

# Složitost fluencí pro IMRT pole

---

**Ing. Tereza Kulatá<sup>1)</sup>**

**Mgr. Vladimír Vondráček<sup>2)</sup>**

**Ing. Klára Badraoui-Čuprová<sup>2)</sup>**



<sup>1)</sup>FJFI ČVUT v Praze

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření

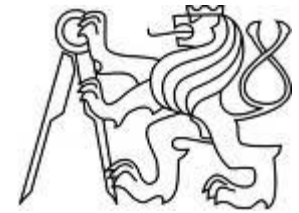
<sup>2)</sup>Radiofyzikální oddělení Nemocnice Na Bulovce a PTC Praha



# Úvod

---

- **IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy)**  
= radioterapie s modulovanou intenzitou svazku
- **Výhoda:** zvýšení dávky do PTV, stejná radiační zátěž zdravé tkáně
- **Problém:** verifikace ozařovacího procesu - závažnost chyb
  - 2 přístupy: - QA přístrojů
    - QA plánů = **v ČR** - časově náročné, stále více pacientů indikováno k IMRT
- Snaha snížit časovou náročnost, upustit od ověřování individuálních plánů
  - ✓ vytíženost pracoviště
  - ✓ čekací doba pacienta



# Cíle Práce

## Navrhnout způsob, jak zjednodušit verifikaci individuálních IMRT plánů

- 1) Verifikovat jen jedno pole z plánu, které má nejsložitější fluence, u ostatních (méně složitých) polí předpokládat automatické splnění kritérií
  - Pole s nejsložitějšími fluencemi by musela dávat nejhorší výsledky podle gama analýzy
- 2) Při ranním testu lineárního urychlovače ověřovat testovací fluenci místo klinických plánů pro daný den
  - Testovací fluence by odpovídala střední složitosti fluencí v klinických polích
  - Výsledky gama analýzy pro tuto fluenci by musely odpovídat výsledkům pro klinické plány



# Cíle Práce

---

Tedy:

- 1) Definovat veličinu **složitosť fluencí** v IMRT poli
- 2) Zjistit, zda existuje **korelace** mezi složitostí fluencí a výsledky verifikace pro jednotlivá IMRT pole
- 3) Určit průměrnou složitost fluencí pro klinická pole
- 4) Navrhnout **testovací fluenci** pro ranní testy lineárního urychlovače
- 5) Ověřit její použitelnost v klinické praxi



# Publikované výsledky

## Veličiny pro výpočet složitosti fluencí:

### ➤ MI (Modulation Index)

$$Z(f) = \frac{N(f \mid \Delta I_i > f\sigma)}{n-1} \quad MI = \int_0^F \bar{Z}(f) df$$

### ➤ MCS (Modulation Complexity Score)

$$MCS_{pole} = \sum_{i=1}^{I-1} \left\{ \left( \frac{LSV_{CP_i} + LSV_{CP_{i+1}}}{2} \right) \times \left( \frac{AAV_{CP_i} + AAV_{CP_{i+1}}}{2} \right) \times \frac{MU_{i,i+1}}{MU_{pole}} \right\}$$

### ➤ atd.

- Publikované práce se zaměřují na různá využití těchto veličin
- Hodnocení doručitelnosti plánu: ve výsledcích se rozcházejí
- Záleží na přístrojovém vybavení a vyhodnocovacích metodách
- Nebyl nalezen univerzální způsob výpočtu složitosti fluencí



# Metody

## Výpočet složitosti fluencí:

Nový přístup:

- vycházet z matic dávkových distribucí predikovaných pro detektor EPID při tvorbě verifikačních plánů
- hodnotit velikost a počet dávkových gradientů v matici

$$V_q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{8n} k_{ij} \quad k_{ij} = \begin{cases} c_{ij} & c_{ij} > q \\ 0 & c_{ij} \leq q \end{cases} \quad P_q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{8n} k_{ij} \quad k_{ij} = \begin{cases} 1 & c_{ij} > q \\ 0 & c_{ij} \leq q \end{cases}$$

- Navrhované metody ověřeny na souboru plánů s redukovanou složitostí fluencí → výběr optimální metody



# Metody

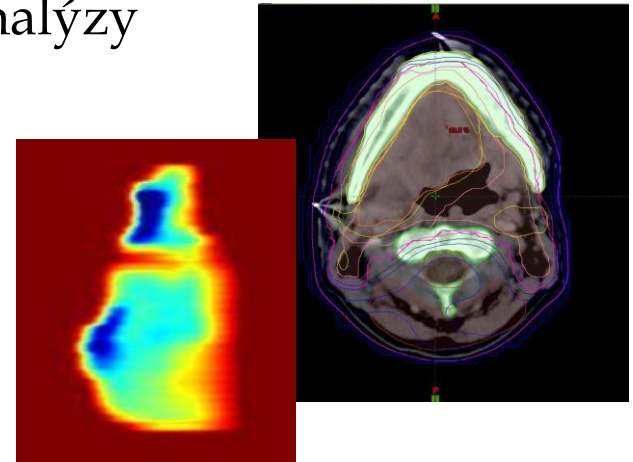
## Korelace mezi složitostí fluencí a gama analýzou pro IMRT pole:

- Statistický soubor: 100 klinických plánů pro léčbu nádorů krku = 1310 polí
- Korelační analýza: Spearmanův (pořadový) korelační koeficient - zda pořadí podle složitosti fluencí odpovídá pořadí podle gama analýzy

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

## Průměrná složitost fluencí v IMRT poli:

- Průměrná velikost 1 gradientu
- Průměrný počet gradientů v poli





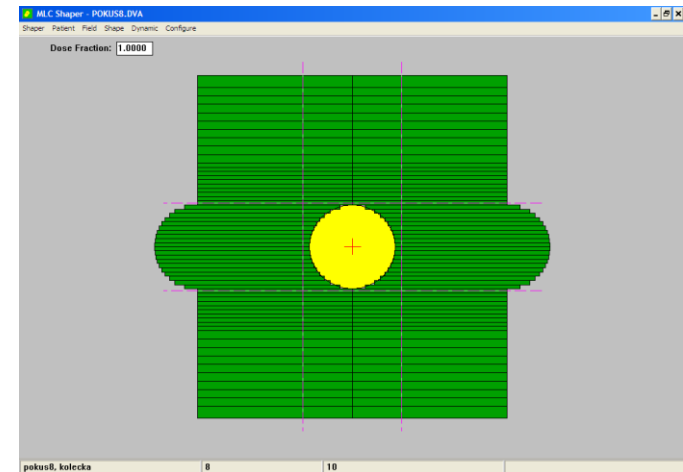
# Metody

## Návrh testovací fluence:

- V programu MLC Shaper
- Průměrná velikost gradientu a počet gradientů stejný jako u klinických polí

## Ověření v klinické praxi:

- 1 měsíc ve FN Na Bulovce
- Celkem 15 vzorků: průměrné  $\gamma_{\max}$ ,  $\gamma_{\text{ave}}$  a  $\gamma_{\text{area}}$  pro klinické plány v daný den  
x  $\gamma_{\max}$ ,  $\gamma_{\text{ave}}$  a  $\gamma_{\text{area}}$  pro testovací fluenci v tentýž den
- Korelační analýza: Spearmanův korelační koeficient  
- zda výsledky gama analýzy pro testovací fluenci odpovídají klinickým polím



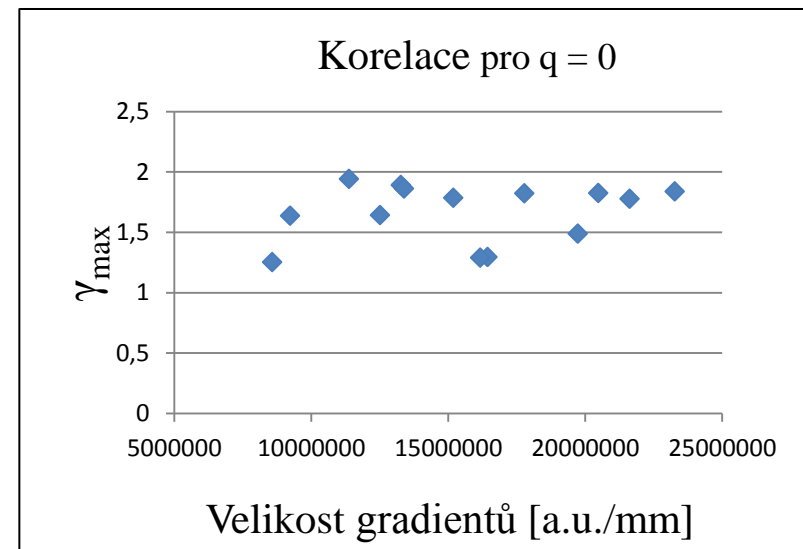
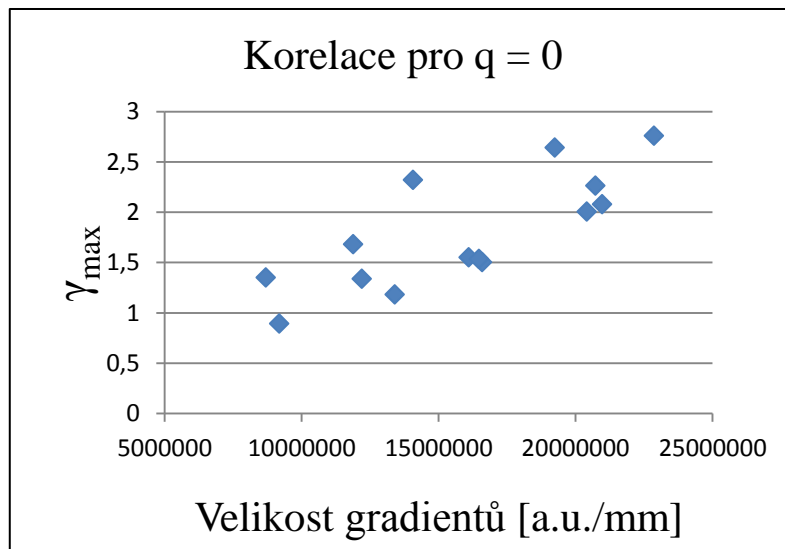




# Výsledky

## Korelace mezi složitostí fluencí a gama analýzou pro IMRT pole:

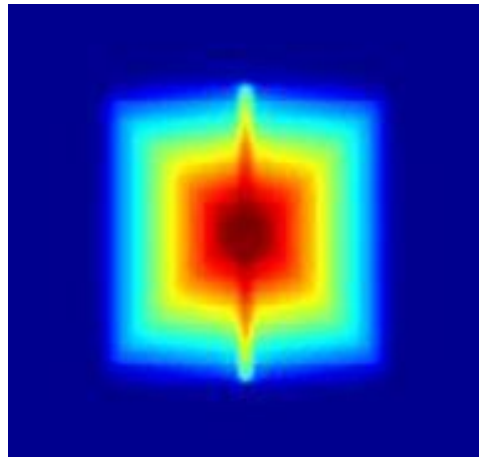
- V nejlepším případě 37% klinických plánů
- Nelze verifikovat pouze nejsložitější pole z plánu



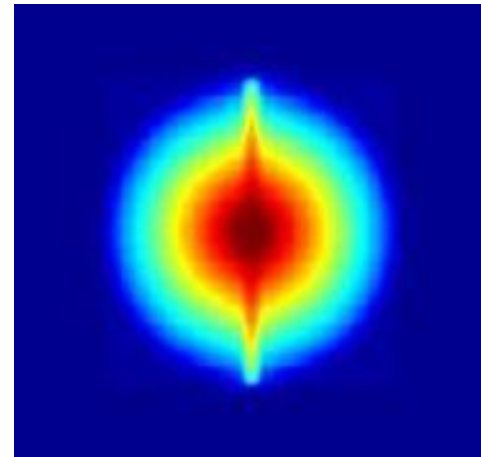


# Výsledky

## Vybrané testovací fluence:

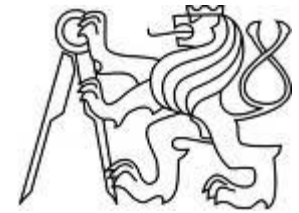


Testovací fluence č. 1



Testovací fluence č. 2

- Shoda s klinickými poli v průměrné velikosti gradientu a v průměrném počtu gradientů



# Výsledky

## Ověření v klinické praxi:

- Shoda s výsledky verifikace klinických plánů v parametru **average gamma** na hladině významnosti **99 %**

## ROC analýza:

- schopnost testovací fluence odhalit plány, které budou překračovat limit pro  $\gamma_{ave}$  u některých polí

Spearmanův korel. koeficient		Kritická hodnota koeficientu	
average gamma		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
0.7679	0.8107	0.5179	0.6536

- Vybraný práh:  $\gamma_{ave} \geq 0,210$  pro testovací fluenci č. 2
- Rozpozná nedoručitelné plány s **94% senzitivitou**, ale jen **38% specificitou**
- **AUC** (Area Under Curve) = **0,84** = velmi dobrý test



# Závěr

- Byly **navrženy metody stanovení složitosti fluencí**, které dobře fungují pro plány s redukovanou složitostí fluencí i pro klinické plány
- Korelace mezi takto definovanou složitostí fluencí a gama analýzou pro jednotlivá pole existuje jen u menšího procenta plánů → **nebude možné verifikovat jen nejsložitější pole z plánu**
- Byla **navržena testovací fluence**, která svou složitostí odpovídá průměrné složitosti fluencí klinických IMRT polí
- Byla **navržena kritická hodnota  $\gamma_{ave}$**  pro testovací fluenci, která odhalí nedoručitelné plány s **94% senzitivitou**

**Ranním testem navržené fluence a sledováním parametru  $\gamma_{ave}$  je možné nahradit verifikaci individuálních plánů**



# Další kroky

---

- Přísnější vstupní kritéria gama analýzy (1%/1 mm)
- Jiné typy detektorů (jiný EPID než aS500, MapCheck, I<sup>m</sup>RT MatriXX, 2D Array Seven 29)
- Jiné nádorové lokality – energie 18 X
- Jiné pracoviště
- Výpočet složitosti fluencí navrhovanými metodami, ale z aktuálních fluenčních map – PBC i AAA algoritmus
- Delší zkušební doba pro testovací fluenci v klinické praxi
- Zkoumat souvislost složitosti fluencí s měřením dávky v bodě
- ...



# Poděkování

---

- Mgr. Vladimíru Vondráčkovi za vedení práce
- Všem radiologickým fyzikům  
z Radiofyzikálního oddělení Nemocnice Na Bulovce

**Děkuji za pozornost.**