

Kvantifikace akumulované aktivity s využitím metody Monte Carlo

Bc. Soňa Burešová^{1,2,3}

Vedoucí DP: Ing. Kateřina Dudášová^{1,2}

Konzultant DP: Ing. Pavel Solný^{2,4}

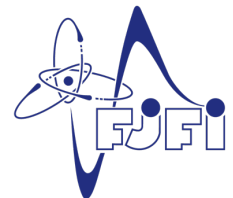
20. 4. 2023

¹ – KDAIZ FJFI ČVUT v Praze

² – SÚRO, v. v. i.

³ – FN v Motole

⁴ – Nemocnice České Budějovice, a.s.

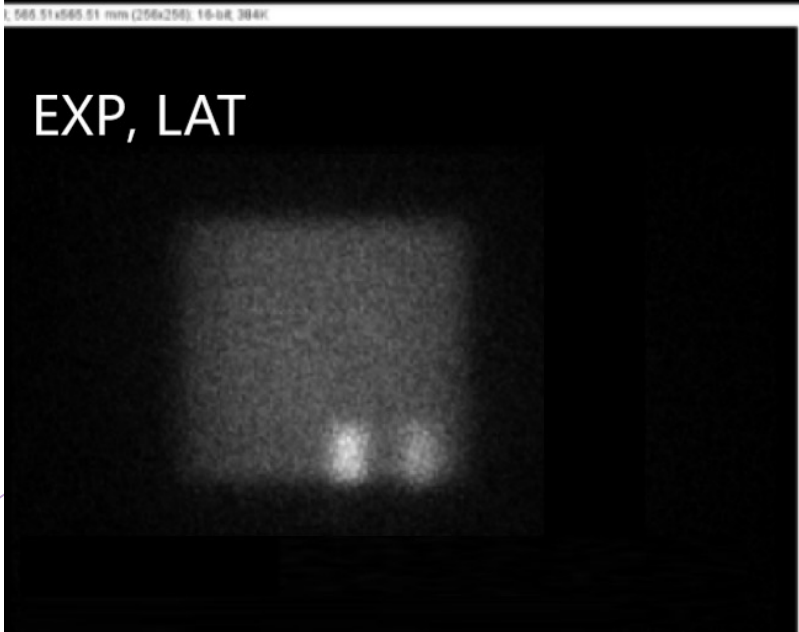
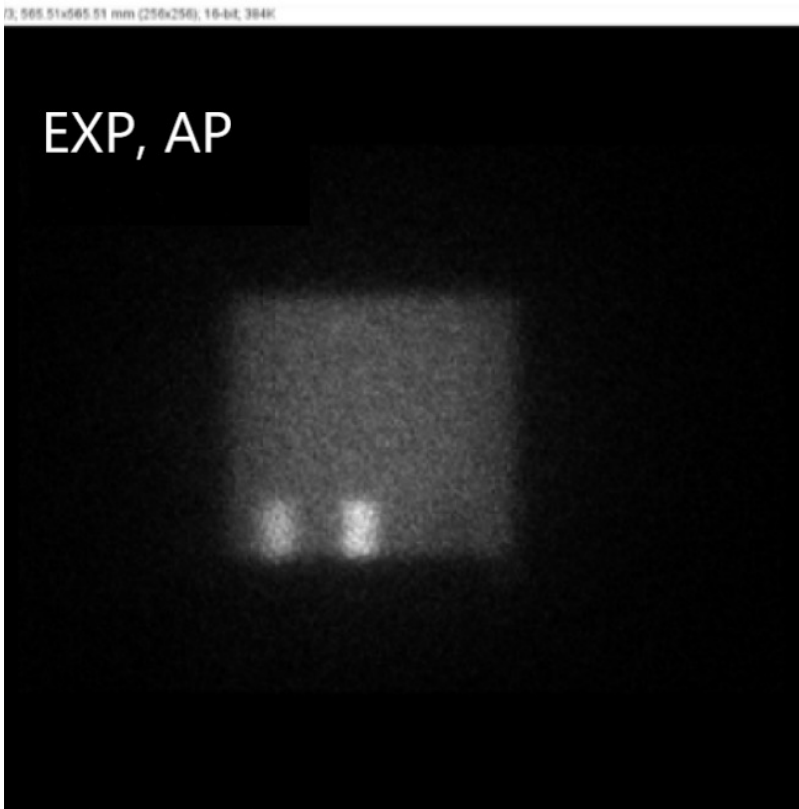


Motivace

$$N / A = a \cdot \text{HLU} + b$$

$$A = N / (a \cdot \text{HLU} + b)$$

LAT	HLU (cm)	CPS (/s)	A (MBq)
	5,2	64	?



Motivace

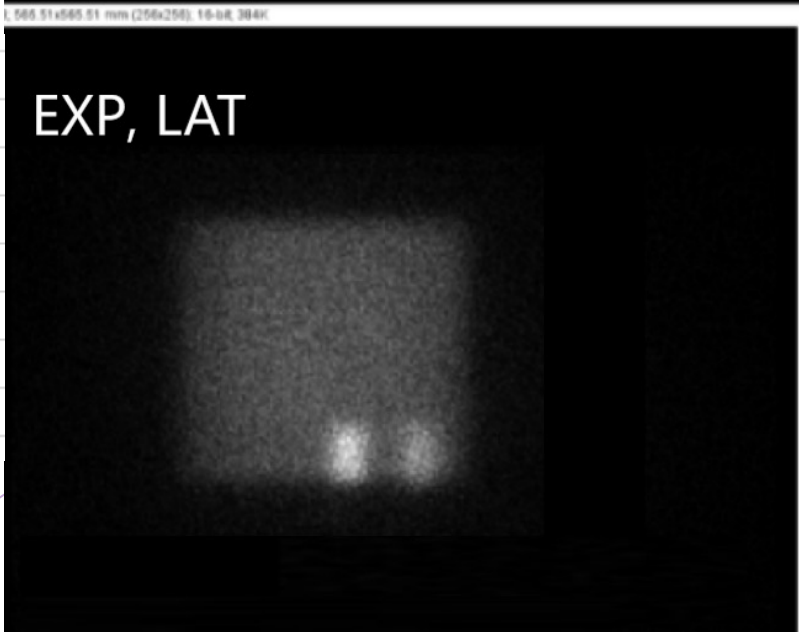
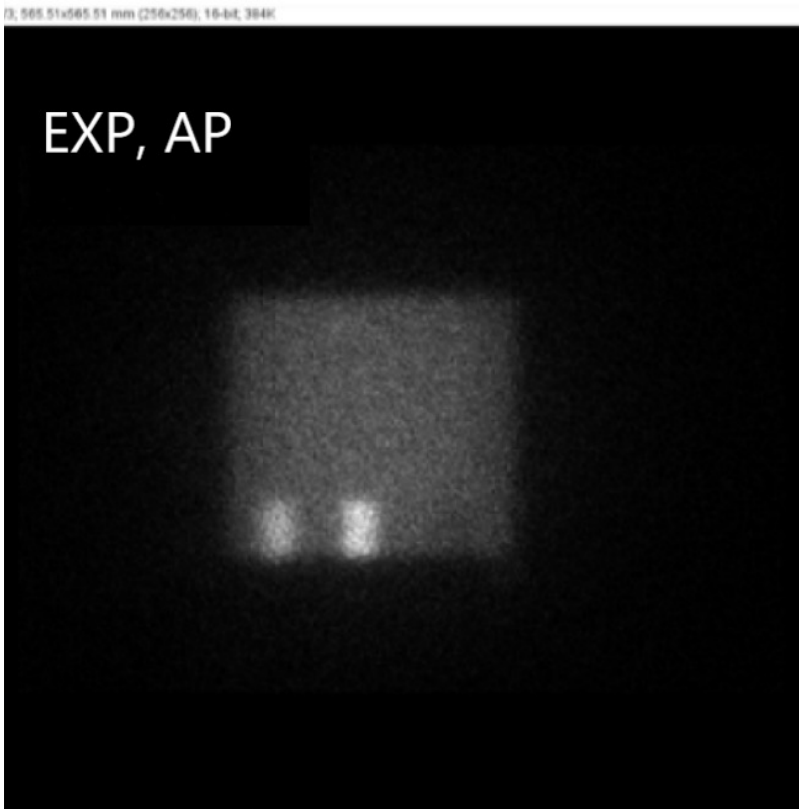
$$N / A = a \cdot \text{HLU} + b$$

$$A = N / (a \cdot \text{HLU} + b)$$



Výsledky fitu				
	EXP		SIM	
AP	a (cps/MBq cm)	b (cps/MBq)	a (cps/MBq cm)	b (cps/MBq)
Léze 1	-0,0074	0,2286	-0,0134	0,2072
Léze 2	-0,0032	0,1248	-0,0124	0,1786
LAT				
Léze 1	-0,0047	0,1123	-0,0080	0,1447
Léze 2	-0,0055	0,1864	-0,0051	0,1462

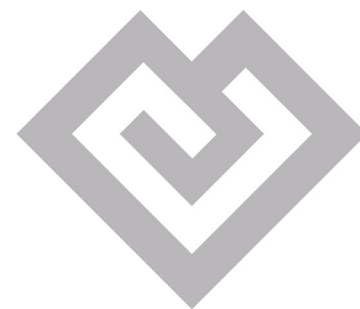
LAT	HLU (cm)	CPS (/s)	A (MBq)
EXP	5,2	64	728
SIM	5,2	64	621



Experiment



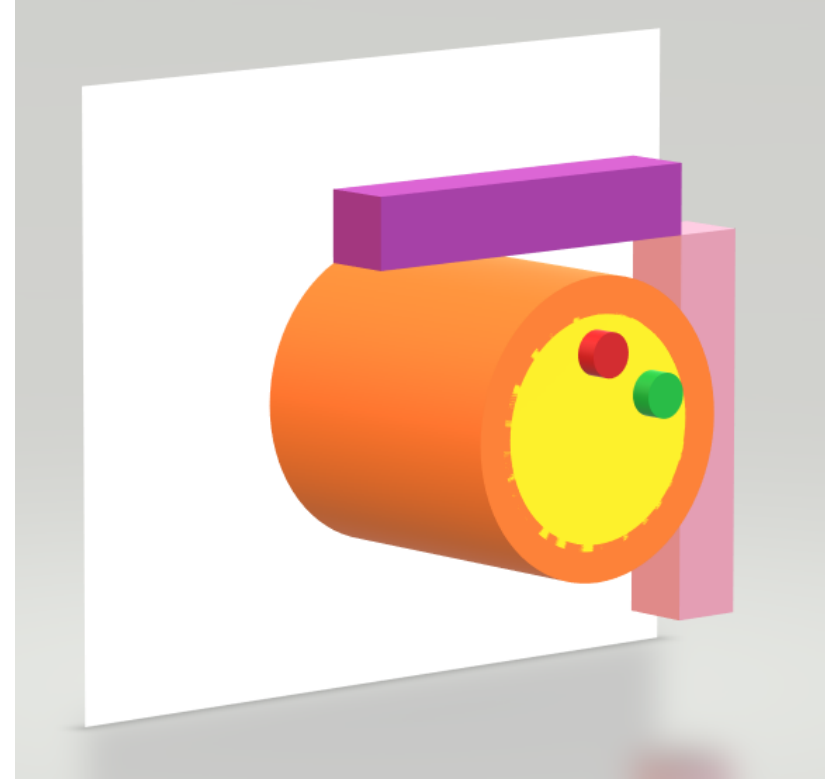
FAKULTNÍ NEMOCNICE
OLOMOUC



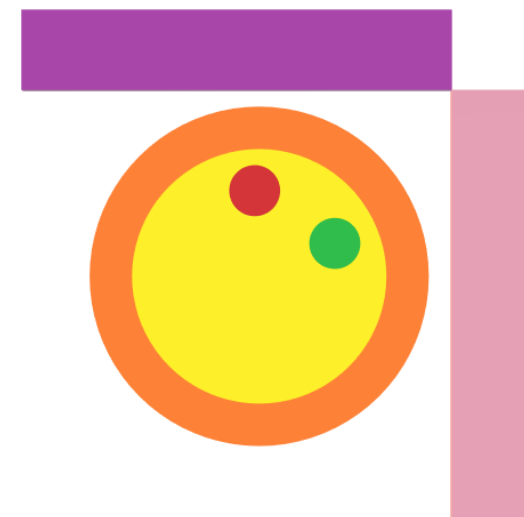
FN MOTOL

Realizace experimentu

- ▶ RN: ^{131}I
- ▶ Fantom: aktivitou vyplněny léze i pozadí
- ▶ Detektor: dvě hlavy GK otočené o 90° s kolimátory HEGP
- ▶ Fixní vzdálenost fantomu od kolimátoru
- ▶ Klinicky používané akviziční parametry



Aktivita ve fantomu			
	Objem (ml)	Aktivita (MBq)	
		Měření 1	Měření 2
Léze 1	18	1,4	5,5
Léze 2	18	1,4	5,5
Pozadí	6376	112,6	111,4



Fantom: Jaszczak
GK: GE Infinia



DataSpectrum
<https://www.spect.com/>
10.4.2023



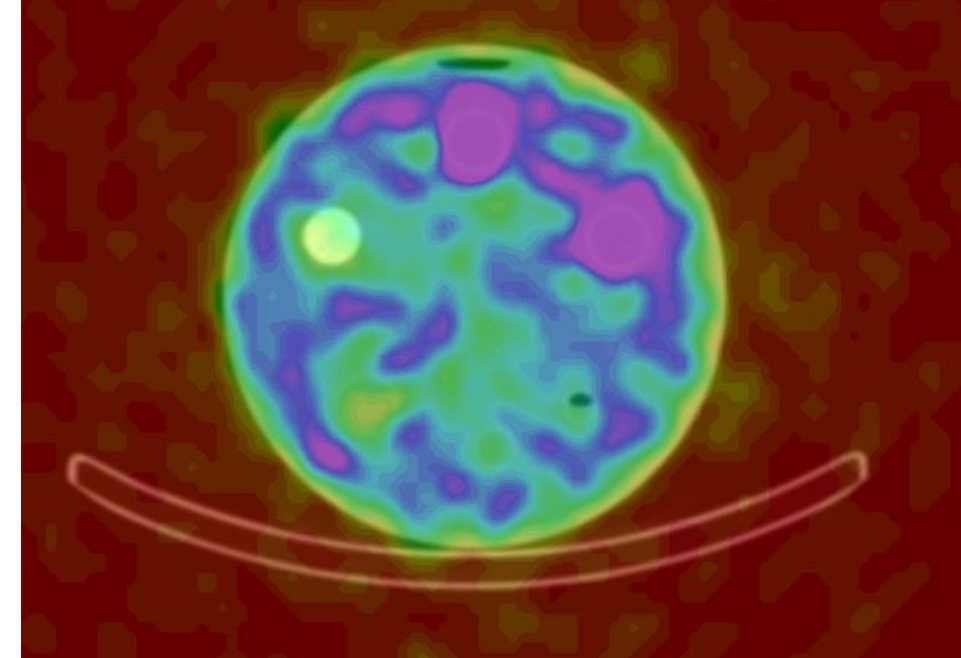
GE
<https://www.gehealthcare.com/products/goldseal---refurbished-systems/goldseal-nuclear-medicine/goldseal-infinia-hawkeye-4>
10.4.2023

Příprava parafínových plátů

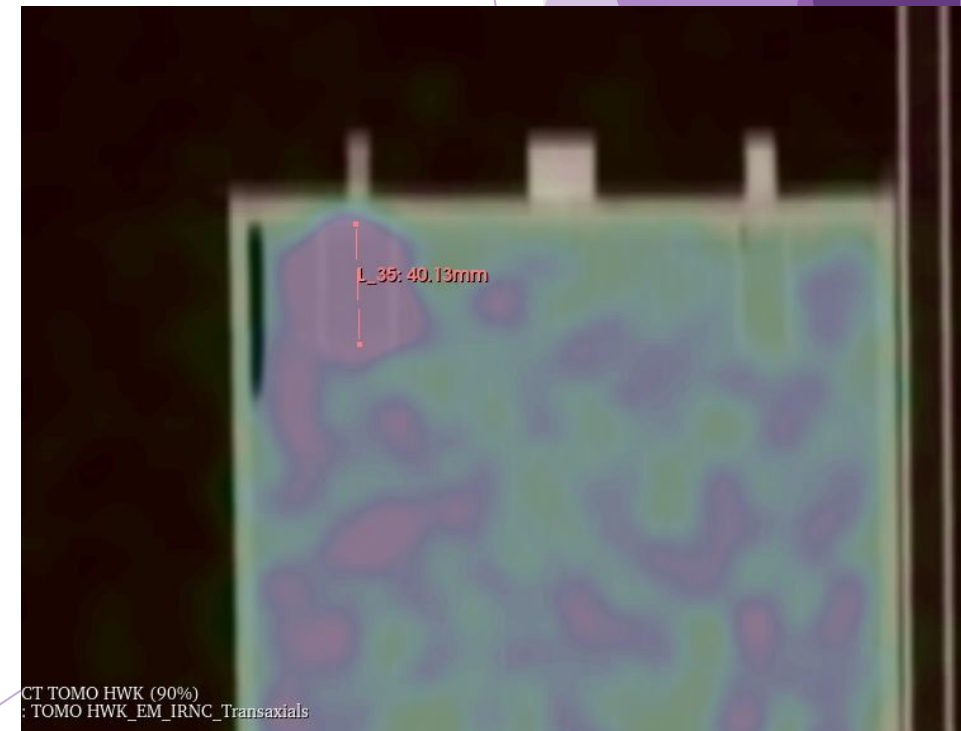


Geometrie fantomu

- Stanovení rozměrů fantomu a lézí z údajů výrobce
 - Ověřeno měřením na CT fantomu v programu 3D Slicer
- Výpočet hloubky uložení léze



Rozměry fantomu		
	Rozměr fantomu (cm)	Výrobce
Válec	Poloměr podstavy	10,5
	Výška	18,6
	Tloušťka stěny	0,6
Léze 1	Poloměr podstavy	1,3
	Výška	3,8
	x	0,0
	y	6,8
	z	-7,4
Léze 2	Poloměr podstavy	1,3
	Výška	3,8
	x	6,3
	y	2,5
	z	-7,4

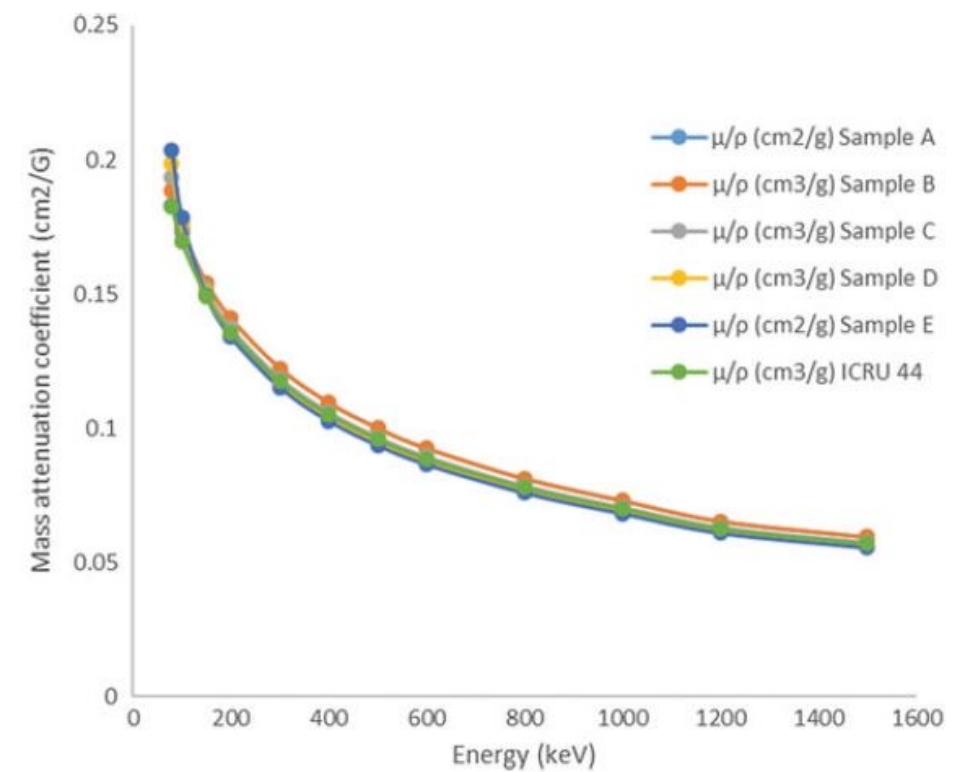


The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of purple, ranging from light lavender to deep, dark purple. These shapes are primarily located on the left and right sides of the frame, creating a modern, layered effect. The central area is a plain, light gray.

Simulace

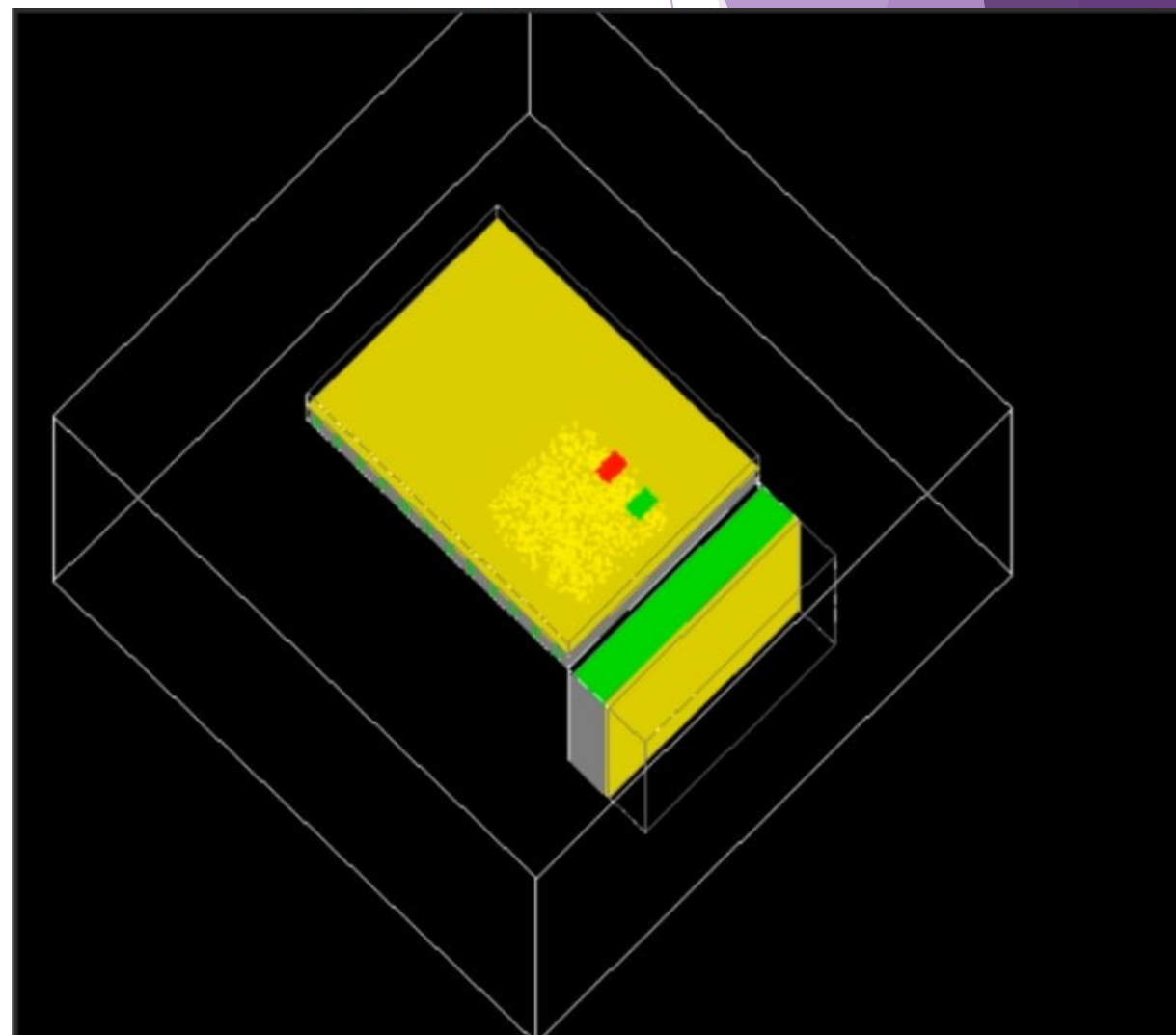
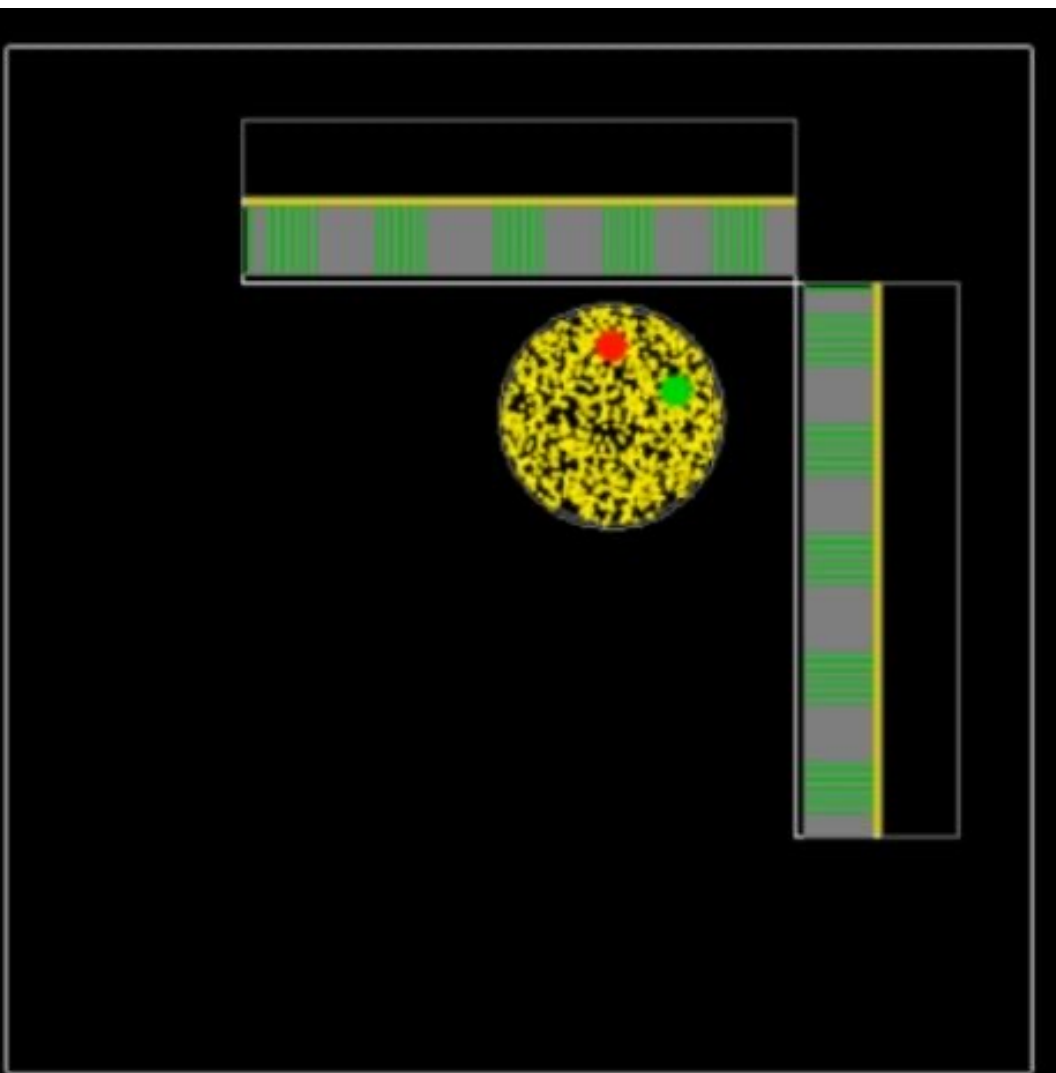
Simulace

- ▶ Gate, Metacentrum VO
- ▶ Shodné s experimentem:
 - ▶ Parametry GK, fantomu, lézí, akviziční parametry, volba aktivit, posuny GK při přidávání tuku
- ▶ Materiál fantomu PMMA, voda; plátů tuk
- ▶ Omezení úhlové distribuce částic pouze směrem ke GK
 - ▶ Simulována úměrně nižší aktivita



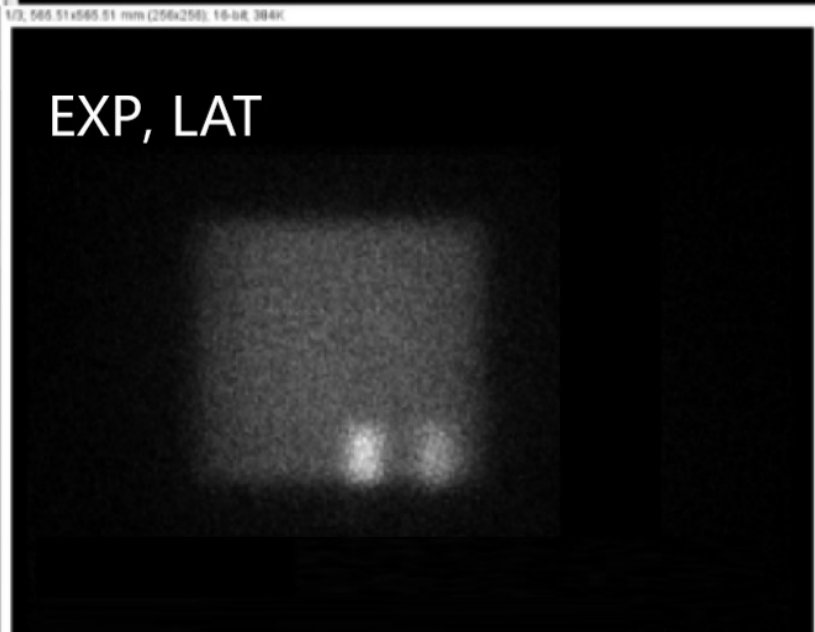
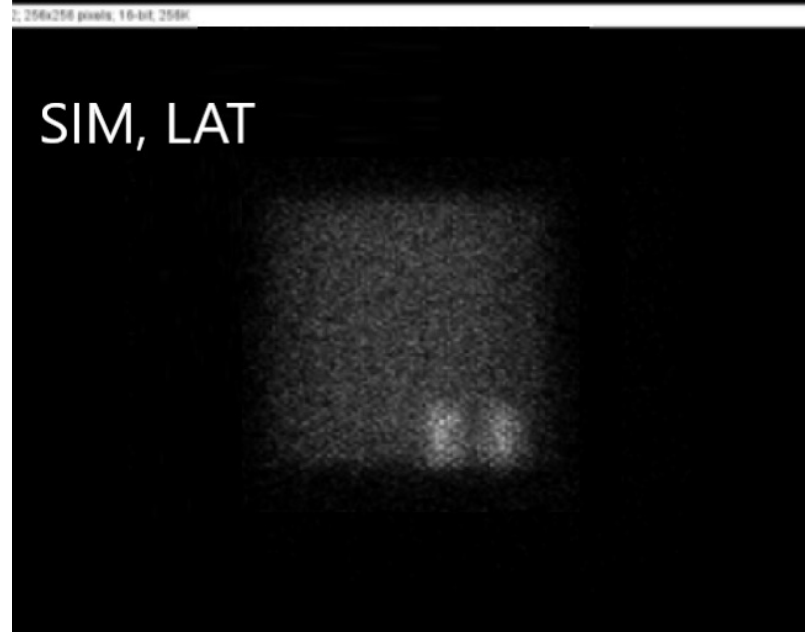
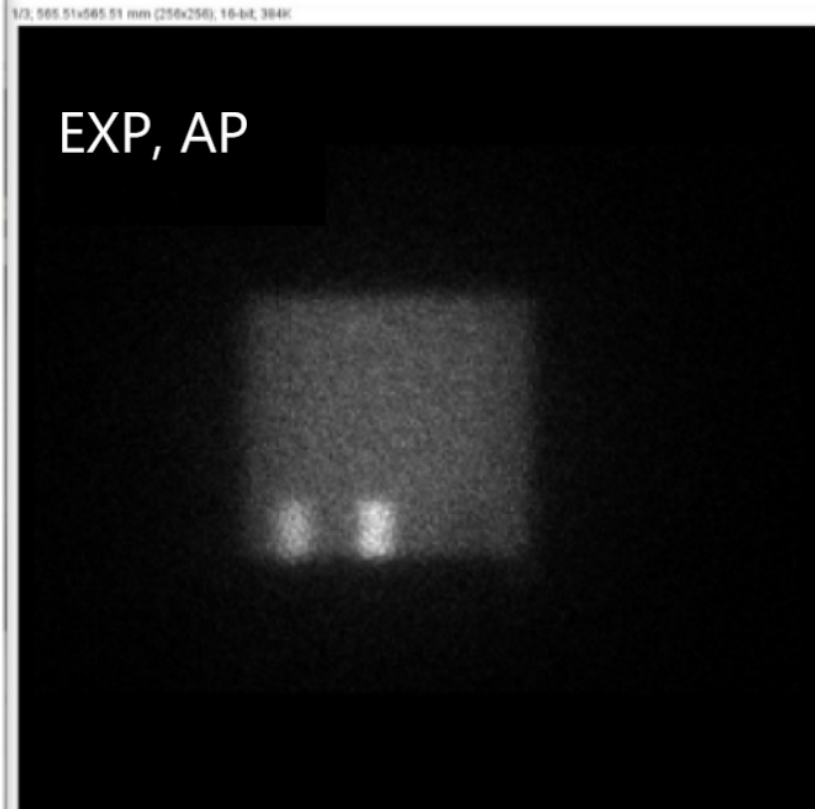
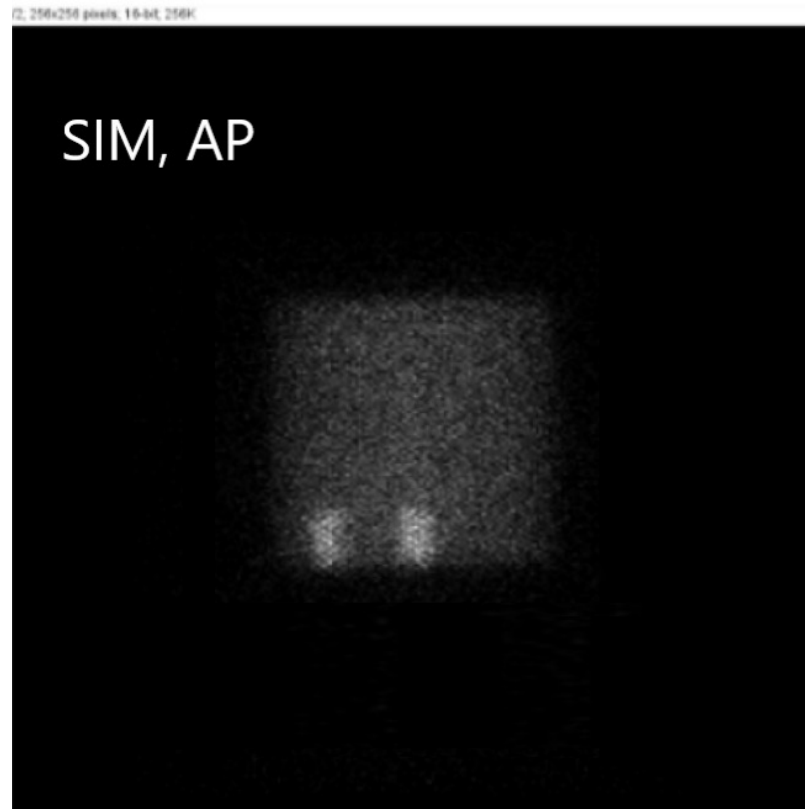
Baharul Amin, N. A., Kabir, N. A., & Zainon, R. (2018). Determination of Mass Attenuation Coefficient of Paraffin Wax and Sodium Chloride as Tissue Equivalent Materials. Lecture Notes in Bioengineering, 51-56. doi:10.1007/978-981-10-7859-0_7

Vizualizace virtuálního fantomu



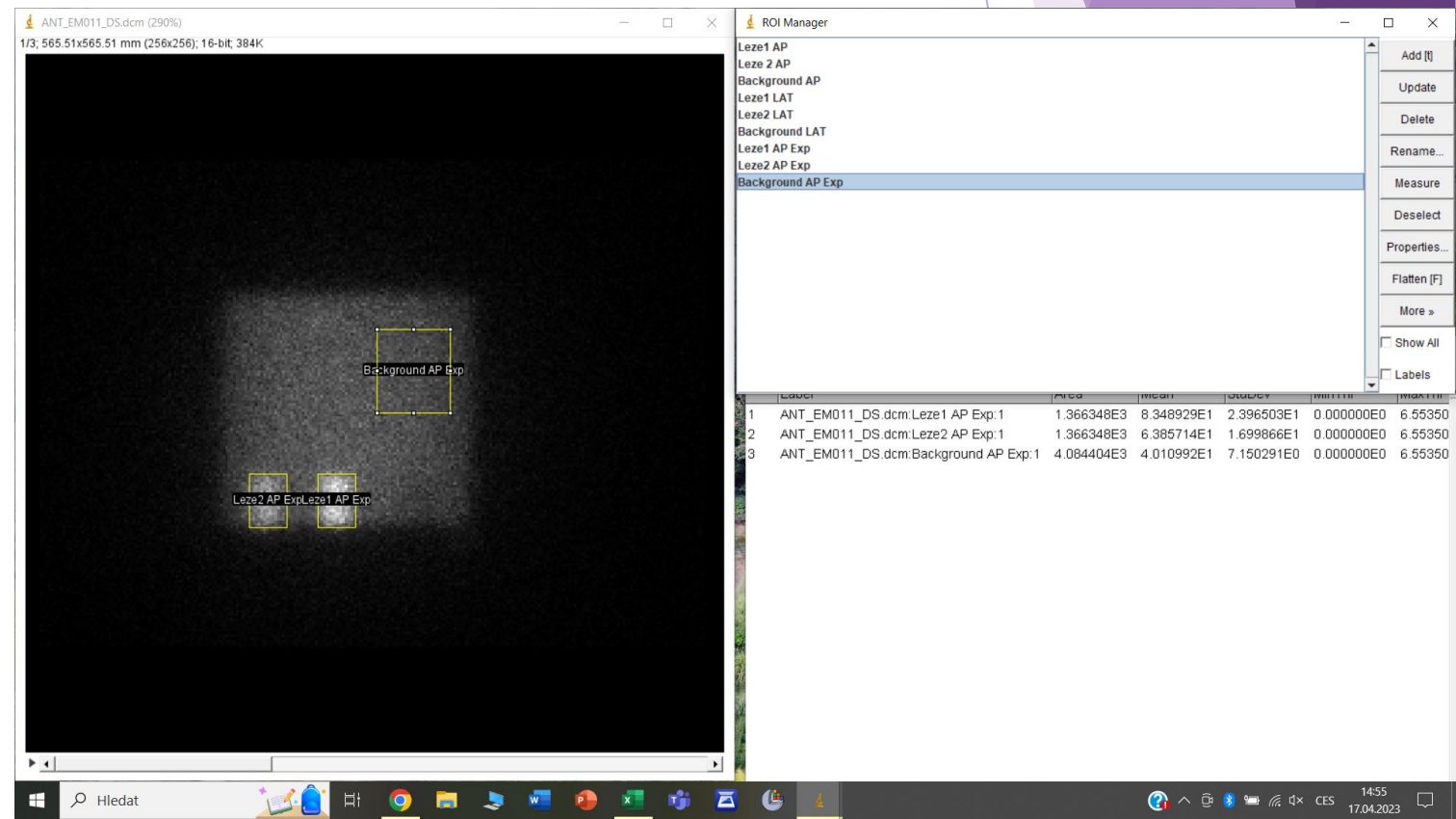
Snímky AP, LAT

- ▶ Akviziční čas:
 - ▶ Experiment 150 s
 - ▶ Simulace sumace $15 * 10$ s



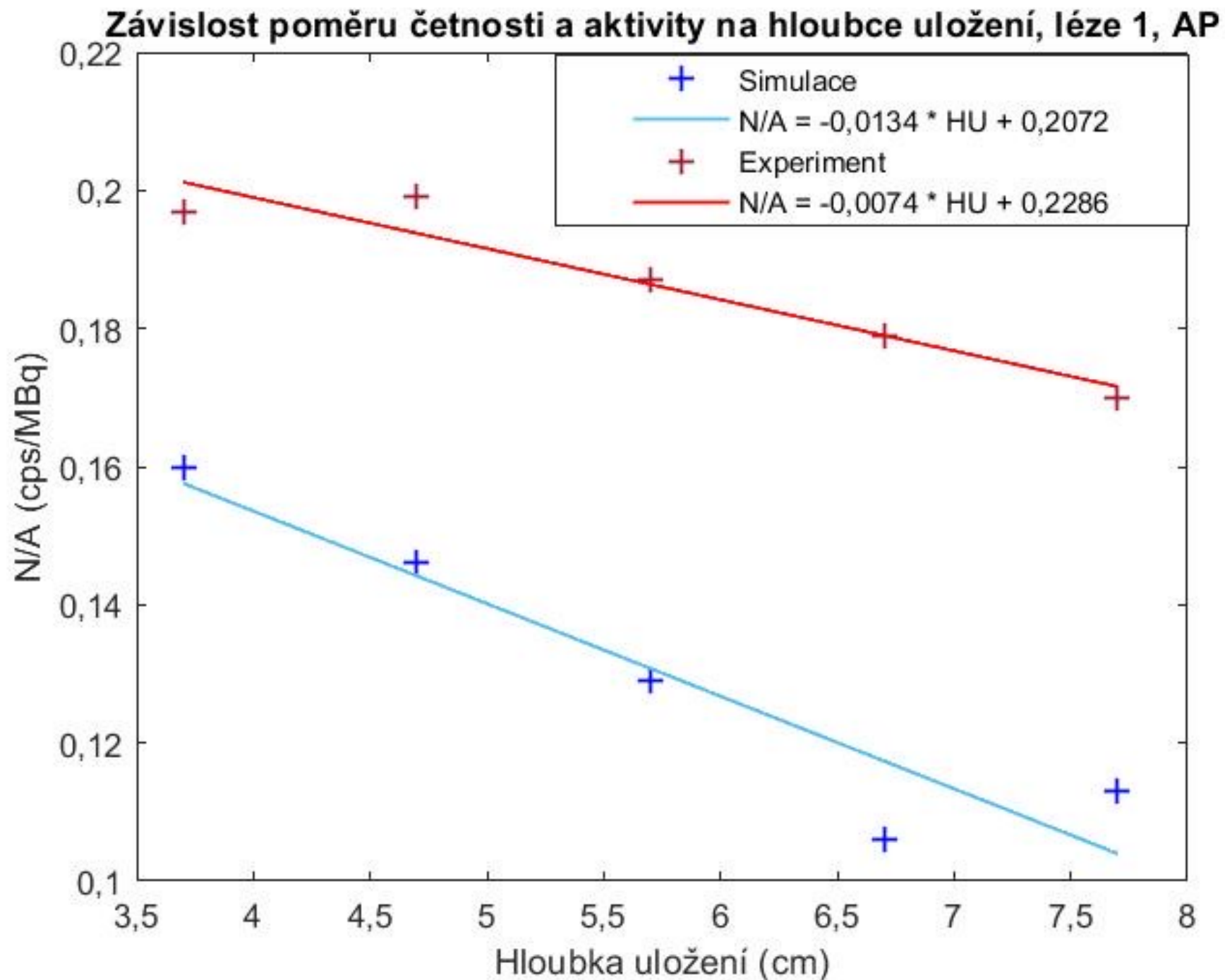
Zpracování výsledků

- ▶ ImageJ
- ▶ Zakreslování lézí a pozadí
- ▶ Vztažení počtu detekovaných impulzů na 1 s a na 1 pixel
 - ▶ Získána hodnota četnosti impulzů na pixel

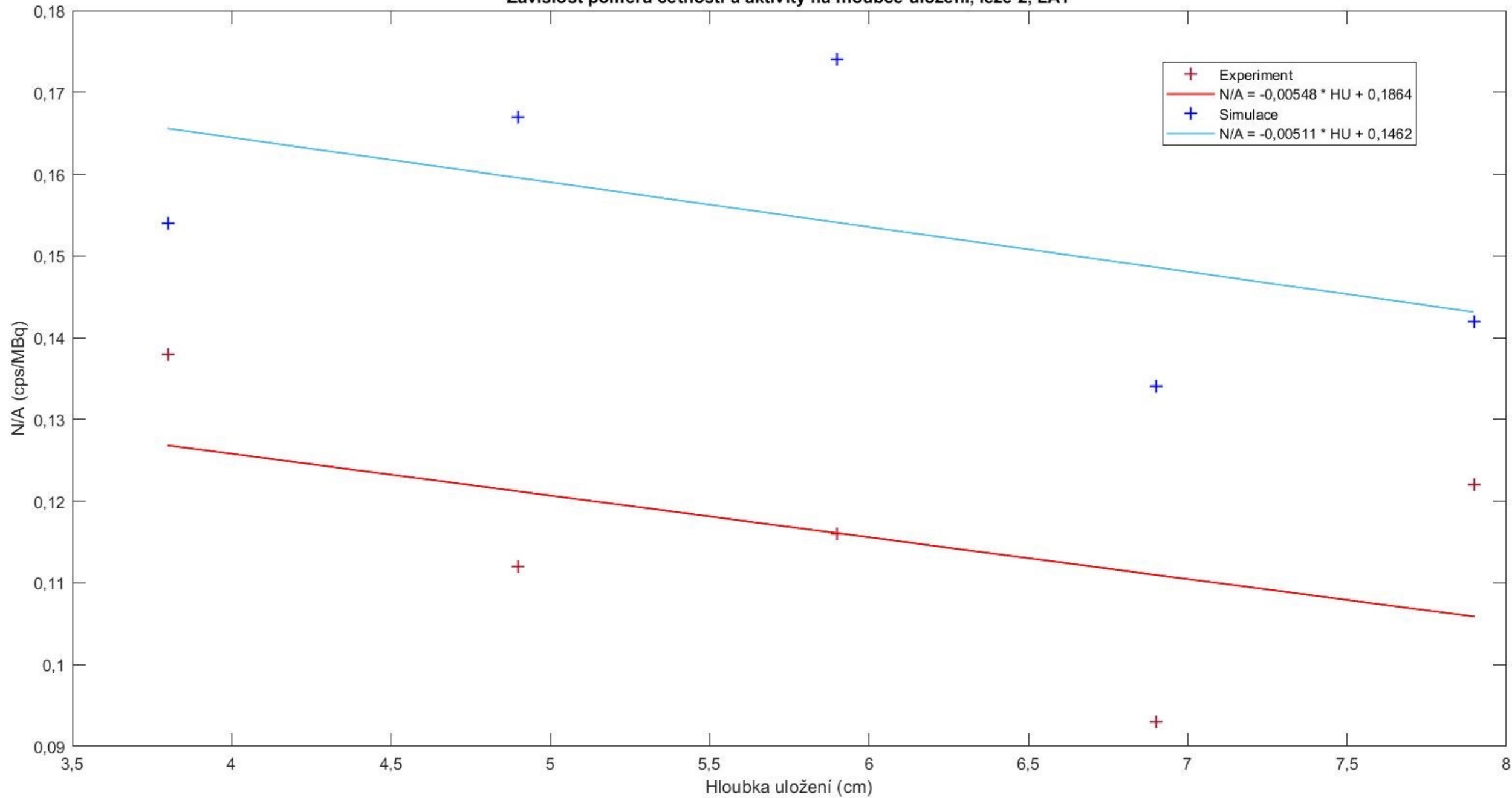


Výsledky

- ▶ Lineární proklad (Matlab, metoda nejmenších čtverců)
- ▶ Hloubka uložení ze znalostí geometrie fantomu



Závislost poměru četnosti a aktivity na hloubce uložení, léze 2, LAT

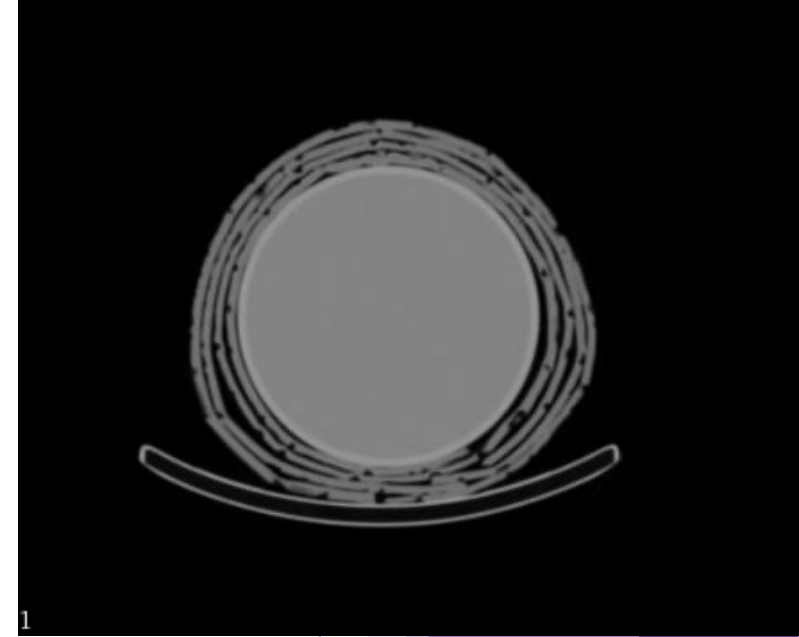


Tabulka kalibračních koeficientů absolutní kvantifikace

Výsledky fitu				
	EXP		SIM	
AP	a (cps/MBq cm)	b (cps/MBq)	a (cps/MBq cm)	b (cps/MBq)
Léze 1	-0,0074	0,2286	-0,0134	0,2072
Léze 2	-0,0032	0,1248	-0,0124	0,1786
LAT				
Léze 1	-0,0047	0,1123	-0,0080	0,1447
Léze 2	-0,0055	0,1864	-0,0051	0,1462

Diskuse

- ▶ Subjektivita zakreslování
 - ▶ Léze v ImageJ na snímky z experimentu i simulace
- ▶ Parafínové pláty
 - ▶ Nehomogenní výška
 - ▶ Prohyby a mezery při kladení kolem fantomu
 - ▶ Vlastnosti materiálu, součinitel zeslabení experiment vs simulace
- ▶ Korekce na úhlovou distribuci



Závěr a pokračování práce

- ▶ Experimentální stanovení součinitele zeslabení parafínu
- ▶ Vstup do simulace CT snímek
- ▶ Vliv polohy léze, vliv doby snímání...
- ▶ Implementace měření na GK do simulace: Mrtvá doba, energetické spektrum, citlivost GK
- ▶ **Optimalizaci Monte Carlo simulace s využitím pokročilých metod pro zefektivnění výpočtu**
- ▶ **Nejistota kalibračního koeficientu absolutní kvantifikace akumulované aktivity pomocí MC simulace**

Fantom: NEMA

GK: Siemens Symbia

DataSpectrum

<https://www.spect.com/>

10.4.2023

Siemens

<https://www.siemens-healthineers.com/cz/molecular-imaging/xspect/symbia-intevo>

10.4.2023



Děkuji Vám za pozornost



Vypočetní zdroje byly poskytnuty z projektu "e-Infrastruktura CZ" (e-INFRA LM2018140) zajišťovaného v rámci programu Projects of Large Research, Development and Innovations Infrastructures.

Uživatel(ka) **Bc. Soňa Burešová** z organizace **České vysoké učení technické v Praze** patří do výzkumné skupiny **žádná skupina - no group** a má účet ve VO **MetaCentrum** platný do **2. 2. 2024**. Spočítal(a) v MetaCentru **1 226 úloh** s celkovou spotřebou **210,5 dnů** procesorového času. Vyprodukoval(a) **1 publikaci** s poděkováním pro **e-INFRA CZ LM2018140**.