

**Státní ústav radiální ochrany, v.v.i.**  
140 00 Praha 4, Bartoškova 28

Odbor lékařských expozií

## **Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod (certifikovaná metodika)**

### **Vypracoval:**

<b>Funkce</b>	<b>Jméno</b>	<b>Datum</b>	<b>Podpis</b>
Vedoucí odboru lékařských expozií	Ing. Ivana Horáková, CSc.		
Výzkumný a vývojový pracovník	Ing. Irena Koniarová, PhD.		
Výzkumný a vývojový pracovník	Ing. Vladimír Dufek		

### **Přezkoumal a schválil:**

<b>Funkce</b>	<b>Jméno</b>	<b>Datum</b>	<b>Podpis</b>
Vedoucí odboru lékařských expozií	Ing. Ivana Horáková, CSc.		
Oponent (zástupce státní správy)	RNDr. Čestmír Berčík (SÚJB)		
Oponent (odborník z oboru)	Ing. Jaromír Šnobl (Nemocnice Jihlava)		
Archivní označení	SOP 20	Číslo revize	1
Výtisk číslo	1	Rok uplatnění metodiky	2013

### **Rozdělovník:**

<b>Výtisk</b>	<b>Převzal</b>	<b>Datum</b>	<b>Podpis</b>
	vedoucí odboru lékařských expozií		

Vztah k výzkumnému záměru nebo projektu

TB01SUJB071

Státní ústav radiční ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozic	List: 2 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## Změnový list

Číslo změny	Vypracoval	Důvod změny		Schválil	Účinnost od
	Jméno, podpis	Nové listy:	Zrušené listy:	Jméno, podpis	
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					

## Přehled revizí

Číslo revize	Důvod revize	Účinnost revize od
0	Původní verze: Příloha č. 2.3 v Průběžné zprávě projektu TB01SUJB071 za 2. etapu	1.12.2012
1	Úpravy po uskutečnění plošné studie na 18 pracovištích v ČR	1.10.2013
2		
3		
4		
5		

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 3 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## Obsah

A	Cíl metodiky .....	4
B	Vlastní popis metodiky .....	4
1	Názvosloví a zkratky .....	4
2	Specifikace zkušebního postupu .....	5
3	Podstata zkoušky .....	6
4	Validace a verifikace .....	7
5	Bezpečnost práce .....	7
6	Pracovníci, prostory a prostředí .....	7
6.1	Pracovníci .....	7
6.2	Prostory a prostředí .....	8
7	Zkušební zařízení .....	9
8	Příprava na prověrku moderních radioterapeutických metod .....	10
8.1	Převzetí požadavku na provedení prověrky moderních radioterapeutických metod 10	10
8.2	Příprava SÚRO na prověrku moderních radioterapeutických metod.....	10
8.3	Příprava pracoviště na prověrku moderních radioterapeutických metod.....	10
9	Postup prověrky moderních radioterapeutických metod.....	16
9.1	Příprava na měření na pracovišti .....	16
9.2	Postup prověrky moderních radioterapeutických metod.....	17
10	Vyjadřování výsledků a tolerance .....	23
11	Zpracování výsledků a vyhotovení protokolu .....	25
12	Odhad nejistot .....	25
13	Mez stanovitelnosti .....	26
14	Řízení kvality .....	26
14.1	Vnitřní kontrola .....	26
14.2	Vnější kontrola .....	27
15	Protokol o zkoušce .....	27
16	Záznamy .....	28
17	Seznam příloh.....	30
C	Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice .....	31
D	Popis uplatnění Certifikované metodiky .....	31
E	Seznam použité související literatury.....	31
F	Seznam publikací .....	31

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 4 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## A Cíl metodiky

Cílem metodiky je popsat postup prověrky moderních radioterapeutických metod na radioterapeutických pracovištích. Metodika obsahuje jednak postup pro pracoviště, kde jsou specifikovány instrukce, jak se má pracoviště na prověrku připravit a co je nutné z jeho strany před provedením prověrky udělat, jednak postup pro pracovníky SÚRO, jenž popisuje vlastní provedení prověrky na radioterapeutickém pracovišti a následné zpracování a vyhodnocení.

Cílem prověrky moderních radioterapeutických metod je ověřit správné dodání dávky do cílového objemu a nepřekročení deklarované dávky do kritického orgánu (rekta) při radioterapii prostaty pokročilými radioterapeutickými technikami, jakož i stanovovat, hodnotit a porovnávat další důležité parametry související s realizací radioterapie prostaty.

## B Vlastní popis metodiky

### 1 Návosloví a zkratky

V tomto dokumentu jsou použity následující termíny, definice a zkratky:

IMRT	Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (Intensity modulated radiation therapy)
IMAT	Rotační radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (Intensity modulated arc therapy)
3D CRT	3D konformní radioterapie
MLC	Vícemelový kolimátoru (Multileaf collimator)
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany, veřejná výzkumná instituce
CT	Výpočetní tomografie (Computed tomography)
RED	Relativní elektronová hustota (Relative electron density)
PTV	Plánovací cílový objem (Planning treatment volume)
2D	Dvourozměrný
PTW	výrobce PTW - Freiburg (Dosimetry systems and ionization chambers for the measurement of ionizing radiation, primarily for the medical field)
DICOM	Zkratka pro Digital Imaging and Communications in Medicine. Standard pro zobrazování, distribuci, skladování a tisk medicínských dat pořízených snímacími metodami jako je např. CT.
PMMA	Polymethyl methacrylate
SSD	Vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření ke vstupnímu povrchu ozařovaného objektu (Source to surface distance)
SAD	Vzdálenost měřená podél osy svazku od zdroje záření k izocentra (Source to axis distance)
MU	Monitorová jednotka (Monitor unit)
DVH	Dávkově objemový histogram (Dose volume histogram)
ASCII	Zkratka pro American Standard Code for Information Interchange. Znaková sada.
HU	Hounsfieldova jednotka
DTA	Distance to agreement – vzdálenost bodů se stejnou hodnotou dávky
TPS	Terapeutický plánovací systém

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 5 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## 2 Specifikace zkušební postupu

Metodika popisuje způsob provedení prověrky moderních radioterapeutických metod s fantomem malé pánve. Radioterapie prostaty se provádí pokročilými radioterapeutickými technikami, IMRT, IMAT (rotační radioterapie s modulovanou intenzitou svazku), příp. 3D CRT na lineárních urychlovačích vybavených vícelamelovým kolimátorem (MLC).

Prověrka moderních radioterapeutických metod bude provedena na základě žádosti objednatele, kterým je SÚJB, jiný subjekt nebo radioterapeutické pracoviště.

V rámci metodiky jsou zabezpečeny následující činnosti spojené s provedením prověrky moderních radioterapeutických metod:

- Převzetí požadavku na provedení prověrky moderních radioterapeutických metod
- Příprava SÚRO na prověrku moderních radioterapeutických metod
  - příprava přístrojů
  - odeslání dokumentů *Informace pro pracoviště* (Příloha č. 1), *Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod* (Příloha č. 2), *Postup pro pracoviště* (Příloha č. 3) na radioterapeutické oddělení (dále jen pracoviště)
- Doprava fantomu malé pánve a QUASAR antropomorfního fantomu na pracoviště
- Příprava pracoviště na prověrku moderních radioterapeutických metod
  - nasnímání QUASAR antropomorfního fantomu na CT
  - nasnímání fantomu malé pánve na CT
  - přenesení dat do terapeutického plánovacího systému
  - stanovení objemů struktur, CT čísel a relativních elektronových hustot (RED)
  - vytvoření plánu pro ověření kalibrace svazku
  - vytvoření kalibračního plánu pro komoru CC01 a Semiflex
  - vytvoření terapeutického plánu prostaty v souladu s místní praxí
  - vyexportování dvourozměrné dávkové distribuce pro terapeutický plán prostaty
  - vytvoření kalibračních plánů pro kalibraci gafchromických filmů
  - provedení předléčebné verifikace terapeutického plánu prostaty tak, jako by se jednalo o patientský plán (např. měření dávky v bodě ve fantomu pracoviště), zaznamenání výsledku předléčebné verifikace do dotazníku
  - umístění fantomu malé pánve do ozařovny minimálně jeden den před provedením prověrky (aby se fantom mohl temperovat)
  - vyplnění *Dotazníku k prověrce moderních radioterapeutických metod*
  - odeslání požadovaných dat (DVH, dávková distribuce) na email vladimir.dufek@suro.cz
- Kontrola vyplněného dotazníku před ozářením fantomu malé pánve
- Doprava přístrojů na pracoviště
- Ozáření fantomu malé pánve (za přítomnosti pracovníků SÚRO i pracoviště)
  - ozáření fantomu malé pánve (s vloženou komorou PTW 30013) za účelem stanovení saturačního a polaritního koeficientu
  - ozáření fantomu malé pánve (s vloženou komorou PTW 30013) plánem pro ověření kalibrace svazku

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 6 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

- ozáření fantomu malé pánve spolu s vloženou komorou CC01 podle kalibračního plánu
- ozáření fantomu malé pánve spolu s vloženou komorou Semiflex podle kalibračního plánu
- ozáření fantomu malé pánve spolu s příslušnými ionizačními komorami SÚRO (CC01 a Semiflex) a s vloženým gafchromickým filmem podle terapeutického plánu prostaty v souladu s místní praxí
- ozáření gafchromických filmů kalibračními plány pro kalibraci gafchromických filmů
- Zpracování výsledků
  - zaznamenání hodnot odečtu ionizačních komor, tlaku, teploty a dalších údajů do *Záznamového a výpočetního formuláře pro prověrku moderních radioterapeutických metod* (Příloha č. 4)
  - zaznamenání udaných objemů jednotlivých struktur, CT čísel a RED do *Záznamového a výpočetního formuláře pro prověrku moderních radioterapeutických metod* (Příloha č. 4)
  - skenování gafchromických filmů na skeneru Epson Perfection V750 Pro dle Přílohy č. 5
  - stanovení dávkové distribuce změřené pomocí gafchromických filmů při ozáření fantomu malé pánve terapeutickým plánem prostaty a porovnání stanovené (změřené) dávkové distribuce s dávkovou distribucí vypočtenou plánovacím systémem pracoviště (dle Přílohy č. 5)
  - zpracování výsledků a vyhotovení *Protokolu z prověrky moderních radioterapeutických metod* (Příloha č. 6)
- Kontrola, podpis a odeslání *Protokolu z prověrky moderních radioterapeutických metod* objednateli a na pracoviště, kde se uskutečnila prověrka moderních radioterapeutických metod
- Archivace záznamů o prověrci moderních radioterapeutických metod

### 3 Podstata zkoušky

Prověrka moderních radioterapeutických metod spočívá v ověření správného dodání dávky do cílového objemu (PTV) a nepřekročení deklarované dávky do kritického orgánu (rekta) při radioterapii prostaty pokročilými radioterapeutickými technikami (IMRT, IMAT), jakož i ve stanovení dalších důležitých parametrů souvisejících s realizací radioterapie prostaty (objemy jednotlivých struktur, CT čísla a relativní elektronové hustoty stanovené plánovacím systémem, dávková distribuce, předpis dávky, normalizace, dávkově objemové histogramy terapeutického plánu atd.).

Hodnoty z plánovacího systému (uvedené v dotazníku) se porovnávají s hodnotami stanovenými měřením přístroji SÚRO (absorbovaná dávka v bodě), s hodnotami danými konstrukcí fantomu malé pánve (objemy jednotlivých struktur) nebo s referenčními údaji (RED materiálů v QUASAR antropomorfním fantomu). Je možné ověřovat i další parametry a skutečnosti, např. lze porovnat způsob plánování na pracovišti s mezinárodními doporučeními.

Cílem této prověrky moderních radioterapeutických metod je ověřit správné dodání dávky do cílového objemu a nepřekročení deklarované dávky do kritického orgánu při radioterapii

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 7 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

prostaty pokročilými radioterapeutickými technikami, jakož i stanovovat, hodnotit a porovnávat další důležité parametry související s realizací radioterapie prostaty. Stanovují se následující parametry:

Dozimetrické parametry:

- Absorbovaná dávka v referenčním bodě (ověření kalibrace svazku urychlovače)
- Absorbovaná dávka ve třech bodech v PTV (prostata)
- Absorbovaná dávka v bodě v rektu
- 2D dávková distribuce (v transversální rovině)

Geometrické a jiné parametry:

- Objemy struktur ve fantomu malé pánve
- CT čísla a RED materiálů v QUASAR antropomorfním fantomu

Další parametry:

- Předpis dávky
- Normalizace dávky
- Dávkově objemové histogramy (DVH)

## 4 Validace a verifikace

Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod je v souladu s doporučením IAEA Technical Reports Series No. 398 [1], s Doporučeními SÚJB: *Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – lineární urychlovače pro 3D konformní radioterapii a IMRT* [2] a *Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – urychlovače elektronů* [3] a s ESTRO Booklet No. 9: *Guidelines for the verification of IMRT*, 2008 [6].

Verifikace správnosti výsledků je prováděna na základě vnitřních a vnějších kontrol shrnutých v kapitole 14 Řízení kvality.

## 5 Bezpečnost práce

Zásady bezpečné práce, ochrany zdraví při práci a ochrany životního prostředí jsou stanoveny v Provozním řádu odboru lékařských expozič [4].

## 6 Pracovníci, prostory a prostředí

### 6.1 Pracovníci

Provedení prověrky moderních radioterapeutických metod zajišťují pracovníci Oddělení radioterapie a rentgenové laboratoře SÚRO:

Činnost	Oprávnění k vykonávání činnosti
Převzetí požadavku na provedení prověrky	Ing. Ivana Horáková, CSc.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 8 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

moderních radioterapeutických metod	Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Ing. Vladimír Dufek
Příprava SÚRO na prověrku moderních radioterapeutických metod (příprava přístrojů a fantomů, odeslání souborů na pracoviště)	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Ing. Ivana Horáková, CSc.
Doprava fantomů a přístrojů na pracoviště	Řidič SÚRO Ing. Vladimír Dufek
Příprava pracoviště na prověrku moderních radioterapeutických metod (CT fantomů, přenesení dat do plánovacího systému, vytvoření terapeutického plánu a kalibračních plánů, provedení předléčebné verifikace terapeutického plánu, vyplnění dotazníku)	Klinický radiologický fyzik pracoviště
Ozáření fantomu malé pánve podle kalibračních plánů a podle terapeutického plánu (za přítomnosti pracovníků SÚRO i pracoviště)	Klinický radiologický fyzik pracoviště Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Ing. Ivana Horáková, CSc.
Zaznamenání hodnot odečtu ionizačních komor a dalších údajů do <i>Záznamového a výpočetního formuláře pro prověrku moderních radioterapeutických metod</i> (vedení záznamů o zkoušce)	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Ing. Ivana Horáková, CSc.
Skenování gafchromických filmů na skeneru Epson Perfection V750 Pro	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D.
Stanovení dávkové distribuce a porovnání stanovené distribuce s vypočtenou distribucí	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D.
Zpracování výsledků a vyhotovení <i>Protokolu z prověrky moderních radioterapeutických metod</i> .	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Ing. Ivana Horáková, CSc.
Kontrola, podpis a odeslání <i>Protokolu z prověrky moderních radioterapeutických metod</i> objednateli a na radioterapeutické pracoviště	Ing. Ivana Horáková, CSc. Ing. Irena Koniarová, Ph.D.
Archivace záznamů o prověrce moderních radioterapeutických metod	Ing. Vladimír Dufek Ing. Irena Koniarová, Ph.D. Jarmila Pilgerová

Jednotlivé zkušební úkony vykonávají pracovníci uvedení na prvním místě. V případě nepřítomnosti je zastupují pracovníci uvedení na dalších místech.

## 6.2 Prostory a prostředí

Prověrka se provádí na pracovištích, která používají moderní radioterapeutické metody (IMRT nebo IMAT).

Budova E, místnost 8: Skenování gafchromických filmů

Budova F1, místnost 9: Stanovení dávkové distribuce a porovnání stanovené distribuce s vypočtenou distribucí



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 9 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

Budova F1, místnost 2, 3, Budova F2, místnost 6: Zpracování výsledků, vyhotovení protokolu

Budova F1, místnost 3, 2: Kontrola protokolu, podpis a odeslání protokolu

Budova F1, místnost 2: Archivace záznamů o zkoušce

Pozn. Místnost pro činnosti prováděné na SÚRO je dána tím, který pracovník SÚRO je provádí. Viz Provozní řád Odboru lékařských expozič [4].

## 7 Zkušební zařízení

Metrologické ověřování a kalibrace měřidel jsou zajišťovány v požadovaných intervalech na pracovištích Českého metrologického institutu nebo akreditovanými kalibračními laboratořemi, které jsou uvedeny v seznamu hlavních dodavatelů Odboru lékařských expozič.

- elektrometr Unidos 10002 v.č. 20372
- elektrometr Unidos 10002 v.č. 20574
- ionizační komora TW 30013 v.č. 6238 (PTW 30013)
- ionizační komora Compact Chamber CC01 v.č. 6040 (CC01)
- ionizační komora TW 31002 v.č. 0847 (Semiflex)
- prodlužovací kabel T26002.1.002-20, inv. č. 4436 (kabel č. 1)
- prodlužovací kabel T26002.1.002-20, inv. č. 1373 (kabel č. 2)
- fantom malé pánve inv. č. 3688
- QUASAR antropomorfní fantom inv. č. 1421
- insert pro komoru CC01
- insert pro komoru PTW 30013
- insert pro komoru Semiflex
- insert 2 x 2 x 16 cm<sup>3</sup> (z ImRT fantomu)
- insert 2 x 2 x 1 cm<sup>3</sup> (z ImRT fantomu)
- insert 2 x 2 x 2 cm<sup>3</sup> (z ImRT fantomu)
- digitální teploměr
- barometr Lufft v.č. 98619
- notebook pro prověrky v radioterapii
- gafchromické filmy EBT2
- Skener Epson Perfection V750 Pro
- RW3 vodě-ekvivalentní desky inv. č. 1464 (pro podložení PMMA desek z fantomu malé pánve)
- vodováha
- kontrolní zdroj <sup>90</sup>Sr typ 48002 v.č. 0370
- teploměr do kontrolního zdroje
- pracovní pláště s dozimetry
- oboustranná lepicí páska
- dokumentace ke komorám
- návody a manuály k výše uvedeným přístrojům a komorám
- metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 10 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## 8 Příprava na prověrku moderních radioterapeutických metod

### 8.1 Převzetí požadavku na provedení prověrky moderních radioterapeutických metod

Prověrka moderních radioterapeutických metod může být provedena na základě žádosti objednatele, kterým je SÚJB, jiný subjekt nebo radioterapeutické pracoviště. Po přijetí a schválení žádosti domluví pracovník, který převzal požadavek na provedení prověrky, s radiologickým fyzikem pracoviště termín provedení prověrky.

### 8.2 Příprava SÚRO na prověrku moderních radioterapeutických metod

1. Před prověrkou bude provedena příprava přístrojů. Přístroje jsou umístěny v budově F v místnosti č. 9. Přístroje připravíme k odvozu na pracoviště, přičemž se postupuje dle seznamu přístrojů uvedeného v kapitole 7.
2. Na notebooku vytvoříme ve složce C:\Dokumenty\\_SOP\_20\_Prověrka moderních radioterapeutických metod složku s názvem pracoviště. Pokud již existuje, vytvoříme v ní nový adresář s datem, kdy se bude prověrka provádět, a do této složky uložíme soubor pro prověrku. Šablona pro soubor je uložena ve složce C:\Dokumenty\\_SOP\_20\_Prověrka moderních radioterapeutických metod\ pod názvem: *Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod*. Soubor do připraveného adresáře pracoviště uložíme pod názvem *Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod\_pracoviště\_datum* (datum ve formátu rrrr/mm/dd) příp. další specifikace. Do tohoto souboru se zaznamenávají odečty ionizačních komor a další údaje jako např. tlak a teplota, používá se elektronická verze a vyplňují se v nich pouze žlutá pole.
3. Na pracoviště se v dostatečném časovém předstihu (minimálně týden před provedením prověrky) odveze vozidlem SÚRO fantom malé pánve a QUASAR antropomorfní fantom.
4. V dostatečném časovém předstihu (minimálně týden před provedením prověrky) budou radiologickému fyzikovi pracoviště elektronicky zaslány následující dokumenty: *Informace pro pracoviště*, *Postup pro pracoviště* a *Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod*. Fantomy budou na pracovišti předány místnímu fyzikovi, který podepíše *Dohodu o umístění a zabezpečení majetku SÚRO (předávací protokol)*.
5. Pracovníci SÚRO a přístroje pro měření (viz Kapitola 7 – Zkušební zařízení) budou na pracoviště odvezeny vozidlem SÚRO bezprostředně před provedením prověrky.

### 8.3 Příprava pracoviště na prověrku moderních radioterapeutických metod

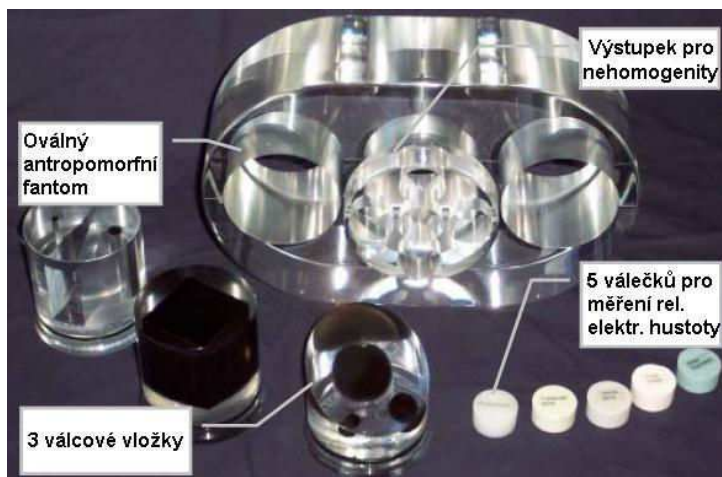
Příprava pracoviště probíhá dle dokumentu *Postup pro pracoviště*, který je uveden v této kapitole a zároveň v Příloze č. 3.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 11 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## Postup pro pracoviště

### Popis QUASAR antropomorfního fantomu

QUASAR antropomorfní fantom je zobrazen na Obr. 1.



Obr. 1: QUASAR antropomorfní fantom

Tento fantom simuluje část těla pacienta a skládá se ze tří vyjímatelných válcových vložek. V jedné z vložek jsou umístěny dvě různě velké krychle z různých materiálů (delrin, akryl). Zbylé dvě vložky obsahují vzduchový klín a válečky a koule z delrinu o různých průměrech. Fantom dále obsahuje pět válečků o známých relativních elektronových hustotách (RED). Tyto válečky simulují RED pro:

- plíce v nádechu
- polyethylen (podobný tukové tkáni)
- vodu
- řídkou kost (trabecular bone)
- hustou kost (dense bone)

### Postup nasnímání QUASAR antropomorfního fantomu na CT

1. Ve fantomu jsou již zasunuty 3 válcové vložky a 5 válečků simulujících nehomogenity. Při vyndávání fantomu z kufru dávejte pozor, aby vložky a válečky z fantomu nevypadly a nerozbily se. Zkontrolujte, že váleček o RED řídké kosti (trabecular bone) se nachází naproti válečku o RED husté kosti (dense bone), a že váleček o RED vody je umístěn uprostřed. Umístěte fantom na rovný CT stůl výstupkem s válečky simulujícími nehomogenity blíže ke gantry. Zaměřovací lasery by měly dopadat na značky k tomu určené na oválné části fantomu.
2. Nasnímejte fantom na CT dle vašich zvyklostí (běžně používaná tloušťka řezu) po celé jeho délce. Tloušťka řezu a posunutí by nemělo překročit 5 mm.
3. Přeneste sadu CT řezů do plánovacího systému.
4. Do dotazníku vyplňte údaje o CT skeneru, tloušťku řezů a vzdálenost řezů.

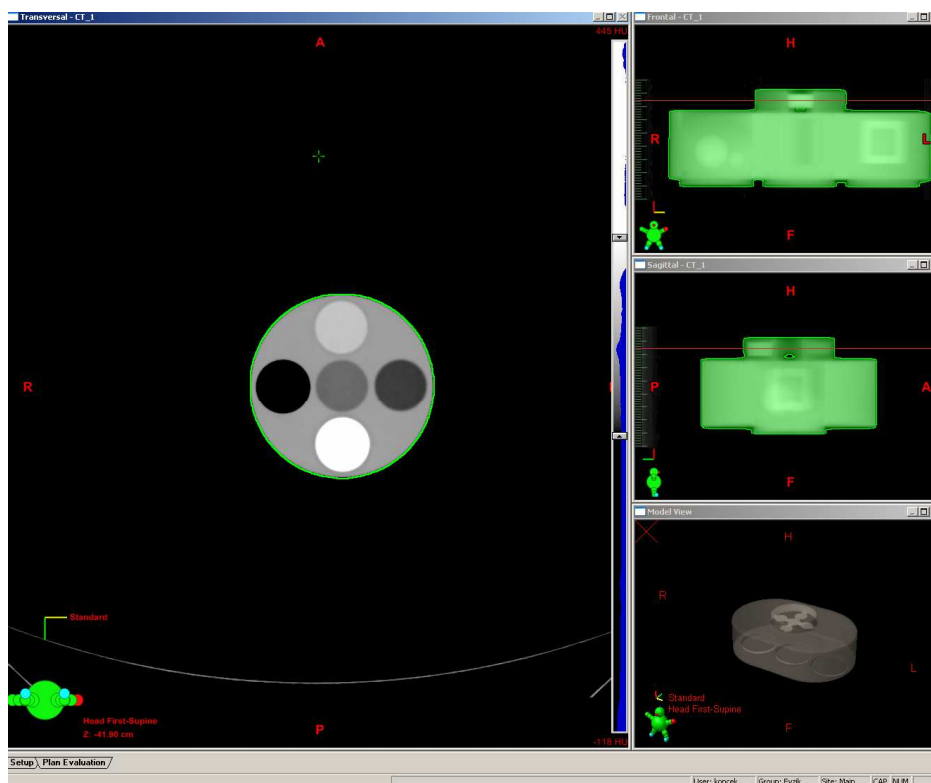
Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 12 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

### *Stanovení CT čísel v CT konzoli*

1. V CT konzoli vyberte transverzální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověřování RED.
2. Ve středu každé projekce pěti válečků uvažujte plochu přibližně 1,5 x 1,5 cm<sup>2</sup> a stanovte průměrná CT čísla. Pokud softwarové nástroje CT konzole neumožňují výpočet průměrného CT čísla ve vybrané oblasti, stanovte průměrná CT čísla pomocí průměrných hodnot CT čísel v jednotlivých bodech vybrané oblasti.
3. Průměrná CT čísla zaznamenejte do dotazníku.

### *Stanovení CT čísel v plánovacím systému*

1. V plánovacím systému vyberte transverzální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověřování RED (viz Obr. 2).
2. Ve středu každé projekce pěti válečků uvažujte plochu přibližně 1,5 x 1,5 cm<sup>2</sup> a stanovte průměrná CT čísla. Pokud softwarové nástroje plánovacího systému neumožňují výpočet průměrného CT čísla ve vybrané oblasti, stanovte průměrná CT čísla pomocí průměrných hodnot CT čísel v jednotlivých bodech vybrané oblasti.
3. Průměrná CT čísla zaznamenejte do dotazníku.



**Obr. 2: Ukázka transverzálního CT řezu v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověřování RED**

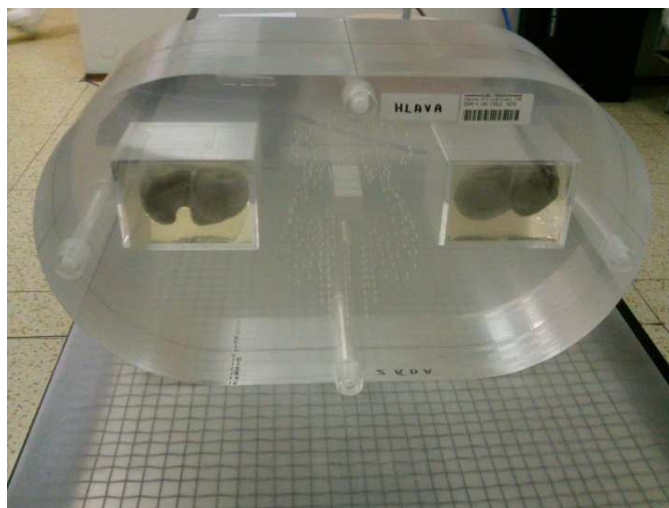
Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 13 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

### ***Stanovení relativních elektronových hustot (RED)***

1. V plánovacím systému vyberte transversální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověřování RED.
2. Pokud plánovací systém umožňuje zobrazovat přímo RED, stanovte průměrné RED pro jednotlivé válečky simulující nehomogenity analogickým způsobem, jako při stanovení CT čísel.
3. Pokud plánovací systém neumí zobrazovat RED, je nutné průměrné RED spočítat z CT čísel. Rovnice, jež převádí CT čísla na RED, by měla být uvedena v manuálu pro plánovací systém. Stanovené průměrné RED pro jednotlivé válečky zaznamenejte do dotazníku.

### ***Popis fantomu malé pánve***

Fantom malé pánve je zobrazen na Obr. 3.



**Obr. 3: Fantom malé pánve**

Fantom má znázorňovat oblast malé pánve. Geometrické parametry fantomu byly navrženy na základě podkladů získaných z reálných anatomických struktur vybraných pacientů s karcinomem prostaty léčebných ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady v roce 2009 externí radioterapií. Fantom se skládá z 15 desek z PMMA. Ve fantomu jsou umístěny dvě nádoby, ve kterých jsou umístěny kosti. Kosti jsou v nádobách fixovány lukoprenem. Zároveň jsou ve fantomu prostřednictvím otvorů o průměru 1,5 mm naznačeny na vybraných deskách struktury simulující cílový objem (PTV), kterým je prostata, a kritické orgány, kterými jsou rektum a močový měchýř. Ve fantomu je v oblasti cílového objemu otvor, kam lze vložit inserty pro ionizační komory PTW 30013, CC01 a Semiflex. Inserty pro komory PTW 30013 a CC01 se vezmou z I<sup>m</sup>RT fantomu Scanditronix Wellhofer. V oblasti rekta je otvor, kam lze vložit ionizační komoru Semiflex. Fantom je navržen tak, že se střed vložených ionizačních komor CC01 a Semiflex nachází přesně v transversální rovině vedené středem desky č. 8. Spolu s fantomem je na pracoviště zaslán i insert pro vyplnění otvoru v cílovém objemu. Mezi deskou fantomu lze vkládat gafchromické filmy.

Centrální CT řez fantomu je řez deskou fantomu č. 8, ve které se nachází geometrický střed fantomu. Geometrický střed fantomu by se měl nacházet na centrálním CT řezu fantomu.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 14 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

Na centrálním CT řezu fantomu jsou definovány 3 body:

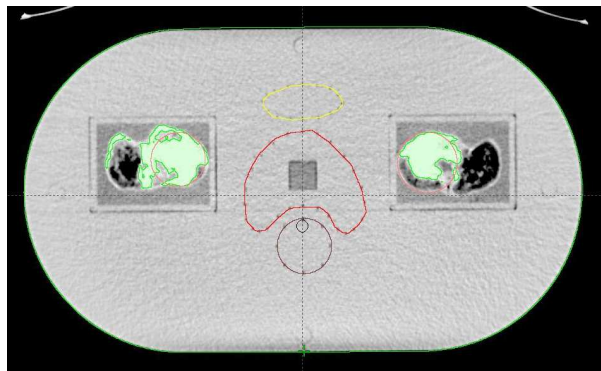
- $X_{PTV}$  bod v cílovém objemu, který je umístěn do místa, kde lze očekávat střed ionizační komory CC01 (tj. střed čtverce  $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ),
- $X_{rec}$  bod v rektu, ve středu otvoru pro komoru Semiflex,
- $X_{rec,wall}$  bod ve stěně rekta co nejbližší k cílovému objemu (tj. bod, kde kruh znázorňující otvor pro komoru teče kruh vyznačující rektum).

Mimo centrální CT řez fantomu jsou definovány ještě body  $X_{PTV+1cm}$  a  $X_{PTV+3cm}$ . Tyto body se od bodu  $X_{PTV}$  liší pouze tím, že jsou od bodu  $X_{PTV}$  vzdáleny 1 cm, resp. 3 cm v longitudinálním směru („posun směrem k nohám“). Bod  $X_{PTV+1cm}$  by se měl nacházet v desce fantomu č. 7, bod  $X_{PTV+3cm}$  by se měl nacházet v desce č. 5. Oba dva body se nacházejí v plánovacím cílovém objemu (PTV).

### ***Postup nasnímání fantomu malé pánve na CT a vytvoření ozařovacích plánů***

1. Na fantomu je předem označena pomocí kontrastního markeru transverzální rovina, v níž bude umístěn gafchromický film a ve které bude vyexportována dávková distribuce z plánovacího systému. Ověřte, že tento marker se nachází mezi deskami fantomu číslo 9 a 10 (to je 1,5 cm od středu desky č. 8, kde je vyznačen kříž na horní ploše fantomu). Vzdálenost mezi touto rovinou a koncem fantomu (kde jsou šrouby) je 6 cm.
2. Nasnímejte fantom malé pánve (s výplní otvoru v cílovém objemu bílým plným hranolem o rozměrech  $2 \times 2 \times 16 \text{ cm}^3$ ) na CT dle vašich zvyklostí (běžně používaná tloušťka řezu, běžně používaná orientace pacienta tj. poloha na zádech nebo na břiše). Na fantom si můžete udělat pomocné značky nebo kontrastní markery, jako kdyby se jednalo o snímkování pacienta (pro zajištění přesného umístění fantomu při ozařování terapeutického plánu prostaty). Šrouby na fantomu musí být umístěny směrem ke gantry (tj. ta strana fantomu, na které je nalepen čárový kód). Snímky přeneste do plánovacího systému. Do dotazníku vyplňte polohu pacienta (na břiše, na zádech), tloušťku řezů a vzdálenost řezů (pokud se liší od CT skenu QUASAR fantomu).
3. Proveďte konturování struktur na všech řezech fantomu dle zvyklostí pracoviště (můžete využít konturovacích nástrojů nebo spojovat body přímkami). Ve fantomu se nachází ve střední části velké množství vyvrtaných děr (o průměru 1,5 mm), které vyznačují PTV a kritické orgány rektum a močový měchýř. Kromě toho zakonturujte hlavice femuru a Obrys těla (Body). Pokud používáte pro konturování template, můžete zakonturovat i skelet (viz Obr. 4). Odečtěte v plánovacím systému vypočtené objemy jednotlivých struktur a zaznamenejte je do dotazníku.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 15 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková



**Obr. 4.** Transverzální řez fantomem malé pánve. Červeně je zakontrováno PTV, žlutě močový měchýř, hnědě rektum, zeleně skelet, fialově hlavice femuru. Šedý čtverec - otvor pro vkládání insertu pro komoru PTW 30013, CC01 a Semiflex, kolečko v rektu – otvor pro vkládání ionizační komory Semiflex.

4. Vytvořte plán pro ověření kalibrace svazku: vodní fantom, přímé pole pro úhel gantry  $0^\circ$ , velikost pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . Zadejte referenční bod na ose svazku v hloubce 11 cm pro SSD 89 cm, zvolte energii použitou pro terapeutický plán, dávka v referenčním bodě je 2 Gy. Počet MU zaznamenejte do dotazníku.
5. Vytvořte kalibrační plán pro komoru CC01 a Semiflex: Na centrálním CT řezu fantomu stanovte bod  $X_{\text{PTV}}$  (střed čtverce  $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ). Vytvořte přímé pole pro úhel gantry  $0^\circ$ , velikost pole je  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . Zvolte energii použitou pro terapeutický plán. Střed pole umístěte do bodu  $X_{\text{PTV}}$ . Nastavte SSD tak, aby vzdálenost SAD k bodu  $X_{\text{PTV}}$  byla 100 cm. Posuňte fantom v longitudinálním směru o 1 cm ke gantry. Geometrie radiačního pole zůstává nezměněna. Do bodu na centrální ose svazku ve vzdálenosti SAD 100 cm předepište dávku 2 Gy. Odečtěte pro tuto geometrii počet MU v tomto bodě. Počet MU zaznamenejte do dotazníku.
6. Pomocí techniky IMRT nebo IMAT vytvořte klinicky přijatelný terapeutický plán prostaty. Terapeutický plán vytvořte dle zvyklostí, tj. zvolte fotonovou energii, počet, směr polí a celkovou předepsanou dávku, přičemž předepsaná dávka na frakci bude 2 Gy. V případě IMRT plánu volte optimalizační kritéria dle zvyklostí. Zaznamenejte do dotazníku celkovou předepsanou dávku a počet frací. Svazky by měly být koplanární. Zaznamenejte do dotazníku izodózu, na kterou předepisujete dávku. Normalizaci proveďte dle zvyklostí. Odečtěte dávky na jednu frakci v bodech  $X_{\text{PTV}}$ ,  $X_{\text{PTV}+1\text{cm}}$ ,  $X_{\text{PTV}+3\text{cm}}$ ,  $X_{\text{rec,wall}}$  a  $X_{\text{rec}}$  a zaznamenejte je do dotazníku. Pro body  $X_{\text{PTV}}$  a  $X_{\text{rec,wall}}$  zaznamenejte do dotazníku také dílčí dávky pro jednotlivá pole. K vyplněnému dotazníku přiložte výtisk DVH a vyhodnocení DVH pro terapeutický plán. DVH pro jednotlivé struktury vyexportujte nejlépe jako soubor ASCII a zašlete je emailem na emailovou adresu: vladimir.dufek@suro.cz (viz bod 11).
7. Vyexportujte dvojrozměrnou dávkovou distribuci pro terapeutický plán: Zvolte příslušný transverzální řez (ten, kde bude viditelný kontrastní marker). Velmi pečlivě a pokud možno co nejpřesněji stanovte střed fantomu ve zvoleném řezu. Tento bod označte jako počátek souřadné soustavy („nulový bod“). Pro stanovení nulového bodu využijte toho, že výška fantomu je 240 mm a šířka 420 mm. Výškově je nulový bod 1 mm pod spodním okrajem insertu pro otvor v cílovém objemu. Cílem je, aby ve vyexportované dávkové distribuci byla souřadnice tohoto bodu (0,0).

Návod pro vyexportování dávkové distribuce v plánovacím systému Eclipse: po výběru požadované transverzální roviny v longitudinálním směru klikněte pravým tlačítkem

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 16 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

myši na nabídku *Dose* (v levém panelu), zvolte *Export dose plane* a *Absolute dose*. Nastavte *Matrix size* 30 x 30 cm<sup>2</sup> a *Points* 512 x 512.

Vyexportovanou dávkovou distribuci (pro jednu frakci) pošlete nejlépe jako soubor DICOM elektronicky na email: vladimir.dufek@suro.cz (viz bod 11).

8. Vytvořte kalibrační plány pro kalibraci gafchromických filmů: fantom malé pánve, velikost pole 10 x 10 cm<sup>2</sup>, gantry 0°, referenční bod v hloubce 5 cm, SSD 95 cm, referenční bod se nachází v transverzálním centrálním CT řezu fantomu, laterálně se referenční bod nachází uprostřed fantomu, energii je stejná jako pro terapeutický plán prostaty, dávky v referenčním bodě jsou 0,3; 0,8; 1,3; 1,8 a 2,3 Gy.
9. Proveďte předléčebnou verifikaci terapeutického plánu tak, jako by se jednalo o patientský plán (např. měření dávky v bodě ve fantomu pracoviště). Výsledek předléčebné verifikace zaznamenejte do dotazníku, včetně popisu provedení verifikace. Můžete přiložit výpis z verifikace.
10. Minimálně jeden den před provedením prověrky umístěte fantom malé pánve do ozařovny (aby se fantom mohl temperovat).
11. Odešlete souhrnně ještě před provedením prověrky všechna požadovaná data v elektronické formě emailem na adresu vladimir.dufek@suro.cz. Jsou to následující data:
  - DVH pro jednotlivé struktury pro terapeutický plán prostaty (pro všechny frakce), nejlépe jako soubor ASCII
  - Dávková distribuce v dané transverzální rovině pro terapeutický plán prostaty (pro jednu frakci), nejlépe jako soubor DICOM
12. Zkontrolujte správnost a úplnost vyplnění Dotazníku k prověrce moderních radioterapeutických metod a podepište jej.

## 9 Postup prověrky moderních radioterapeutických metod

### 9.1 Příprava na měření na pracovišti

Po příjezdu na pracoviště zkontrolujeme, zda je fantom malé pánve umístěn v ozařovně. Není-li, co nejdříve ho tam umístíme. Poté provedeme přípravu dozimetrického řetězce na měření. Pokud je možné vést prodlužovací kabely otvorem ve zdi mezi ovladovnou a ozařovnou, vedeme kabely tímto způsobem, jinak je vedeme po zemi labyrintem pod stínícími dveřmi. Je třeba se ujistit, že nemůže dojít k poškození kabelů zavřením stínících dveří do ozařovny. Použijeme prodlužovací kabel PTW inv. č. 4436 (kabel č. 1) a prodlužovací kabel PTW inv.č. 1373 (kabel č. 2). Do ovladovny umístíme oba přístroje Unidos, zapneme je a nastavíme na nich napětí 300 V. Provedeme nulování obou Unidosů. Na Unidosech nastavíme napětí na 0 V. K Unidosu v.č. 20372 připojíme kabel č. 1 a k Unidosu v.č. 20574 připojíme kabel č. 2. Pak v ozařovně ke kabelu č. 1 připojíme cylindrickou ionizační komoru TW 30013 v.č. 6238 (PTW 30013), se kterou se bude provádět ověření kalibrace svazku. Následně v ozařovně ke kabelu č. 2 připojíme komoru TW 31002 v.č. 0847 (Semiflex). Na obou Unidosech zvolíme režim pro měření cylindrickou komorou (tj. napětí 300 V). Řetězce necháme temperovat. Před započítím prověrky bude provedeno měření v kontrolním zdroji.



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 17 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

### Měření v kontrolním zdroji

Pro zaznamenání výsledků měření v kontrolním zdroji použijeme soubor C:\dokumenty\\_SOP\_20\_Prověrka moderních radioterapeutických metod\kontrola stálosti\_MAKRA.xls v notebooku.

Nejdříve provedeme nulování komory PTW 30013 (připojené k Unidosu v.č. 20372). Poté změříme temný proud při integrálním režimu Unidosu v.č. 20372 při rozsahu „low“. Pokud je temný proud příliš vysoký (vyšší než  $4 \cdot 10^{-15}$  A), dozimetrický řetězec znovu znulujeme. Všechna měření s komorami a Unidosem se v rámci prověrky provádí v integrálním režimu.

Poté umístíme ionizační komoru do kontrolního zdroje a zkontrolujeme v souboru pro kontrolu stálosti, že je vybraná správná ionizační komora. Odečteme tlak a teplotu a zaznamenáme je do souboru. Zkontrolujeme v souboru správné datum. Na Unidosu nastavíme rozsah „low“ a provedeme minutové měření odezvy. Tu zaznamenáme do souboru. Měření minimálně ještě jednou zopakujeme. Stálost dozimetrického řetězce je postačující, pokud je stanovená odchylka proudu od referenční hodnoty menší než 0,5%.

## **9.2 Postup prověrky moderních radioterapeutických metod**

Poznámka: Obsluhu ozařovače v ozařovně a počítačů v ovladovně provádí místní radiologický fyzik a je za tyto činnosti zodpovědný. Osoby provádějící prověrku mohou tyto činnosti provádět pouze, pokud je místní radiologický fyzik proškolen. I nadále je však za tyto činnosti zodpovědný místní radiologický fyzik.

1. Fantom malé pánve umístíme na ozařovací stůl (poloha na zádech), tak aby šrouby na fantomu směřovaly ke gantry.
2. Pro účel ověření kalibrace svazku a pro provedení křížové kalibrace komory CC01 se do fantomu malé pánve umístí insert pro ionizační komoru PTW 30013. Otvor pro komoru Semiflex zůstane prázdný.
3. Proveďte se nastavení fantomu do laserů tak, aby boční lasery souhlasily s vodorovnými ryskami na fantomu (zkontroluje se vodorovnost polohy fantomu) a sagitální laser aby procházel křížem na horní ploše fantomu. Střed světelného pole (záměrný kříž) musí být ve středu desky č. 8 (kříž na horní ploše).
4. Poté posuneme stolem výškově tak, aby boční lasery procházely přesně středem insertu pro ionizační komoru PTW 30013. SSD by mělo být 89 cm. Poté se posune stůl o 1 cm ke gantry, aby střed ionizační komory PTW 30013 ležel na ose svazku.
5. Do insertu pro komoru PTW 30013 se vloží sonda digitálního teploměru a po ustálení teploty se teplota odečte. Dále se z barometru odečte tlak. Obě hodnoty zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Do insertu se vloží komora PTW 30013 (připojená k Unidosu v.č. 20372). Na Unidosu v.č. 20372 se změní rozsah na „medium“ a komora se předzáří dávkou nejméně 2 Gy.
6. Měření saturačního a polaritního koeficientu: Proveďte se sada ozáření fantomu při tomto nastavení: 50 MU, pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , úhel gantry  $0^\circ$ , fotonová energie je stejná jako pro terapeutický plán. Nejdříve se změří odezvy komory pro napětí 300 V, potom pro 100 V, -300 V a nakonec ještě jednou pro 300 V. Při měřeních pro všechna uvedená

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 18 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

napětí musí dojít k ustálení odezev (odezvy by neměly růst ani klesat). Změřené odezvy zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Ve formuláři se vypočte saturační a polaritní koeficient.

7. Ověření kalibrace svazku: Proveďte se ozáření fantomu počtem MU uvedeným v dotazníku pro 2 Gy ve vodním fantomu v hloubce 11 cm, pole 10 x 10 cm<sup>2</sup>, úhel gantry 0° pro fotonovou energii uvedenou v dotazníku. Odezvy ze tří měření zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Ve formuláři se vypočte dávka ve vodě v tomto bodě dle TRS 398 [1], s aplikací korekce na měření ve fantomu malé pánve na rozdíl od měření ve vodě.
8. Z insertu vyndáme komoru PTW 30013. Na Unidosu v.č. 20372 nastavíme napětí na 0 V a odpojíme komoru PTW 30013 od kabelu č. 1. Ke stejnému kabelu připojíme komoru CC01. Napětí na Unidosu vrátíme na 300 V. Změníme rozsah na „low“ a provedeme nulování komory CC01. Změříme nulový proud komory CC01. Pokud bude příliš velký, provedeme další nulování. Na Unidosu v.č. 20574 nastavíme rozsah na „low“ a provedeme nulování komory Semiflex. Změříme nulový proud komory Semiflex. Pokud bude příliš velký, provedeme další nulování.
9. Kalibrace komory CC01: Fantom zůstává v nastavené poloze. Z fantomu vyndáme insert pro komoru PTW 30013 a do otvoru pro insert vložíme insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 1cm. Poté do otvoru vložíme insert pro komoru CC01 (referenční bod komory CC01 je tak ve stejném bodě jako referenční bod komory PTW 30013) a digitálním teploměrem změříme teplotu v tomto insertu. Z barometru odečteme tlak. Obě hodnoty zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Do insertu vložíme komoru CC01. Komoru CC01 předzáříme dávkou nejméně 2 Gy.

**Poznámka:** Pro stanovení dávkového kalibračního faktoru komory CC01 se použijí dva způsoby kalibrace komory (kalibrace 1 a kalibrace 2). Je-li k dispozici, lze pro stanovení dávky použít také dávkový kalibrační faktor komory CC01 získaný z kalibrační laboratoře (kalibrace 3). Tento způsob kalibrace je doplňkový.

#### **Kalibrace 1 (křížová kalibrace):**

Proveďte se ozáření fantomu počtem MU uvedeným v dotazníku pro 2 Gy ve vodním fantomu v hloubce 11 cm, pole 10 x 10 cm<sup>2</sup>, úhel gantry 0° pro fotonovou energii uvedenou v dotazníku. Odezvy ze tří měření zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře.

V záznamovém a výpočetním formuláři se s využitím křížové kalibrace pomocí komory PTW 30013 vypočte dávkový kalibrační faktor pro komoru CC01 ( $N_{D,w,CC01,kal1}$ ) pro kalibraci 1. Tento kalibrační faktor se vypočte jako podíl absorbované dávky změřené komorou PTW 30013 ve fantomu malé pánve v hloubce 11 cm a odezvy komory CC01 v témže bodě ( $M_{CC01,kal1}$ ) korigované na teplotu a tlak. Obě komory jsou ozářeny stejným počtem MU. Stanovení absorbované dávky komorou PTW 30013 při křížové kalibraci se liší od stanovení absorbované dávky při ověření kalibrace svazku (viz bod 7) pouze tím, že se neaplikuje korekce na měření ve fantomu malé pánve na rozdíl od měření ve vodě.

#### **Kalibrace 2 (kalibrace pomocí TPS):**

Fantom zůstává v nastavené poloze. Proveďte se ozáření fantomu připraveným kalibračním plánem pro komoru CC01 a Semiflex (do měřícího bodu je plánovacím systémem předepsána dávka 2 Gy). Na rozdíl od kalibrace 1 je počet MU spočítán ve

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 19 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

fantomu malé pánve a nikoli ve vodním fantomu. Velikost pole je  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , hloubka je 11 cm, úhel gantry je  $0^\circ$  a fotonová energie je stejná jako pro terapeutický plán.

V záznamovém a výpočetním formuláři se vypočte dávkový kalibrační faktor pro komoru CC01 ( $N_{D,w,CC01,kal2}$ ) pro kalibraci 2. Tento kalibrační faktor se vypočte jako podíl absorbované dávky 2 Gy a odezvy komory CC01 v měřícím bodě ( $M_{CC01,kal2}$ ) korigované na teplotu a tlak.

### **Kalibrace 3 (kalibrační faktor z kalibrační laboratoře)**

Tento způsob kalibrace je doplňkový. Do záznamového a výpočetního formuláře se zaznamená dávkový kalibrační faktor komory CC01 získaný z kalibrační laboratoře.

#### 10. Kalibrace komory Semiflex:

Z fantomu vyndáme insert pro komoru CC01 spolu s komorou CC01, z fantomu vyndáme také insert  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  o délce 1cm. Poté do otvoru v cílovém objemu vložíme insert pro komoru Semiflex a digitálním teploměrem změříme teplotu v tomto insertu. Z barometru odečteme tlak. Obě hodnoty zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Do insertu vložíme komoru Semiflex. Je nutné zkontrolovat, zda umístění geometrického středu komory Semiflex odpovídá umístění geometrického středu komory PTW 30013. Pokud ne, je třeba do otvoru v cílovém objemu vložit vhodný insert. Komora Semiflex se předzáří dávkou nejméně 2 Gy.

**Poznámka:** Pro stanovení dávkového kalibračního faktoru komory Semiflex se použijí dva způsoby kalibrace komory (kalibrace 1 a kalibrace 2). Je-li k dispozici, lze pro stanovení dávky použít také dávkový kalibrační faktor komory Semiflex získaný z kalibrační laboratoře (kalibrace 3). Tento způsob kalibrace je doplňkový.

### **Kalibrace 1 (křížová kalibrace):**

Provede se ozáření fantomu počtem MU uvedeným v dotazníku pro 2 Gy ve vodním fantomu v hloubce 11 cm, pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , úhel gantry  $0^\circ$  pro fotonovou energii uvedenou v dotazníku. Odezvy ze tří měření zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře.

V záznamovém a výpočetním formuláři se s využitím křížové kalibrace pomocí komory PTW 30013 vypočte dávkový kalibrační faktor pro komoru Semiflex ( $N_{D,w,Semiflex,kal1}$ ) pro kalibraci 1. Tento kalibrační faktor se vypočte jako podíl absorbované dávky změřené komorou PTW 30013 ve fantomu malé pánve v hloubce 11 cm a odezvy komory Semiflex v témže bodě ( $M_{Semiflex,kal1}$ ) korigované na teplotu a tlak. Obě komory jsou ozářeny stejným počtem MU. Stanovení absorbované dávky komorou PTW 30013 při křížové kalibraci se liší od stanovení absorbované dávky při ověření kalibrace svazku (viz bod 7) pouze tím, že se neaplikuje korekce na měření ve fantomu malé pánve na rozdíl od měření ve vodě.

### **Kalibrace 2 (kalibrace pomocí TPS):**

Fantom zůstává v nastavené poloze. Provede se ozáření fantomu připraveným kalibračním plánem pro komoru CC01 a Semiflex (do měřícího bodu je plánovacím systémem předepsána dávka 2 Gy). Na rozdíl od kalibrace 1 je počet MU spočítán ve fantomu malé pánve a nikoli ve vodním fantomu. Velikost pole je  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , hloubka je 11 cm, úhel gantry je  $0^\circ$  a fotonová energie je stejná jako pro terapeutický plán.

V záznamovém a výpočetním formuláři se vypočte dávkový kalibrační faktor pro komoru Semiflex ( $N_{D,w,Semiflex,kal2}$ ) pro kalibraci 2. Tento kalibrační faktor se vypočte jako podíl

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 20 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

absorbované dávky 2 Gy a odezvy komory Semiflex v měřicím bodě ( $M_{\text{Semiflex,ka2}}$ ) korigované na teplotu a tlak. Z fantomu vyndáme insert pro komoru Semiflex spolu s komorou Semiflex.

### Kalibrace 3 (kalibrační faktor z kalibrační laboratoře)

Tento způsob kalibrace je doplňkový. Do záznamového a výpočetního formuláře se zaznamená dávkový kalibrační faktor komory Semiflex získaný z kalibrační laboratoře.

11. Měření dávky v bodě  $X_{\text{PTV}}$  a  $X_{\text{rec}}$  spolu s měřením dávkové distribuce: Do fantomu malé pánve vložíme mezi desky č. 9 a 10 gafchromický film EBT2 o velikosti cca 20 x 12,5 cm<sup>2</sup>. Film se v rozích přilepí k desce fantomu č. 9. Na této desce jsou vyznačeny značky identifikující střed desky č. 9. Jelikož je film průhledný jsou tyto značky vidět také na filmu. Značky se obkreslí na film. Potom se fantom poskládá dohromady a fyzik pracoviště za účelem ověření terapeutického plánu umístí fantom přesně do polohy, pro jakou byl vytvořen terapeutický plán prostaty. Zkontrolujeme vzdálenost SSD dle údaje v dotazníku. Také zkontrolujeme, že se v otvoru v cílovém objemu nenachází žádný insert. Do otvoru v cílovém objemu vložíme insert pro komoru CC01 a digitálním teploměrem změříme teplotu v tomto insertu. Z barometru odečteme tlak. Obě hodnoty zapíšeme do záznamového a výpočetního formuláře. Do insertu vložíme komoru CC01. Do otvoru pro komoru Semiflex vložíme komoru Semiflex. Na Unidosu ke komoře CC01 zůstane rozsah „low“, na Unidosu ke komoře Semiflex se nastaví rozsah „medium“. Proveďte se ozáření připraveného terapeutického plánu. Odečty jsou průběžně zaznamenávány do záznamového a výpočetního formuláře pro měření ionizační komorou CC01 i Semiflex pro jednotlivé úhly gantry. Až po odzáření celého plánu je načítání odezvy na obou Unidosích zastaveno. Z dotazníku se do formuláře opíše dávky v bodech  $X_{\text{PTV}}$ ,  $X_{\text{PTV}+1\text{cm}}$ ,  $X_{\text{PTV}+3\text{cm}}$ ,  $X_{\text{rec,wall}}$  a  $X_{\text{rec}}$ , úhly gantry, počty MU a dílčí dávky pro jednotlivá pole v bodech  $X_{\text{PTV}}$  a  $X_{\text{rec,wall}}$ . Ve formuláři se vypočte dávka ve vodě v bodě  $X_{\text{PTV}}$  a v bodě  $X_{\text{rec}}$ . Z fantomu odebereme nejdříve komoru CC01 a Semiflex a potom ozáření gafchromický film. Fantom poskládáme dohromady.
12. Měření dávky v bodě  $X_{\text{PTV}+1\text{cm}}$  a  $X_{\text{rec}}$ : Fantom umístíme přesně do polohy, pro jakou byl vytvořen terapeutický plán prostaty. Do otvoru v cílovém objemu vložíme insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 1cm a potom insert pro komoru CC01 a komoru CC01. Zkontrolujeme, že nedošlo ke změně polohy fantomu. Komoru Semiflex vložíme do otvoru v rektu. Zkontrolujeme, že nedošlo ke změně polohy fantomu. Proveďte se ozáření připraveného terapeutického plánu prostaty. Do záznamového a výpočetního formuláře se zaznamenají odezvy obou komor až po ozáření celého terapeutického plánu. Ve formuláři se vypočte dávka ve vodě v bodě  $X_{\text{PTV}+1\text{cm}}$  a v bodě  $X_{\text{rec}}$ .
13. Měření dávky v bodě  $X_{\text{PTV}+3\text{cm}}$  a  $X_{\text{rec}}$ : Fantom zůstává v nastavené poloze. Z fantomu odebereme komoru CC01 a insert pro komoru CC01. Do otvoru v cílovém objemu vložíme nejdříve insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 2 cm (v otvoru je již insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 1 cm) a potom insert pro komoru CC01 a komoru CC01. Zkontrolujeme, že nedošlo ke změně polohy fantomu. Komora Semiflex zůstává v otvoru v rektu. Proveďte se ozáření připraveného terapeutického plánu prostaty. Do záznamového a výpočetního formuláře se zaznamenají odezvy obou komor až po ozáření celého terapeutického plánu. Ve formuláři se vypočte dávka ve vodě v bodě  $X_{\text{PTV}+3\text{cm}}$  a v bodě  $X_{\text{rec}}$ . Z fantomu odebereme komoru CC01, insert pro komoru CC01, insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 2 cm, insert 2 x 2 cm<sup>2</sup> o délce 1 cm (pomocí oboustranné lepicí pásky) a komoru Semiflex. Na obou Unidosích se sníží napětí na 0 V a odpojí se obě komory.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 21 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

14. Kalibrace gafchromických filmů: Na desku stolu se umístí minimálně 5 vodě-ekvivalentních RW3 desek o tloušťce 1 cm. Nastaví se taková výška stolu, aby vzdálenost povrchu horní desky od izocentra byla 100 cm. Zobrazí se světelné pole kalibračního svazku ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , gantry  $0^\circ$ ) a na povrch horní desky se na světelné pole umístí neozářený kalibrační gafchromický film ( $6 \times 10 \text{ cm}^2$ ). Na film se umístí 5 PMMA desek (každý o tloušťce 1 cm) z fantomu malé pánve. Jedná se o desky číslo 11 až 15. SSD tedy bude 95 cm. Film se ozáří příslušným kalibračním plánem pro kalibraci gafchromických filmů. Analogicky se zbývající filmy ozáří dalšími kalibračními plány. Kalibrační filmy se tedy ozáří dávkami 0,3; 0,8; 1,3; 1,8 a 2,3 Gy.
15. Vyhodnocení dávek:
- V záznamovém a výpočetním formuláři se pro plán pro ověření kalibrace svazku porovná dávka stanovená pomocí komory PTW 30013 v referenčním bodě s předepsanou dávkou 2 Gy.
- V záznamovém a výpočetním formuláři se pro terapeutický plán prostaty porovná celkové dávky stanovené pomocí ionizační komory CC01 v bodech  $X_{PTV}$ ,  $X_{PTV+1\text{cm}}$  a  $X_{PTV+3\text{cm}}$  s dávkami vypočtenými v týchž bodech pomocí plánovacího systému.
- Ve stejném formuláři se porovná také dávky stanovené pomocí ionizační komory CC01 v bodě  $X_{PTV}$  z jednotlivých polí terapeutického plánu prostaty s dávkami vypočtenými v témže bodě pomocí plánovacího systému.
- Porovnání bude provedeno pro jednotlivé způsoby kalibrace komory CC01.
- Ve stejném formuláři se pro terapeutický plán prostaty porovná celková dávka stanovená ionizační komorou Semiflex v bodě  $X_{rec}$ , a to jak s dávkou odečtenou v plánovacím systému v bodě  $X_{rec,wall}$ , tak s dávkou odečtenou v plánovacím systému v bodě  $X_{rec}$ . Při prověrce se dávka v bodě  $X_{rec}$  měří třikrát, do protokolu se uvede průměrná hodnota.
- Porovnání bude provedeno pro jednotlivé způsoby kalibrace komory Semiflex.
16. Vyhodnocení objemů:
- Do záznamového a výpočetního formuláře se zaznamenají objemy jednotlivých struktur z dotazníku a porovná se s referenčními objemy spočtenými z geometrie fantomu malé pánve.
17. Vyhodnocení CT čísel:
- Do záznamového a výpočetního formuláře se z dotazníku zaznamenají CT čísla válečků odečtená v plánovacím systému a v CT konzole. CT čísla odečtená v plánovacím systému se porovná s CT čísly odečtenými v CT konzole.
18. Vyhodnocení RED:
- Do záznamového a výpočetního formuláře se z dotazníku zaznamenají RED válečků simulujících nehomogenity odečtené z plánovacího systému. Takto stanovená RED se porovná s referenčními RED tabelovanými v dokumentaci pro QUASAR antropomorfní fantom.
19. Vyhodnocení dávkové distribuce:
- Gafchromické filmy budou skenovány (digitalizovány) na skeneru Epson Perfection V750 Pro na SÚRO pokud možno v den následující po dni ozáření. Pokud to např. vzhledem k měření o víkendu nebude možné, mohou se filmy skenovat s časovým

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 22 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

odstupem několika málo dní. Kalibrační filmy a měřicí film budou skenovány ve stejný den ihned po sobě. Změřená a vypočtená dávková distribuce bude porovnána pomocí gama analýzy (globální) v programu OmniPro I<sup>m</sup>RT. Vypočtené a změřené dávky se znormalizují tak, že 100% dávky bude v pevném referenčním bodě („nulovém bodě“) vypočtené distribuce. Nulový bod se nachází ve středu transversální roviny fantomu mezi deskou číslo 9 a 10. Velikost vyhodnocované oblasti zájmu je cca 18,5 x 11,5 cm<sup>2</sup>. Vyhodnocovaným parametrem je gama skóre, zaznamenávat se ale budou také parametry průměrná gama a maximální gama. Podrobný postup vyhodnocení dávkové distribuce je uveden v Příloze č. 5.

#### 20. Porovnání DVH pro terapeutický plán prostaty:

DVH pro terapeutický plán prostaty z jednotlivých pracovišť se graficky porovnají mezi sebou navzájem. Porovnají se DVH pro PTV, močový měchýř, rektum a „Obrys těla minus PTV“ (Body-PTV). Dále se pro jednotlivá pracoviště porovnají parametry odvozené z DVH jednotlivých struktur: minimální dávka, maximální dávka, průměrná dávka, medián dávky, D98% (near min dose), D2% (near max dose).

#### 21. Porovnání dalších parametrů

Pro terapeutický plán prostaty se porovnají následující parametry z jednotlivých pracovišť:

- celková předepsaná dávka
- počet frakcí
- celkový počet MU na frakci
- toleranční dávky pro jednotlivé struktury
- způsob normalizace dávky
- izodóza, na niž je předepsaná dávka

#### 22. Zaznamenání údajů do databáze výsledků

Údaje z dotazníku a ze záznamového a výpočetního formuláře se zaznamenají do databáze výsledků.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 23 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## 10 Vyjadřování výsledků a tolerance

### 1. Vyhodnocení dávek:

Odchylka stanovené dávky a dávky odečtené z plánovacího systému je vyjádřena vztahem:

$$\Delta [\%] = 100 * (D_{\text{stanovená}} - D_{\text{pracoviště}}) / D_{\text{pracoviště}}$$

$D_{\text{stanovená}}$  ... dávka stanovená ionizační komorou při prověrc

$D_{\text{pracoviště}}$ ... dávka odečtená z plánovacího systému pracoviště (uvedená v *Dotazníku k prověřce moderních radioterapeutických metod*)

Tolerance pro odchylku dávky v referenčním bodě při ověření kalibrace svazku je  $\pm 2\%$ .

Tolerance pro odchylku celkové dávky v bodech  $X_{\text{PTV}}$ ,  $X_{\text{PTV}+1\text{cm}}$  a  $X_{\text{PTV}+3\text{cm}}$  při ozáření fantomu terapeutickým plánem prostaty je  $\pm 3\%$ .

Tolerance pro odchylku dávky v bodě  $X_{\text{PTV}}$  z jednotlivých polí je  $\pm 5\%$ , překročení lze akceptovat u maximálně jednoho pole.

Tolerance pro odchylku celkové dávky v bodě  $X_{\text{rec}}$  při ozáření fantomu terapeutickým plánem prostaty je  $\pm 5\%$ .

Celková dávka stanovená ionizační komorou Semiflex v bodě  $X_{\text{rec}}$  uvnitř rekta by při ozáření fantomu terapeutickým plánem prostaty neměla překročit hodnotu dávky odečtenou plánovacím systémem v bodě  $X_{\text{rec,wall}}$  ve stěně rekta.

Pro stanovení dávky pomocí komor CC01 a Semiflex se použijí dva způsoby kalibrace těchto komor: kalibrace 1 (křížová kalibrace pomocí komory PTW 30013) a kalibrace 2 (kalibrace pomocí TPS). Jsou-li k dispozici, lze pro stanovení dávky použít také dávkové kalibrační faktory získané z kalibrační laboratoře (kalibrace 3). Tento způsob kalibrace je doplňkový.

Při vyhodnocení dávek dle kalibrace 1 se ověřuje jak správnost výpočtu dávky plánovacím systémem v daném bodě fantomu pro referenční pole, tak i dodání IMRT plánu. Při vyhodnocení dávek dle kalibrace 2 se ověřuje „pouze“ dodání IMRT plánu relativně k dodání referenčního pole.

### 2. Vyhodnocení objemů:

Odchylka referenčního objemu struktur a objemu struktur odečteného z plánovacího systému je vyjádřena vztahem:

$$\Delta [\%] = 100 * (V_{\text{referenční}} - V_{\text{pracoviště}}) / V_{\text{pracoviště}}$$

$V_{\text{referenční}}$  ... referenční objem struktur daný konstrukcí fantomu

$V_{\text{pracoviště}}$  ... objem struktur odečtený z plánovacího systému pracoviště (uvedený v *Dotazníku k prověřce moderních radioterapeutických metod*)

Tolerance je  $\pm 10\%$ .

Referenční objemy struktur jsou uvedeny v následující tabulce:

Struktura	Referenční objem [cm <sup>3</sup> ]
Cílový objem (PTV)	311,1

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 24 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

Močový měchýř	87,2
Rektum	138,2
Obrys těla (Obrys)	13266,0

### 3. Vyhodnocení CT čísel:

Odchylka CT čísel válečků simulujících nehomogenity odečtených z plánovacího systému a z CT konzole je vyjádřena vztahem:

$$\Delta [\text{HU}] = X_{\text{CT}} - X_{\text{TPS}}$$

$X_{\text{CT}}$  ... CT číslo odečtené z CT konzole (uvedené v *Dotazníku k prověrce moderních radioterapeutických metod*)

$X_{\text{TPS}}$  ... CT číslo odečtené z plánovacího systému (uvedené v *Dotazníku k prověrce moderních radioterapeutických metod*)

Tolerance je  $\pm 20$  HU.

### 4. Vyhodnocení RED:

Odchylka relativních elektronových hustot (RED) válečků simulujících nehomogenity odečtených v plánovacím systému a referenčních RED je vyjádřena vztahem:

$$\Delta [\%] = 100 * (\text{RED}_{\text{referenční}} - \text{RED}_{\text{pracoviště}}) / \text{RED}_{\text{pracoviště}}$$

$\text{RED}_{\text{referenční}}$  ... referenční relativní elektronová hustota (tabelována v dokumentaci ke QUASAR fantomu)

$\text{RED}_{\text{pracoviště}}$  ... relativní elektronová hustota odečtená z plánovacího systému pracoviště (uvedená v *Dotazníku k prověrce moderních radioterapeutických metod*)

Tolerance je  $\pm 10\%$ .

Referenční relativní elektronové hustoty válečků simulujících nehomogenity jsou uvedeny v následující tabulce:

Nehomogenita	Referenční RED
Plíce	0,190
Polyetylen	0,945
Voda	1,002
Řídká kost	1,117
Hustá kost	1,512



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 25 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## 5. Vyhodnocení dávkové distribuce:

Akceptační kritéria pro gama analýzu jsou 4% pro rozdíl změřených a vypočtených dávek a 3 mm pro parametr DTA (distance to agreement – vzdálenost bodů se stejnou hodnotou dávky). Minimální vyhodnocovaná dávka je 10% dávky vypočtené v „nulovém bodě“. Vyhodnocovanou veličinou je gama skóre, jež udává, kolik procent bodů vyhovuje akceptačním kritériím. Gama skóre by mělo být rovno nebo větší než 90%.

## 11 Zpracování výsledků a vyhotovení protokolu

Odchyly pro dávkové parametry se stanovují přímo na pracovišti. V případě, že je zjištěna odchylka, která nevyhovuje toleranci, hledá se příčina přímo na pracovišti. Pokud byla příčina odhalena, je přímo při prověrci napravena, pokud je to možné (např. nové odečtení dat z plánovacího systému, které bylo předtím provedeno špatně). V případě překročení tolerance pro dávku v referenčním bodě je možné uskutečnit kontrolu kalibrace svazku měřením dávky v referenčním bodě ve vodním fantomu v souladu s Metodikou nezávislé prověrky pro lineární urychlovače [5].

Na pracovišti se také stanovují odchylky pro objemy struktur, CT čísla a RED.

Odchyly ostatních parametrů (dávkové distribuce, DVH atd.) se stanovují a vyhodnocují na SÚRO.

Výsledky prověrky se zaznamenají do souboru *Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod* v adresáři Sdílený disk P:\rentgen\\_SOP\_20\_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady na základě *Záznamového a výpočetního formuláře pro prověrku moderních radioterapeutických metod pracoviště datum*, *Dotazníku k prověrci moderních radioterapeutických metod* a dalších materiálů poskytnutých pracovištěm (např. DVH) nebo vyhotovených na SÚRO (vyhodnocení filmů).

Dokument *Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod* je poté odeslán objednateli a na radioterapeutické pracoviště, kde proběhla prověrka moderních radioterapeutických metod.

Výsledky se také zapíší do databáze výsledků, která je vedena ve formátu Microsoft Excel a je uložena ve složce Sdílený disk P:\rentgen\\_SOP\_20\_Prověrka moderních radioterapeutických metod\databáze výsledků.

## 12 Odhad nejistot

Pro vysokoenergetické fotonové svazky je kombinovaná standardní nejistota stanovení absorbované dávky za referenčních podmínek v souladu s [1] odhadnuta na 1,5% (kombinovaná standardní nejistota kalibračního faktoru v SSDL je 0,55%) pro  $1\sigma$ .

Nejistota stanovení dávky při ověřování kalibrace svazku měřením ve fantomu malé pánve (PMMA) a aplikováním korekce na materiál fantomu je rovněž 1,5%, neboť vliv nejistoty spojené s korekcí na materiál fantomu je zanedbatelný.

Nejistota stanovení dávky při ověřování plánu radioterapie prostaty v bodech v PTV resp. v bodě  $X_{rec}$  komorou CC01 resp. Semiflex je pak odhadnuta na 1,8% ( $1\sigma$ ).

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 26 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

Nejistota filmové dozimetrie pomocí gafchromických filmů je pro účel posouzení shody změřených dávek s dávkami vypočtenými plánovacím systémem 1,7% (pro  $1\sigma$ ) pro body uvnitř cílového objemu. Nejvýznamnějším zdrojem této nejistoty je nehomogenita odezvy skeneru. Na okraji a vně cílového objemu může být celková nejistota vlivem vyšší nehomogenity odezvy skeneru až 2,4%.

Nejistota správného sesazení změřené a vypočtené dávkové distribuce je 2,5 mm. Hlavním zdrojem této nejistoty je nejistota odečtení „nulového bodu“ v plánovacím systému.

### 13 Mez stanovitelnosti

Pro zkoušky prováděné při prověrce moderních radioterapeutických metod nemá smysl uvažovat mez stanovitelnosti.

## 14 Řízení kvality

### 14.1 Vnitřní kontrola

Kontrola reprodukovatelnosti výsledků:

Při prověrce moderních radioterapeutických metod se používají 3 ionizační komory: PTW 30013, CC01 a Semiflex (PTW 31002).

Stálost komory PTW 30013 se ověřuje měřením v kontrolním zdroji dle kapitoly 9.1.

Stálost komory CC01 se ověří kontrolou, zda její kalibrační faktor získaný z kalibrace 1 (křížová kalibrace), odečtený ze záznamového a výpočetního formuláře, leží pro nominální energii svazku 6 MV resp. 15–18 MV v intervalu (3,078 - 3,115) resp. (3,064 - 3,093).

Stálost komory Semiflex se ověří kontrolou, zda její kalibrační faktor získaný z kalibrace 2 (kalibrace pomocí TPS), odečtený ze záznamového a výpočetního formuláře, leží v intervalu (0,259 - 0,275) pro nominální energii svazku 6-18 MV. Povolené rozmezí hodnot kalibračních faktorů komory Semiflex získaných z kalibrace 1 (křížová kalibrace) zatím stanoveno není.

Uvedené intervaly vycházejí z reprodukovatelnosti měření s těmito komorami (interval spolehlivosti 95%).

Jako kontrola reprodukovatelnosti výsledků může sloužit opakované měření ve fantomu pomocí komor a filmů na vybraném pracovišti.

Opakování zkoušky:

Zkouška bude opakována v případě, že odchylka dávky v referenčním bodě při kontrole kalibrace svazku překročí toleranci.

Zkouška bude opakována také v případě, že odchylka dávky v bodě  $X_{PTV}$  překročí toleranci.

V případě opakovaného a nevysvětleného překročení tolerance je možné uskutečnit kontrolu kalibrace svazku měřením dávky v referenčním bodě ve vodním fantomu v souladu s Metodikou nezávislé prověrky pro lineární urychlovače [5].

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 27 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

### Ověření stability odezvy skeneru

K ověření stability odezvy skeneru byl použit radiografický kalibrační „steptable“ film, který byl skenován desetkrát po sobě. Tento film totiž považujeme za dostatečně stabilní v čase. Krátkodobá stabilita odezvy skeneru při skenování tohoto filmu byla menší než 0,1%. Krátkodobá stabilita odezvy skeneru při skenování gafchromických filmů EBT2 se pohybovala do 0,2%.

Stabilita odezvy skeneru se bude ověřovat při každé prověrce moderních radioterapeutických metod. Při skenování se nejdříve pořídí 3 skeny radiografického kalibračního „steptable“ filmu, pak se bude skenovat měřící gafchromický film a kalibrační gafchromické filmy a potom se opět pořídí 3 skeny radiografického kalibračního „steptable“ filmu. Průměrná odezva skeneru (v dané oblasti filmu) pro první tři skeny se porovná s průměrnou odezvou skeneru pro poslední tři skeny. Stabilita odezvy skeneru je postačující, pokud se tyto průměrné hodnoty neliší o více než 0,3%.

## **14.2 Vnější kontrola**

### Účast v mezilaboratorním porovnávání:

Fantom malé pánve se ozáří terapeutickým plánem konkrétního pacienta a provede se kontrola změřené dávky v bodě  $X_{PTV}$  oproti očekávané dávce vypočtené plánovacím systémem (kdy se plán pacienta aplikuje na fantom malé pánve). Výsledky se porovnají se standardní kontrolou pracoviště pro daný terapeutický plán konkrétního pacienta (např. kontrola plánu měřením dávky v bodě s využitím ionizační komory a fantomu pracoviště).

### Metrologická kontrola měřícího zařízení:

Zajištěna v souladu s kapitolou 7.

## **15 Protokol o zkoušce**

Šablona *Protokolu z prověrky moderních radioterapeutických metod* je uvedena v Příloze č. 6.

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 28 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## 16 Záznamy

O provedení a vyhodnocení prověrky jsou vedeny záznamy v písemné formě nebo v elektronické formě v tomto rozsahu:

záznam	zodpovídá	uložení – složka	Uložení/ místnost
Informace pro pracoviště	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\Informace pro pracoviště	
Postup pro pracoviště	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\Postup pro pracoviště	
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	
Metodika porovnání změřené a vypočtené dávkové distribuce při prověrce moderních radioterapeutických metod	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\ Metodika porovnání změřené a vypočtené dávkové distribuce při prověrce moderních radioterapeutických metod	
Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod (šablona)	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod	
Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod (vyplněný, papírový výtisk)	Dufek, Koniarová	šanon Prověrka moderních radioterapeutických metod – složka pracoviště	F/2
Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku	

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 29 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

metod (šablona)		<i>moderních radioterapeutických metod</i>	
Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod (šablona)	Dufek, Koniarová	Notebook C:\dokumenty\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\ <i>Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod</i>	
Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod (vyplněný, elektronická verze)	Dufek, Koniarová	Notebook C:\dokumenty\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\pracoviště\ <i>Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod_pracoviště_datum</i>	
Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod (vyplněný, elektronická verze)	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\výsledky\pracoviště\ <i>Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod_pracoviště_datum</i>	
Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod (vyplněný, papírový výtisk)	Dufek, Koniarová	šanon Prověrka moderních radioterapeutických metod – složka pracoviště	F/2
Ozářené gafchromické filmy	Dufek, Koniarová	šanon na filmy	F/9
Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod (šablona)	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\podklady\ <i>Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod</i>	
Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod (vyplněný, elektronická verze)	Horáková	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\výsledky\pracoviště\ <i>Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod_pracoviště_datum</i>	

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 30 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod (vyplněný, papírový výtisk)	Horáková	šanon Prověrka moderních radioterapeutických metod – složka pracoviště	F/2
Databáze výsledků prověrky moderních radioterapeutických metod	Dufek, Koniarová	Sdílený disk P:\rentgen\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\databáze výsledků\ <i>Databáze výsledků prověrky moderních radioterapeutických metod.xls</i>	
Záznamy o vnitřních kontrolách (kontrola stálosti)	Dufek, Koniarová	Notebook C:\dokumenty\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\kontrola stálosti_MAKRA.xls	
Záznamy o vnitřních kontrolách (ověření stability skeneru)	Dufek, Koniarová	Notebook C:\dokumenty\_SOP_20_Prověrka moderních radioterapeutických metod\ověření stability odezvy skeneru.xls	
Dokumentace k přístrojům včetně kopií ověřovacích listů	Judas		F/9 a F/4

Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod obsahuje prvotní záznamy.

## 17 Seznam příloh

Příloha č. 1: Informace pro pracoviště

Příloha č. 2: Dotazník k prověrce moderních radioterapeutických metod

Příloha č. 3: Postup pro pracoviště

Příloha č. 4: Záznamový a výpočetní formulář pro prověrku moderních radioterapeutických metod (šablona)

Příloha č. 5: Metodika porovnání změřené a vypočtené dávkové distribuce při prověrce moderních radioterapeutických metod

Příloha č. 6: Protokol z prověrky moderních radioterapeutických metod (šablona)

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – Odbor lékařských expozič	List: 31 ze 31
Metodika pro prověrku moderních radioterapeutických metod	Datum vydání: 1.10.2013 Přezkoumal a schválil: Ing. Horáková

## C Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice

Tato metodika vychází z metodiky nezávislé prověrky radioterapie prostaty s fantomem malé pánve (z roku 2010). Nová metodika využívá upravený fantom malé pánve (nově vyrobené nádoby pro kosti, nový způsob fixace kostí – Lukopren).

Metodika je oproti původní metodice rozšířena o ověření 2D dávkových distribucí pomocí gafchromických filmů a gama analýzy a o stanovení CT čísel a relativních elektronových hustot (RED) s využitím QUASAR antropomorfního fantomu. V rámci prověrky si každé pracoviště nově provádí předléčebnou verifikaci terapeutického plánu prostaty.

Oproti původní metodice se také změnil způsob kalibrace ionizačních komor CC01 a Semiflex. Nově se tyto komory kalibrují jednak na základě křížové kalibrace s komorou PTW 30013 a jednak také pomocí kalibrace využívající plánovací systém. Jsou-li k dispozici, lze pro stanovení dávky použít také dávkové kalibrační faktory získané z kalibrační laboratoře (kalibrace 3).

## D Popis uplatnění Certifikované metodiky

Prověrka moderních radioterapeutických metod bude prováděna na základě žádosti SÚJB či jiného subjektu nebo na základě žádosti radioterapeutického pracoviště. Metodika je určena pro potřeby SÚRO a SÚJB a bude uplatněna v rámci podpory státního dozoru a státní správy při prevenci i opatřeních v oblasti lékařského ozáření.

## E Seznam použité související literatury

- [1] [TRS 398] IAEA: Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international Code of Practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. IAEA Technical Reports Series no 398, 2000.
- [2] Doporučení SÚJB: Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – lineární urychlovače pro 3D konformní radioterapii a IMRT, 2006.
- [3] Doporučení SÚJB: Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – urychlovače elektronů, 1998.
- [4] Provozní řád Odboru lékařských expozič, Státní ústav radiační ochrany, 2009.
- [5] Metodika nezávislé prověrky pro lineární urychlovače. SÚRO, 2010.
- [6] ESTRO Booklet No. 9: Guidelines for the verification of IMRT, 2008.

## F Seznam publikací

1. Metodika nezávislé prověrky radioterapie prostaty s fantomem malé pánve. Zpráva č. 15. SÚRO, 2010.
2. Funkční vzorek: Fantom malé pánve pro nezávislou prověrku radioterapie prostaty. Zpráva č. 13/2010. SÚRO, 2010.