

Uputa za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Uputa za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
--	---

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. METODOLOGIJA.....	2
2.1. Fantomi za simulaciju kliničkih slučajeva	2
2.2. Dozimetrijska oprema	5
2.3. Usporedba izmjerene i izračunate apsorbirane doze i tolerancije	7
2.4. Dozimetrijski testovi	8
2.4.1. Osnovne provjere.....	8
2.4.1.1. Test 1: Referentno polje, SSD	8
2.4.1.2. Test 2: Referentno polje, SAD	8
2.4.1.3. Test 3: Malo polje.....	9
2.4.1.4. Test 4: Bočno polje	9
2.4.1.5. Test 5: Koso polje	10
2.4.2. Srednje složene provjere	12
2.4.2.1. Test 6: Polje s blokiranim kutevima	12
2.4.2.2. Test 7: Polje oblikovano prema volumenu kreiranim funkcijom Automargin	13
2.4.2.3. Test: 8-13: Simetrična polja različitih veličina s fizičkim klinovima (RW).....	14
2.4.2.4. Test: 14-19: Simetrična polja različitih veličina sa virtualnim klinovima (VW)	17
2.4.3. Složene provjere	22
2.4.3.1. Test 21: Kosi snop s nepravilnim poljem i blokiranim centrom polja	22
2.4.3.2. Test 22: Nekomplanarni snopovi s rotacijom stola i kolimatora	23
2.4.3.3. Test 23-24: Nepravilna polja sa virtualnim klinovima	24
2.4.4. Kliničke provjere	26
2.4.4.1. Test 26: Plan s tri polja	26
2.4.4.2. Test 27: Plan s četiri polja.....	27
2.4.4.3. Test 28: Plan s pet polja	28
2.4.4.4. Test 29: Plan sa tri polja (asimetrične blende, fizički klinovi).....	29
2.4.4.5. Test 30: Plan sa tri polja (virtualni klinovi)	30
2.4.4.6. Test 31: Plan s dva tangencijalna polja sa fizičkim klinovima.....	30
2.4.4.7. Test 32: Plan s dva tangencijalna polja sa virtualnim klinovima	31
2.4.4.8. Test 33: Provjera ConPas tehnike zračenja s fizičkim klinovima.....	32
2.4.4.9. Test 34: Provjera ConPas tehnike zračenja sa virtualnim klinovima	34
2.5. Analiza podataka.....	36
2.6. Završne odredbe	37

1. UVOD

Nakon što je proveden osnovni dio dozimetrijskih provjera u homogenom fantomu koji služi za provjeru matematički modeliranih snopova u sustavu za planiranje, potrebno je provjeriti rad sustava u kliničkim uvjetima. U tu svrhu se koriste antropomorfni fantomi kojima se simuliraju klinički uvjeti i u kojima se može mjeriti doza. Na taj način se mogu utvrditi ograničenja računalnih algoritama koje sustav za planiranje koristi za izračun doznih raspodjela. Drugim riječima, može se utvrditi raspon odstupanja između planirane i izmjerene doze u terapiji zračenjem snopovima fotona linearnog akceleratora.

Kontrolom kvalitete sustava za planiranje terapije zračenjem umanjuje se vjerojatnost pogreške sustava koja može dovesti do neopravdanog ozračenja. Prijedlog pravilnika je izrađen prema preporukama Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA)-Technical Report Series 430, Technical Document 1540 i 1583).



Slika 1.1. Antropomorfni fantom na terapijskom stolu
linearnog akceleratora

2. METODOLOGIJA

2.1. Fantomi za simulaciju kliničkih slučajeva

Za dozimetrijske testove preporuča se korištenje antropomorfnih fantoma (npr. CIRS Head&Neck, Thorax, CIRS Inc., Norfolk). Fantomi (slika 2.1.) su sačinjeni od materijala različitih elektronskih gustoća. U svakom od materijala moguće je provesti mjerenje u više točaka.



Slika 2.1. Antropomorfní fantomi CIRS a) Thorax, b) Head&Neck

	gustoća/gcm⁻³	elektronska gustoća/ cm⁻³×1023	relativna elektronska gustoća
pluća	0.21	0.69	0.207
kost	1.60	5.03	1.506
tkivo	1.04	3.35	1.003

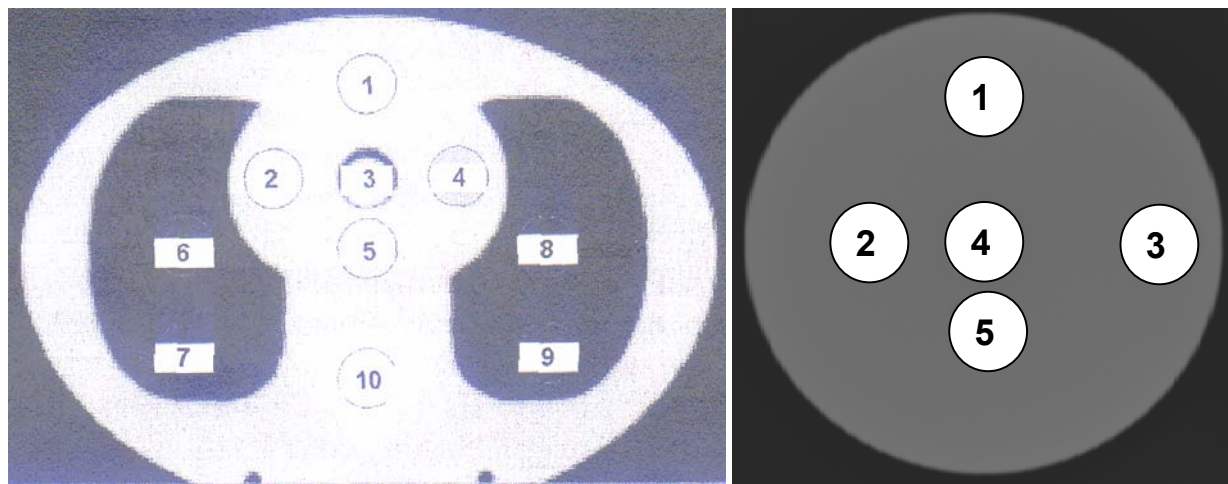
Tablica 2.1: Vrijednosti za gustoće materijala u CIRS fantomima

Antropomorfní fantom treba skenirati na CT simulatoru u položaju u kojem će biti izvođena mjerenja. CT presjeci fantoma korištenih za provjere s pozicijama predviđenim za mjerenje ionizacijskom komorom prikazani su na slici 2.3.



Slika 2.2. Položaj fantoma na CT simulatoru

Tako dobiveni podaci šalju se u sustav za planiranje terapije zračenjem. U njemu, se na temelju zadanih parametara (terapijski uređaj, energija snopa, oblik polja zračenja...), za svaki test izračunava raspodjela doze.

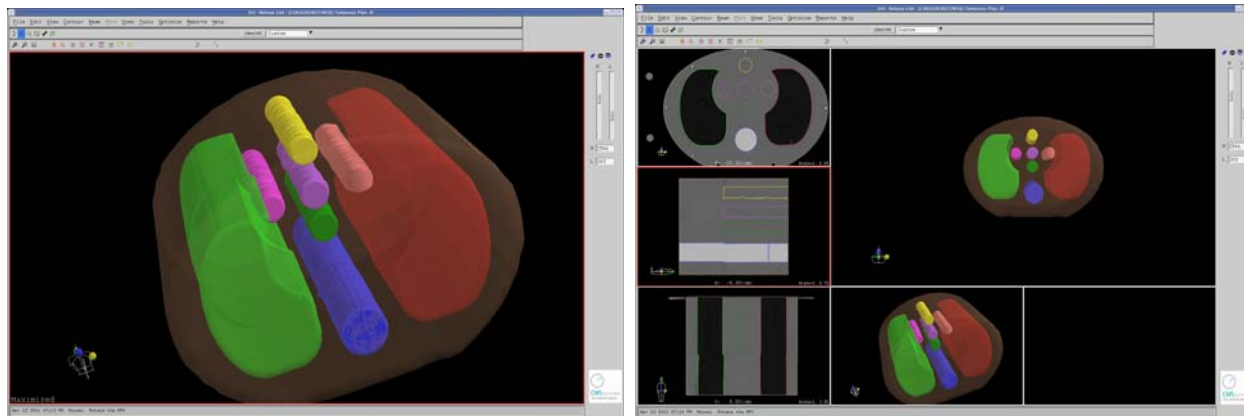


Slika 2.3. CT presjeci s označenim točkama za mjerenje ionizacijskom komorom: CIRS Thorax fantom (lijevo) CIRS Head&Neck fantom (desno)

Dozu u točkama od interesa treba računati koristeći algoritme koji se namjeravaju klinički koristiti te odgovarajuće kalkulacijske matrice.

Državni zavod za radiološku i
nuklearnu sigurnost

Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole
kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu



Slika 2.4. Sučelje sustava za planiranje Elekta XiO

2.2. Dozimetrijska oprema

Za mjerenje treba koristiti kalibrirani dozimetrijski sustav koji se sastoji od elektrometra i ionizacijske komore tipa Farmer ili ionizacijske komore volumena cca. 0.13 cm³. Prije izvođenja mjerenja poželjno je provjeriti stabilnost dozimetrijskog sustava pomoću, za tu svrhu namijenjenog, izvora ⁹⁰Sr.



Slika 2.5. Dozimetrijska oprema koja se koristi pri provjerama, elektrometar i ionizacijske komore različitih volumena.



Slika 2.6. CIRS Thorax fantom s ionizacijskom komorom

Izmjerene vrijednosti odziva potrebno je korigirati za sljedeće faktore:

- kvaliteta snopa (k_{QQ_0})
- polarizacija (k_{pol})
- rekombinacija (k_s)
- tlak i temperatura ($k_{t,p}$).

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.3. Usporedba izmjerene i izračunate apsorbirane doze i tolerancije

Za procjenu odstupanja izmjerene (D_{meas}) i sustavom za planiranje izračunate (D_{calc}) doze može se koristiti izraz definiran u dokumentu IAEA TecDoc-1583:

$$\Delta(\%) = \frac{D_{calc} - D_{meas}}{D_{meas,ref}} \times 100$$

gdje je Δ odstupanje između izmjerene i izračunate apsorbirane doze, D_{calc} je izračunata doza u traženoj točki, D_{meas} je izmjerena doza u istoj točki a $D_{meas,ref}$ je izmjerena doza u referentnoj točki. Rezultati se mogu procjenjivati u skladu s vrijednostima definiranim u Tablici 2.2.

područje	vrsta područja	osnovna geometrija (homogeno)	složena geometrija (klinovi, nehomogeno, asimetrija)	vrlo složena geometrija (kombinacija složenih geometrija)
centralna os	visoka doza, mali dozni gradijent	2%	3%	4%
build up, gradijent	visoka doza, veliki dozni gradijent	2 mm ili 10%	3 mm ili 15%	3 mm ili 15%
off axis	visoka doza, mali dozni gradijent	3%	3%	4%
izvan snopa	mala doza, mali dozni gradijent	3% ^b (30%)	4% ^b (40%)	5% ^b (50%)
^a pomak od 1mm odgovara razlici u dozi od 5% (realna vrijednost za visoku dozu, veliki dozni gradijent) ^b postotak je primjenjiv uz jednadžbu $100 \cdot (D_{calc} - D_{meas}) / D_{meas,calc}$ vrijednost u zagradi je primjenjiva uz jednadžbu $100 \cdot (D_{calc} - D_{meas}) / D_{meas}$ gdje je D_{meas} mjerena doza u istoj točki u kojoj je i izračunata				

Tablica 2.2. Tolerancije prema Venselaar, J., Welleweerd, H., Mijnheer, B., *Tolerances for the accuracy of photon beam dose calculations of treatment planning systems*, Radiotherapy Oncology. 60 (2001) 191-201.

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4. Dozimetrijski testovi

Testove treba provesti za fotonske snopove linearnih akceleratora koji će bit korišteni u planiranju terapije. Kod linearnih akceleratora s dvije energije fotona uobičajeno je označavanje snopa niže energije X_{low} , a više X_{high} pa je ta notacija korištena i u priručniku. Planove treba napraviti poštujući uvjete iz tablice dane za pojedini test. Broj monitorskih jedinica (MU), osim gdje je to drukčije navedeno, izračunati tako da doza u referentnoj točki bude 2 Gy. Za svaku točku u pojedinom testu izvesti barem 2 mjerenja.

2.4.1. Osnovne provjere

2.4.1.1. Test 1: Referentno polje, SSD

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za referentno polje u neizocentričkoj tehnici.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	SSD=SAD=100cm	3	1, 3, 5, 9, 10	10×10	0	0

Tablica 2.3. Geometrija za test 1

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5				2
9				4
10				3

2.4.1.2. Test 2: Referentno polje, SAD

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za referentno polje u izocentričkoj tehnici.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	SSD=97cm	1	1, 3, 5, 9, 10	10×10	0	0

Tablica 2.4. Geometrija za test 2

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5				2
9				4
10				3

2.4.1.3. Test 3: Malo polje

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za malo polje. U slučaju kad se mjerenje izvodi ionizacijskom komorom tipa Farmer veličina polja je $5 \times 5 \text{ cm}^2$, a u slučaju komore manjeg volumena (IBA CC13, PTW Semiflex) veličina polja je $3 \times 3 \text{ cm}^2$.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 5	5	1, 3, 5, 9, 10	5×5 (3×3)	0	0

Tablica 2.5. Geometrija za test 3

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5				2
9				4
10				3

2.4.1.4. Test 4: Bočno polje

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 3	3	3, 6, 8	10×10	90	0

Tablica 2.6. Geometrija za test 4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3				3
6, 8				4



Slika 2.7. Mjerni postav za test 4.

2.4.1.5. Test 5: Koso polje

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze unutar volumena s različitim gustoćama kada je prisutan i određeni manjak tkiva.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 1	1	1, 8	10×15	300	0

Tablica 2.7. Geometrija za test 5

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
--	---

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 8				4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4.2. Srednje složene provjere

2.4.2.1. Test 6: Polje s blokiranim kutevima

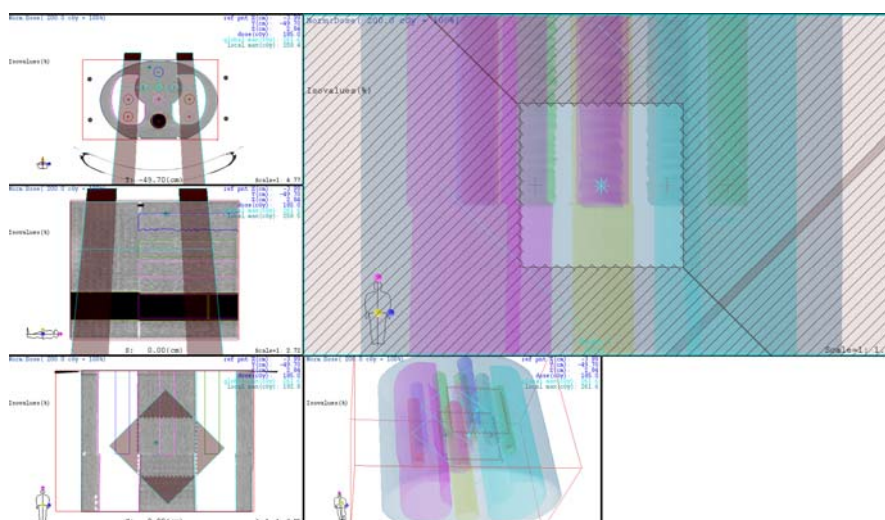
Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za višelamelarnim kolimatorom (MLC) oblikovano polje.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 3	3	3	14×14 blokirano na 10×10	0	45

Tablica 2.8. Geometrija za test 6

X_{low} , X_{high}

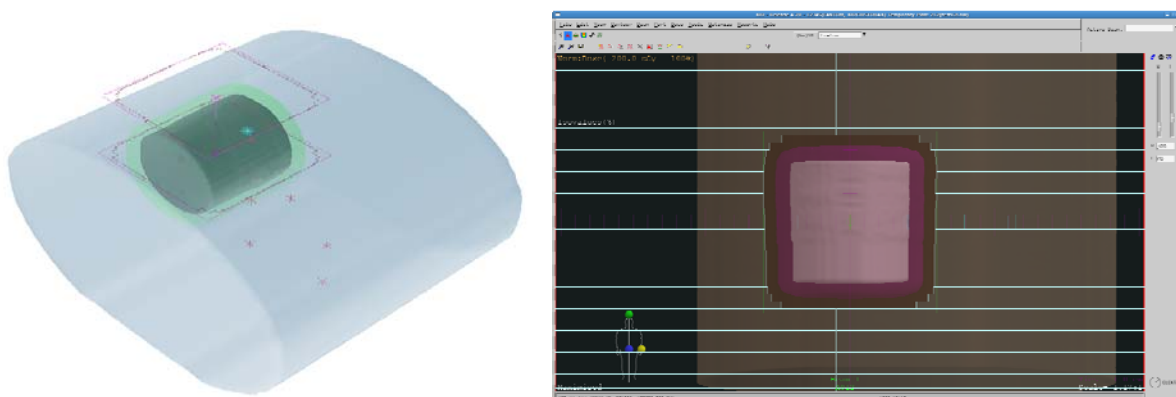
točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3				3



Slika 2.8. Polje s blokiranim kutevima

2.4.2.2. Test 7: Polje oblikovano prema volumenu kreiranim funkcijom Automargin

Polje je kreirano automatski (funkcija AutoPort) poštujući sljedeće uvjete: na cilindar čiji je promjer 8 cm i visina 8 cm je postavljena automatska margina od 1 cm u svim smjerovima te je centriran u točku 2.



Slika 2.9. Automatski kreirano MLC polje

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 2	2	2, 7	MLC	0	0

Tablica 2.9. Geometrija za test 7

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2				2
7				4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4.2.3. Test: 8-13: Simetrična polja različitih veličina s fizičkim klinovima (RW)

Svrha testova je provjeriti točnost izračunate doze za različite veličine simetričnih polja s fizičkim klinovima.

Test 8

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	3, 5, 10	5×5	0	90	RWxy*

*-xy predstavlja nagib klina koji se koristi u provjeri

Tablica 2.10. Geometrija za test 8

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3, 5				3
10				4

Test 9

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5, 10	10×10	0	90	RWxy

Tablica 2.11. Geometrija za test 9

X_{low} , X_{high}

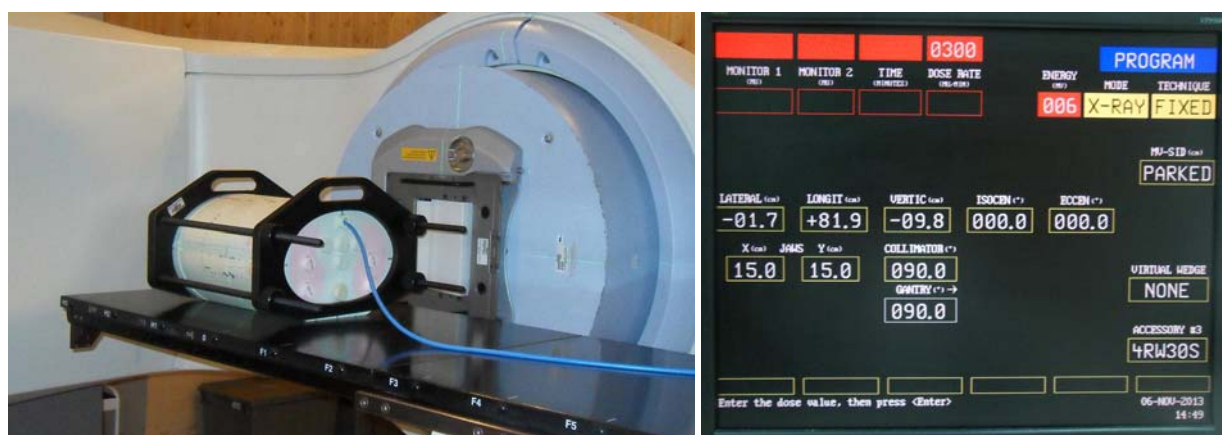
točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
10				4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

Test 10

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5,10	15×15	0	90	RWxy

Tablica 2.12. Geometrija za test 10



Slika 2.10. Mjerni postav za test 10.

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
10				4

Test 11

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5, 6,10	20×20	0	90	RWxy

Tablica 2.13. Geometrija za test 11

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
6, 10				4

Test 12

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	1, 3, 5, 6, 8,10	15×15	90	90	RWxy

Tablica 2.14. Geometrija za test 12

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5, 6, 8, 10				4

Test 13

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	1, 3, 5, 6, 8,10	15×15	270	270	RWxy

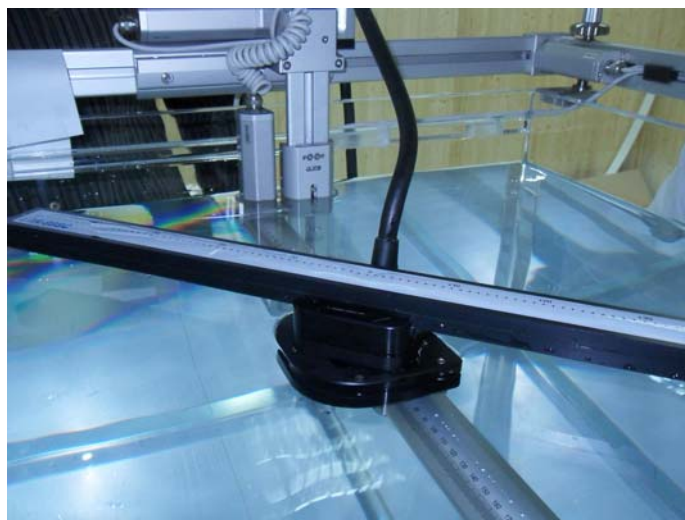
Tablica 2.15. Geometrija za test 13

X_{low} , X_{high}

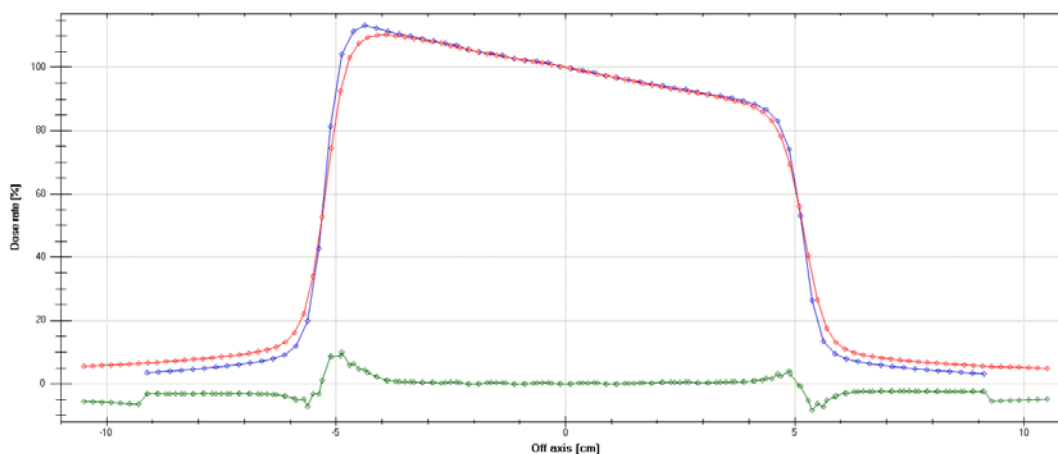
točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5, 6, 8, 10				4

2.4.2.4. Test: 14-19: Simetrična polja različitih veličina sa virtualnim klinovima (VW)

Prije uporabe virtualnih klinova u terapijske svrhe nužno je usporediti profile polja snopova s virtualnim i fizičkim klinovima. U tu svrhu se može koristiti linearni detektor (npr. IBA LDA-99, slika 2.11.) u vodenom fantomu. Profili polja za virtualni i fizički klin i njihova razlika prikazani su na slici 2.12.



Slika 2.11. Detektor IBA LDA-99



Slika 2.12. Profili polja snopa 6 MV veličine polja $10 \times 10 \text{ cm}^2$ s virtualnim 2VW30 (plavo) i fizičkim 2RW30 (crveno) klinom, te njihova razlika.

Na prikazan način mogu se usporediti svi fizički klinovi s virtualnima. Odstupanja, ne uključujući područje polusjene snopa, ne smiju biti veća od 5%.

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

Svrha sljedećih testova je provjeriti točnost izračunate doze za različite veličine simetričnih polja sa virtualnim klinovima.

Test 14

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	3, 5, 10	5×5	0	90	VWxy

Tablica 2.16. Geometrija za test 14

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3, 5				3
10				4

Test 15

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5, 10	10×10	0	90	VWxy

Tablica 2.17. Geometrija za test 15

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
10				4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

Test 16

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5,10	15×15	0	90	VWxy

Tablica 2.18. Geometrija za test 16

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
10				4

Test 17

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5, 6,10	20×20	0	90	VWxy

Tablica 2.19. Geometrija za test 17



Slika 2.13. Parametri linearnog akceleratora za test 17.

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
6, 10				4

Test 18

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	1, 3, 5, 6, 8,10	15×15	90	90	VWxy

Tablica 2.20. Geometrija za test 18

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5, 6, 8, 10				4

Test 19

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	1, 3, 5, 6, 8,10	15×15	270	270	VWxy

Tablica 2.21. Geometrija za test 19

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 3, 5, 6, 8, 10				4

2.4.2.5. Test 20: Kosi snop sa fizičkim klinom

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze u mjernoj geometriji s manjkom tkiva.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 1	1	1	10×15	90	0	RW45

Tablica 2.22. Geometrija za test 20

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1				3

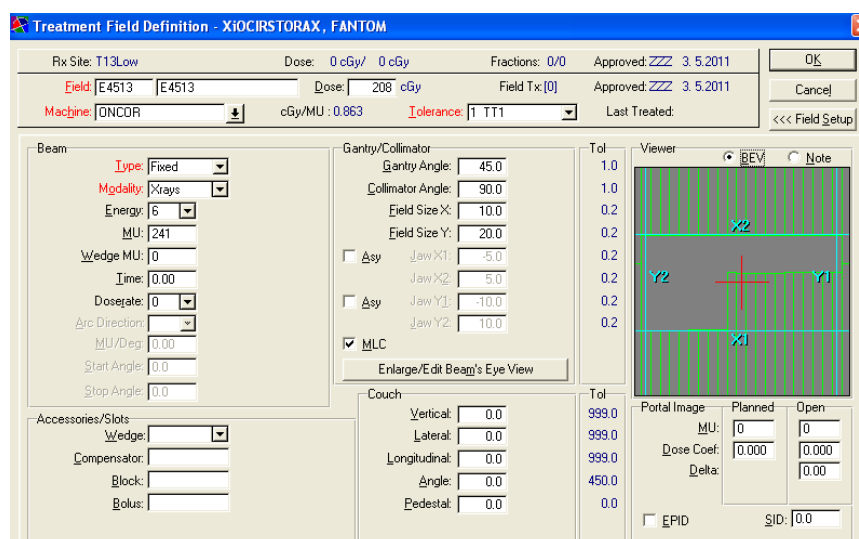
2.4.3. Složene provjere

2.4.3.1. Test 21: Kosi snop s nepravilnim poljem i blokiranim centrom polja

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za nepravilna polja kada je blokiran centar polja u mjernoj geometriji s manjkom tkiva.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerjenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
1	izocentar u točki 3	3	2, 3, 6, 7, 10	MLC	45	90

Tablica 2.23. Geometrija za test 21



Slika 2.14. Kosi snop sa nepravilnim poljem i blokiranim centrom polja

X_{low} , X_{high}

točke mjerjenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2				2
3				3
6, 7, 10				4

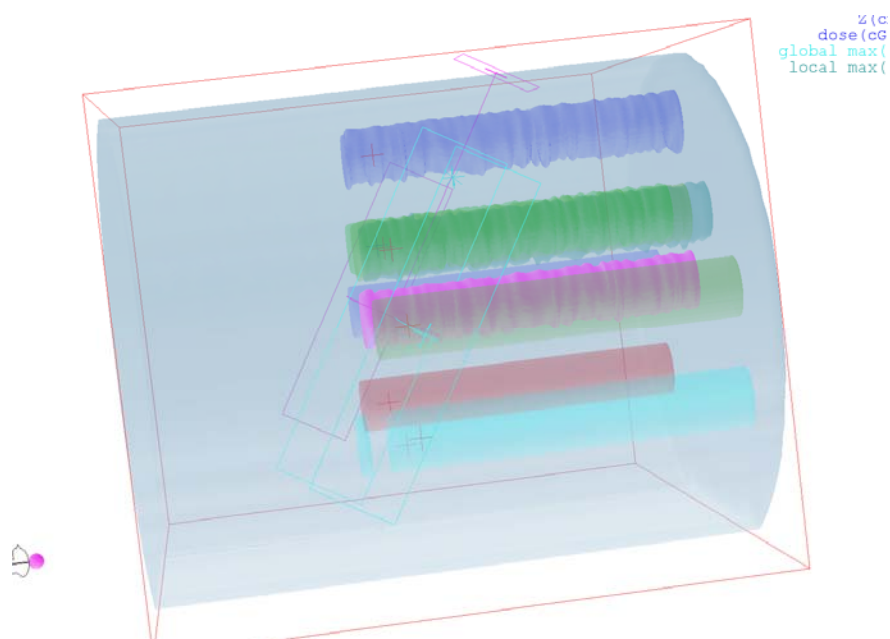
Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4.3.2 Test 22: Nekomplanarni snopovi s rotacijom stola i kolimatora

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze u nekomplanarnoj geometriji.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
3	izocentar u točki 5	5	5	16×5 16×5 5×5 (stol 270°)	90 270 30	330 30 0

Tablica 2.24. Geometrija za test 22



Slika 2.15. Nekomplanarni snopovi sa rotacijom stola i kolimatora

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
5	30				3
	90				3
	270				3
	Σ				3

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4.3.3. Test 23-24: Nepravilna polja sa virtualnim klinovima

Svrha testova je provjeriti točnost izračunate doze za nepravilna polja s virtualnim klinovima.

Test 23

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	3, 5, 6, 8,10	MLC	0	90	VW30

Tablica 2.25. Geometrija za test 23

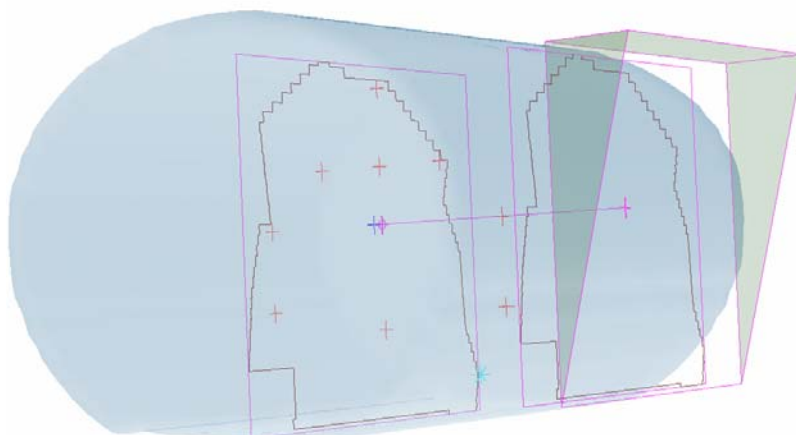
X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3, 5				3
6, 8, 10				4

Test 24

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
1	izocentar u točki 5	5	3, 4, 5, 8,10	MLC	90	90	VW45

Tablica 2.26. Geometrija za test 24



Slika 2.16. Nepravilno bočno polje s virtualnim klinom

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3, 4, 5, 8, 10				4

2.4.3.5. Test 25: Nasuprotna polja sa virtualnim klinom

Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze kod nasuprotnih polja sa virtualnim klinom.

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
2	izocentar u točki 5	5	2, 3, 5, 6, 8,10	MLC MLC	0 180	270 90	VW45 VW45

Tablica 2.27. Geometrija za test 25

X_{low} , X_{high}

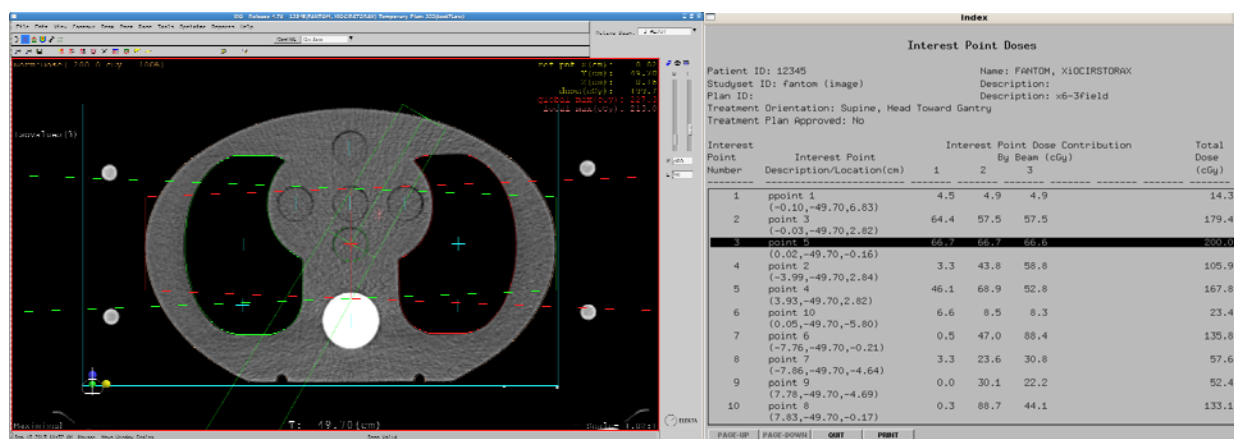
točke mjerenja	izračunata doza (cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
2, 3, 5				3
6, 8, 10				4

2.4.4. Kliničke provjere

U svrhu inicijalne provjere rada sustava za planiranje potrebno je odabrati tipične kliničke postavbe. One osim u tu svrhu mogu koristiti i za provjeru rada sustava za planiranje nakon nadogradnji.

Svrha testova je provjeriti točnost izračunate doze za neke od standardnih tehnika. Izračunava se odstupanje za svako pojedinačno polje, kao i za njihov ukupni doprinos.

2.4.4.1. Test 26: Plan s tri polja



Slika 2.17. Plan sa tri polja (XiO CMS) i točke od interesa

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
3	izocentar u točki 5	5	5, 6, 8	5×5 16×5 16×5	30 90 270	0 330 30

Tablica 2.28. Geometrija za test 26

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

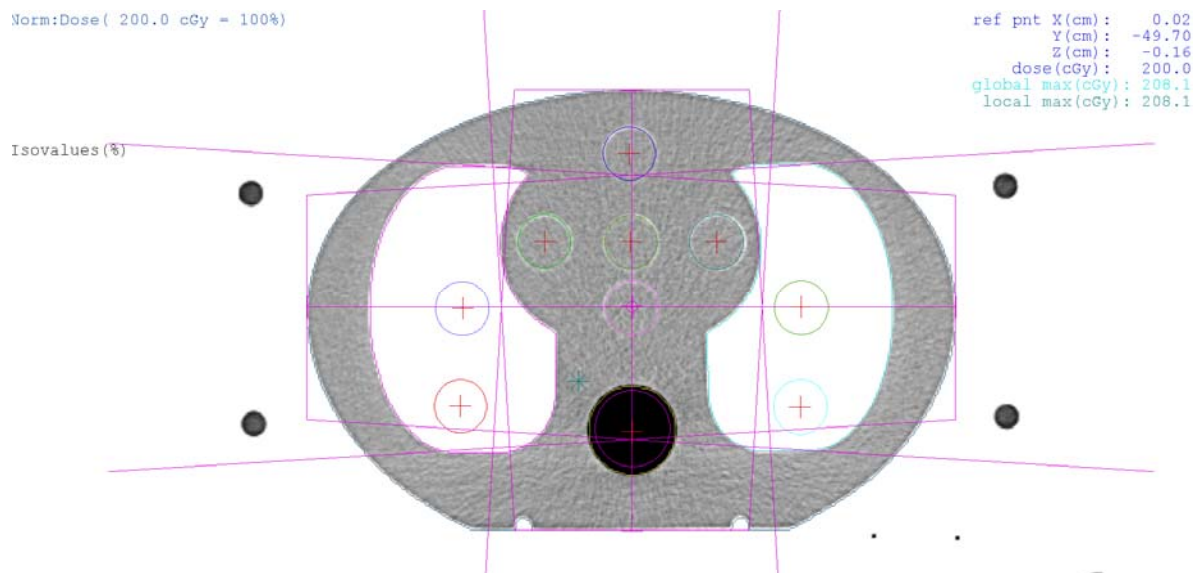
X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
5, 6, 8	30				3
	90				4
	270				4
	Σ				4

2.4.4.2 Test 27: Plan s četiri polja

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
4	izocentar u točki 5	5	5, 6,10	12×10 12×10 12×8 12×8	0 180 90 270	0 0 0 0

Tablica 2.29. Geometrija za test 27



Slika 2.18. Plan sa četiri polja

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
5	0				2
	180				3
	90				3
	270				3
	Σ				3
6	0				4
	180				4
	90				3
	270				3
	Σ				4
10	0				3
	180				3
	90				4
	270				4
	Σ				4

2.4.4.3. Test 28: Plan s pet polja

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora
4	izocentar u točki 5	5	5, 6,10	10×8	0 300 250 110 60	0

Tablica 2.30. Geometrija za test 28

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
5	0				2
	300				3
	250				3
	110				3
	60				3
	Σ				3
6,10	0				4
	300				4
	250				4
	110				4
	60				4
	Σ				4

2.4.4.4. Test 29: Plan sa tri polja (asimetrične blende, fizički klinovi)

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
3	izocentar u točki 3	3	3	12×10 (0+6)×10 (0+6)×10	0 90 270	0 0 0	--- RW30 RW15

Tablica 2.31. Geometrija za test 29

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
3	0				2
	90				4
	270				4
	Σ				4

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

2.4.4.5. Test 30: Plan sa tri polja (virtualni klinovi)

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
3	izocentar u točki 5	5	5, 6, 8	5×5 16×5 16×5	30 90 270	0 270 90	VW15 VW30

Tablica 2.32. Geometrija za test 30

X_{low} , X_{high}

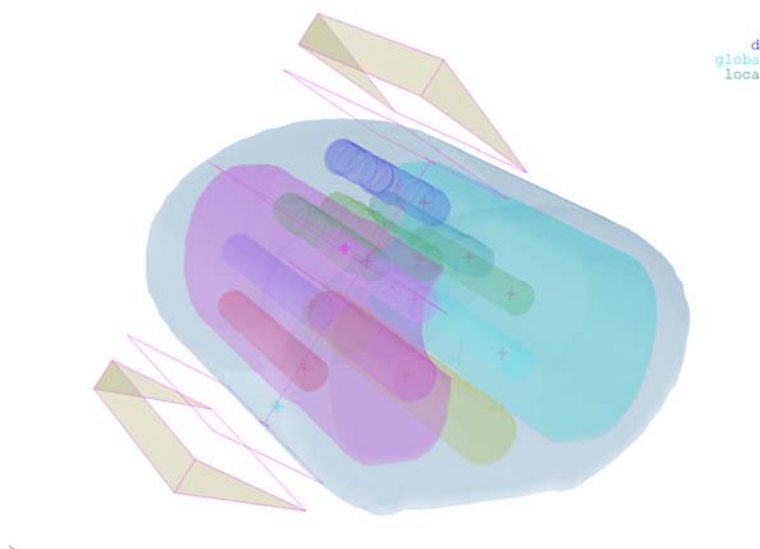
točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
5, 6, 8	30				3
	90				4
	270				4
	Σ				4

2.4.4.6. Test 31: Plan s dva tangencijalna polja sa fizičkim klinovima

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
2	izocentar u točki 3	2	1, 2, 6	(10+0)×(11+8) (10+0)×(8+11)	30 210	0 180	RW15 RW30

Tablica 2.33. Geometrija za test 31

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--



Slika 2.19. Tangencijalna polja sa realnim klinovima

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1	30				3
	210				4
	Σ				4
2, 6	30				4
	210				4
	Σ				4

2.4.4.7. Test 32: Plan s dva tangencijalna polja sa virtualnim klinovima

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
2	izocentar u točki 5	3	1, 2, 6	$(7.5+10.5) \times (10+0)$ $(7.5+10.5) \times (0+10)$	60 240	90 270	VW30 VW30

Tablica 2.34 Geometrija za test 32

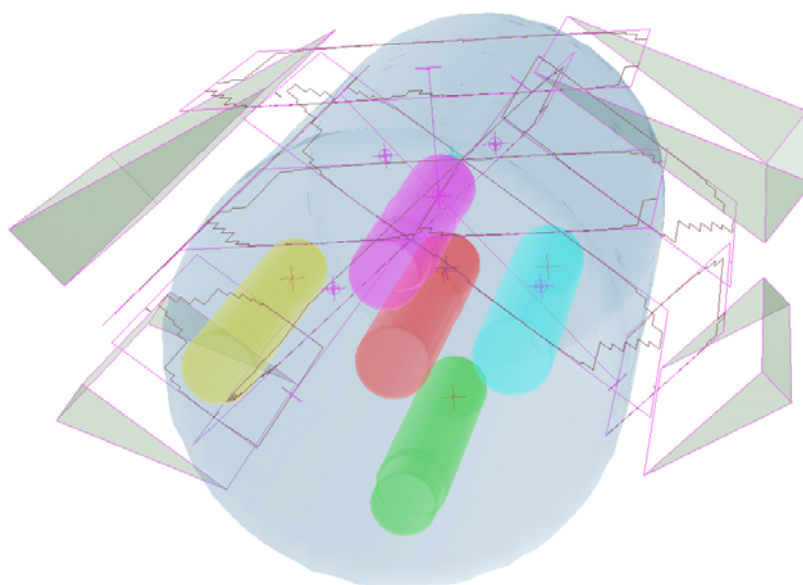
Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

X_{low} , X_{high}

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1, 2, 6	60				4
	240				
	Σ				

2.4.4.8. Test 33: Provjera ConPas tehnike zračenja s fizičkim klinovima

ConPas je složena tehnika zračenja koja je specifična zbog oblika ciljnog volumena. Svrha testa je provjeriti točnost izračunate doze za različite kuteve rotacije stativa i kolimatora uz uporabu odgovarajućih klinova, za svako pojedinačno polje, kao i za njihov ukupni doprinos.



Slika 2.20. Tehnika planiranja – ConPas

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
5	izocentar u točki 4	2	1, 2, 3, 4,5	MLC	0 220 320 40 140	90 180 180 0 0	--- RW45 RW45 RW45 RW45

Tablica 2.35. Geometrija za test 33

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
---	--

točke mjerenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1	0				4
	220				4
	320				4
	40				5
	140				5
	Σ				5
2, 4	0				5
	220				5
	320				5
	40				5
	140				5
	Σ				5
3, 5	0				4
	220				4
	320				4
	40				4
	140				4
	Σ				4

2.4.4.9. Test 34: Provjera ConPas tehnike zračenja sa virtualnim klinovima

broj snopova	set up	referentna točka	točke mjerenja	veličina polja	kut stativa	kut kolimatora	modifikator snopa
5	izocentar u točki 4	2	1, 2, 3, 4,5	MLC	0	90	--
					220	180	VW45
					320	180	VW45
					40	0	VW45
					140	0	VW45

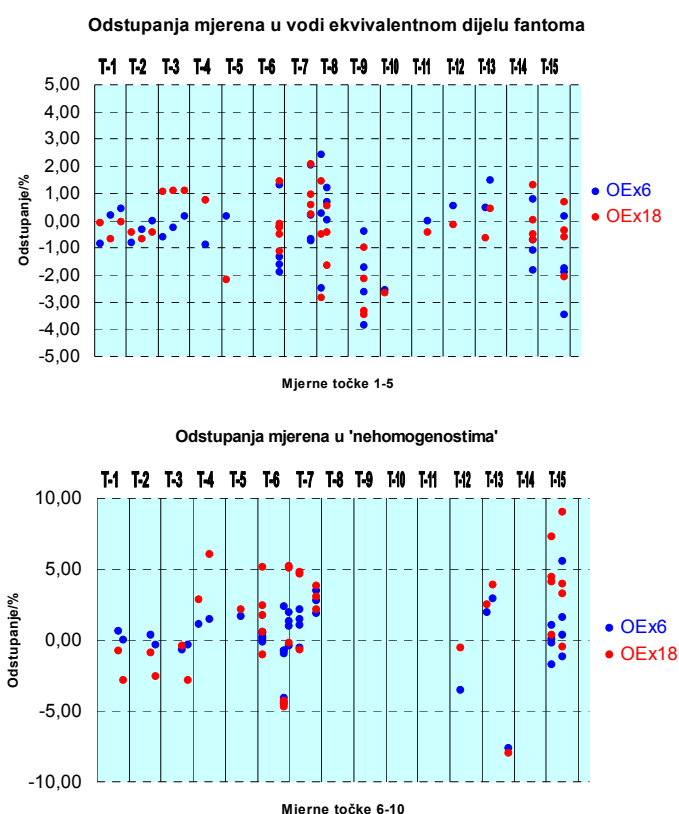
Tablica 2.36 Geometrija za test 34

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost	Prijedlog upute za izradu priručnika za provedbu kontrole kvalitete sustava za planiranje u antropomorfnom fantomu
--	---

točke mjerjenja	stativ	izračunata doza(cGy)	mjerena doza (cGy)	odstupanje %	tolerancija %
1	0				4
	220				4
	320				4
	40				5
	140				5
	Σ				5
2, 4	0				5
	220				5
	320				5
	40				5
	140				5
	Σ				5
3, 5	0				4
	220				4
	320				4
	40				4
	140				4
	Σ				4

2.5. Analiza podataka

Zbog boljeg uvida u razloge eventualnih odstupanja izračunatih i eksperimentalno dobivenih vrijednosti preporuča se grupiranje srodnih podataka (npr. prema energiji, sa/bez modifikatora snopa, prema vrsti modifikatora snopa, prema dijelu fantoma u kojem se mjeri...). Dobro je analizu odstupanja za svaku grupu prikazati grafički.



Slika 2.21. Grafički prikaz podataka grupiranih prema parametaru od interesa

Uzroci većih neslaganja mogu biti vezani uz ograničenja mjernog sustava i/ili računalnog algoritma. Dozimetrijska ograničenja nisu predmet ovog priručnika, a neslaganja vezana uz ograničenja računalnog algoritma mogu poslužiti kao vodič planeru pri optimizaciji plana terapije. Preporuča se izrada vlastitih testova sukladno kliničkoj praksi. Pri tome voditi računa o područjima mjerenja u kojima je mjerna nesigurnost velika i nastojati ih izbjegavati.

2.6. Završne odredbe

Proces osiguranja kvalitete sustava za planiranje terapije zračenjem obuhvaća:

- 1. testove prihvata sustava i pripremu za kliničku uporabu**
- 2. periodične provjere**
- 3. provjere nakon nadogradnje komponenti računala ili programskog paketa**

U priručniku su opisani testovi koje je nužno provesti u sklopu prihvata i pripreme za kliničku uporabu. Periodične provjere se mogu temeljiti na tim testovima, a učestalost izvođenja ovisi o pretpostavljenim mogućnostima promjene pojedinog parametra sustava za planiranje. Određivanje učestalosti izvođenja periodičnih provjera prepuštena je korisniku vezano uz specifičnosti okruženja u kojem djeluju.

Nakon nadogradnje komponenti računala i/ili programskog paketa potrebno je provjeriti rad sustava za planiranje na određenom broju tipičnih testova čiji je izbor vezan uz specifičnosti pojedine kliničke prakse i kao takav prepušten na izbor krajnjem korisniku. Rezultate odabranih ponovljenih testova je potrebno usporediti s izračunatim i izmjerenim vrijednostima dobivenim prilikom izvođenja testova prihvata i pripreme za kliničku uporabu.