD=8.7$) za model i 30.9cm^3 ($SD=9.7$).

Možemo zaključiti da su parametri novih kliničkih planova mnogo kvalitetniji (manji volumen koji se zrači i veća homogenost rezultata, odnosno manja standardna devijacija) nego kod prvog seta vrednosti. Model dobijen od kliničkih planova se bolje slaže sa novim planovima (test slučajevi) nego sa kliničkim.

3.9. Bešika

Kod organa od rizika – bešika- iščitavamo volumen koji se zrači u cm^3 na

45Gy. Srednje vrednosti koje smo dobili kod planova koji su korišćeni za pravljenje modela su: 26.2cm^3 ($SD=12.4$) za model i 22.6cm^3 ($SD=12.0$) za kliničke planove, gde je ta vrednost približna u oba slučaja. Ukoliko uporedimo ove vrednosti sa onima koje smo dobili za test slučajeve, odnosno nove planove koji nisu ušli u izgradnju modela (28.7cm^3 za model i 27.0cm^3 za kliničke planove) možemo uvideti da je zračni volumen sada malo veći, te model nije uneo velike razlike i napredak u planu radioterapije koji se tiče bešike. Homogenost planova je takođe približna.

Potretno je još dati komentar za indeks kompleksnosti i homogenosti.

Za indeks kompleksnosti smo za svaki slučaj dobili da je kompleksan, odnosno i za planove po modelu i za kliničke planove stoji das u kompleksni. Što se tiče indeksa homogenosti, za plan po modelu, vrednost indeksa homogenosti je u opsegu 6.8-10.8. Za klinički plan, vrednost indeksa homogenosti je u opsegu 5.6-14.1, što je veći opseg od opsega HI po modelu.

Zaključuje da smo dobili homogenije planove sa modelom, nego sa kliničkim planovima.

Do istih ili sličnih zaključaka, došli su istraživači koji su objavili članak pod nazivom: „An Artificial Intelligence-Based Full-Process Solution for Radiotherapy: A Proof of Concept Study on Rectal Cancer”. Kako su organi koji se zrače kada je u pitanju rektalni tumor tanka creva i femuri, ovaj njihov zaključak se poklapa sa onima koje smo izveli na osnovu ovog master rada. Naime, nakon optimizacije se razlike između planova po modelu i kliničkih planova smanjuju, a ponovnom optimizacijom (koja je rađena i pri ovom ispitivanju) se te razlike redukuju. Za tanka creva su dobijene veće doze, odnosno, veći volumen zračenja u izodozi od 45Gy, što je slučaj i kod nas. Ta pojava se objašnjava kod izmenjenog konturisanja tankih creva. [9]

Ako posmatramo test slučajeve i primenu modela na nove pacijente koji nisu korišćeni za izgradnju istog, možemo videti da je homogenost rezultat veća. U većini slučajeva se dobija smanjena doza. Zaključak je da je model praktično uspeo da da rezultate kao i višegodišnje iskustvo u planiranju radioterapije. [10]

Zaključak

Najvažniji zaključak ovog rada jeste da je moguće razviti model primenljiv klinički, koji će dati vrlo dobre rezultate na svakom pacijentu, svakako planovi se moraju dodatno optimizovati radi najboljeg individualnog rezultata.

U ovom radu napravljen je model koji je dao izuzetno dobre rezultate na setu od 130 pacijentkinja lečenih radioterapijom, na istom sistemu za planiranje terapije. Moguće je da bi drugačiji sistem za planiranje, dao drugačije rezultate i drugačiji model. Ovaj model služi isključivo pod uslovima pod kojima je i razvijen.

Tehnologija koja se koristi u radioterapiji kao modalitetu lečenja karcinoma, sve više napreduje. Razvoj tehnike i tehnologije se danas ogleda u unapređenju analize podataka, i to u smanjenju vremena analize kao i preciznosti i tačnosti dobijenih rezultata.

Prvi korak u napredovanju jeste uvođenje samog kompjutera u proces radioterapije. Dalji napredak je bio prelazak sa dvodimenzionalne na trodimenzionalne slike, a sve više i više se ide ka tome da svaki plan dobije i svoju vizuelizaciju i doprinese razvoju nekog generalizovanog plana koji neće zahtevati da radioterapijski tim svaki put radi plan terapije ručno, unoseći svaki korak u kompjuter. Kao rezultat danas imamo primenu multileaf-ova, intenzitet modulisane, kao i zapreminske modulisane terapije.

Radi se na boljem umrežavanju računara, većem protoku informacija među klinikama, a kao najveći korak u napredovanju tehnologije kod radioterapije smatra se mašinsko učenje i uvođenje veštačke inteligencije.

Danas se u nekim laboratorijama već primenjuje mašinsko učenje u radioterapiji, a kao tehnologija u razvoju svakako da ona ima svoje nedostatke i biće potrebno vremena da se usvoji i koristi na svetskom nivou. Zasad se radi na prikupljanju što većeg broja podataka potrebnih za duboke neuronske mreže, a svakako da će glavnu ulogu u svemu tome imati stručna lica, bez kojih sam tok planiranja ne bi imao smisla.

Uz pomoć mašinskog učenja laboratorije imaju mogućnost boljeg određivanja izodozne krive i korekciju podataka koje medicinski fizičar unosi u računar, mogućnost IMRT-a, VMRT-a,

SBRT-a.

Sve u svemu, tehnologija koja se koristi u radioterapiji mora napredovati, kako u korist pacijenata, tako i samih radnika pri radioterapiji. i kao krajnji cilj imamo povećanje efikasnosti terapije, zaštitu pacijenata i osoblja, ali i lakši, brži i precizniji rad radioterapijskog tima.

Pri analizi podataka u ovom master radu, došlo se do zaključka da model dobijen u programskom jeziku, na osnovu kliničkih planova radioterapije, ne odstupa značajnije od tih planova (u nekim slučajevima čak i smanjuje dozu zračenja), kao što i pokazuju podaci iz literature. [10]

Upoređivanjem grafičkih prikaza preskripcije po modelu i kliničkom, može se videti da odstupanje modela od kliničkog plana može biti u oba smera, ali daje u svakom slučaju vrlo dobru startnu osnovu za dalju optimizaciju planova.

Što se tiče organa od rizika, rezultat je bolji na strani modela nego test kliničkih planova, osim za creva (u diskusiji je navedeno koji je razlog), i to ukazuje na manje ozračivanje kritičnih organa pomoću modela.

Uz unapređenje programskog koda i uz analizu većeg broja podataka i dobijenih testova koji će u potpunosti prekriti kliničke planove, može se dobiti baza koja će se koristi za automatsko planiranje radioterapije kod lečenja ginekoloških karcinoma.

„Čovek nikada ne primećuje ono što je urađeno, nego uvek gleda ono što se još treba uraditi...“

Marija Kiri

Literatura

1. **Peter Harrington:** *Machine learning in action*, Manning publications, 2012.
2. **Kata, M; Dabić-Stanković, Jovan B. Stanković, Ljiljana M. Radošević-Jelić:** *Tehnologija u klasičnoj radioterapiji i potencijalni pravci razvoja*, Novi Sad, Društvo lekara Vojvodine Spskog lekarskog društva, 2004.
3. **Petrović Borislava:** *Fizičke osnove radioterapije*, Novi Sad, PMF - departman za fiziku, 2018.
4. Damir Ćiprić (glavni urednik): *Radiološki vjesnik*, Zagreb, s.n. Vol. 28
5. **Ivan Stojiljković, Dragan Janković:** *DicomMEK: Program za arhiviranje medicinskih snimaka i integracija u Elektronski zdravstveni karton pacijenata*, Beograd, s.n. 2009.
6. **Engin Dikici, Matthew Bigelow, Luciano M. Prevedello, Richard D. White, Barbaros S. Erdal:** *Integrating AI into radiology workflow: levels of research, production, and feedback maturity*, 2020
7. **Davy Cielen, Arno D. Meysman, Mohamed Ali:** *Introducing Data Science*
8. **Alexander F.I. Osman:** *Radiation oncology in the era of Big data and machine learning for precision medicine*, Intech Open, 2019.
9. **SavinoCilla, Anna Ianiro, Carmela Romano, Francesco Deodato, Gabriella Macchia, Milly Buwenge, Nicola Dinapoli, Luca Boldrini, AlessioG. Morganti & VincenzoValentini:** *Template-based automation of treatment planning in advanced radiotherapy: a comprehensive dosimetric and clinical evaluation*, Scientific Report, 2020.
10. **Xia X, Wang J, Li Y, Peng J, Fan J, Zhang J, Wan J, Fang Y, Zhang Z and Hu W:** *An Artificial Intelligence-Based Full-Process Solution for Radiotherapy: A Proof of Concept Study on Rectal Cancer*. *Front. Oncol.* 10:616721. doi: 10.3389/fonc.2020.616721.

Prilozi

Tabela 1: Preskripcije na OAR i PTV na osnovu ID-a plana pacijenata (tanka creva)

Redni broj pacijenta	Dose (Gy)	MU/Fx	ARC	Energy (MV)	OAR					
					Tanka creva					
					Function	Reference Dose (Gy)	Mean Organ Damage (%)	Power Law Exponent	Shrink margin (cm)	
1	45/25	763.16	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
2	45/25	512.99	2	10	Parallel	4.7	2	3	0.3	
3	45/25	503.2		10						
4	45/25	630.83	1	10						
5	45/25	775.44	2	10	Parallel	32	35	3	0	
6	45/25	785.71	2	10	Parallel	25	40	3	0.2	
7	45/25	655.71	1	10						
8	45/25	844.45	2	10	Parallel	26	42	3	0.5	
9	45/25	879.39	2	10	Parallel	24	35	3	0	
10	45/25	604.44	2	10	Parallel	24	35	3	0	
11	45/25	571.14	2	10						
12	45/25	857.32	2	10	Parallel	23	35	3	0.3	
13	45/25	953.54	2	10	Parallel	35	15	3	0.4	
14	45/25	868.61	2	10	Parallel	19.3	25	4	0.3	
15	45/25	986.5	2	10	Parallel	25	35	3	0	
16	45/25	875.58	2	10	Parallel	25	20	3	0.3	
17	45/25	865.63	2	10	Parallel	25	35.5	3	0.3	
18	45/25	788.25	2	10	Parallel	24	35	3	0.3	
19	45/25	1174.5	2	6	Parallel	20	18	3	0.2	
20	45/25	939.37	2	10	Parallel	24	35	3	0	
21	45/25	773.54	2	10	Parallel	31	31	3	0.2	
22	45/25	772.47	2	10	Parallel	29	35	3	0.3	

23	45/25	842.12	2	6						
24	45/25	796	2	10	Parallel	33.5	30	3	0	
25	45/25	1088.6	2	6	Parallel	28	33	3	0.3	
26	45/25	804.94	2	10	Parallel	32.9	35	3	0	
27	45/25	753.39	2	10	Parallel	25	35	3	0.2	
28	45/25	859.62	2	10	Parallel	32.2	40	3	0	
29	45/25	755.26	2	10	Parallel	31	34	3	0.4	
30	45/25	747.11	2	10	Parallel	28.5	40	3	0	
31	45/25	761.85	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
32	45/25	778.26	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
33	45/25	1203.3	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
34	45/25	927.35	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
35	45/25	867.32	2	6	Parallel	31.7	40	3	0	
36	45/25	857.19	2	10	Parallel	28	35	3	0	
37	45/25	625.96	2	10	Parallel	31.5	40	3	0	
38	45/25	757.99	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
39	45/25	1048.2	2	6	Parallel	32.7	40	3	0	
40	45/25	934.76	2	10	Parallel	33	37.5	3	0	
41	45/25	948.24	2	6	Parallel	30	17	3	0.3	
42	45/25	754.29	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
43	45/25	724.93	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
44	45/25	688.4	2	10	Parallel	33.5	26	3	0	
45	45/25	725.38	2	10	Parallel	32.5	38	3	0	
46	45/25	732.57	2	10	Parallel	32.5	40	3	0	
47	45/25	614.27	2	10	Parallel	30.6	37.5	3	0	
48	45/25	863.1	2	10	Parallel	31.95	37.8	3	0.4	
49	45/25	418.92	1	10	Parallel	32.5	40	3	0	
50	45/25	776.34	1	10	Parallel	32.5	40	3	0	
51	45/25	776.75	2	10	Parallel	30	40	3	0.2	
52	45/25	728.64	2	10	Parallel	32.7	40	3	0	

53	45/25	759.09	1	6	Parallel	32.5	35.7	3	0
54	45/25	814.46	1	10	Parallel	28.5	33.5	3	0
55	45/25	840.77	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
56	45/25	811.91	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
57	45/25	711.45	1	10	Parallel	32.7	13.5	3	0
58	45/25	731.69	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
59	45/25	710.46	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
60	45/25	823.78	2	10	Parallel	32.7	30	3	0
61	45/25	691.06	2	10	Parallel	31.5	40	3	0.2
62	45/25	737.81	2	10	Parallel	32.5	30	3	0.3
63	45/25	712.95	1	10	Parallel	30.7	37.8	3	0
64	45/25	770.65	2	10	Parallel	32.3	40	3	0.2
65	45/25	634.08	1	10	Parallel	32.5	21	3	0
66	45/25	868.72	1	10	Parallel	28	35	4	0.2
67	45/25	728.83	1	10	Parallel	24	26	3	0.2
68	45/25	646.41	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
69	45/25	840.72	1	10	Parallel	28	40	3	0
70	45/25	747.7	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
71	45/25	685.61	2	10	Parallel	30	40	3	0
72	45/25	852.9	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
73	45/25	889.04	1	10	Parallel	32.5	23	3	0
74	45/25	618.24	1	10	Parallel	30	35	3	0
75	45/25	676.28	1	10	Parallel	37	40	3	0
76	45/25	725.53	2	10	Parallel	32	40	3	0
77	45/25	677.81	1	10	Parallel	32	38	3	0
78	45/25	828.33	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
79	45/25	998.29	2	6	Parallel	32.4	28.7	3	0
80	45/25	743.49	2	10	Parallel	30	31.5	3	0
81	45/25	800.01	1	10	Parallel	37	31	3	0
82	45/25	673.24	2	10	Parallel	30	34	3	0.4

83	45/25	618.58	1	10	Parallel	26	40	3	0.2
84	45/25	708.6	1	10	Parallel	32.5	38	3	0
85	45/25	721.93	2	10	Parallel	32.5	39	3	0
86	45/25	848.92	1	10	Parallel	32	30	3	0
87	45/25	650.77	2	10	Parallel	32	34.8	3	0
88	45/25	832.26	2	10	Parallel	32.5	39.7	3	0
89	45/25	799.22	2	10	Parallel	32.4	27.5	3	0.3
90	45/25	677.51	2	10	Parallel	35.2	40	3	0.3
91	45/25	767.08	2	10	Parallel	32	34.5	3	0.2
92	45/25	800.06	2	10	Parallel	30.5	35	3	0.6
93	45/25	717.18	2	10	Parallel	32	38.5	3	0.2
94	45/25	680.94	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
95	45/25	749.07	2	10	Parallel	32.5	32.5	3	0
96	45/25	707.72	2	10	Parallel	32.5	41	3	0
97	45/25	936.85	2	10	Parallel	25	37	3	0
98	45/25	797.01	1	10	Parallel	32.5	40	3	0
99	45/25	700.54	1	10	Parallel	31	37	3	0
100	45/25	684.37	1	10	Parallel	37	24	3	0
101	45/25	757.92	1	10	Parallel	32	40	3	0
102	45/25	762.95	1	10	Parallel	32	40	3	0
103	45/25	673.12	1	10	Parallel	32.5	39.85	3	0
104	45/25	718.61	2	10	Parallel	33.5	38.5	3	0
105	45/25	864.4	2	6	Parallel	33.2	43	3	0
106	45/25	772.56	2	10	Parallel	32.5	28	3	0
107	45/25	811.76	2	10	Parallel	32.5	40	3	0

Tabela 1: nastavak (rektum)

Redni broj pacijenta	OAR				
	Rektum				
Function	Reference Dose (Gy)	Mean Organ Damage (%)	Power Law Exponent	Shrink margin (cm)	
1	Parallel	34	35	3	0.2
2					
3					
4					
5	Parallel	35	35	3	0
6	Parallel	28	50	3	0.3
7	Parallel	38	50	3	0
8	Parallel	41	35	3	0.5
9	Parallel	42	31	3	0.2
10	Parallel	42	30	3	0.2
11					
12	Parallel	35	30	3	0.2
13	Parallel	30	47	3	0.6
14	Parallel	38	40	3	0.2
15	Parallel	38	28	3	0.3
16	Parallel	42	35	3	0.2
17	Parallel	35	30	3	0.2
18	Parallel	38	35	3	0.2
19	Parallel	26.5	12	3	0
20	Parallel	40	20	3	0.2
21	Parallel	36	36	3	0.2
22	Parallel	40	40	3	0.2

23					
24	Parallel	33.8	45	3	0.2
25	Parallel	29.5	21	3	0.3
26	Parallel	36.7	33	3	0.2
27	Parallel	42	40	3	0.2
28	Parallel	38	35	3	0.2
29	Parallel	39.5	32	3	0.4
30	Parallel	30	20	3	0.2
31	Parallel	38	35	3	0.2
32	Parallel	38	35	3	0.2
33	Parallel	40	35	3	0.2
34	Parallel	38	35	3	0.2
35	Parallel	35.5	30	3	0.2
36	Parallel	38	35	3	0.2
37	Parallel	40	35	3	0.2
38	Parallel	40	35	3	0.3
39	Parallel	30	35	3	0.2
40					
41					
42	Parallel	38	35	3	0.2
43	Parallel	38	35	3	0.2
44	Parallel	41.3	34.2	3	0.2
45	Parallel	38	29	3	0.2
46	Parallel	38	35	3	0.2
47	Parallel	38	35	3	0.2
48	Parallel	38	33.3	3	0.3
49	Parallel	38	35	3	0.2
50	Parallel	40	35	3	0.2
51	Parallel	37	35	3	0.2
52	Parallel	38.4	35	3	0.2

53	Parallel	39.6	36.3	3	0.2
54	Parallel	40	40	3	0.2
55	Parallel	35	35	3	0.2
56	Parallel	38.5	35	3	0.2
57	Parallel	38.1	35	3	0.2
58	Parallel	38	35	3	0.2
59	Parallel	39	35	3	0.2
60	Parallel	40.4	30	3	0.2
61	Parallel	38	35	3	0.2
62	Parallel	38	35	3	0.2
63	Parallel	23	30	3	0.2
64	Parallel	38	35	3	0.2
65	Parallel	41	35	3	0.2
66	Parallel	38	26	3	0.2
67	Parallel	35	28	3	0.2
68	Parallel	39	40	3	0.2
69	Parallel	40	35	3	0.2
70	Parallel	42	35	3	0.2
71	Parallel	38	35	3	0.2
72	Parallel	38	35	3	0.2
73	Parallel	42	35	3	0.2
74	Parallel	35	30	3	0
75	Parallel	40	35	3	0.2
76	Parallel	38	35	3	0.2
77	Parallel	38	40	3	0.2
78	Parallel	38.3	35	3	0.2
79	Parallel	38	26	3	0.2
80	Parallel	37.8	35.8	3	0.2
81	Parallel	38	35	3	0.2
82	Parallel	38.3	38.8	3	0.3

83	Parallel	38.5	45	3	0.2
84	Parallel	38.5	37	3	0.2
85	Parallel	40.4	40	3	0.2
86	Parallel	38	34.2	3	0.2
87	Parallel	39	35	3	0.2
88	Parallel	38	32.5	3	0.2
89	Parallel	44.3	28	3	0.2
90	Parallel	35	35	3	0.3
91	Parallel	38	34.2	3	0.2
92	Parallel	40	33	3	0.2
93	Parallel	36.5	29.5	3	0.2
94	Parallel	38	35	3	0.2
95	Parallel	38	35	3	0.2
96	Parallel	38	35	3	0.2
97	Parallel	31	38	3	0.2
98	Parallel	38	35	3	0.2
99	Parallel	38	33	3	0.2
100	Parallel	40	35	3	0.2
101	Parallel	37.5	40	3	0.2
102	Parallel	38	35	3	0.2
103	Parallel	38	35.25	3	0
104	Parallel	38	35	3	0.2
105	Parallel	38	20.8	3	0.2
106					
107	Parallel	38	36.5	3	0.2

Tabela 1: nastavak (levi femur)

Redni broj pacijenta	OAR				
	Levi femur				
Function	Reference Dose (Gy)	Mean Organ Damage (%)	Power Law exponent	Shrink margin (cm)	
1	Parallel	25	40	3	0
2					
3					
4	Parallel	30	30	3	0.3
5	Parallel	28	25	3	0
6	Parallel	20	50	3	0.1
7	Parallel	25	40	3	0
8	Parallel	34	15	3	0
9	Parallel	30	32	3	0
10	Parallel	32	31	3	0
11					
12	Parallel	27	33	3	0
13	Parallel	27.5	31	3	0
14	Parallel	28	40	3	0
15	Parallel	28.5	20	3	0
16	Parallel	31	19	3	0.3
17	Parallel	27	28	3	0
18	Parallel	25	35	3	0
19	Parallel	33	30	3	0
20	Parallel	25	30	3	0
21	Parallel	28	40	3	0
22	Parallel	17	35	3	0

23	Parallel	36	23	3	0
24	Parallel	30	15	3	0
25	Parallel	37.6	24	3	0
26	Parallel	20.4	30	3	0
27	Parallel	24	37	3	0
28	Parallel	29.5	39	3	0
29	Parallel	23.5	40	3	0
30	Parallel	26.8	40	3	0
31	Parallel	30.4	40	3	0
32	Parallel	30.6	40	3	0
33	Parallel	30.4	40	3	0
34	Parallel	30.4	40	3	0
35	Parallel	16	40	3	0
36	Parallel	30.4	40	3	0
37	Parallel	30.4	28	3	0
38	Parallel	30.5	40	3	0
39	Parallel	31.3	40	3	0
40	Parallel	26	22	3	0
41	Parallel	30	27	3	0
42	Parallel	30.4	40	3	0
43	Parallel	25	40	3	0
44	Parallel	30.4	23.2	3	0
45	Parallel	30.4	29.5	3	0
46	Parallel	30.4	40	3	0
47	Parallel	27.3	28	3	0
48	Parallel	33	37.5	3	0
49	Parallel	30.4	40	3	0
50	Parallel	30.4	40	3	0
51	Parallel	20	40	3	0
52	Parallel	30.6	33	3	0

53	Parallel	30.3	26.3	3	0
54	Parallel	22	30	3	0
55	Parallel	30.6	40	3	0
56	Parallel	30.6	40	3	0
57	Parallel	30.4	26	3	0
58	Parallel	30.4	40	3	0
59	Parallel	32	40	3	0
60	Parallel	16	40	3	0
61	Parallel	30	35	3	0
62	Parallel	30.4	30	3	0
63	Parallel	20.5	35	3	0
64	Parallel	28	30	3	0
65	Parallel	30.4	19	3	0
66	Parallel	32	25	3	0
67	Parallel	26	36	3	0
68	Parallel	26	35	3	0
69	Parallel	28	40	3	0
70	Parallel	30.4	40	3	0
71	Parallel	29	40	3	0
72	Parallel	29	27	3	0
73	Parallel	30.4	34	3	0
74	Parallel	25	30	3	0
75	Parallel	28	40	3	0
76	Parallel	30.4	35	3	0
77	Parallel	27	40	3	0
78	Parallel	30	30	3	0
79	Parallel	30.8	40	3	0
80	Parallel	30.5	38	3	0
81	Parallel	30	28	3	0
82	Parallel	26.8	26.3	3.1	0

83	Parallel	28.5	36	3	0
84	Parallel	30	33	3	0
85	Parallel	30.8	40	3	0
86	Parallel	30.4	29.4	3	0
87	Parallel	31	28	3	0
88	Parallel	29.7	30.5	3	0
89	Parallel	30.9	34.3	3	0
90	Parallel	26	38	3	0
91	Parallel	30.6	30.6	3	0
92	Parallel	30.4	32.5	3	0
93	Parallel	26.5	31.5	3	0
94	Parallel	30.4	22	3	0
95	Parallel	30.8	14.5	3	0
96	Parallel	30.4	36	3	0
97	Parallel	25	40	3	0
98	Parallel	30.4	40	3	0
99	Parallel	26	35	3	0
100	Parallel	28	34	3	0
101	Parallel	24.5	40	3	0
102	Parallel	25	30	3	0.2
103	Parallel	30.4	25.55	3	0
104	Parallel	26	40	3	0
105	Parallel	30.8	19	3	0
106	Parallel	30.6	33.6	3	0
107	Parallel	30.6	37	3	0

Tabela 1: nastavak (desni femur)

Redni broj pacijenta	OAR				
	Desni femur				
Function	Reference Dose (Gy)	Mean Organ Damage (%)	Power Law Exponent	Shrink margin (cm)	
1	Parallel	25	40	3	0
2					
3					
4	Parallel	30	30	3	0.3
5	Parallel	28	25	3	0
6	Parallel	20	50	3	0.1
7	Parallel	25	40	3	0
8	Parallel	34	20	3	0
9	Parallel	30	31	3	0
10	Parallel	32	34.5	3	0
11					
12	Parallel	27	30	3	0
13	Parallel	27.5	32	3	0
14	Parallel	28	40	3	0
15	Parallel	28.5	20	3	0
16	Parallel	31	23	3	0.3
17	Parallel	27	30	3	0
18	Parallel	25	30	3	0
19	Parallel	34	35	3	0
20	Parallel	25	30	3	0
21	Parallel	21	40	3	0
22	Parallel	17	35	3	0

23	Parallel	36	28	3	0
24	Parallel	23	25	3	0
25	Parallel	31	28	3	0
26	Parallel	20.5	33	3	0
27	Parallel	24	35	3	0
28	Parallel	30.5	40	3	0
29	Parallel	23.5	40	3	0
30	Parallel	28	40	3	0
31	Parallel	30.6	40	3	0
32	Parallel	30.4	40	3	0
33	Parallel	30.6	40	3	0
34	Parallel	30.6	40	3	0
35	Parallel	14.8	40	3	0
36	Parallel	30.6	40	3	0
37	Parallel	30.6	25	3	0
38	Parallel	30	40	3	0
39	Parallel	31.3	40	3	0
40	Parallel	26	24.5	3	0
41	Parallel	30	25	3	0
42	Parallel	30.6	40	3	0
43	Parallel	25	40	3	0
44	Parallel	30.6	30.3	3	0
45	Parallel	30.6	27.5	3	0
46	Parallel	30.6	40	3	0
47	Parallel	27.3	27.5	3	0
48	Parallel	30.8	40	3	0
49	Parallel	30.6	40	3	0
50	Parallel	30.6	40	3	0
51	Parallel	20	40	3	0
52	Parallel	30.8	34	3	0

53	Parallel	30.5	27	3	0
54	Parallel	22	30	3	0
55	Parallel	30.4	40	3	0
56	Parallel	30.4	40	3	0
57	Parallel	30.6	20.7	3	0
58	Parallel	30.6	40	3	0
59	Parallel	30.4	40	3	0
60	Parallel	30	26	3	0
61	Parallel	30.2	35	3	0
62	Parallel	30.6	30	3	0
63	Parallel	21.8	35	3	0
64	Parallel	28	30	3	0
65	Parallel	30.6	8	3	0
66	Parallel	32	22	3	0
67	Parallel	26.9	30	3	0
68	Parallel	26	38	3	0
69	Parallel	28	40	3	0
70	Parallel	30.6	40	3	0
71	Parallel	29	40	3	0
72	Parallel	29	31	3	0
73	Parallel	30.6	36	3	0
74	Parallel	25	30	3	0
75	Parallel	29	40	3	0
76	Parallel	30.5	40	3	0
77	Parallel	27	40	3	0
78	Parallel	30	30	3	0
79	Parallel	31	37.5	3	0
80	Parallel	31	37	3	0
81	Parallel	30	27	3	0
82	Parallel	26.8	26.5	3.1	0

83	Parallel	29	36	3	0
84	Parallel	30	38	3	0
85	Parallel	30.8	40	3	0
86	Parallel	30	27.7	3	0
87	Parallel	31	33.5	3	0
88	Parallel	30	38	3	0
89	Parallel	30.6	38	3	0
90	Parallel	25.5	36	3	0
91	Parallel	30.6	28.3	3	0
92	Parallel	30.6	31.5	3	0
93	Parallel	26.5	34.5	3	0
94	Parallel	30.6	24	3	0
95	Parallel	30.6	16.5	3	0
96	Parallel	30.6	32	3	0
97	Parallel	25	31	3	0
98	Parallel	30.6	40	3	0
99	Parallel	26	33	3	0
100	Parallel	29	26	3	0
101	Parallel	25	44	3	0
102	Parallel	25	28	3	0.2
103	Parallel	30.6	32.65	3	0
104	Parallel	25	39.8	3	0
105	Parallel	31.5	25	3	0
106	Parallel	30.4	35	3	0
107	Parallel	30.4	38	3	0

Tabela 1: nastavak (bešika)

Redni broj pacijenta	OAR				
	Bešika				
Function	Reference Dose (Gy)	Mean Organ Damage (%)	Power law Exponent	Shrink margin (cm)	
1	Parallel	41.2	30	3	0
2					
3			10	0	
4	Parallel	35	40	3	0
5	Parallel	30	45	3	0
6	Parallel	25	50	3	0.3
7	Parallel	30	60	3	0.3
8					
9	Parallel	35	40	3	0
10	Parallel	35	44	3	0
11					
12	Parallel	34	32	3	0.2
13	Parallel	40	27	3	0.3
14	Parallel	35	40	3	0
15	Parallel	35	35	3	0.6
16	Parallel	35	40	3	0
17	Parallel	31	35	3	0
18	Parallel	34	40	3	0
19	Parallel	37.5	24	3	0.3
20	Parallel	30	30	3	0
21	Parallel	37	40	3	0.2

22	Parallel	34	40	3	0.3
23					
24	Parallel	32.5	35	3	0
25	Parallel	32.4	30	3	0
26	Parallel	27.5	42	3	0
27	Parallel	39	40	3	0
28	Parallel	41.5	32	3	0
29	Parallel	36.5	30	3	0
30	Parallel	39.5	30	3	0
31	Parallel	41.2	30	3	0
32	Parallel	41.2	30	3	0
33	Parallel	41.2	30	3	0
34	Parallel	41.2	30	3	0
35	Parallel	41	30	3	0
36	Parallel	41.2	30	3	0
37	Parallel	44	29	3	0
38	Parallel	42	30	3	0
39	Parallel	41.2	30	3	0
40	Parallel	43.5	28.5	3	0
41	Parallel	41.2	30	3	0
42	Parallel	41.2	30	3	0
43	Parallel	41.2	30	3	0
44	Parallel	44	29	3	0
45	Parallel	41.2	28	3	0
46	Parallel	41.2	30	3	0
47	Parallel	41.4	29	3	0
48	Parallel	41.8	27	3	0.4
49	Parallel	41.2	30	3	0
50	Parallel	41.2	30	3	0
51	Parallel	38	30	3	0.3

52	Parallel	47	23.5	3	0
53	Parallel	41.8	29	3	0
54	Parallel	45	24.4	3	0
55	Parallel	41.2	30	3	0
56	Parallel	42	30	3	0
57	Parallel	41.3	28.8	3	0
58	Parallel	41.2	30	3	0
59	Parallel	44	30	3	0
60	Parallel	43.4	30	3	0.2
61	Parallel	41.2	30	3	0
62	Parallel	41.2	36	3	0
63	Parallel	41.2	30	3	0
64	Parallel	41.2	30	3	0.3
65	Parallel	41.2	30	3	0
66	Parallel	41.2	30	2	0.3
67	Parallel	42.2	32	3	0
68	Parallel	30	40	3	0.3
69	Parallel	42	37	3	0
70	Parallel	41.2	30	3	0
71	Parallel	41.2	30	3	0
72	Parallel	41.2	30	3	0
73	Parallel	45	30	3	0
74	Parallel	41.2	30	3	0
75	Parallel	45	30	3	0
76	Parallel	41.4	30	3	0
77	Parallel	42	30	3	0
78	Parallel	41.2	29	3	0
79	Parallel	42	24.5	3	0
80	Parallel	41.5	30.7	3	0
81	Parallel	41.2	29	3	0

82	Parallel	36.5	28.7	3	0.3
83	Parallel	40	30	3	0.2
84	Parallel	40	35	3	0.3
85	Parallel	42.4	30	3	0
86	Parallel	40.5	27.2	3	0.3
87	Parallel	43	28	3	0
88	Parallel	41.2	30.5	3	0
89	Parallel	46.5	28	3	0
90	Parallel	42.5	30	3	0.3
91	Parallel	41.4	30	3	0
92	Parallel	41.3	30	3	0
93	Parallel	45	30	3	0
94	Parallel	41.2	30	3	0
95	Parallel	41.4	29.5	3	0
96	Parallel	41.2	28.5	3	0
97	Parallel	35	33	3	0
98	Parallel	41.5	30	3	0
99	Parallel	45	30	3	0
100	Parallel	45	30	3	0
101	Parallel	41.4	32	3	0
102	Parallel	41.2	25	3	0.3
103	Parallel	41.2	30.5	3	0
104	Parallel	44.5	29	3	0
105	Parallel	43	33.2	3	0
106					
107	Parallel	41.2	32	3	0

Tabela 1: nastavak (PTV)

Redni broj pacijenta	PTV		Cell Sensitivity	Function	Prescription (Gy)	Minimum Volume (%)	Function	Maximum dose (Gy)	RMS (Gy)	Shrink Margin (cm)
	Function	Prescription (Gy)								
1	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.4	0
2	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.65	0.15	0
3	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.35	0
4	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	41.5	98	Quadratic Overdose	46.3	0.3	0
5	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	95	Quadratic Overdose	45.5	0.8	0
6	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.4	0
7	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	43	98	Quadratic Overdose	46.3	0.2	0
8	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.7	0.6	0
9	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.8	98	Quadratic Overdose	45.5	0.8	0
10	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	43.3	98.3	Quadratic Overdose	46.35	0.6	0
11	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	44.5	94	Quadratic Overdose	46.3	0.25	0.3
12	Target	45	0.6	Target	42.75	98	Quadratic	46	0.6	0

	EUD			Penalty			Overdose			
13	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.45	0
14	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.8	0
15	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.5	0
16	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42	98	Quadratic Overdose	45.8	0.6	0
17	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	96.6	Quadratic Overdose	45.9	0.5	0
18	Target EUD	45	0.75	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.8	0
19	Target EUD	45	0.6	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.6	0
20	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	95	Quadratic Overdose	46	0.8	0.3
21	Target EUD	45	0.6	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.6	0
22	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.5	0
23	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.1	0.3
24	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.25	0
25	Target EUD	45	0.7	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.25	0
26	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.3	0
27	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.35	0
28	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.2	0
29	Target	45	0.5	Target	42.75	98	Quadratic	45.8	0.25	0

	EUD			Penalty			Overdose			
30	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.3	0
31	Target EUD	45	0.75	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
32	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
33	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
34	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
35	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.25	0
36	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
37	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
38	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0.3
39	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.3	0.3
40	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.2	0
41	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.35	0
42	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
43	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
44	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.7	0.24	0
45	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.6	0.22	0
46	Target	45	0.5	Target	42.75	98	Quadratic	45.8	0.2	0

	EUD			Penalty			Overdose			
47	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.5	0.15	0
48	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.7	0.25	0
49	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
50	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
51	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
52	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.7	0.25	0
53	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.245	0
54	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.9	0.2	0
55	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47.5	0.2	0
56	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
57	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.235	0
58	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
59	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
60	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.35	0
61	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
62	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
63	Target	45	0.5	Target	42.75	98	Quadratic	45.8	0.2	0

	EUD			Penalty			Overdose			
64	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.4	0
65	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.2	0
66	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.5	0
67	Target EUD	45	0.6	Target Penalty	42.85	98.5	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
68	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.4	0
69	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
70	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
71	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
72	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
73	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
74	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.2	0
75	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
76	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
77	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.35	0
78	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.4	0
79	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.7	0.2	0
80	Target	45	0.5	Target	42.75	98	Quadratic	45.85	0.21	0

	EUD			Penalty			Overdose			
81	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.3	0.2	0
82	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.2	0.24	0
83	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.45	0
84	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.4	0
85	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.4	0
86	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98.5	Quadratic Overdose	46.35	0.2	0
87	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	43	98	Quadratic Overdose	46.2	0.132	0
88	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.75	0.2	0
89	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.8	98	Quadratic Overdose	46.4	0.094	0
90	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.5	0.4	0
91	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98.5	Quadratic Overdose	46	0.2	0
92	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	99	Quadratic Overdose	46.1	0.2	0
93	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.27	0
94	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.5	0.4	0
95	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.9	0.22	0
96	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.195	0
97	Target	45	0.5	Target	42.75	98	Quadratic	46	0.4	0

	EUD									
98	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
99	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
100	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	47	0.2	0
101	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.4	0
102	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.4	0
103	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0
104	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.7	0.203	0
105	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46.15	0.108	0
106	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	46	0.22	0
107	Target EUD	45	0.5	Target Penalty	42.75	98	Quadratic Overdose	45.8	0.2	0

Tabela 1: nastavak (pacijent)

Redni broj pacijenta	Pacijent							
	Function	Maximum Dose (Gy)	RMS(Gy)	Shrink Margin(cm)	Function	Maximum Dose (Gy)	RMS(Gy)	Shrink Margin(cm)
1	Quadratic Overdose	37.8	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.2	0.25	0.6
2	Quadratic Overdose	39.25	0.07	0.3	Quadratic Overdose	34.8	0.29	0.6
3	Quadratic Overdose	42	0.1	0.1	Quadratic Overdose	34	0.3	0.9
4	Quadratic Overdose	40	0.03	0.3	Quadratic Overdose	38	0.03	0.6
5	Quadratic Overdose	42	0.04	0.3	Quadratic Overdose	33	0.3	0.8
6	Quadratic Overdose	39.5	0.06	0.3	Quadratic Overdose	35	0.16	0.6
7	Quadratic Overdose	40	0.08	0.3	Quadratic Overdose	36	0.15	0.6
8	Quadratic Overdose	39.5	0.1	0.3	Quadratic Overdose	35	0.3	0.6
9	Quadratic Overdose	40	0.03	0.3	Quadratic Overdose	36	0.2	0.6
10	Quadratic Overdose	39	0.06	0.3	Quadratic Overdose	35	0.16	0.6
11	Quadratic Overdose	47	0.08	0.3	Quadratic Overdose	42	0.15	0.6

12	Quadratic Overdose	39	0.1	0.3	Quadratic Overdose	33	0.3	0.6
13	Quadratic Overdose	33	0.1	0.3	Quadratic Overdose	27	0.3	0.6
14	Quadratic Overdose	38	0.04	0.3	Quadratic Overdose	30	0.3	0.6
15	Quadratic Overdose	39.5	0.07	0.3	Quadratic Overdose	33	0.3	0.6
16	Quadratic Overdose	40	0.03	0.3	Quadratic Overdose	36	0.25	0.6
17	Quadratic Overdose	35.7	0.03	0.3	Quadratic Overdose	29.3	0.25	0.6
18	Quadratic Overdose	38.5	0.05	0.3	Quadratic Overdose	30	0.03	0.6
19	Quadratic Overdose	36	0.1	0.3	Quadratic Overdose	33	0.16	0.6
20	Quadratic Overdose	36	0.03	0.3	Quadratic Overdose	27	0.25	0.6
21	Quadratic Overdose	37	0.1	0.3	Quadratic Overdose	34	0.15	0.6
22	Quadratic Overdose	39.8	0.05	0.3	Quadratic Overdose	33.5	0.03	0.6
23	Quadratic Overdose	33	0.1	0.3	Quadratic Overdose	27	0.3	0.6
24	Quadratic Overdose	36.4	0.07	0.3	Quadratic Overdose	30	0.3	0.6
25	Quadratic Overdose	38	0.06	0.3	Quadratic Overdose	33.8	0.15	0.6
26	Quadratic Overdose	37.45	0.09	0.3	Quadratic Overdose	32.45	0.3	0.6
27	Quadratic Overdose	38.6	0.07	0.3	Quadratic Overdose	33.5	0.3	0.6
28	Quadratic Overdose	37.7	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.1	0.2	0.6

29	Quadratic Overdose	37	0.1	0.3	Quadratic Overdose	31.5	0.3	0.6
30	Quadratic Overdose	38.6	0.1	0.3	Quadratic Overdose	34.5	0.3	0.6
31	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
32	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
33	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33	0.2	0.6
34	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
35	Quadratic Overdose	36.8	0.1	0.3	Quadratic Overdose	31.6	0.295	0.6
36	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
37	Quadratic Overdose	37.2	0.1	0.3	Quadratic Overdose	32.2	0.3	0.6
38	Quadratic Overdose	37.9	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.5	0.26	0.6
39	Quadratic Overdose	37.9	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.5	0.25	0.6
40	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.6	0.187	0.6
41	Quadratic Overdose	37.3	0.1	0.3	Quadratic Overdose	33	0.3	0.6
42	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
43	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
44	Quadratic Overdose	37.3	0.078	0.3	Quadratic Overdose	32.9	0.2	0.6
45	Quadratic Overdose	37.2	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.5	0.198	0.6

46	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
47	Quadratic Overdose	36.9	0.07	0.3	Quadratic Overdose	32.2	0.17	0.6
48	Quadratic Overdose	37.6	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.5	0.2	0.6
49	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
50	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
51	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.4	0.2	0.6
52	Quadratic Overdose	37.9	0.075	0.3	Quadratic Overdose	33.2	0.195	0.6
53	Quadratic Overdose	37.3	0.073	0.3	Quadratic Overdose	32.9	0.22	0.6
54	Quadratic Overdose	37.5	0.08	0.3	Quadratic Overdose	34.5	0.2	0.6
55	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
56	Quadratic Overdose	40	0.08	0.3	Quadratic Overdose	36	0.2	0.6
57	Quadratic Overdose	37.4	0.092	0.3	Quadratic Overdose	33	0.197	0.6
58	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
59	Quadratic Overdose	39	0.08	0.3	Quadratic Overdose	34	0.2	0.6
60	Quadratic Overdose	38.9	0.08	0.3	Quadratic Overdose	35.5	0.2	0.6
61	Quadratic Overdose	37.4	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.1	0.2	0.6
62	Quadratic Overdose	37.3	0.1	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.24	0.6

63	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.5	0.2	0.6
64	Quadratic Overdose	37.4	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.1	0.2	0.6
65	Quadratic Overdose	41	0.08	0.3	Quadratic Overdose	38	0.2	0.6
66	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
67	Quadratic Overdose	40	0.08	0.3	Quadratic Overdose	38	0.2	0.6
68	Quadratic Overdose	37.8	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33.8	0.2	0.6
69	Quadratic Overdose	39	0.08	0.3	Quadratic Overdose	35.5	0.2	0.6
70	Quadratic Overdose	38	0.08	0.3	Quadratic Overdose	35	0.2	0.6
71	Quadratic Overdose	41	0.08	0.3	Quadratic Overdose	38	0.2	0.6
72	Quadratic Overdose	37	0.08	0.3	Quadratic Overdose	34	0.2	0.6
73	Quadratic Overdose	40	0.08	0.3	Quadratic Overdose	35	0.2	0.6
74	Quadratic Overdose	40	0.08	0.3	Quadratic Overdose	38	0.2	0.6
75	Quadratic Overdose	42.5	0.08	0.3	Quadratic Overdose	39	0.2	0.6
76	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
77	Quadratic Overdose	37.2	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
78	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
79	Quadratic Overdose	38	0.06	0.3	Quadratic Overdose	34	0.168	0.6

80	Quadratic Overdose	37.2	0.095	0.3	Quadratic Overdose	32.9	0.227	0.6
81	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33	0.2	0.6
82	Quadratic Overdose	37.95	0.06	0.3	Quadratic Overdose	33.3	0.18	0.6
83	Quadratic Overdose	37.1	0.1	0.3	Quadratic Overdose	31.2	0.3	0.6
84	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	33	0.2	0.6
85	Quadratic Overdose	38.6	0.06	0.3	Quadratic Overdose	34.2	0.2	0.6
86	Quadratic Overdose	37	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
87	Quadratic Overdose	38	0.055	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.22	0.6
88	Quadratic Overdose	37.4	0.075	0.3	Quadratic Overdose	32.9	0.215	0.6
89	Quadratic Overdose	37.5	0.085	0.3	Quadratic Overdose	34.3	0.178	0.6
90	Quadratic Overdose	37.3	0.1	0.3	Quadratic Overdose	32	0.3	0.6
91	Quadratic Overdose	37.35	0.085	0.3	Quadratic Overdose	33.25	0.205	0.6
92	Quadratic Overdose	37.4	0.105	0.3	Quadratic Overdose	33.6	0.188	0.6
93	Quadratic Overdose	37.6	0.088	0.3	Quadratic Overdose	32	0.292	0.6
94	Quadratic Overdose	37.3	0.07	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
95	Quadratic Overdose	37.4	0.057	0.3	Quadratic Overdose	33	0.145	0.6
96	Quadratic Overdose	37.5	0.05	0.3	Quadratic Overdose	30	0.3	0.6

97	Quadratic Overdose	37.3	0.07	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
98	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
99	Quadratic Overdose	39	0.08	0.3	Quadratic Overdose	37	0.2	0.6
100	Quadratic Overdose	40.5	0.08	0.3	Quadratic Overdose	37	0.2	0.6
101	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.4	0.2	0.6
102	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.7	0.2	0.6
103	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6
104	Quadratic Overdose	38.5	0.092	0.3	Quadratic Overdose	32.5	0.273	0.6
105	Quadratic Overdose	37.5	0.065	0.3	Quadratic Overdose	31.5	0.208	0.6
106	Quadratic Overdose	37.5	0.1	0.3	Quadratic Overdose	32.5	0.295	0.6
107	Quadratic Overdose	37.3	0.08	0.3	Quadratic Overdose	32.8	0.2	0.6

Tabela 3: upoređeni rezultati za model i za klinički plan

Redni broj pacijenta	MU model	MU klinički	PTV modela [Gy]						PTV klinički [Gy]					
			50%	98%	95%	2%	0%	50%	98%	95%	2%	0%		
1			50%	98%	95%	2%	0%	50%	98%	95%	2%	0%		
2	729.37	763.16	45.344	42.996	43.482	47.007	48.797	45.291	45.95	43.443	47.119	48.894		
3	702.73	503.2	45.199	42.618	43.133	47.011	49.544	45.994	43.266	43.787	48.474	50.752		
4	696.41	630.83	45.69	43.492	43.942	46.91	48.9	45.297	42.701	43.243	47.402	49.212		

5	732.32	775.44	45.616	43.407	43.869	46.934	48.346	45.326	42.018	42.742	47.894	50.066
6	782.58	785.71	45.506	43.034	43.476	46.957	48.156	45.665	43.075	43.513	47.293	48.695
7	727.09	655.71	45.556	43.359	43.873	46.923	48.71	45.099	42.068	42.895	47.035	49.055
8	694.37	844.45	45.353	42.965	43.511	47.074	48.957	45.712	43.086	43.705	47.4	50.349
9	662.41	879.39	45.635	43.341	43.759	46.999	48.717	44.911	41.922	42.603	47.406	49.908
10	698.16	604.44	45.527	43.081	43.553	46.983	48.685	45.3	42.452	43.016	47.39	49.328
11	747.9	857.32	45.77	43.494	43.982	46.923	48.146	45.968	43.66	44.185	47.765	49.69
12	686.66	953.54	45.701	43.287	43.733	46.974	48.338	45.634	42.22	43.003	48.048	49.866
13	639.06	868.61	45.58	43.039	43.544	47.003	49.104	45.428	42.551	43.11	48.238	51.105
14	667.76	986.5	45.698	43.424	43.843	46.89	48.431	45.485	42.576	43.188	47.507	49.057
15	769.48	875.58	45.514	43.113	43.58	46.967	48.244	45.458	42.681	43.198	47.676	50.503
16	615.61	865.63	45.634	43.177	43.662	46.915	48.004	45.231	42.652	43.19	46.786	47.347
17	734.94	788.25	45.585	43.088	43.591	46.923	48.037	46.183	42.916	43.56	48.029	49.851
18	913.82	1174.49	45.084	42.127	42.756	47.117	48.806	45.498	41.972	42.749	47.911	51.216
19	688.54	939.37	45.66	43.281	43.744	46.888	48.526	45.458	40.974	41.919	48.191	50.271
20	701.01	773.54	45.451	42.971	43.478	46.995	48.862	46.002	42.572	43.275	48.993	51.928
21	709.27	772.47	45.274	42.67	43.258	47.069	48.731	45.405	42.999	43.472	47.426	49.756
22	863.03	842.12	44.826	41.755	42.407	47.087	49.888	45.008	39.955	41.373	46.809	48.254
23	693.38	796	45.597	43.176	43.608	46.985	48.351	45.473	42.158	42.794	47.417	49.333
24	953.72	1088.61	45.238	42.434	43.011	47.097	49.609	45.107	42.667	43.143	46.521	48.242
25	732.1	804.94	45.273	42.655	43.249	46.954	48.789	45.112	42.451	43.042	47.013	49.379
26	733.52	753.39	45.177	42.419	43.069	46.941	50.089	45.063	42.503	43.057	46.937	49.936
27	725.66	859.62	45.302	42.652	43.202	47.047	48.586	44.75	42.089	42.747	46.592	49.003
28	727.05	755.26	45.728	43.529	43.926	46.924	48.12	45.284	42.63	43.119	46.644	48.204
29	756.71	747.11	45.266	42.068	42.688	46.943	49.744	45.247	42.514	43.054	46.842	49.831
30	759.4	761.85	45.352	42.724	43.252	47.027	48.562	44.976	42.281	42.835	46.509	48.013
31	779.78	778.26	45.737	43.377	43.821	46.903	48.324	45.252	42.655	43.139	46.479	47.611
32	890.95	1203.31	44.905	42.218	42.852	47.047	49.468	45.604	42.447	43.109	47.713	50.106
33	879.76	927.35	45.555	43.216	43.757	47.007	48.669	45.054	42.401	43.014	46.526	47.945
34	718.22	867.32	45.438	42.882	43.439	47.022	48.926	46.49	43.174	43.898	61	63.593

35	754.88	857.19	45.293	42.612	43.167	47.032	48.75	45.754	42.258	42.983	47.711	50.222
36	684.05	625.96	45.451	42.965	43.506	47.02	49.113	44.885	42.513	43.051	46.538	48.447
37	766.49	757.99	45.368	42.629	43.155	47.044	48.832	45.013	42.248	42.766	46.517	47.945
38	1019.89	1048.16	44.683	40.939	41.775	47.103	50.119	45.216	42.181	42.798	47.008	50.141
39	762.86	934.76	45.579	43.278	43.736	46.954	48.417	45.082	42.864	43.366	46.704	48.886
40	845.31	948.24	45.079	42.212	42.867	47.004	50.98	45.089	42.368	43.039	47.024	50.051
41	769.44	754.29	45.476	43.164	43.699	46.893	49.728	44.834	42.179	42.774	46.545	49.824
42	760.26	724.93	45.628	43.327	43.747	46.861	48.118	45.18	42.555	43.035	46.467	47.762
43	672.41	688.4	45.607	43.318	43.808	47.007	48.356	44.943	42.533	43.087	46.594	48.369
44	737.29	725.38	45.64	43.345	43.779	46.931	48.31	45.077	42.818	43.243	46.311	47.878
45	724.44	732.57	45.637	43.233	43.654	46.927	48.482	45.092	42.42	42.943	46.511	48.035
46	629.68	614.27	45.726	43.519	43.979	46.887	48.097	44.721	42.558	43.007	46.001	47.143
47	831.79	863.1	45.452	42.831	43.347	47.008	48.404	44.975	42.431	42.996	46.562	48.452
48	778.61	776.34	45.63	43.201	43.631	46.885	47.986	45.409	42.265	42.87	47.257	49.032
49	736.52	776.75	45.714	43.455	43.875	46.901	48.314	45.208	42.876	43.352	46.487	47.977
50	724.94	728.64	45.547	43.011	43.48	46.987	48.393	45.065	42.588	43.067	46.589	48.203
51	711.89	759.09	45.44	42.833	43.42	46.987	49.04	45.112	42.272	42.9	46.769	49.01
52	766.32	814.46	45.081	42.499	43.107	47.068	49.063	45.285	42.05	42.768	47.624	49.588
53	722.79	840.77	45.47	42.829	43.312	46.956	48.596	45.998	42.243	42.924	48.211	50.172
54	798.28	811.91	44.86	41.683	42.416	47.05	50.103	45.588	42.349	43.047	47.624	51.154
55	708.51	711.45	45.551	43.186	43.612	46.988	48.674	45.012	42.465	43	46.746	48.207
56	746.84	731.69	45.748	43.486	43.933	46.924	48.498	44.938	42.316	42.89	46.515	47.911
57	732.73	710.46	45.431	43.006	43.453	46.975	48.809	45.105	42.537	43.009	46.485	47.885
58	672.4	823.78	45.233	42.851	43.327	46.943	49.968	45.036	42.052	42.811	47.221	50.062
59	712.02	691.06	45.524	43.182	43.622	46.96	49.419	45.056	42.756	43.255	46.507	48.4
60	761.48	737.81	45.61	43.01	43.512	46.941	48.806	45.19	42.577	43.108	46.519	48.108
61	628.38	712.95	45.725	43.431	43.834	46.888	48.032	45.029	42.617	43.152	46.452	48.297
62	772.31	770.65	45.385	42.814	43.352	47.046	48.774	45.292	42.562	43.104	47.098	48.993
63	617.95	634.08	45.711	43.614	44.06	46.859	47.851	45.134	42.597	43.131	46.698	48.173
64	754.35	868.72	45.686	43.457	43.893	46.901	48.137	45.332	42.273	42.901	47.718	49.614

65	709.63	728.83	45.405	42.866	43.318	47.025	48.385	45.303	42.611	43.134	47.298	49.156
66	754.41	646.41	45.048	42.429	42.986	47.029	48.727	45.29	42.246	42.854	47.174	48.498
67	850.98	840.72	45.246	42.344	42.907	47.05	48.865	45.374	42.558	43.096	47.193	48.992
68	787.26	747.7	45.272	42.28	42.929	47.052	49.146	45.336	42.022	42.707	47.263	48.792
69	681.51	685.61	454.966	42.614	42.989	46.751	48.369	45.176	42.457	43.108	47.255	49.363
70	763.96	852.9	45.455	42.88	43.371	47.011	48.516	45.128	42.097	42.739	47.077	48.795
71	845.69	889.04	45.262	42.67	43.266	47.007	50.701	45.507	42.246	42.966	47.747	50.055
72	612.2	618.24	45.675	43.475	43.894	46.943	48.242	45.241	41.892	42.752	47.285	49.826
73	767.8	676.28	45.353	42.697	43.228	46.978	49.398	45.23	42.204	42.884	47.703	49.827
74	738.56	725.53	45.358	42.934	43.413	47.124	48.688	45.297	42.241	43.061	48.314	48.804
75	728.83	677.81	45.408	43.112	43.601	47.087	48.615	45.579	43.01	43.693	46.629	47.11
76	841.04	828.33	45.538	43.288	43.733	46.972	48.496	45.36	42.9	43.36	47.397	49.26
77	1065.86	998.29	45.297	42.415	43.002	47.565	49.882	45.561	42.189	42.786	46.731	49.062
78	651.79	743.49	45.701	43.014	43.429	46.565	48.118	45.329	43.426	43.846	46.915	48.168
79	728.76	800.01	45.541	43.193	43.637	47.044	48.674	45.215	42.211	42.845	47.013	48.832
80	726.71	673.24	45.608	43.147	43.654	46.984	48.518	45.303	42.919	43.428	46.789	48.501
81	659.51	618.58	45.57	43.359	43.864	47.014	48.64	45.337	42.771	43.3	47.35	49.805
82	747.26	708.6	45.515	43.112	43.601	47.016	48.445	45.291	42.129	42.821	47.31	49.055
83	740.47	721.93	45.433	43.103	43.595	47.014	49.948	45.377	41.982	42.788	47.959	50.288
84	772.98	848.92	45.634	43.427	43.854	46.961	48.749	45.137	42.292	42.868	47.066	48.886
85	691.42	650.77	45.5	43.196	43.624	46.996	48.422	45.254	42.267	42.811	46.812	48.56
86	820.89	832.26	45.769	43.897	44.307	47.148	48.551	45.628	44.348	44.609	46.697	48.286
87	872.75	799.22	45.396	42.871	43.437	47.009	49.572	45.372	42.021	42.646	46.972	48.446
88	722.5	677.51	45.169	42.645	43.142	47.056	49.122	45.106	42.913	43.393	46.781	50.008
89	782.36	767.08	45.493	43.091	43.609	47.038	48.674	45.28	42.687	43.236	46.758	48.658
90	854.61	800.06	45.492	43.049	43.536	47.704	48.649	45.585	42.295	43.017	46.994	49.867
91	731.09	717.18	45.466	42.987	43.521	47.034	48.458	45.161	42.81	43.295	46.708	48.564
92	702.93	680.94	45.665	43.285	43.794	46.978	48.712	45.702	42.699	43.323	47.835	49.415
93	716.46	749.07	45.597	43.282	43.788	46.977	49.553	45.27	42.495	43.097	46.99	49.392
94	699.3	707.72	45.569	43.207	43.686	46.974	48.351	45.255	42.613	43.159	46.724	48.196

95	723.23	936.85	45.332	42.836	43.368	47.055	48.723	45.162	42.463	43.059	47.432	50.149
96	779.31	797.01	45.449	43.161	43.598	47.021	48.267	45.005	42.453	43.008	46.492	47.918
97	760.07	700.54	45.517	43.262	43.706	47.003	48.568	45.642	42.611	43.174	47.782	49.713
98	803.44	684.37	45.723	43.551	44.01	46.962	49.802	45.281	42.233	42.839	47.808	48.991
99	773.17	757.92	45.225	42.488	43.056	47.07	48.631	45.32	42.476	43.095	47.296	49.111
100	766.01	762.95	45.195	42.72	43.266	46.982	48.442	45.499	43.291	43.732	47.219	49.194
101	676.61	673.12	45.479	43.228	43.723	47.019	48.762	45.017	45.598	43.146	46.548	48.203
102	743.78	718.61	45.241	42.897	43.387	46.977	48.654	45.252	43.257	43.696	46.419	48.166
103	773.61	864.4	45.181	42.598	43.145	46.998	48.289	45.198	42.765	43.31	46.538	47.54
104	731.74	772.56	45.397	43.118	43.606	47.008	49.866	45.122	42.704	43.258	46.764	48.267
105	831.38	811.76	45.226	42.608	43.136	47.036	48.538	45.114	42.674	43.143	46.467	47.867

Tabela 3: nastavak

Redni broj pacijenta	Tanka creva model [cm ³]	Tanka creva klinički [cm ³]	Levi femur model [Gy]		Levi femur klinički [Gy]		Desni femur model [Gy]		Desni femur klinički [Gy]	
	Volume(45Gy)	Volume(45Gy)	Mean Dose	Max Dose	Mean Dose	Max Dose	Mean Dose	Max Dose	Mean Dose	Max Dose
1	57.182	54.693	21.891	41.528	22.701	41.786	22.491	41.239	22.758	41.588
2	9.639	20.82	7.719	38.186	9.296	42.701	10.408	37.971	12.178	45.271
3	155.242	81.476	24.537	44.532	22.022	43.199	21.788	44.1	22.232	45.333
4	54.666	18.251	20.383	36.734	19.291	37.488	22.34	38.726	19.384	35.509
5	0.387	1.819	24.329	44.298	22.76	43.833	24.94	44.211	23.608	43.86
6	106.173	68.637	23.047	43.648	19.518	35.457	21.85	43.507	20.386	37.061
7	57.538	59.687	23.504	39.657	18.147	39.027	24.189	42.549	20.682	40.151
8	157.211	62.934	24.179	43.097	18.796	44.567	25.171	44.745	19.808	44.745
9	37.044	27.762	24.431	42.979	24.463	43.622	24.494	44.863	26.068	44.646
10	69.904	66.828	22.393	37.743	21.821	36.919	21.879	37.981	20.509	34.578
11	101.425	59.997	20.712	37.25	20.422	37.673	22.029	37.803	20.507	37.149

12	144.473	81.157	22.948	39.17	24.08	38.247	23.742	39.135	22.424	38.94
13	35.913	16.732	20.74	39.069	16.586	36.939	21.287	40.243	16.811	38.378
14	34.989	41.62	23.25	43.46	19.573	42.258	24.408	44.269	21.315	43.494
15	65.405	44.993	19.56	37.326	25.385	33.852	20.576	38.404	25.544	35.082
16	38.852	39.899	21.446	41.245	21.256	40.018	20.191	39.937	18.879	38.384
17	32.103	33.071	24.209	43.267	24.907	41.69	25.871	43.736	28.287	47.139
18	82.318	42.392	22.162	41.667	19.418	38.143	20.23	42.832	19.41	39.73
19	103.091	98.698	23.839	42.992	25.209	43.951	24.364	43.412	25.007	43.12
20	20.248	24.491	21.347	35.649	13.633	32.203	21.563	39.184	13.46	33.581
21	80.349	79.287	23.436	41.151	24.147	41.465	24.488	43.141	26.82	44.381
22	81.063	73.462	23.518	41.245	15.873	37.603	22.866	40.125	15.927	37.861
23	23.463	24.773	24.233	44.957	26.134	43.175	23.81	40.538	23.302	41.784
24	52.634	60.242	19.975	39.797	16.063	36.943	21.734	40.764	16.937	37.834
25	102.936	65.267	23.498	41.008	20.545	40.097	23.548	39.277	19.715	38.142
26	65.655	40.795	24.768	43.525	26.354	42.894	23.586	41.928	27.876	43.222
27	65.533	38.682	22.696	42.87	21.773	41.489	23.615	41.994	21.703	41.287
28	0.163	1.062	23.354	42.594	24.795	43.079	23.161	41.137	25.459	41.975
29	77.698	56.229	23.402	39.602	27.643	40.198	23.841	41.253	27.65	39.602
30	12.961	5.046	23.436	43.138	24.338	42.058	23.13	42.533	24.885	42.031
31	112.409	159.869	23.753	41.907	26.818	44.068	24.539	42.567	27.789	44.94
32	73781	45.249	21.816	42.462	20.496	39.73	23.798	42.071	25.723	42.388
33	62.015	117.976	17.867	38.807	15.679	40.848	16.163	35.432	14.222	34.45
34	126.637	161.672	23.408	35.398	24.588	33.946	21.588	37.865	23.003	36.234
35	105.751	87.163	20.238	34.674	22.357	35.576	19.533	35.565	21.337	36.613
36	9.865	3.129	23.924	41.36	27.248	41.197	23.922	40.387	26.04	40.671
37	53.474	62.598	23.009	36.222	28.423	39.007	23.495	35.791	28.526	41.129
38	53.344	73.033	20.568	35.589	16.774	30.261	22.852	39.715	17.605	35.549
39	27.361	37.896	23.539	42.103	21.815	40.223	23.745	40.543	20.545	40.787
40	57.115	22.741	23.957	41.389	26.552	40.333	22.563	38.138	23.898	39.069
41	17.524	7.735	20.148	36.219	21.793	34.574	21.475	37.113	22.484	36.087

42	64.538	18.783	21.035	40.305	19.878	37.735	22.355	40.984	22.788	39.848
43	30.749	17.76	21.49	40.2	23.352	39.592	21.602	40.028	22.448	40.89
44	11.965	5.577	23.568	41.091	25.574	39.77	23.575	41.076	25.384	41.259
45	135.875	47.244	18.981	41.225	19.917	39.217	19.88	41.117	19.81	38.305
46	52.929	35.263	24.595	42.623	28.942	43.119	24.311	42.334	28.013	41.525
47	33.108	28.459	22.147	39.021	22.766	37.719	21.657	38.726	26.16	38.961
48	87.18	69.399	20.646	39.893	18.476	37.056	19.706	38.311	18.313	37.265
49	42.266	34.907	24.83	44.918	25.024	44.181	25.03	43.268	25.943	43.383
50	87.501	62.25	23.383	39.911	21.811	38.567	23.723	40.63	22.209	39.081
51	93.296	92.407	23.186	39.046	17.139	36.87	22.662	37.023	16.959	35.565
52	24.355	33.003	23.649	41.631	20.039	41.982	21.758	40.413	21.88	40.836
53	34.011	53.119	24.699	43.305	27.558	45.94	24.462	42.316	27.536	45.21
54	23.038	14.623	22.169	38.018	21.804	34.812	20.726	37.979	19.491	36.03
55	86.217	44.474	23.098	37.424	24.987	37.424	23.82	41.337	24.917	40.424
56	31.457	28.726	23.685	41.252	24.3	41.686	24.053	42.883	26.864	43.87
57	30.695	24.608	25.385	43.61	15.103	35.298	21.886	38.86	20.72	39.226
58	137.308	104.476	23.459	43.33	25.17	42.134	23.687	44.371	25.3	42.252
59	29.507	14.549	22.809	38.491	23.298	37.873	22.319	37.471	23.438	37.627
60	102.68	54.904	21.895	41.161	17.186	38.621	22.185	40.096	18.491	34.061
61	7.89	8.55	21.739	36.717	21.554	35.482	19.986	35.005	21.584	35.796
62	49.434	29.61	18.237	35.453	18.16	34.712	16.727	35.124	12.536	32.046
63	85.727	43.831	21.89	37.914	21.886	37.348	22.496	39.614	20.34	36.96
64	128.15	98.984	23.04	41.974	21.599	41.314	22.573	41.931	20.098	41.189
65	92.57	150.045	21.649	42.239	21.346	40.839	22.375	43.708	22.678	42.535
66	19.908	19.745	24.783	45.538	26.341	45.089	24.21	42.165	25.658	42.52
67	46.825	45.322	23.269	39.442	27.021	39.643	23.76	40.795	26.036	42.52
68	38.536	55.181	23.196	41.249	23.337	41.605	23.704	42.508	21.907	41.622
69	108.894	123.091	19.732	40.348	20.535	38.737	20.249	41.221	22.388	39.294
70	20.555	23.71	24.544	43.381	24.992	42.76	24.657	43.028	25.481	44.126
71	149.89	126.755	23.438	42.628	19.259	41.049	23.768	43.276	19.259	40.842

72	60.746	76.169	23.843	40.815	23.166	44.152	23.543	41.387	26.57	44.051
73	56.822	35.044	23.193	41.485	36.897	46.968	23.509	41.614	41.504	46.694
74	46.538	34.462	23.574	44.138	29.673	44.547	22.757	44.191	30.072	45.196
75	176.837	164.955	22.549	40.838	22.984	40.35	24.023	42.206	22.595	41.764
76	16.875	20.362	24.999	44.56	28.51	43.131	24.735	42.157	27.175	43.728
77	44.608	26.423	19.74	39.431	19.696	39.473	20.579	38.918	20.078	37.787
78	31.45	22.9	21.667	41.127	21.838	42.235	22.038	43.07	21.744	43.079
79	44.608	26.423	25.191	44.953	18.527	42.073	24.496	45.098	17.828	40.729
80	20.08	35.912	24.275	45.183	28.898	44.86	24.478	43.903	27.028	45.129
81	25.56	22.2	23.549	43.522	24.492	42.235	23.884	43.151	25.726	41.82
82	13.45	17.09	24.582	42.953	28.2	43.764	24.311	42.356	27.983	44.071
83	125.052	63.478	23.504	42.53	22.82	41.384	23.871	44.101	21.955	42.967
84	93.162	70.854	19.756	41.177	22.358	39.23	21.594	41.407	24.922	41.132
85	14.155	34.946	21.977	39.952	23.187	38.874	24.099	41.954	26.294	40.789
86	64.092	44.232	23.081	40.041	25.667	40.552	22.711	38.271	26.525	38.46
87	89.499	75.703	18.773	39.189	22.718	39.598	20.157	41.5	21.557	39.64
88	199.93	150.514	23.382	42.988	23.279	43.065	22.521	41.277	22.432	41.382
89	109.564	108.44	22.846	43.089	24.426	40.733	22.492	40.328	24.287	41.593
90	76.67	73.663	22.352	40.331	20.968	38.69	21.884	38.987	22.172	37.87
91	144.739	142.786	23.201	40.682	19.385	39.71	22.536	37.219	20.15	34.229
92	145.683	112.913	21.795	37.898	16.412	35.249	22.202	37.889	17.225	35.524
93	88.543	62.09	21.506	40.851	25.457	41.41	23.095	41.91	24.114	41.393
94	35.196	31.55	22.742	40.176	22.08	41.041	21.829	41.311	19.445	39.989
95	73.422	62.732	23.205	40.218	26.653	39.437	23.252	39.672	27.006	41.854
96	97.471	95.65	24.624	44.098	21.85	43.931	24.836	43.971	21.226	43.34
97	119.399	91.249	24.422	43.419	22.587	43.479	21.879	42.691	20.529	43.372
98	82.019	107.83	20.978	41.861	22.521	42.724	21.638	41.406	23.854	41.159
99	67.338	137.516	19.921	39.455	18.765	38.873	18.356	36.784	18.261	37.589
100	132.87	94.399	23.41	39.07	21.191	38.533	22.243	41.04	24.398	40.417
101	95.896	115.373	22.506	42.239	23.693	42.398	23.678	41.015	22.901	41.871

102	93.27	96.606	21.446	41.098	17.412	39.045	24.264	42.383	20.894	40.567
103	189.966	107.611	23.301	44.481	24.378	43.983	24.734	44.077	25.836	45.805
104	77.201	87.801	23.23	41.705	25.153	43.122	24.294	45.106	25.1	43.592

Tabela 3: nastavak

Redni broj pacijenta	Rektum model [cm ³]	Rektum klinički [cm ³]	Bešika model [cm ³]	Bešika klinički [cm ³]
	Volume(40Gy)	Volume(40Gy)	Volume(45Gy)	Volume(45Gy)
1	72.07	68.07	22.19	20.11
2	31.51	39.64	7.43	32.53
3	80.71	92.6	21.89	8.71
4	63.62	48.07	46.94	40.97
5	55.97	58.71	34.59	30.58
6	55.16	64.26	36.13	32.78
7	49.91	49.36		
8	43.2	38.97	51.87	42.24
9	59.23	60.95	32.73	25.67
10	55.28	46.56	30.49	24.83
11	50.35	46.52	15.49	19.6
12	69.9	69.26	30.11	30.19
13	35.29	33.05	22.53	21.7
14	43.6	46.99	19.72	18.97
15	50.7	71.55	15.88	33.58
16	45.43	39.16	16.17	16.09
17	1.68	0.25	3.04	2.75
18	58.08	33.56	17.58	6.79
19	71.96	61.38	30.51	35.13

20	56.73	71.85	14.82	17.77
21				
22	47.6	45.09	26.44	20.6
23	7.62	4.95	0.26	0.62
24	53.49	48.63	20.05	13.91
25	40.01	67.07	26.69	32.43
26	69.07	62.69	34.27	5.07
27	64.64	62.85	20.42	6.31
28	5.81	5.08	0.14	0.71
29	44.16	44.92	10.28	6.8
30	43.86	39.74	27.07	18.96
31	35.5	41.16	18.55	34.08
32	60.95	60.55	23.99	11.02
33	44.51	53.85	19.95	28.33
34	58.4	56.19	36.07	40.14
35	35.84	39.43	31.88	36.91
36	47.02	50.27	16.94	13.44
37	1.17	1.07	1.84	3.29
38			18.29	22.29
39			10.24	9.83
40	49.94	45.92	32.11	10.17
41	57.73	54.59	15.71	11.12
42	53.35	52.69	22.38	10.34
43	47.56	40.1	15.07	6.86
44	33.15	32.25	27.78	12.11
45	60.65	58.31	22.25	7.93
46	49.15	46.77	14.52	14.17
47	40.12	38.82	41.39	35.33
48	45.92	41.69	20.65	9.88
49	61.13	59.13	26.87	12.23

50	53.44	58.41	24.43	26.83
51	48.97	61.33	23.85	31.74
52	69.36	62.4	28.71	34.45
53	36.24	40.31	11.87	24.1
54	37.63	37.59	23.22	16.66
55	61.35	56.32	25.97	11.31
56	48.2	50.93	35.22	16.49
57	54.51	48.43	25.5	25.04
58	60.25	59.37	25.52	15.13
59	41.15	39.46	39.58	27.06
60			18.74	10.94
61	37.19	36.13	27.11	35.12
62	40.11	41.07	10.31	7.54
63	30.41	25.36	24.39	20.23
64	44.6	43.33	39.16	37.06
65	93.13	95.54	3.79	8.77
66	18.51	23.77	8.45	17.68
67	59.59	60.35	29.38	17.52
68	87.59	82.47	21.88	24.54
69	64.9	60.07	42.99	34.98
70	45.37	49.88	10.45	14.18
71	78.04	51.65	47.78	23.61
72	74.9	75.61	35.09	32.37
73	44.91	43.93	21.11	8.23
74	60.37	61.24	52.86	43.38
75	45.11	44.87	22.33	17.18
76	7.15	6.16	3.41	1.86
77	84.53	86.32	26.54	15.06
78	85.57	82.12	32.77	31.04
79	68.6	71.13	63.3	44.4

80	74.31	82.26	25.38	19.91
81	73.06	73.15	32.07	30.85
82	88.55	90.64	30.47	39.09
83	61.27	59.69	47.54	27.12
84	53	51.66	43.09	40.08
85	59.6	51.7	27.98	30.04
86	80.09	80.53	38.32	50.46
87	43.27	45.63	29.3	38.51
88	91.06	88.67	47.9	30.49
89	71.17	70.61	47.98	46.37
90	33.59	31.43	18.81	8.79
91	49.82	43.53	32.85	23.39
92	47	44.58	32.57	23.73
93	57.8	54.9	32.31	18.08
94	51.2	39.69	31.37	21.59
95	48.94	48.1	45.61	36.15
96	82.57	81.1	38.06	39.63
97	54.61	50.11	41.51	28.7
98	69.1	75.08	16.63	18.59
99	55.87	60.55	25.33	30.69
100	60.34	46.41	18.24	21.28
101	70.28	75.94	30.74	37.96
102	44.97	32.03	24.27	30.12
103	90.83	95.26	41.78	35.47
104	57.29	59.33	14.11	9.54

Tabela 17: Upoređeni rezultati za model i klinički plan (novi planovi)

Redni broj pacijenta	MU model	MU klinički	PTV 50% model [Gy]	PTV 98% model [Gy]	PTV 95% model [Gy]	PTV 2% model [Gy]	PTV 0% model [Gy]
1	735.52	634.98	45.691	43.317	43.77	46.908	48.218
2	779.89	752.91	45.604	43.428	43.916	46.983	48.166
3	631.7	638.85	45.736	43.588	44.016	46.919	48.171
4	615.91	615.92	45.645	43.65	44.068	46.924	48.263
5	715.25	661.64	45.702	43.356	43.83	46.943	48.301
6	696.31	766.31	45.705	43.601	44.032	46.907	48.305
7	607.32	852.62	45.623	43.219	43.664	46.964	48.511
8	674.03	633.67	45.548	43.237	43.698	46.891	48.775
9	797.55	807.12	45.427	43.146	43.605	47.002	48.367
10	806	712.6	45.776	43.795	44.182	46.911	48.268
11	784.94	765.36	45.702	43.497	43.895	46.887	48.017
12	734.35	731.87	45.638	43.308	43.75	46.946	48.151
13	753.28	938.28	45.644	43.406	43.811	46.902	48.307
14	745.8	741.3	45.653	43.1	43.619	47	48.62
15	741.92	870.96	45.611	43.259	43.719	46.942	48.022
16	896.13	932.93	45.122	42.151	42.76	47.023	49.564
17	906.29	931.37	45.272	42.641	43.193	47.028	49.053
18	698.93	666.03	45.224	42.752	43.267	47.065	48.908
19	755.06	830.34	45.26	42.853	43.36	47.033	48.5
20	748.98	684.45	45.715	43.427	43.87	46.891	48.434
21	694.14	686.11	45.436	43.194	43.64	47.007	49.008
22	750.06	684.58	45.344	42.976	43.46	47.043	49.079
23	694.54	631.66	45.763	43.419	43.875	46.9	48.193
24	694.59	743.71	45.508	43.048	43.561	47.001	48.448
25	831.38	811.76	45.226	42.608	43.136	47.036	48.538

26	690.52	632.81	45.775	43.181	43.684	46.942	48.514
27	773.61	864.4	45.181	42.598	43.145	46.998	48.289
28	731.74	772.56	45.397	43.118	43.606	47.008	49.866
29	676.61	673.12	45.479	43.228	43.723	47.019	48.762

Tabela 17: nastavak

PTV 50% klinički [Gy]	PTV 98% klinički [Gy]	PTV 95% klinički [Gy]	PTV 2% klinički [Gy]	PTV 0% klinički [Gy]	Volumen tanka creva model [cm ³]	Volumen tankacreva klinički [cm ³]
45.741	44.369	44.621	47.058	48.15	105.514	88.651
45.971	44.534	44.772	47.448	49.03		
46.122	44.82	45.053	47.389	48.637	47.501	41.6
45.286	43.248	43.65	46.333	47.709	27.471	19.71
45.797	42.972	43.455	47.503	49.144	137.821	138.382
45.121	41.45	42.395	47.474	50.467	307.31	194.473
45.045	40.92	42.31	47.271	49.706	91.332	76.862
45.219	42.949	43.414	46.751	49.241	127.689	93.334
45.542	43.536	43.928	46.957	48.201	75.81	73.519
45.683	43.694	44.087	46.916	48.508	103.667	99.989
45.442	43.117	43.569	46.708	48.528	129.751	115.794
58.719	43.591	44.45	67.816	70.867	39.303	58.742
45.887	43.149	43.693	47.411	48.939	187.182	189.259
46.444	44.218	44.611	48.408	50.592	67.697	163.029
45.633	43.102	43.603	47.086	48.716	47.124	56.616
45.123	42.239	42.845	47.066	50.652	138.397	94.728
45.232	42.287	42.887	46.842	48.407	92.18	53.724
45.59	42.784	43.308	47.385	48.602	65.479	71.516
45.187	42.157	42.778	46.917	48.505	57.809	79.809
45.488	42.612	43.158	47.81	50.553	96.156	128.017

45.233	42.806	43.272	46.416	48.006	53.968	29.434
45.251	42.891	43.421	46.51	47.772	168.14	148.045
45.286	42.74	43.218	46.71	48.155	19.048	15.688
45.234	42.744	43.249	46.694	47.922	87.597	84.198
45.002	42.411	43.002	46.552	48.368	124.079	70.312
45.114	42.674	43.143	46.467	47.867	77.201	87.801
45.055	42.624	43.137	47.042	48.587	82.244	59.154
45.198	42.765	43.31	46.538	47.54	93.27	96.606
45.122	42.704	43.258	46.764	48.267	189.966	107.611
45.017	42.598	43.146	46.548	48.203	132.87	94.399

Tabela 17: nastavak

Srednja doza levi femur model [Gy]	Maksimalna doza levifemur model [Gy]	Srednja doza levi femur klinički [Gy]	Maksimalna doza levi femur klinički [Gy]	Srednja doza desni femur model [Gy]	Maksimalna doza desni femur model [Gy]	Srednja doza desni femur klinički [Gy]	Maksimalna doza desni femur klinički [Gy]
22.924	41.569	25.615	39.858	24.209	43.246	25.499	42.056
20.551	39.774	22.807	40.468	21.864	38.699	23.373	39.884
23.625	41.259	21.245	40.28	24.059	43.912	22.76	43.685
19.911	37.129	22.721	38.926	21.392	39.894	23.836	40.412
22.107	39.861	20.89	38.705	20.79	38.681	19.801	38.957
17.932	37.646	11.329	31.857	18.995	38.724	13.105	35.236
24.472	45.781	9.769	33.646	23.606	40.684	21.991	42.523
19.716	37.428	22.39	37.15	19.585	36.058	21.714	36.201
23.267	40.138	23.696	41.109	23.605	41.319	23.631	41.704
21.263	38.187	19.262	37.779	19.764	38.855	20.834	38.812
23.669	42.732	24.405	41.347	21.996	41.842	24.131	41.782
22.414	40.577	29.423	48.952	25.079	45.105	34.644	55.944
22.262	41.995	21.576	41.573	24.366	43.43	23.463	43.193

23.436	43.838	25.815	46.25	24.118	44.649	27.592	47.169
21.769	39.917	22.616	41.085	21.71	42.232	22.528	40.755
21.191	40.608	25.044	39.261	22.643	41.343	25.304	41.436
24.101	42.887	27.243	42.761	24.338	41.964	27.17	42.577
24.451	44.011	24.697	44.006	24.458	42.702	23.596	42.188
20.368	42.413	24.508	43.75	23.634	41.428	27.988	41.633
23.135	43.258	26.116	43.796	23.156	45.105	24.614	44.787
22.69	35.538	22.648	36.762	22.134	37.025	22.452	37.619
24.48	44.136	27.089	43.513	24.064	45.749	24.823	45.293
24.283	44.404	26.816	43.519	24.688	42.139	27.351	42.536
22.676	39.965	20.216	38.401	22.983	42.145	21.034	41.744
22.765	39.004	21.751	40.347	23.36	39.96	23.161	41.347
23.23	41.705	25.1	43.592	24.294	45.106	25.153	43.122
21.399	36.696	22.757	36.193	21.313	34.576	21.484	35.322
21.446	41.098	17.412	39.045	24.264	42.383	20.894	40.567
23.301	44.481	24.378	43.983	24.734	44.077	25.836	45.805
23.41	39.07	21.191	38.533	22.243	41.04	24.398	40.417

Tabela 17: nastavak

Volumen rektum model [cm ³]	Volumen rektum klinički [cm ³]	Volumen bešika model [cm ³]	Volumen bešika klinički [cm ³]
33.776	32.081	42.72	30.89
39.847	39.952	50.98	55.5
47.599	48.779	38.79	35.27
12.135	12.041	23.95	21.62
29.88	33.438	23.25	50.32
22.772	24.613	22.21	10.94
24.509	24.796	12.29	6.85
35.789	35.322	22.91	15.75

20.128	20.326	11.06	17.5
33.959	34.375	27.98	22.48
33.702	32.06	40.94	17.94
66.865	82.637	63.44	99.03
29.998	26.423	28.83	25.89
29.914	35.405	33.66	45.02
32.77	34.937	47.36	39.57
46.914	51.455	36.66	36.857
25.577	27.601	6.83	23.23
		22.36	24.25
30.155	26.21	27.84	24.71
32.316	29.965	34.89	29.14
18.266	17.659	32.14	25.26
43.416	43.211	35.8	46.2
26.368	25.895	16.89	22.86
32.945	34.976	40.64	29.8
33.254	32.078	37.51	24.5
35.944	37.226	14.11	9.54
30.304	29.526	14.56	4.87
12.458	8.875	24.27	30.12
39.629	41.561	41.78	35.47
32.909	25.312	18.24	21.28

Biografija



Malina Bontić je rođena 23.02.1996. godine u Prištini. Osnovnu školu „Šarski odred“ u Jažincu – Brezovica je završila kao odličan učenik i đak generacije. Zatim upisuje gimnaziju prirodno-matematičkog smera u ETS „Jovan Cvijić“ u Štrpcu koju završava 2015. godine kao odličan učenik i đak generacije. Iste godine upisuje osnovne studije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Kosovskoj Mitrovici, smer fizika.

Bila je stipendista Ministarstva prosvete za studentske stipendije i kredite sve četiri godine, gde se odriče te u korist stipendije Ministarstva omladine i sporta, Fonda za mlade talente u Republici Srbiji za školsku 2018/2019 godinu.

Osnovne studije završava 2019. godine sa prosečnom ocenom 9.27. Iste godine upisuje master studije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu na smeru medicinska fizika.

Član je IOP-a (Institute of Physics) kao student master studija.

Zaposlena je na Odseku za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Akademije strukovnih studija u Šapcu od januara 2021. godine kao saradnik u nastavi za užu oblast fizika.

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET****KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA***Redni broj:***RBR***Identifikacioni broj:***IBR***Tip dokumentacije:*

Monografska dokumentacija

TD*Tip zapisa:***TZ***Vrsta rada:*

Master rad

VR*Autor:*

Malina Bontić

AU*Mentor:*

prof. dr Borislava Petrović

MN*Naslov rada:*

Mogućnosti automatskog planiranja radioterapije

NR*Jezik publikacije:*

srpski (latinica)

JP*Jezik izvoda:*

srpski/engleski

JI*Zemlja publikovanja:*

Republika Srbija

ZP*Uže geografsko područje:*

Vojvodina

UGP*Godina:*

2021.

GO*Izdavač:*

Autorski reprint

IZ*Mesto i adresa:*

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA*Fizički opis rada:*

Broj poglavlja 5

FO

Broj strana 102

Broj tabela 32

Broj grafika 24
Broj slika 8
Broj programske kodova 1

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Medicinska fizika

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: radioterapija, kompjutersko planiranje radioterapije, Phyton i analiza

PO podataka

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: Nema

VN

Izvod: U radu je vršena analiza podataka za planiranje radioterapije u cilju

IZ određivanja mogućnosti za automatsko planiranje radioterapije.

Datum prihvatanja teme od NN veća: 02.06.2021.
DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: prof. dr Miodrag Krmar

član: prof. dr Željka Cvejić

član: prof. dr Borislava Petrović

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph publication

DT

Type of record:

TR

Content code: Final paper

CC

Author: Malina Bontić

AU

Mentor/comentor: prof. dr Borislava Petrović

MN

Title: Automatic radiotherapy treatment planning possibilities

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Republic of Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2021.

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description: Chapters 5

PD Pages 102
SF Tables 32
SD Figures 8
SKW Graphs 24
UC Program codes 1

Scientific field: Physics

SF *Scientific discipline:* Medical physics

SD *Subject/ Key words:* Radiotherapy, radiotherapy treatment planning, Phyton data analysis

SKW
UC
Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD
Note: None
N
Abstract: Aim of this master thesis was data analysis information from radiotherapy plans to determining automatic radiotherapy treatment planning possibilities.

Accepted by the Scientific Board: 02.06.2021.

ASB
Defended on:

DE
Thesis defend board:
DB
President: Miodrag Krmar, PhD, Full professor
Member: Željka Cvejić, PhD, Full professor
Member: Borislava Petrović, PhD, Associate professor