

Vliv beam dat malých polí na klinické plány v TPS Eclipse

T. Hanušová^{1,2}, N. Trakslová², M. David¹

¹Fakultní Thomayerova nemocnice

²Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze



30.05.2024

Konference radiologické fyziky 2024, Skalský Dvůr



Motivace

- Zavedení stereotaktické radioterapie
- Technika 2 tangenciálních IMRT polí pro prs – chybové hlášení
- Nevycházející verifikace na OCTAVIUS
- K dispozici řada různých detektorů
 - PinPoint3D
 - Exradin W1
 - IBA Razor Nano Chamber
 - microDiamond
 - Film
 - 2D plastový scintilační detektor (in-house)
- Zajímavá studentská a atestační práce, publikace

Metody



OF pro 6 MV, 6 FFF a 10 FFF

- Pole 1 cm, 1,5 cm a 2 cm
- Plastový scintilační detektor Exradin W1 brán jako referenční (opravný faktor = 1)

	Field size FX [mm]											
	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	70.0	100.0	150.0	200.0	300.0	400.0
10.0	0.735	0.766	0.777	0.786	0.789	0.790	0.794	0.797	0.799	0.800	0.801	0.801
15.0	0.779	0.823	0.839	0.851	0.856	0.860	0.864	0.866	0.868	0.871	0.871	0.872
20.0	0.794	0.841	0.863	0.882	0.884	0.888	0.893	0.898	0.901	0.901	0.904	0.904
30.0	0.803	0.855	0.878	0.896	0.907	0.914	0.922	0.928	0.932	0.934	0.937	0.937
40.0	0.807	0.861	0.886	0.907	0.921	0.929	0.940	0.947	0.953	0.956	0.958	0.959
50.0	0.810	0.865	0.891	0.914	0.930	0.940	0.952	0.962	0.969	0.972	0.975	0.976
70.0	0.814	0.871	0.899	0.925	0.943	0.955	0.970	0.982	0.991	0.996	1.000	1.001
100.0	0.815	0.874	0.904	0.933	0.953	0.967	0.985	1.000	1.012	1.018	1.024	1.025
150.0	0.818	0.878	0.907	0.938	0.960	0.975	0.996	1.013	1.029	1.038	1.046	1.048
200.0	0.819	0.879	0.911	0.941	0.963	0.979	1.001	1.020	1.038	1.049	1.058	1.060
300.0	0.822	0.882	0.914	0.944	0.967	0.983	1.006	1.028	1.048	1.061	1.072	1.075
400.0	0.824	0.885	0.915	0.945	0.968	0.985	1.009	1.031	1.052	1.065	1.078	1.080

Není k dispozici doporučení

TRS 483

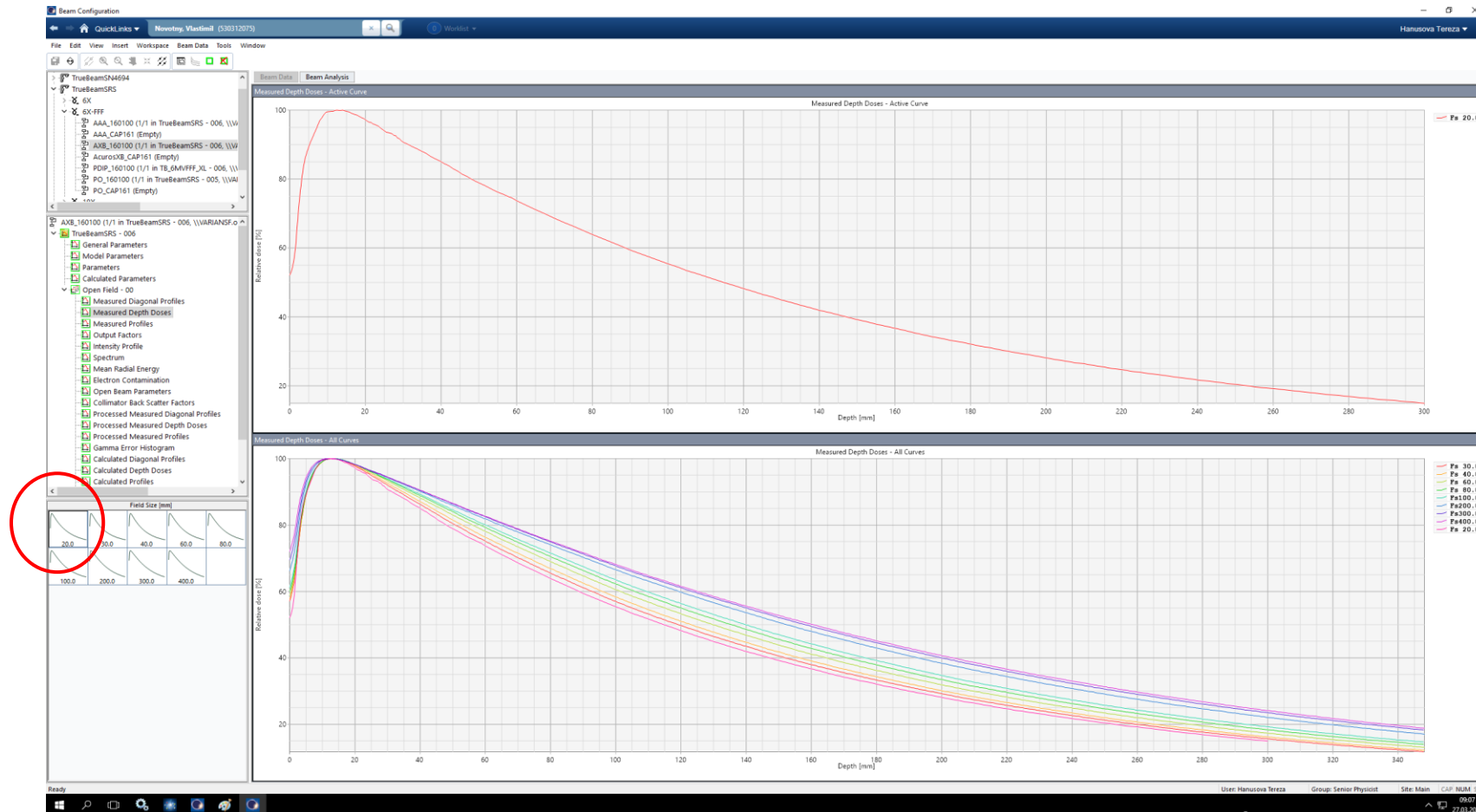
- Hloubka 10 cm
- Pole kolimovaná MLC
- Ekvivalentní čtvercové pole: \sqrt{AB}
 - Založeno na poměru stran pole a ne na příspěvku k rozptylu
 - Platné pro $0.7 < A/B < 1.4$
- Chybí IBA Razor Nano Chamber; PinPoint3D starší typ

Realita ve FTN

- Kalibrační hloubka 5 cm (6 MV, 6 FFF, 10 FFF)
- Pole kolimovaná clonami pro beam data
- Dlouhá a úzká obdélníková pole typu 1 x 40 cm
- Klinicky k dispozici PinPoint3D nový typ

PDD pro 6 MV, 6FFF a 10 FFF

Dle manuálu výrobce – nezohledňuje PDD pro pole < 2 cm



PinPoint3D

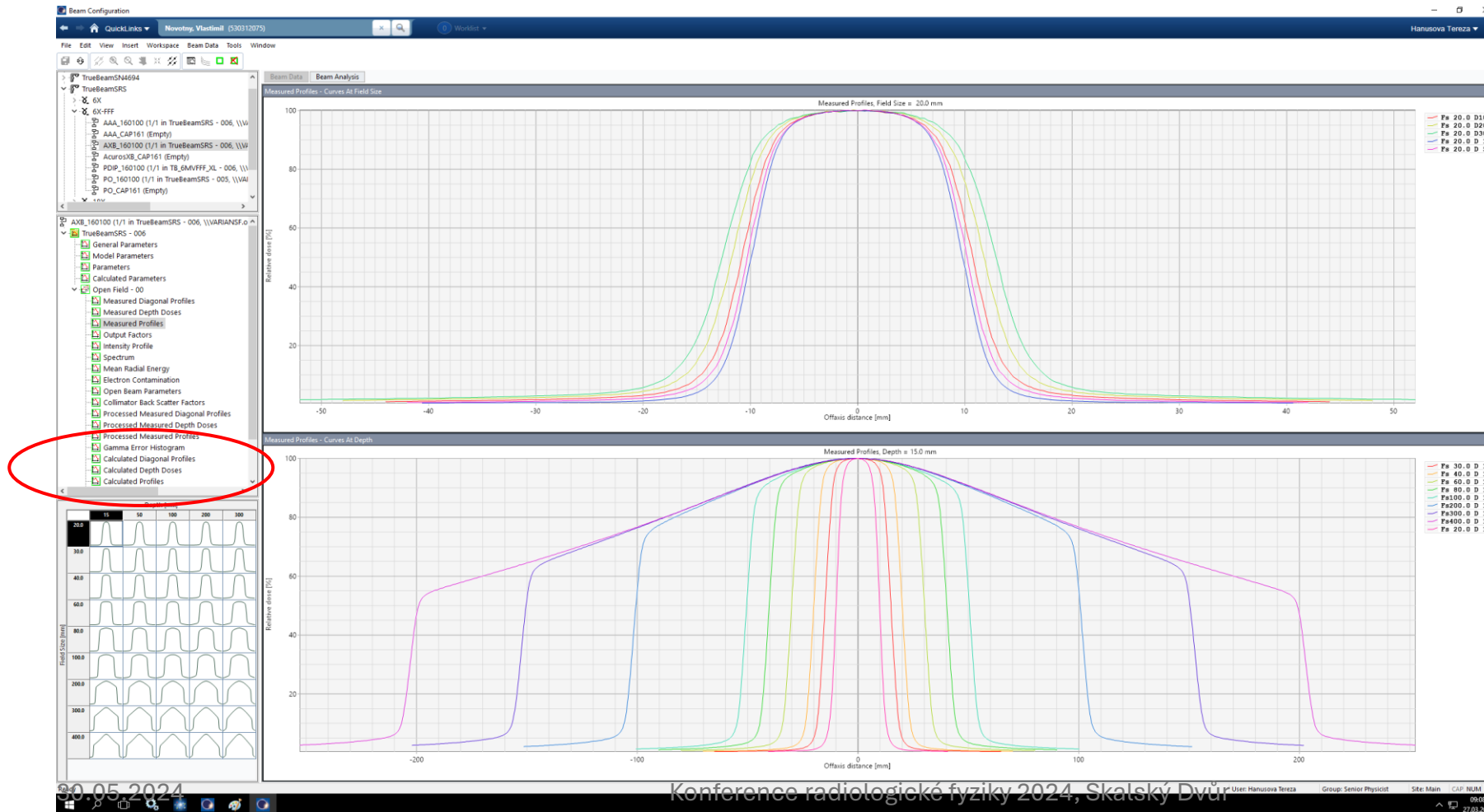
- Volume 0,016 cm³
- Cavity radius 2,9 mm
- Cavity length 2,9 mm



Profily pro 6 MV, 6 FFF a 10 FFF

Dle manuálu výrobce – nezohledňuje profily pro pole < 2 cm

PinPoint3D



2 sady beam dat pro posouzení vlivu malých polí

TrueBeam klinický (2 dozimetricky ekvivalentní stroje)

- 6 MV
- 6 FFF
- 10 FFF
- 18 MV
- AAA
- Acuros

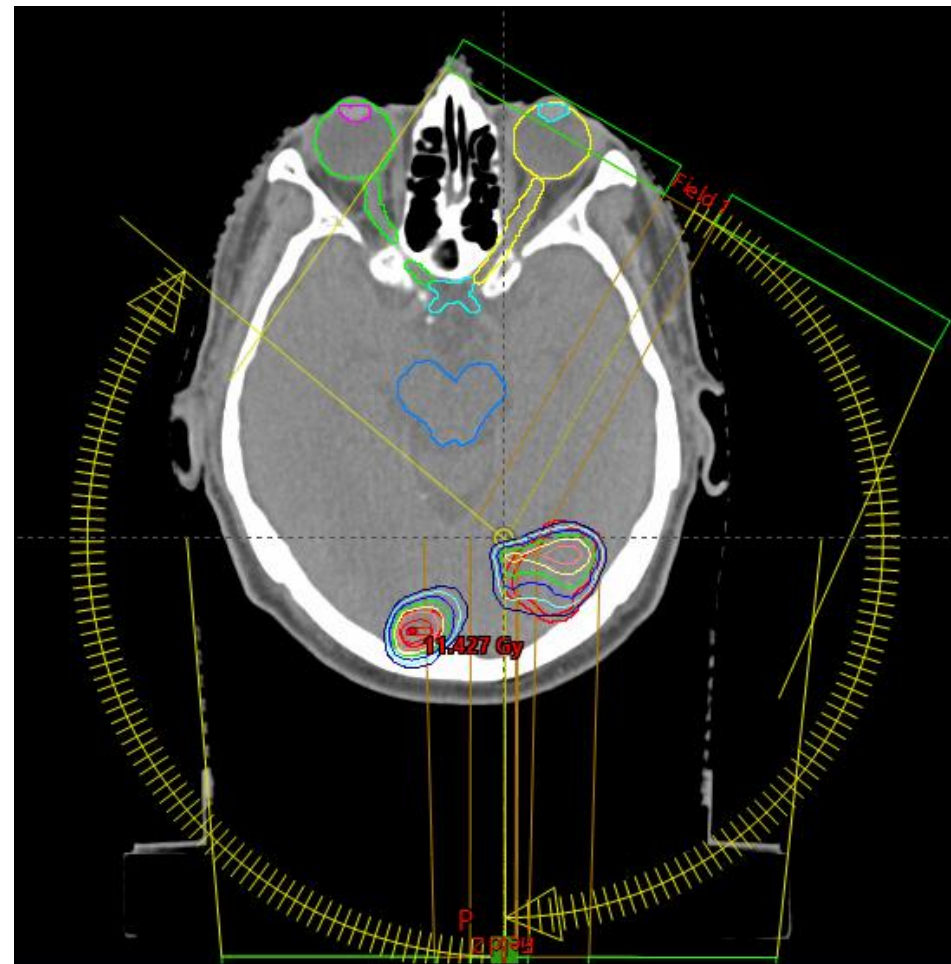
TrueBeam SRT

- 6 MV
- 6 FFF
- 10 FFF
- Acuros

Klinické plány

• Mozek

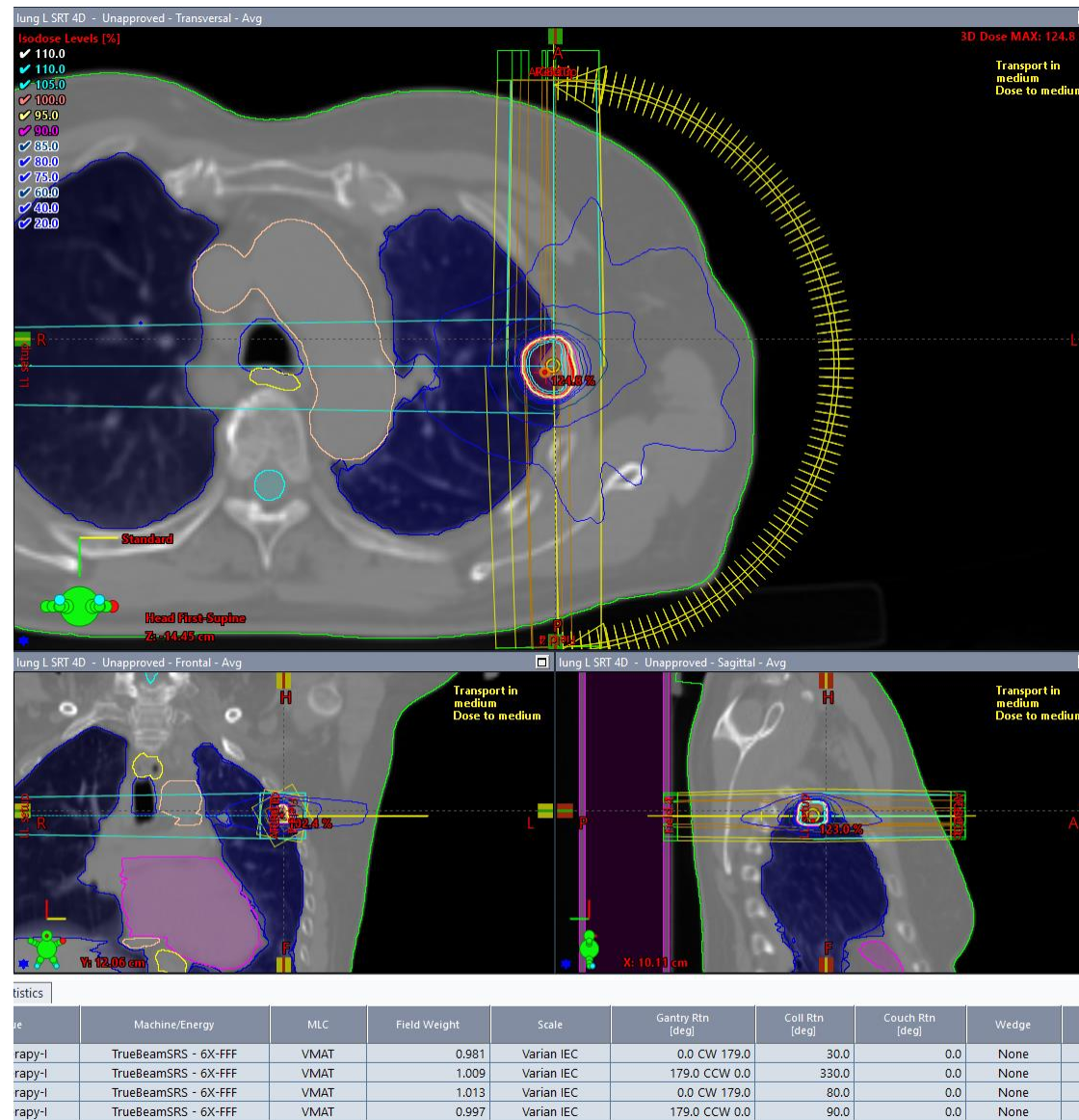
- Pacient z kurzu Inholland Academy IAEA
- 3 metastázy v mozku
- Frakcionace 1 x 24 Gy
- 6 MV, 6 FFF a 10 FFF
- Bez jaw tracking
- **Neklinický plán!**



Klinické plány

- Plíce 1

- Pacient z FN Motol
- Frakcionace 5 x 10 Gy
- 6 FFF
- 4 pŕlkyvy
- Col 30°, 330°, 80°, 90°
- Bez jaw tracking



Klinické plány

- Plíce 2
 - Pacient z FN Motol
 - Frakcionace 5 x 10 Gy
 - 6 FFF
 - 2 částečné kyvy (179°- 340°)
 - Col 30°, 330°
 - Jaw tracking



Klinické plány

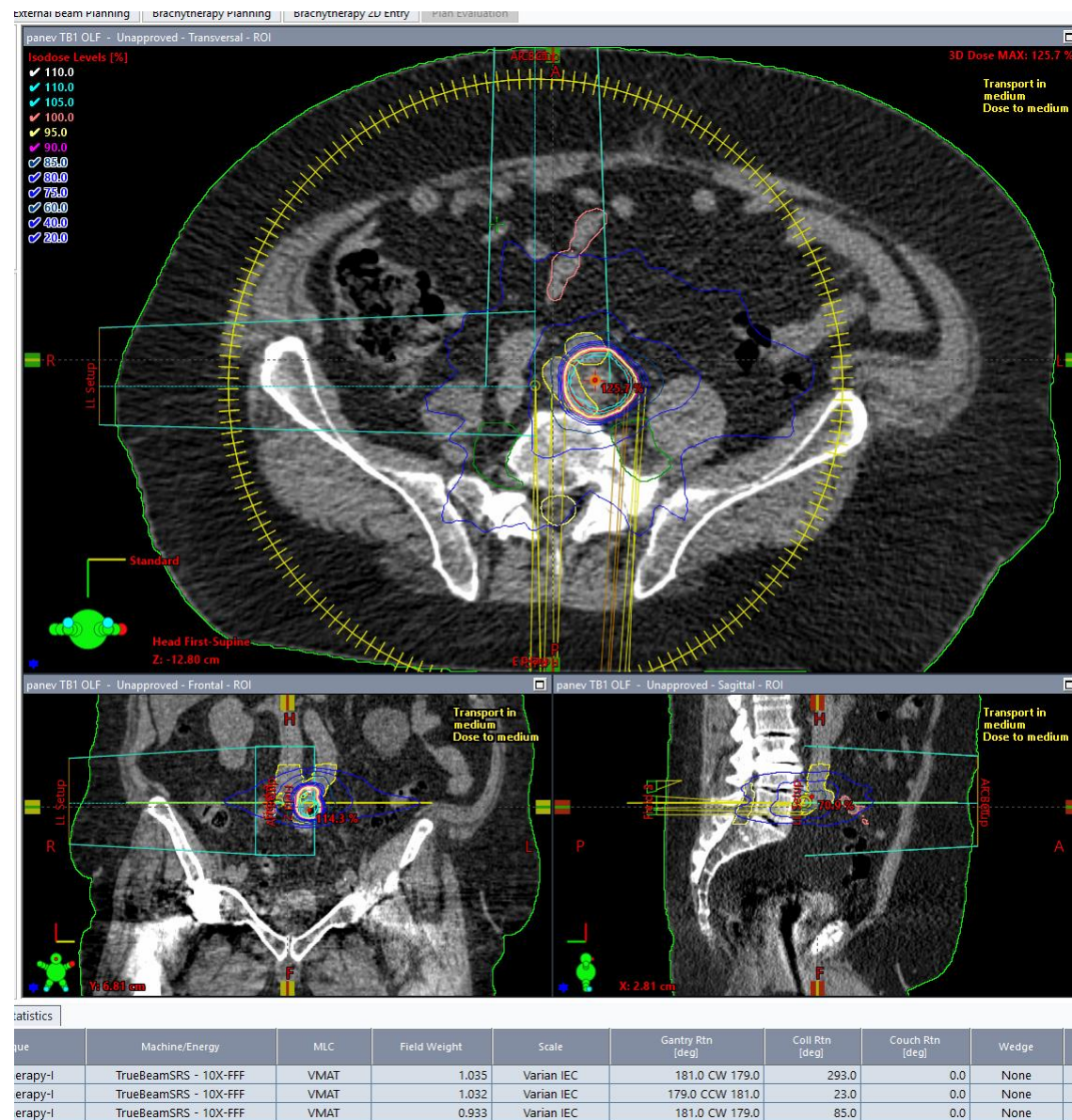
• Plíce 3

- Pacient z FN Motol
- Frakcionace 5 x 6 Gy
- 10 FFF
- 3 pŕlkyvy
- Col 20°, 340°, 85°
- Jaw tracking



Klinické plány

- Pánev 2
 - Pacient z Motola
 - Frakcionace 5 x 8 Gy
 - 10 FFF
 - 3 plné kyvy
 - Col 23°, 293°, 85°
 - Jaw tracking



Verifikace

- OCTAVIUS 4D rotační fantom + detektor 1000 SRS (PTW)

- **Acuros – stejná beam data**

- Rozlišení dávkové mřížky 1,25 mm

- Kalibrace kyvem, pole o velikosti odpovídající plánu (2 cm – 5 cm)

- Gama: 2%/2mm, threshold 5%, Dmax, rozlišení ve Verisoft 2,5 mm (lepší 1,25 mm), není ROI, **absolutní gama**, global gama

- celkově přísnější

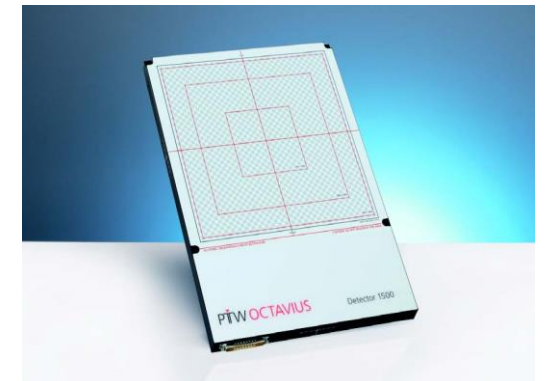
- Portálová dozimetrie

- **PDIP - jiná beam data** (založena na těch klinických?)

- Gama: 2%/2mm, threshold 10%, Dmax, není ROI, **relativní gama**, global gama



<https://www.ptwdosimetry.com/en/products/OCTAVIUS-4d/>





OCTAVIUS Detector 1500 Array | PTW (omnia-health.com)

Výsledky

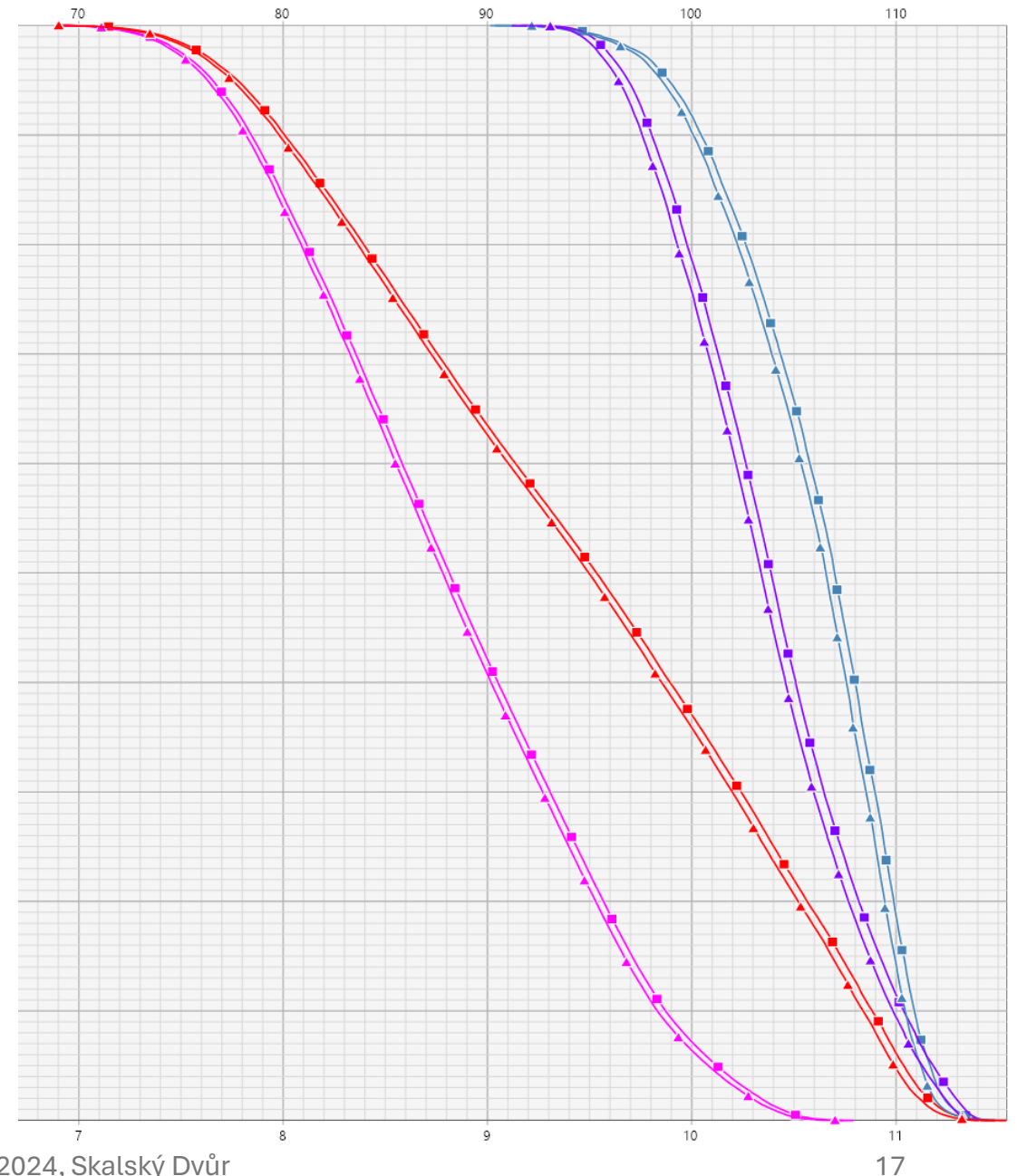


Výsledky

- Mozek 6 FFF, bez jaw tracking
- 3 x PTV (červené PTV all)
- Má vliv i na model MLC
(clony cca 30 cm)
- Rozdíl v Dmean: cca 0,1 Gy pro všechny PTV

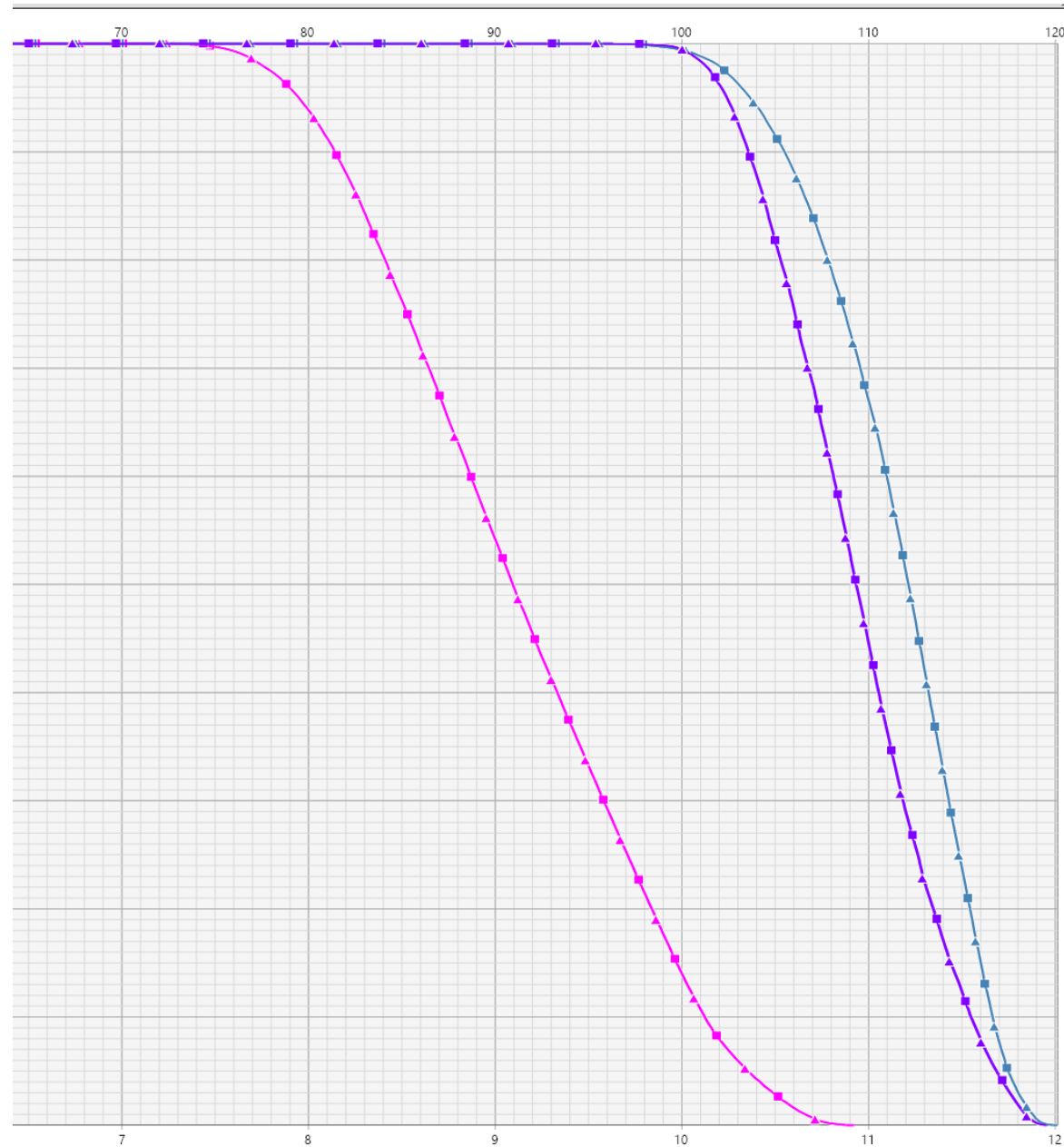
- TB SRT 
- TB1 

(pro OAR není rozdíl – dál od PTV)



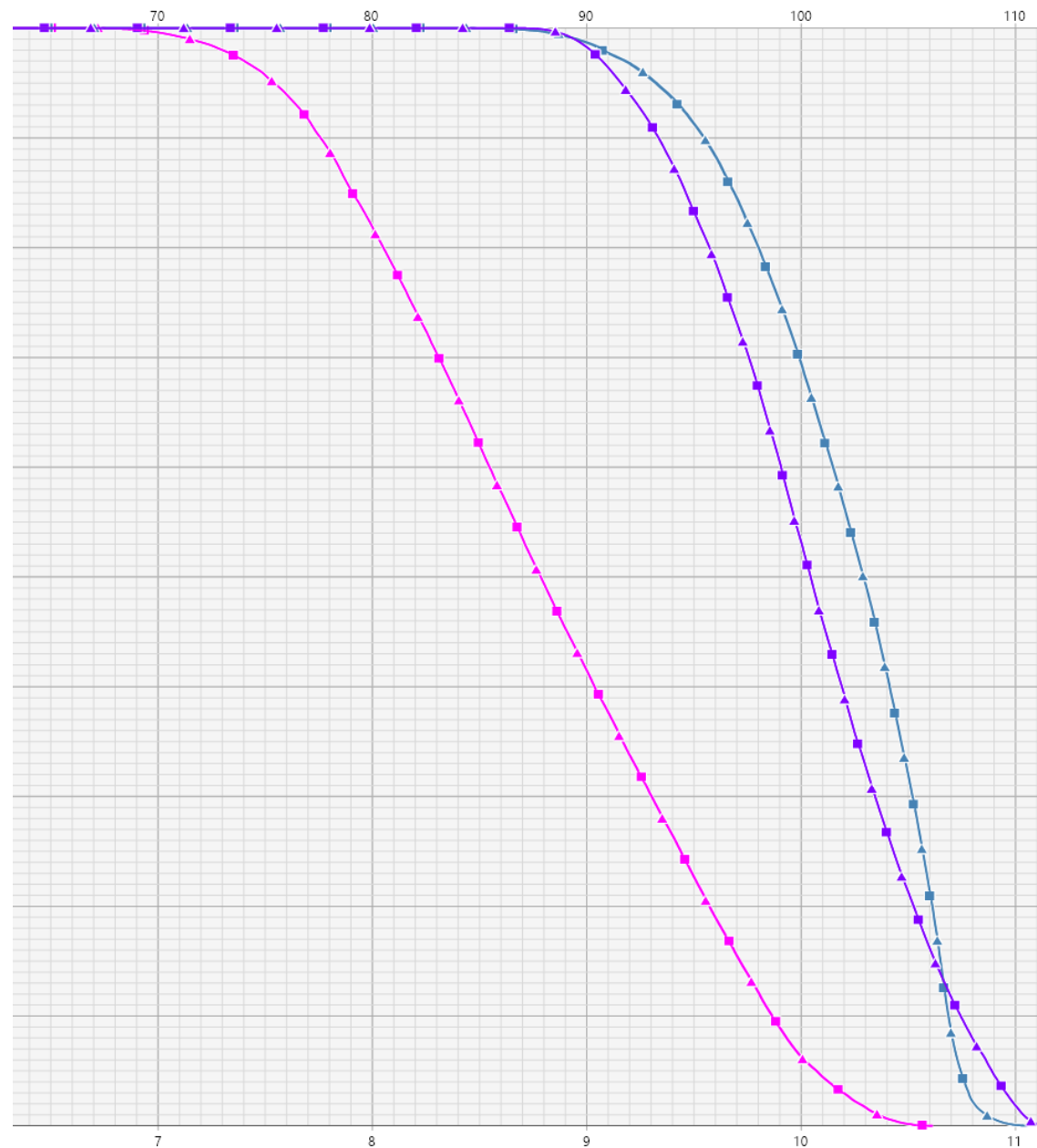
Výsledky

- Mozek 6 MV, bez jaw tracking
- Není rozdíl



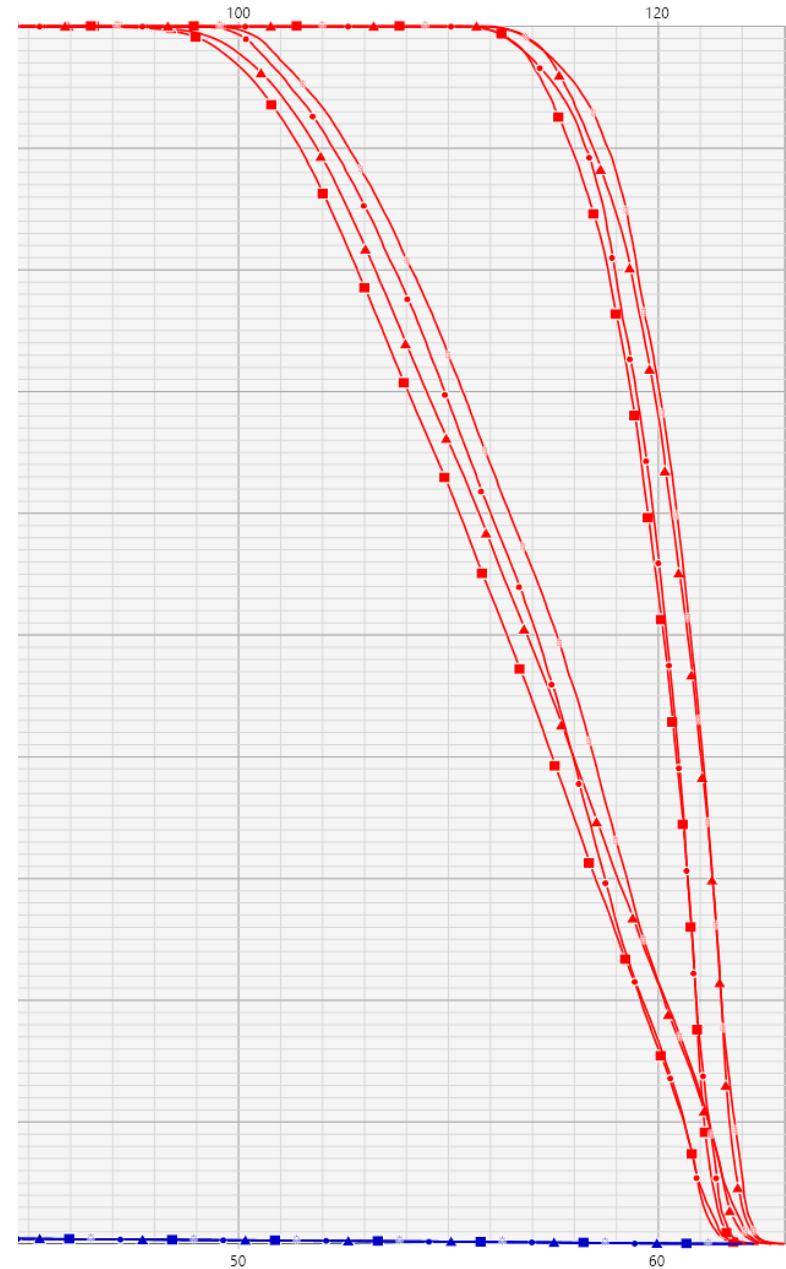
Výsledky

- Mozek 10 FFF, bez jaw tracking
- Není rozdíl



Výsledky

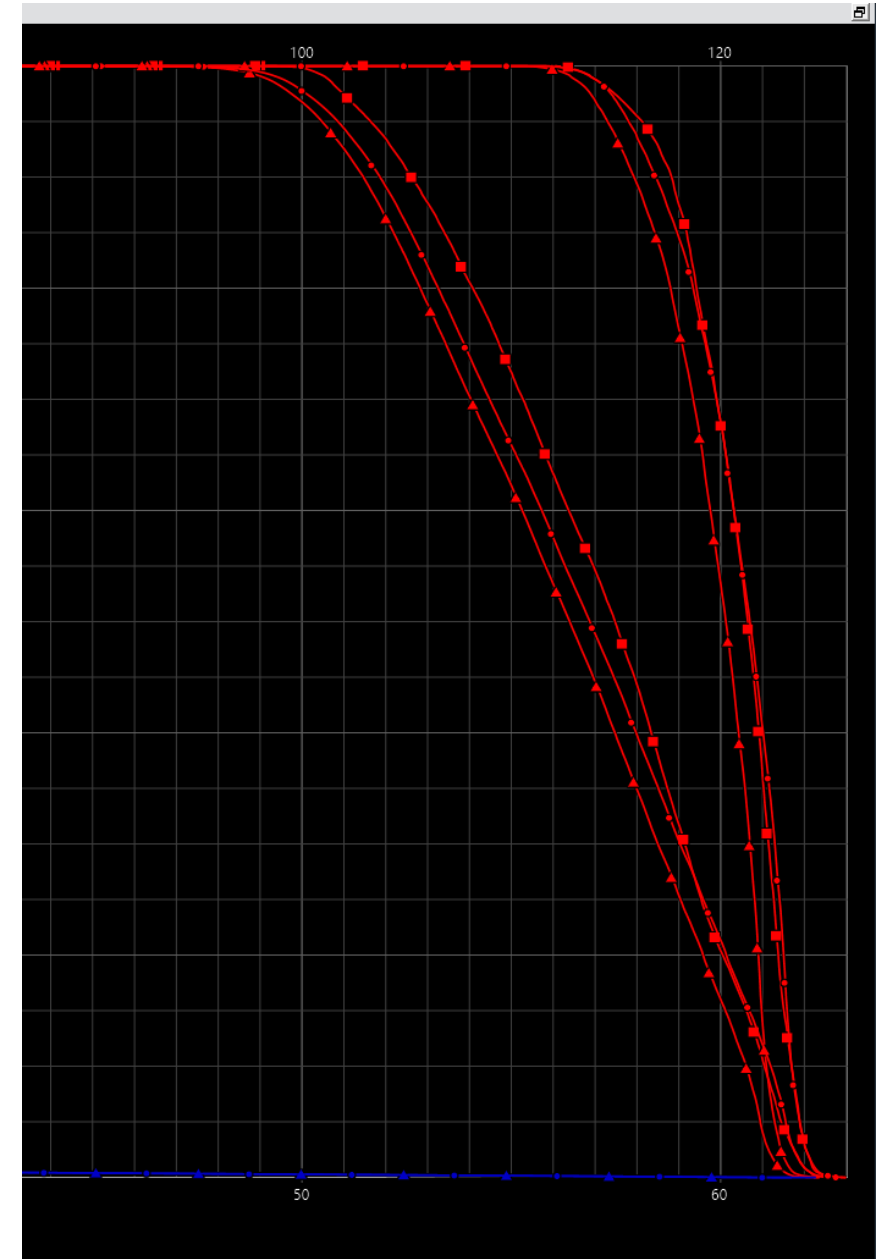
- Plíce 1, 6 FFF, bez jaw tracking, PTV a GTV
- **TB1 x TB SRT**
 - Rozdíl v Dmean PTV: cca 0,5 Gy
- Pro srovnání - rozlišení dávkové mřížky **2,5 mm x 1,25 mm**
 - Rozdíl v Dmean PTV: 0,5 Gy
- TB1 2,5 mm ■
- TB SRT 2,5 mm ▲
- TB1 1,25 mm ●
- TB SRT 1,25 mm ○



Výsledky

- Plíce 1, 6 FFF, bez jaw tracking
- **Motol x TB1 x TB SRT**
- Rozdíl v Dmean TB1 x Motol v PTV: 1 Gy
- Ale tvar křivek není stejný

- Motol ■
- TB1 ▲
- TB SRT ●



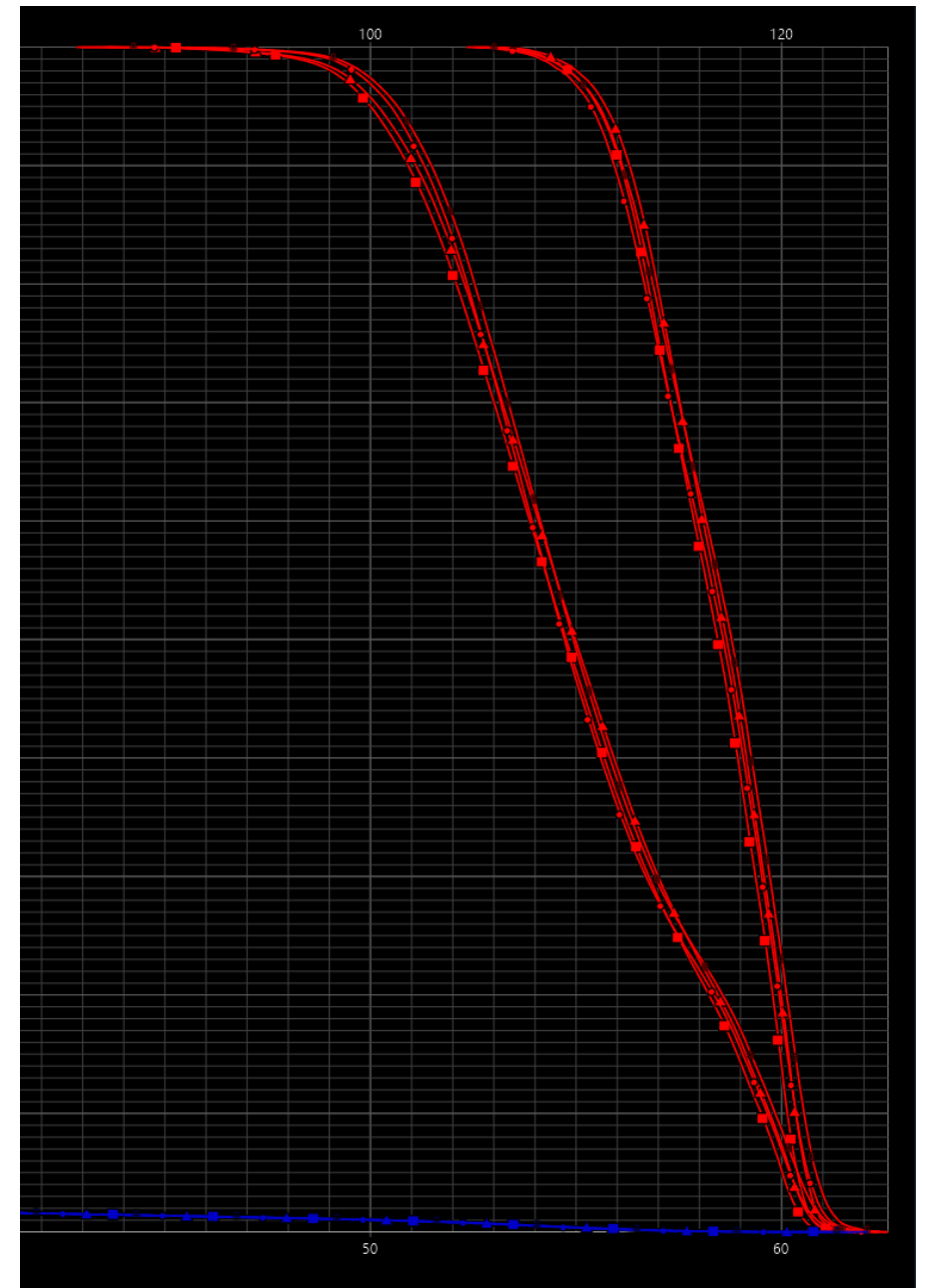
Výsledky

- Plíce 2, 6 FFF, jaw tracking
- **TB1 x TB SRT**
 - tvar křivek je stejný – OF
 - Rozdíl v Dmean v PTV: 0,2 Gy
- Pro srovnání - rozlišení dávkové mřížky

2,5 mm x 1,25 mm

- Rozdíl v Dmean v PTV: 0,1 Gy

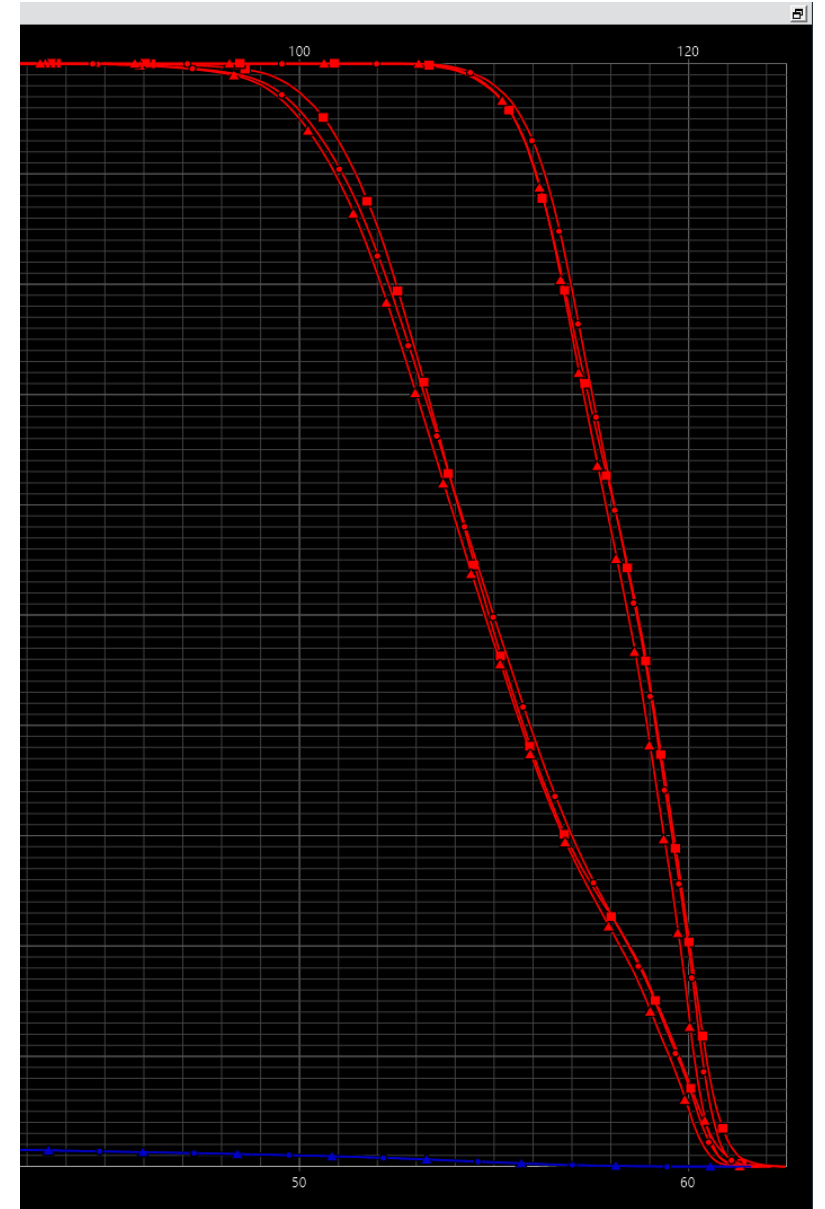
TB1 2,5 mm ■
TB SRT 2,5 mm ▲
TB1 1,25 mm ●
TB SRT 1,25 mm ○



Výsledky

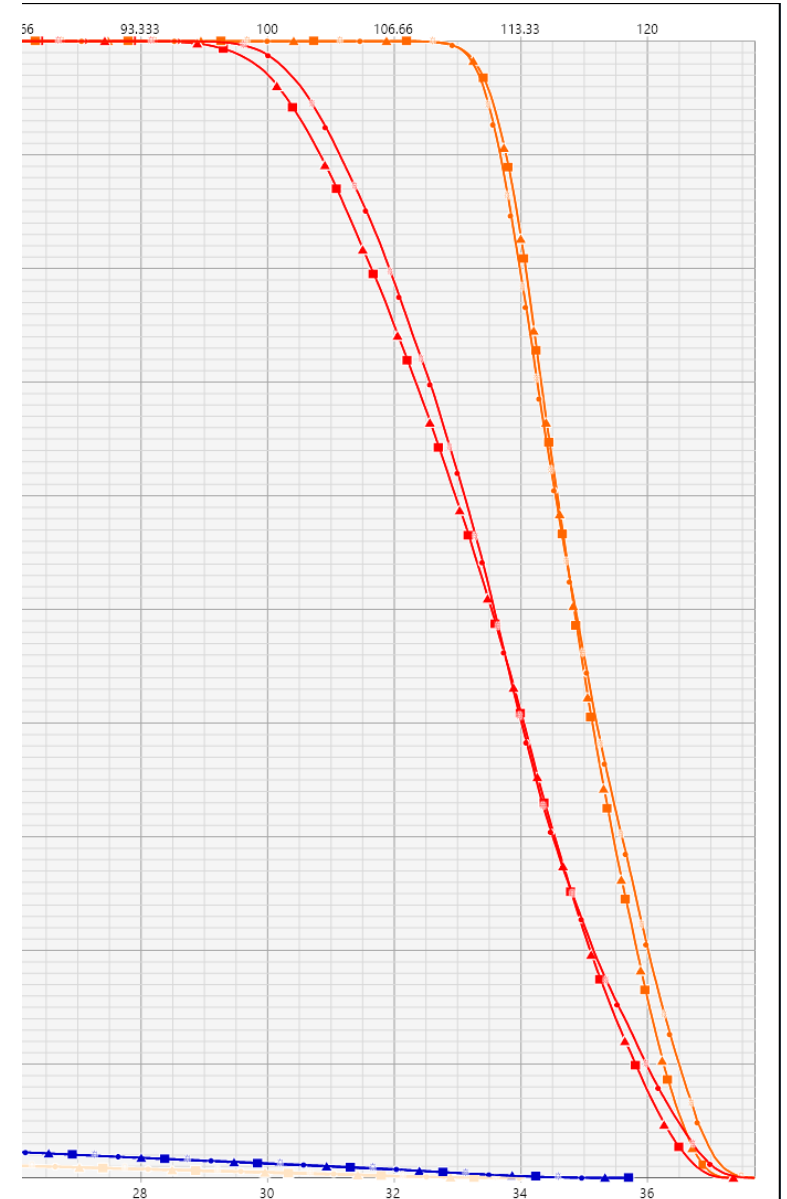
- Plíce 2, 6 FFF, jaw tracking
- **Motol** x TB1 x TB SRT
- Rozdíl v Dmean TB1 x Motol: 0,9 Gy
- Tvar křivek není stejný

Motol ■
TB1 ▲
TB SRT ●



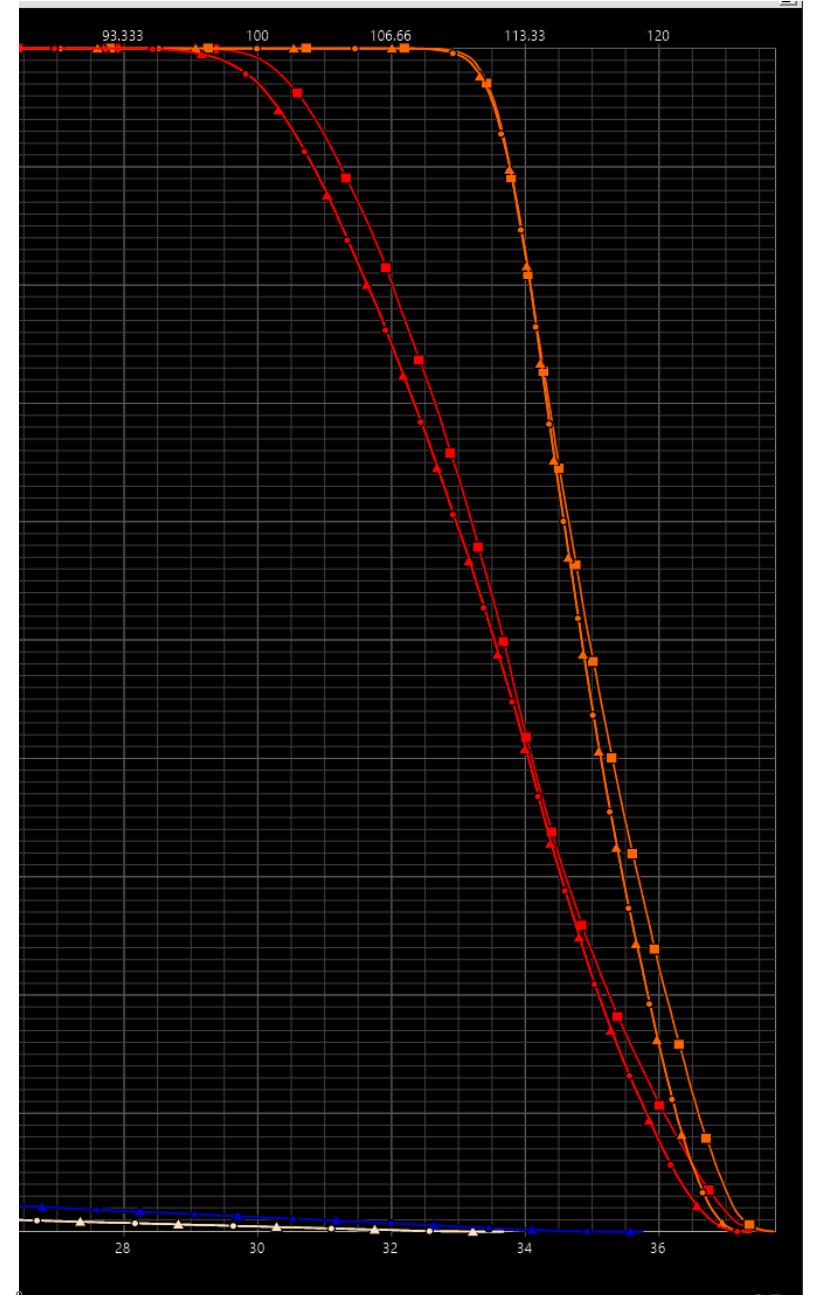
Výsledky

- Plíce 3, 10 FFF, jaw tracking
- Rozlišení dávkové mřížky **1,25 mm x 2,5 mm**
- Křivky mají jiný tvar
 - Rozdíl v D_{mean} : 0,1 Gy (2,5 mm nižší)
- **TB1 x TB SRT** – není rozdíl



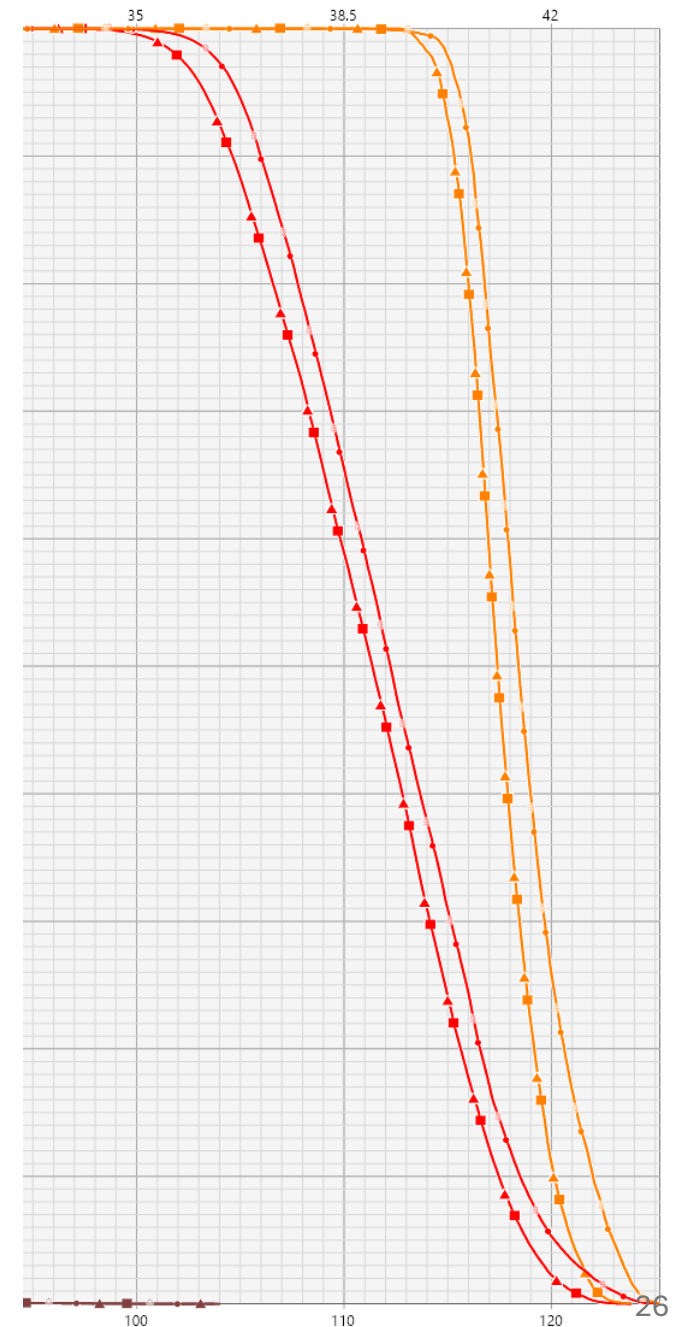
Výsledky

- Plíce 3, 10 FFF, jaw tracking
- **Motol x TB1 x TB SRT**
- Rozdíl Dmean Motol x FTN: 0,3 Gy (FTN nižší)



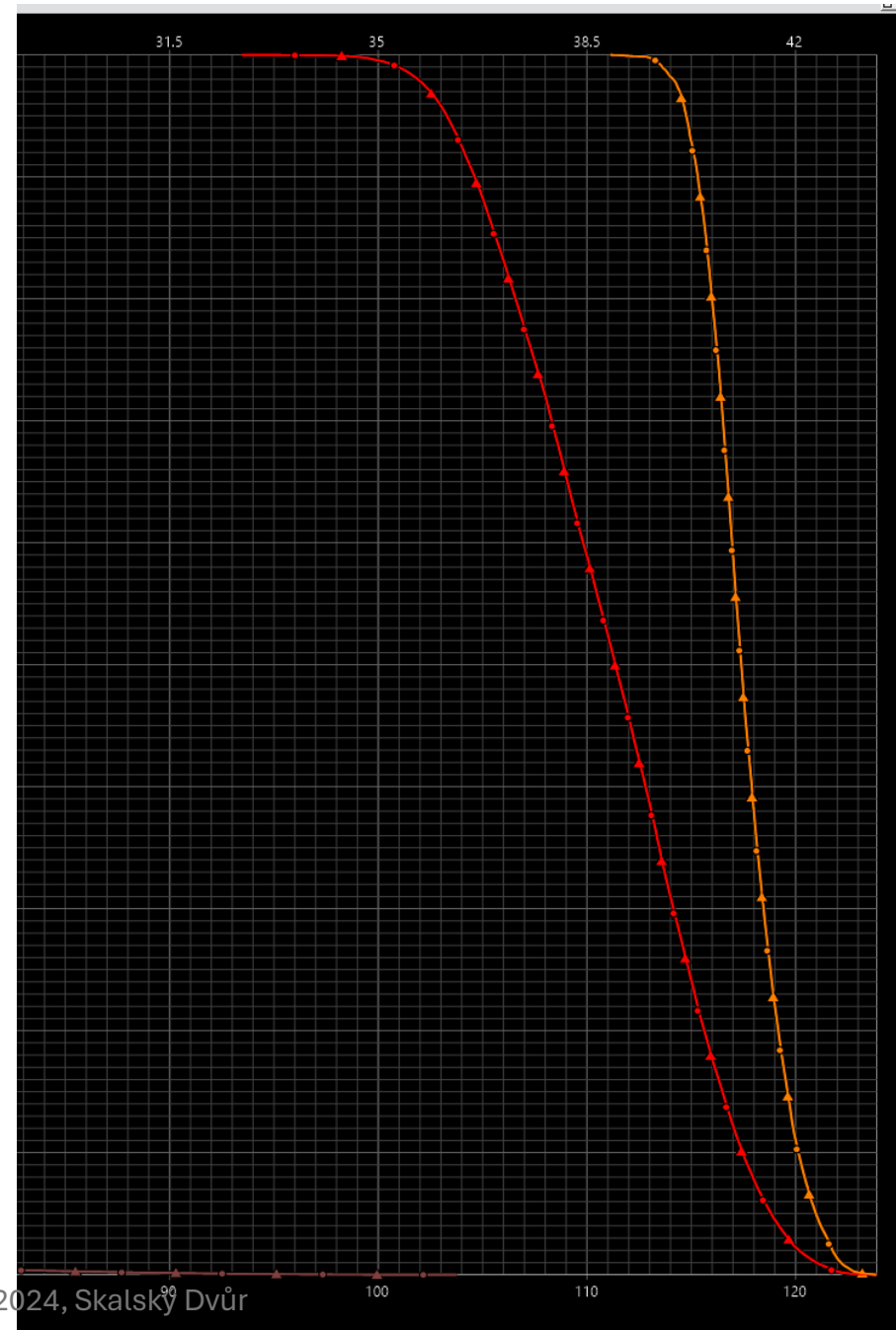
Výsledky

- Pánev 1, 10 FFF, bez jaw tracking
- Rozlišení dávkové mřížky **1,25 mm x 2,5 mm**
 - Rozdíl v Dmean: 0,4 Gy (nižší 2,5 mm)
- **TB1 x TB SRT** – není rozdíl



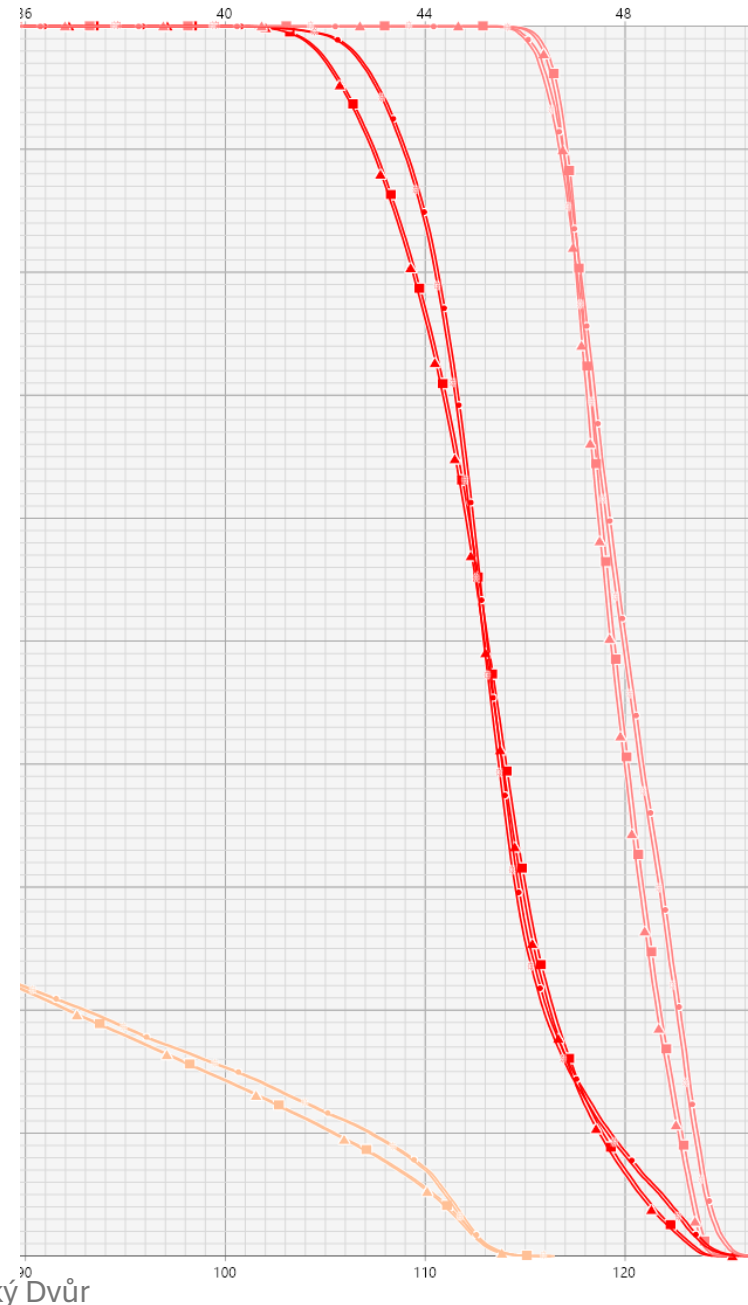
Výsledky

- Pánev 1
- **Motol x TB1 x TB SRS**
- Zde není žádný rozdíl ani v Motole



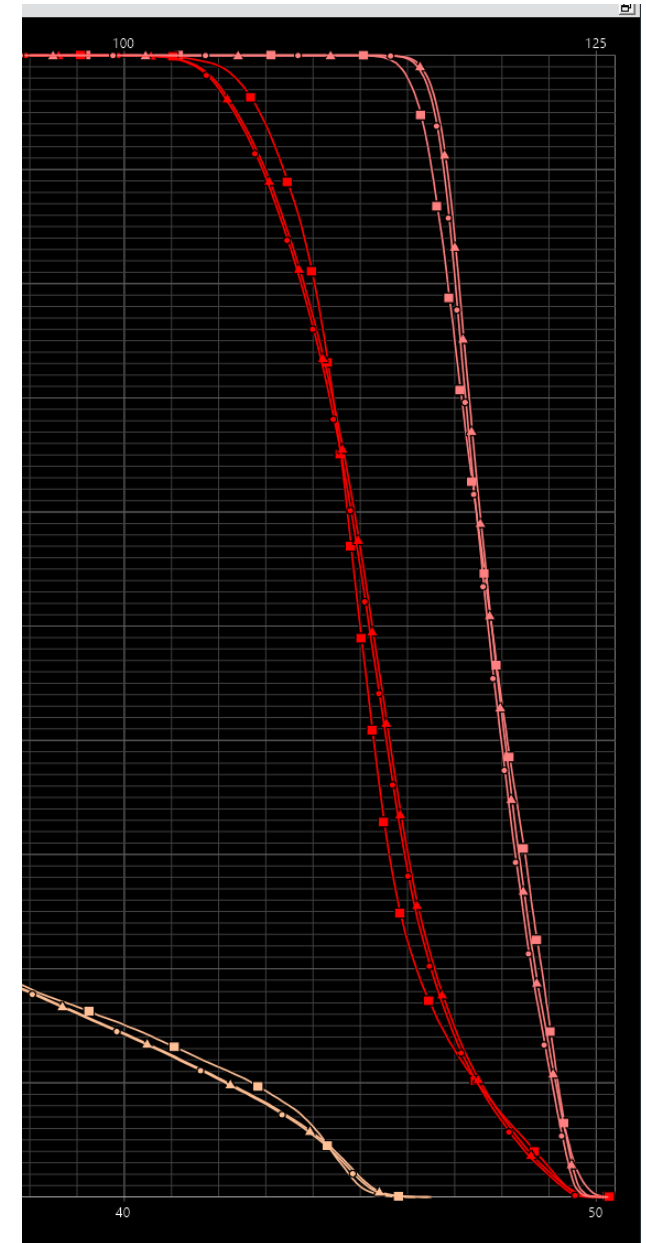
Výsledky

- Pánev 2, 10 FFF, jaw tracking
- Rozlišení **1,25 mm x 2,5 mm**
 - Rozdíl v Dmean v PTV: 0,2 Gy (nižší 2,5 mm)
- **TB1 x TB SRT** – není rozdíl



Výsledky

- Pánev 2, 10 FFF, jaw tracking
- **Motol x TB1 x TB SRT**
- Rozdíl v Dmean v PTV: 0,07 Gy
- Zde se shoduje Motol a TB SRT (FTN), rozdílný je druhý model FTN



Výsledky – verifikace OCTAVIUS

Konzistentní výsledky s DVH – rozdíly ale malé

	Plíce 1	Plíce 2	Plíce 3	Pánev 1	Pánev 2
TB1 3D gama skóre	100%	100%	99,7%	100% <i>100% na všech dávkových hladinách</i>	100%
TB SRT 3D gama skóre	100% <i>100% na všech dávkových hladinách</i>	100% <i>100% na všech dávkových hladinách</i>	99,9%	100% <i>100% na všech dávkových hladinách</i>	100%

Plíce 3: TB SRT x TB1

Volume Analysis

Statistics

Number of Voxels: 71 595
 Evaluated Voxels: 27 641 (38,6 %)
 Passed: 27 601 (99,9 %)
 Failed: 40 (0,1 %)
 Result: **99,9 %**

Compare

Arithmetic Mean: 0,340
 Min: (LR=5,0 mm / TG=45,0 mm / Slice=-15,0 mm) 0,000
 Max: (LR=-10,0 mm / TG=-3,0 mm / Slice=-5,0 mm) 1,813
 Median: 0,294

Absolute Difference

Arithmetic Mean: 0,064 Gy
 Min: (LR=5,0 mm / TG=45,0 mm / Slice=-15,0 mm) 0,000 Gy
 Max: (LR=0,0 mm / TG=-24,0 mm / Slice=25,0 mm) 0,537 Gy
 Median: 0,051 Gy

Settings

Passing criteria: Gamma <= 1,0
 Green: 90,0 % to 100,0 %
 Yellow: 75,0 % to 90,0 %
 Red: 0,0 % to 75,0 %

Parameters

2,0 mm Distance- To- Agreement
 2,0 % Dose difference with ref. to normalization value (= 8,669 Gy) of Data S...
 Suppress dose below 5,0 % of the normalization value (= 8,669 Gy) of Data...

Dose level for evaluation i...	Number of Voxels	Evaluated Voxels	Passed	Failed	Result
50	3 329	3 329 (100,0 %)	3 289 (98,8 %)	40 (1,2 %)	98,8 %
70	1 801	1 801 (100,0 %)	1 761 (97,8 %)	40 (2,2 %)	97,8 %
80	1 168	1 168 (100,0 %)	1 131 (96,8 %)	37 (3,2 %)	96,8 %
85	764	764 (100,0 %)	740 (96,9 %)	24 (3,1 %)	96,9 %
90	315	315 (100,0 %)	301 (95,6 %)	14 (4,4 %)	95,6 %
95	63	63 (100,0 %)	61 (96,8 %)	2 (3,2 %)	96,8 %
100	1	1 (100,0 %)	1 (100,0 %)	0 (0,0 %)	100,0 %

Volume Analysis

Statistics

Number of Voxels: 71 595
 Evaluated Voxels: 27 641 (38,6 %)
 Passed: 27 567 (99,7 %)
 Failed: 74 (0,3 %)
 Result: **99,7 %**

Compare

Arithmetic Mean: 0,367
 Min: (LR=25,0 mm / TG=15,0 mm / Slice=25,0 mm) 0,000
 Max: (LR=-10,0 mm / TG=-3,0 mm / Slice=-5,0 mm) 1,951
 Median: 0,326

Absolute Difference

Arithmetic Mean: 0,070 Gy
 Min: (LR=25,0 mm / TG=15,0 mm / Slice=25,0 mm) 0,000 Gy
 Max: (LR=0,0 mm / TG=-24,0 mm / Slice=25,0 mm) 0,525 Gy
 Median: 0,057 Gy

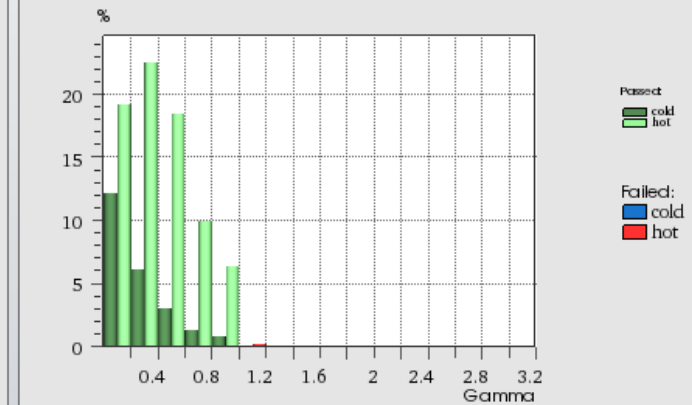
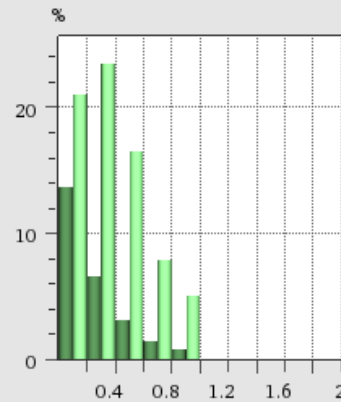
Settings

Passing criteria: Gamma <= 1,0
 Green: 90,0 % to 100,0 %
 Yellow: 75,0 % to 90,0 %
 Red: 0,0 % to 75,0 %

Parameters

2,0 mm Distance- To- Agreement
 2,0 % Dose difference with ref. to normalization value (= 8,669 Gy) of Data S...
 Suppress dose below 5,0 % of the normalization value (= 8,669 Gy) of Data...

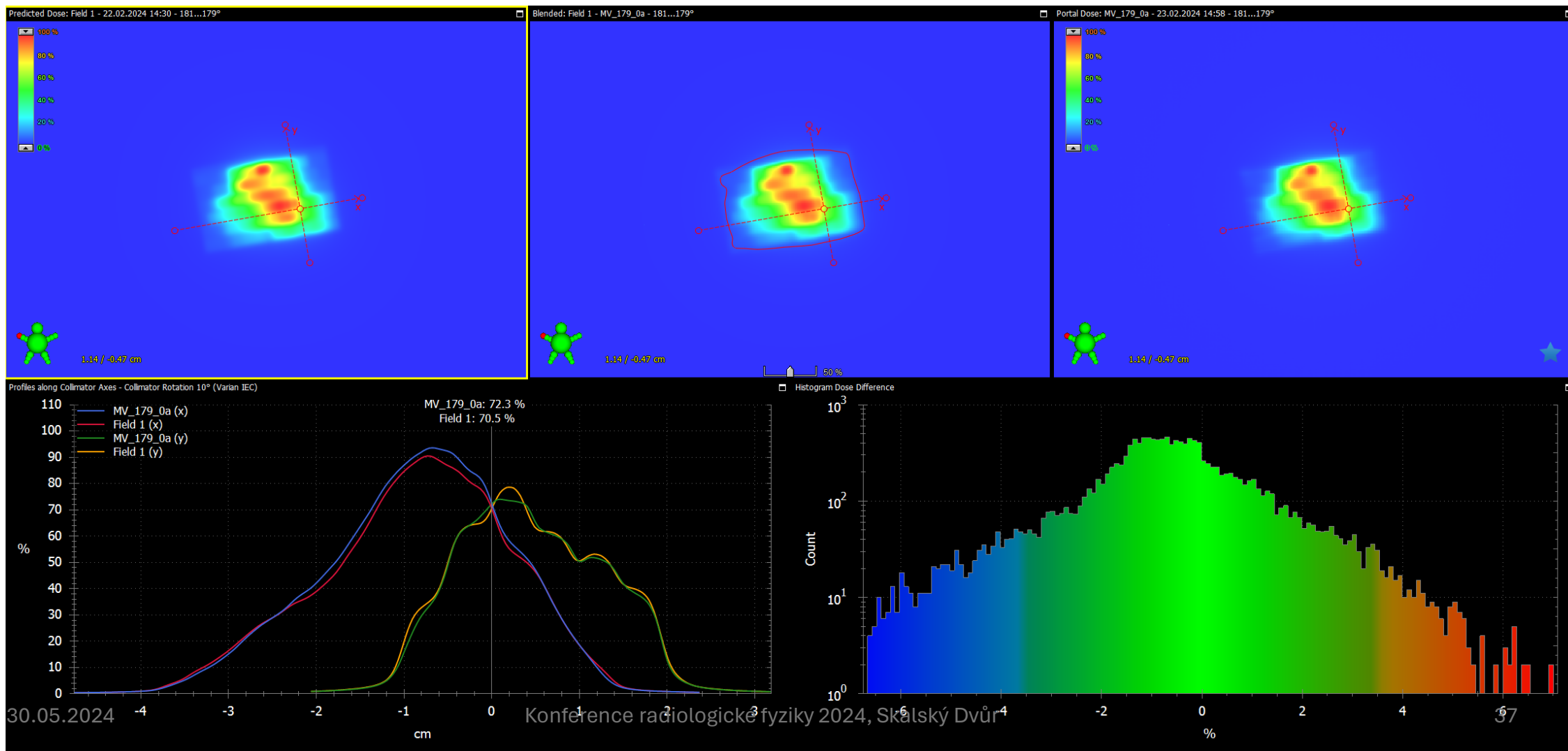
Dose level for evaluation i...	Number of Voxels	Evaluated Voxels	Passed	Failed	Result
50	3 329	3 329 (100,0 %)	3 255 (97,8 %)	74 (2,2 %)	97,8 %
70	1 801	1 801 (100,0 %)	1 727 (95,9 %)	74 (4,1 %)	95,9 %
80	1 168	1 168 (100,0 %)	1 101 (94,3 %)	67 (5,7 %)	94,3 %
85	764	764 (100,0 %)	718 (94,0 %)	46 (6,0 %)	94,0 %
90	315	315 (100,0 %)	287 (91,1 %)	28 (8,9 %)	91,1 %
95	63	63 (100,0 %)	58 (92,1 %)	5 (7,9 %)	92,1 %
100	1	1 (100,0 %)	1 (100,0 %)	0 (0,0 %)	100,0 %



Výsledky – portálová dozimetrie

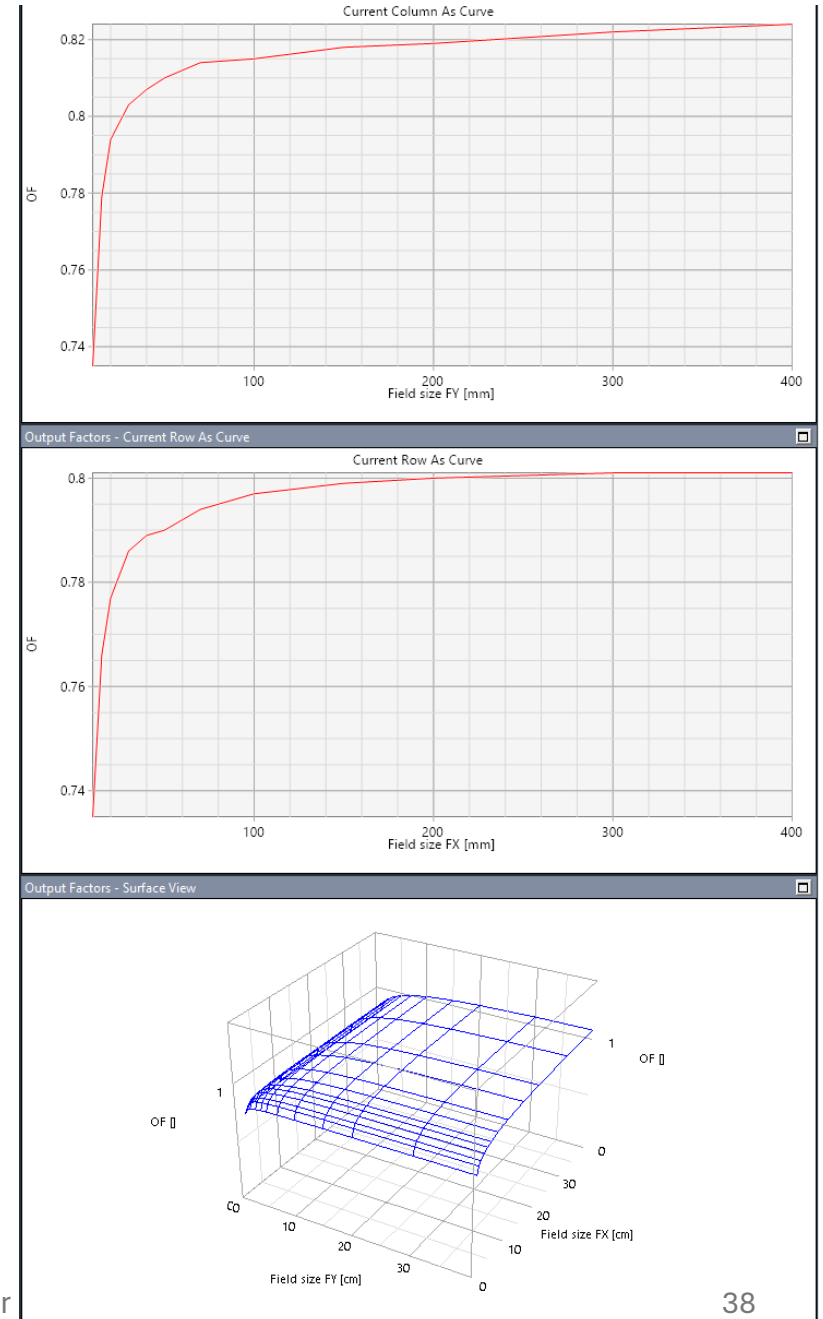
Plíce 1 Bez JT	Plíce 2	Plíce 3	Pánevní 1 Bez JT
98,9%	99,5%	99,9%	100%
99,7%	100%	100%	?
99,7%	100%	100%	
99,9%	99,5%		

Výsledky – portálová dozimetrie



Shrnutí a diskuze

- Může a nemusí mít vliv – pokaždé jinak
 - Model FN Motol také golden data, ale jiná transmise, separace
 - Hladkost dat - extrapolace
 - Výběr detektorů – neznalost u golden dat
- Zajímavá data pro publikaci
- Klinicky není rozdíl relevantní (asi)
 - Pokud není změřeno špatně
- Klinicky používáme auditovaná data (bez malých polí)



Reference

- *Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy: International Code of Practice for Reference and Relative Dose Determination: Technical Report Series no. 483.* ISSN 0074–1914. IAEA, Vienna 2017.
- TAHMASBI, Marziyeh; CAPELA, Miguel; SANTOS, Tania; MATEUS, Josefina; VENTURA, Tiago et al. Particular issues to be considered in small field dosimetry for TrueBeam STx commissioning. *Applied Radiation and Isotopes*. 2023, vol. 202. DOI:10.1016/j.apradiso.2023.111066.
- LOOE, Hui Khee; BÜSING, Isabel; TEKIN, Tuba; BRANT, Andre; DELFS, Björn et al. The polarity effect of compact ionization chambers used for small field dosimetry. *Medical Physics*. 2018, vol. 45, no. 12, p. 5608-5621. DOI: 10.1002/mp.13227.

Poděkování

- FN Motol – Ing. Petra Osmančíková, Ph.D.



- Canberra Packard – Ing. Marek Češpivo



Studentská konference radiologické fyziky a dozimetrie

6. – 8. 10. 2024
Vrbice

vinařská obec v okrese Břeclav

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Vás srdečně zve na **9. ročník Studentské konference radiologické fyziky a dozimetrie**. Konference se uskuteční v malebné vinařské obci Vrbice na Břeclavsku.

Jako každý rok se i letos můžete těšit na zajímavé přednášky z oboru radiologické fyziky a dozimetrie, radiobiologie, radioterapie, radiodiagnostiky a nukleární medicíny.

Těšíme se na Vás

prof. Ing. Tomáš Trojek, Ph.D.

Ing. Josef Novotný, Ph.D.

