

Přínos Monte Carlo algoritmů proti konvečním modelům plánování v radioterapii ?

Novák V. , Přidal I.

Oddělení lékařské fyziky a radiační ochrany

Fakultní nemocnice Olomouc

2012

Correction-based algoritmy

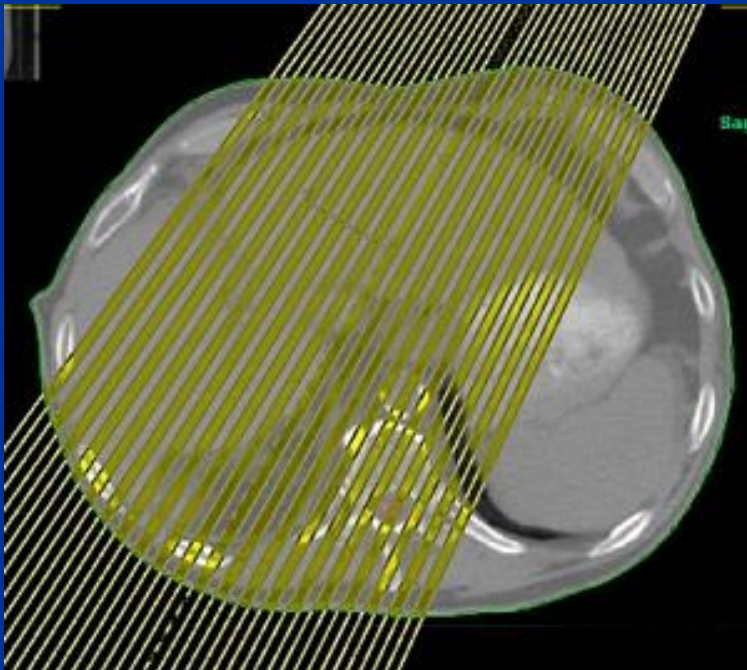
- dávka změřena ve vodním fantomu → korekce
- velké množství naměřených dat
- zastaralé

Model-based algoritmy

- Pencil kernel
- Point kernel
- Monte Carlo

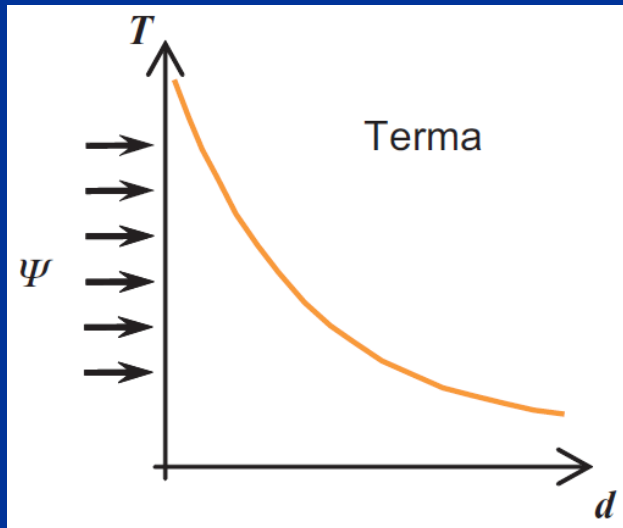
Pencil a Point kernel algoritmus:

- Oddělení primární a sekundární složky záření
- Primární svazek rozdělen na řadu „tužkových“ svazků

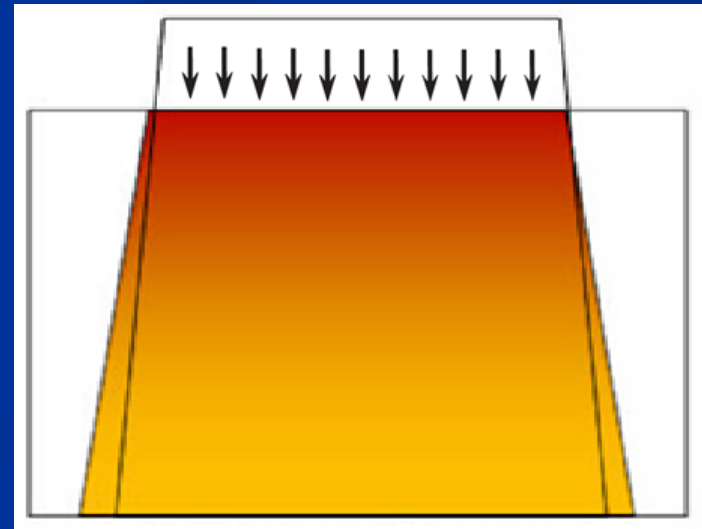


Pencil a Point kernel algoritmus:

- Energie tužkového svazku dopadající na povrch pacienta = primární fluence energie
→ **TERMA** (Total energy released in matter)

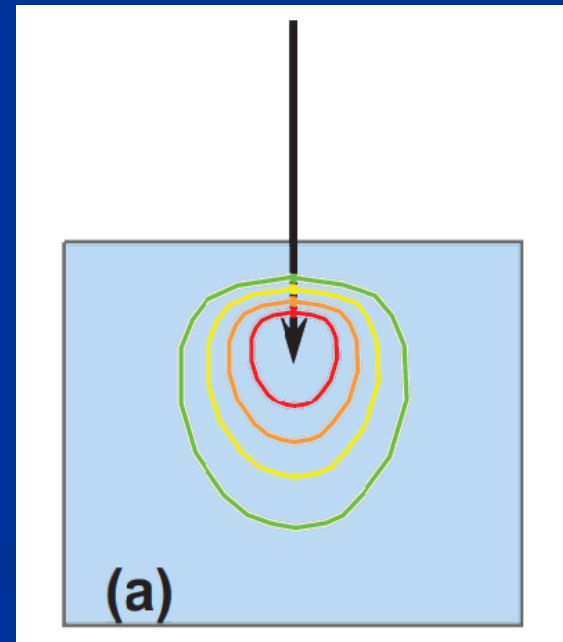
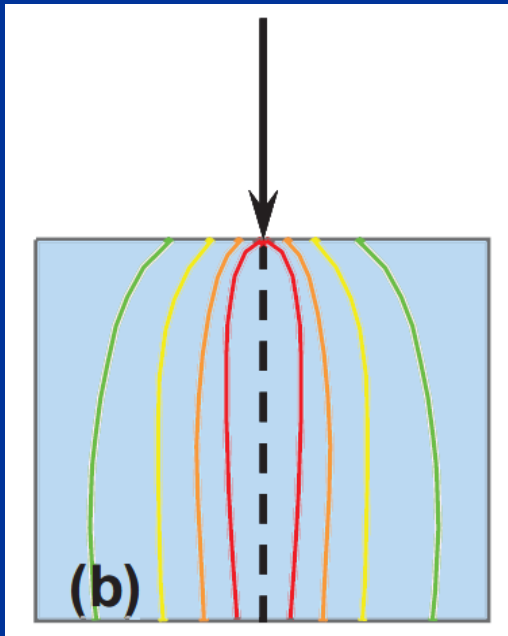


2D
→

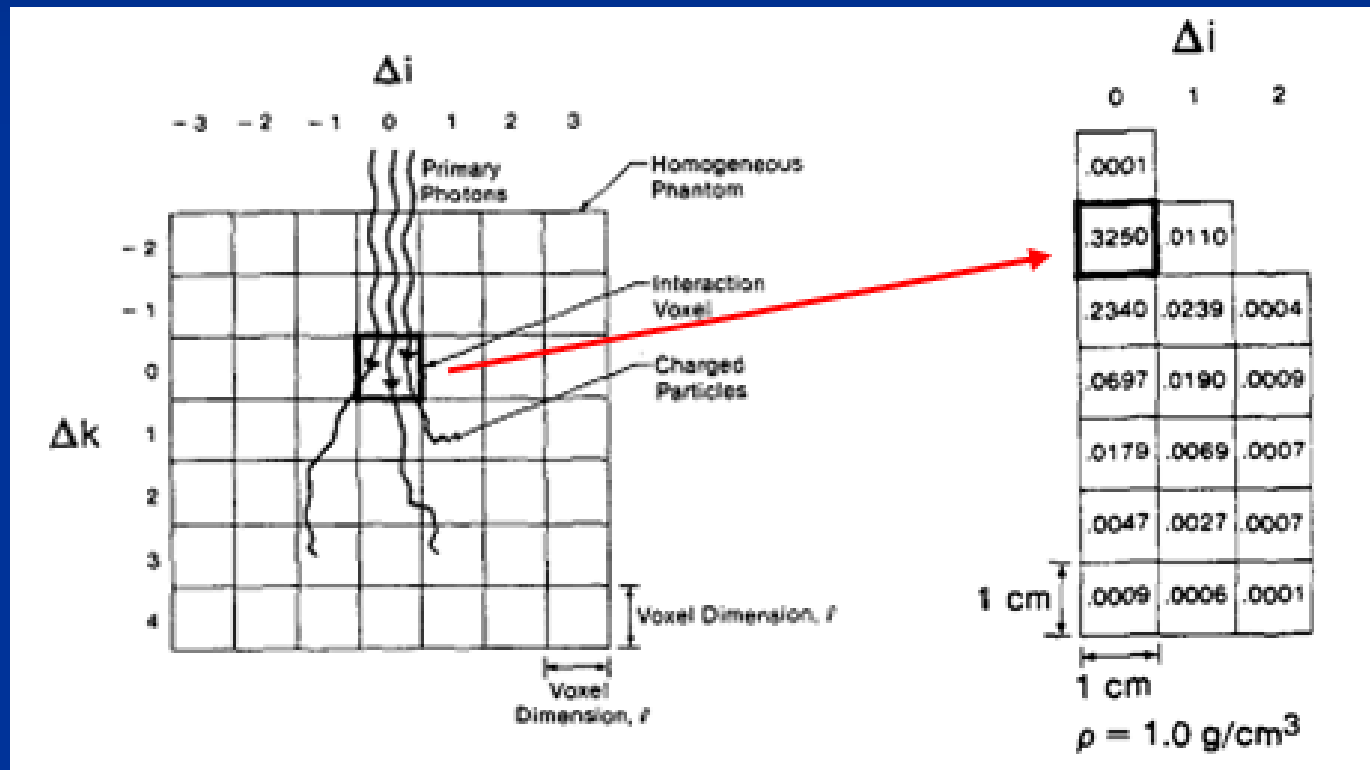


Pencil a Point kernel algoritmus:

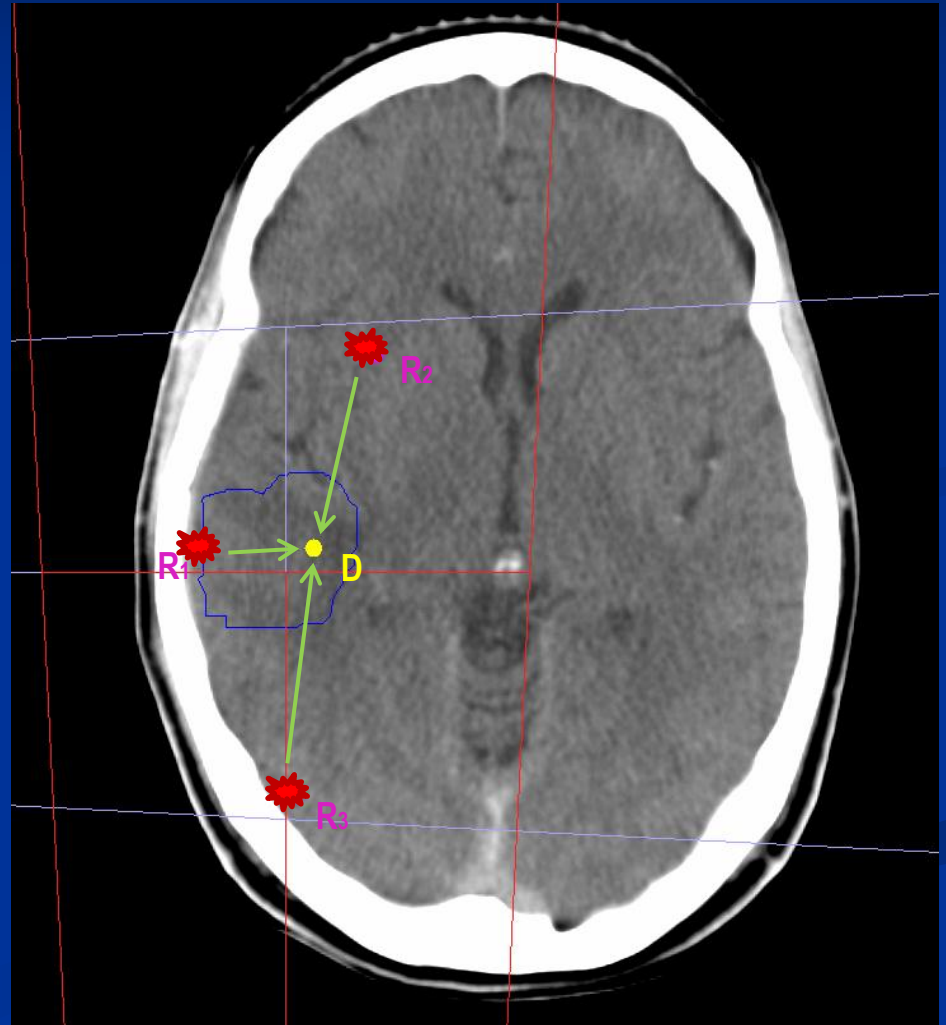
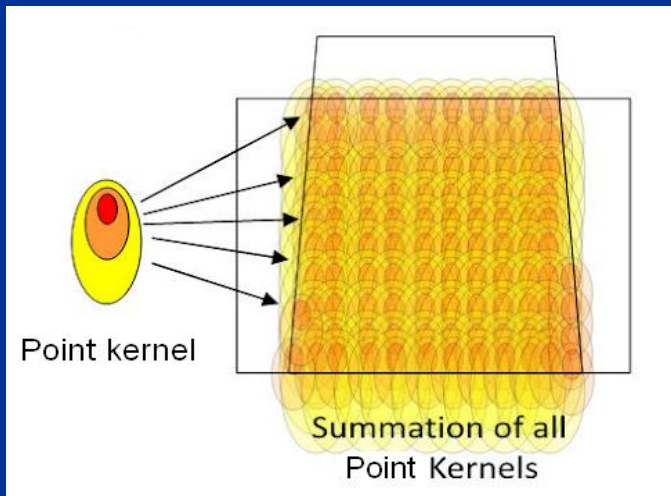
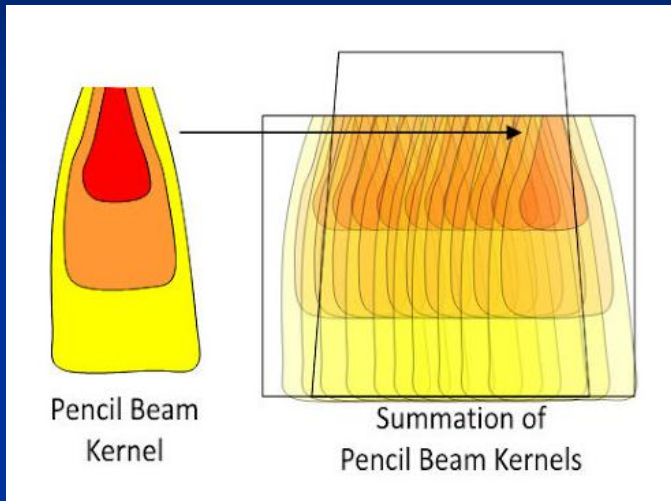
- Rozložení energie kolem přímky/bodu =
pencil/point kernel



Pencil a Point kernel algoritmus:



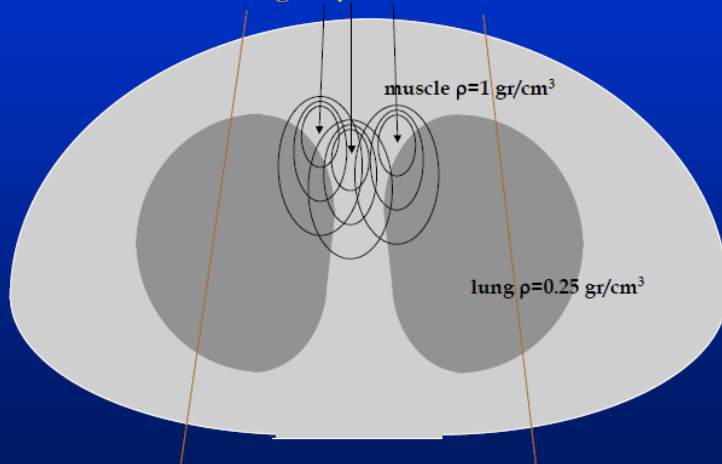
Pencil a Point kernel algoritmus:



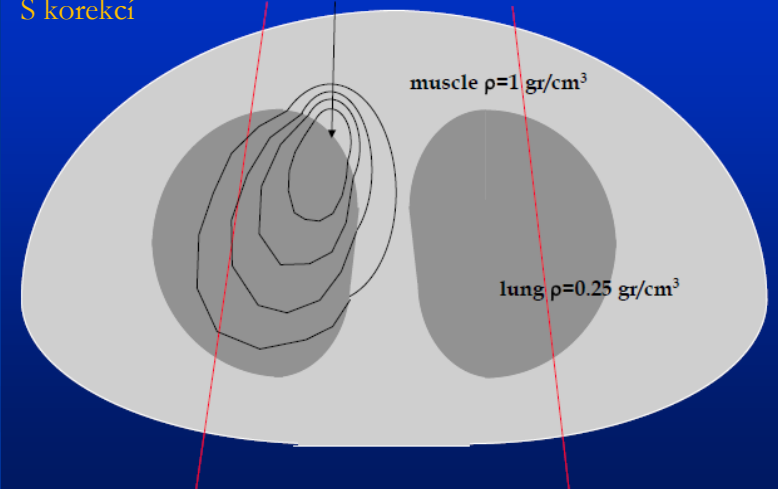
Pencil a Point kernel algoritmus:

- Skutečný pacient = **nehomogenity**
 - různé zeslabení fotonů a absorpce dávky
 - **úprava jednotlivých kernelů**
- Hustota každého voxelu z CT → scale faktor

Bez korekce na nehomogenity



S korekcí

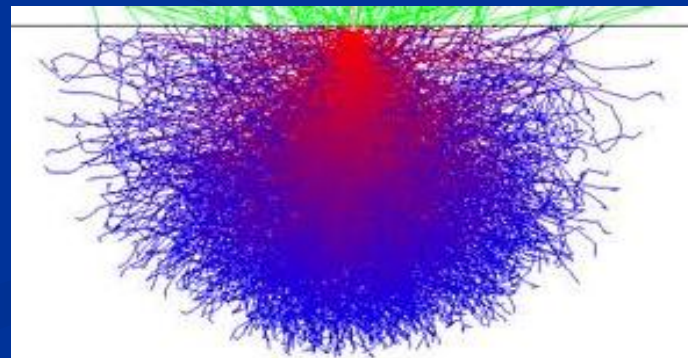
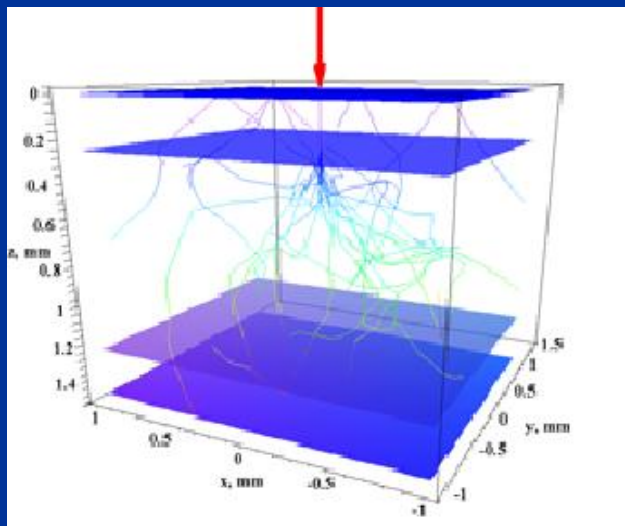


Pencil a Point kernel algoritmus:

- Pencil kernel – nepřesný model kolem nehomogenit v laterálním směru
- Zrychlení výpočtu → **Fourierova transformace** (pouze invariantní kernely) → pouze homogenní prostředí
- **Mnoho verzí** – např. AAA (Pencil kernel), Collapsed Cone (Point kernel) → základ stejný

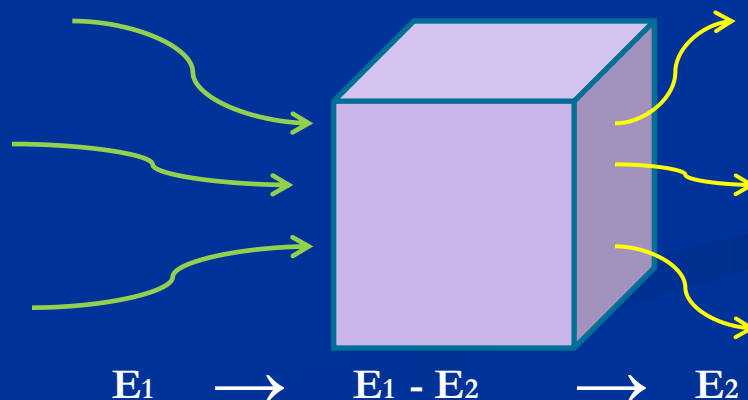
Monte Carlo:

- Výrazně odlišný přístup
- Skutečný proces předávání energie v látce
- Opakovaná simulace transportu jediného fotonu
→ posloupnost energetických ztrát a vzniku sekundárních částic = **Historie** (\sim miliony)



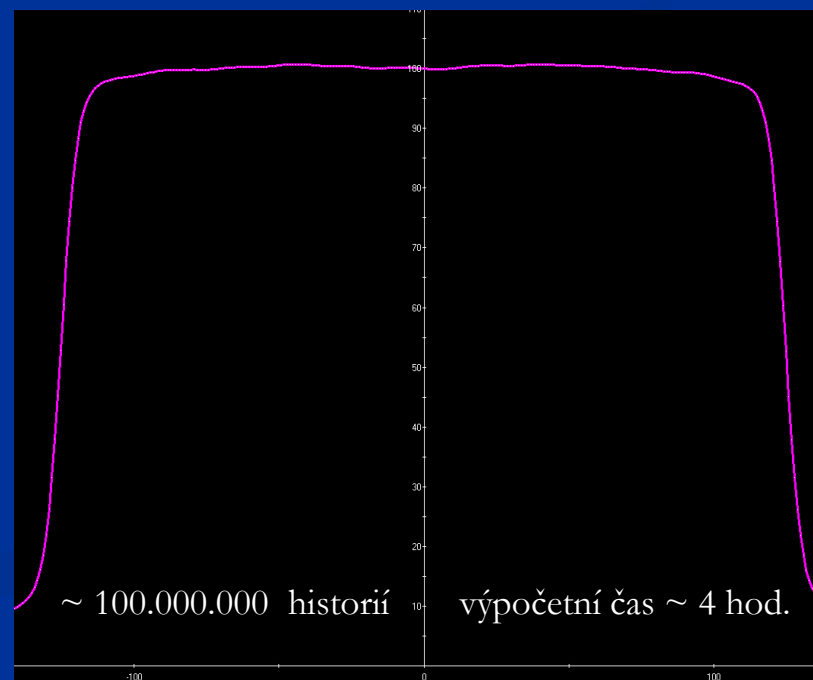
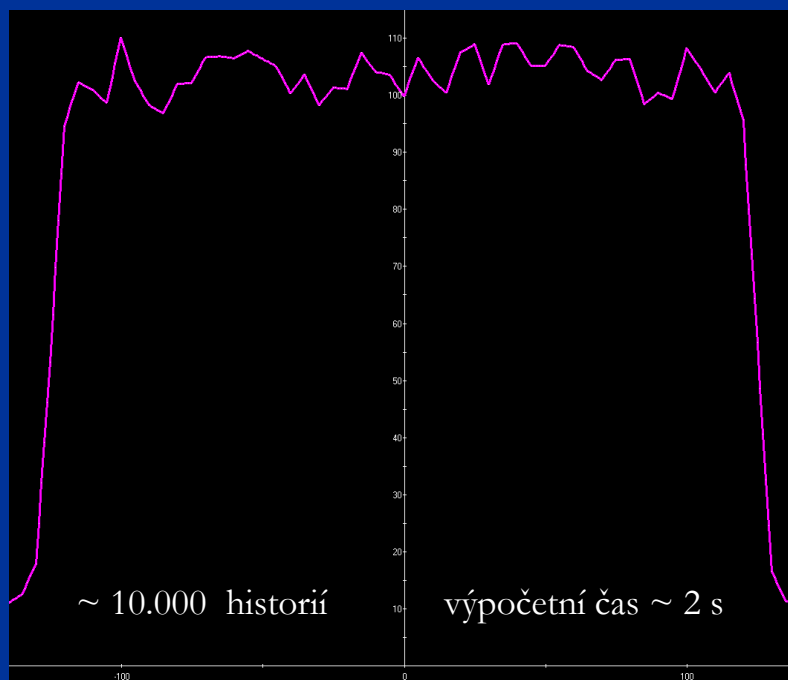
Monte Carlo:

- Sledování dráhy částice od zdroje až do její absorpce
- Interakce s prostředím → **MC odhadne typ interakce** v daném místě na základě známých pravděpodobností
- Rozdíl energií částic vstup. a vystup. z voxelu → všechny interakce → dávka ve voxelu



Monte Carlo:

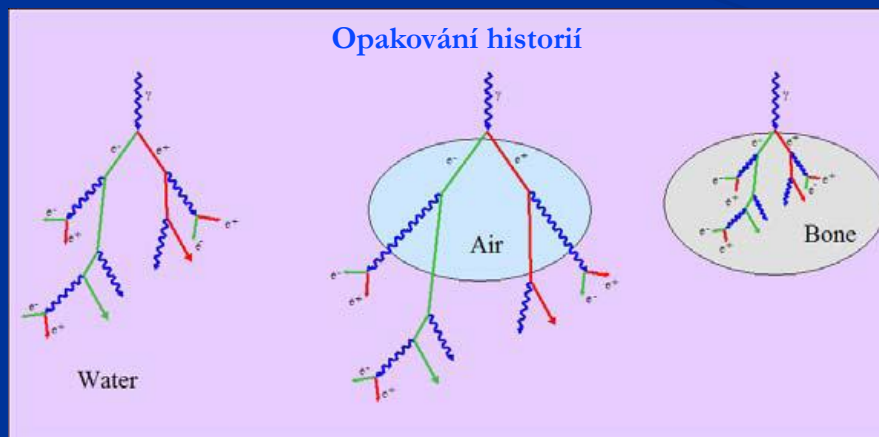
- Stochastické metody – simulace náhodných událostí
 - **statistická nejistota** → větší počet historií →
 - delší výpočetní čas



Monte Carlo:

■ **Techniky redukce variance**





- ukončení neefektivních historií
(omezení výpočetního objemu, energetický cutoff)
- dělení částic + ruská ruleta
- opakování historií

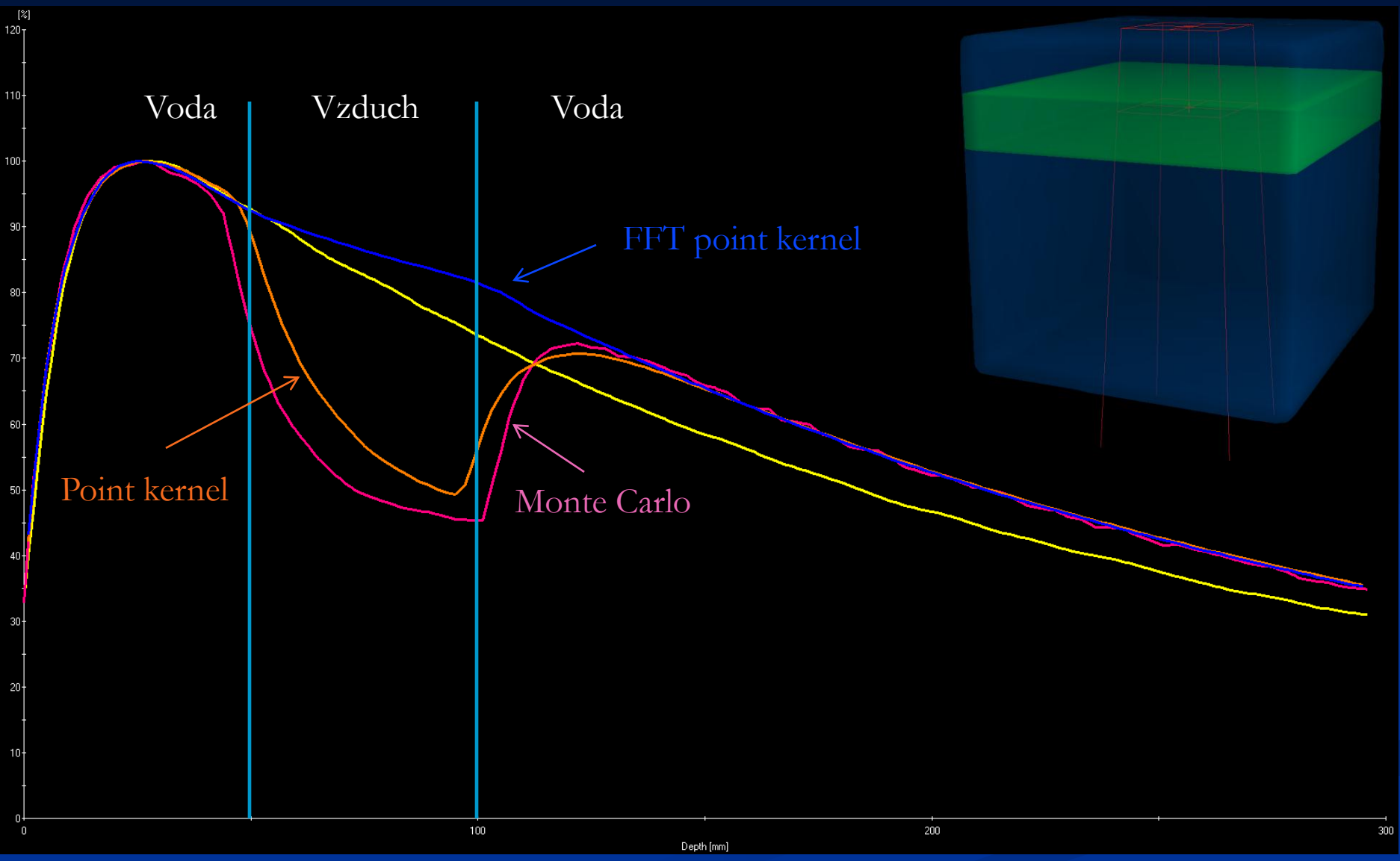


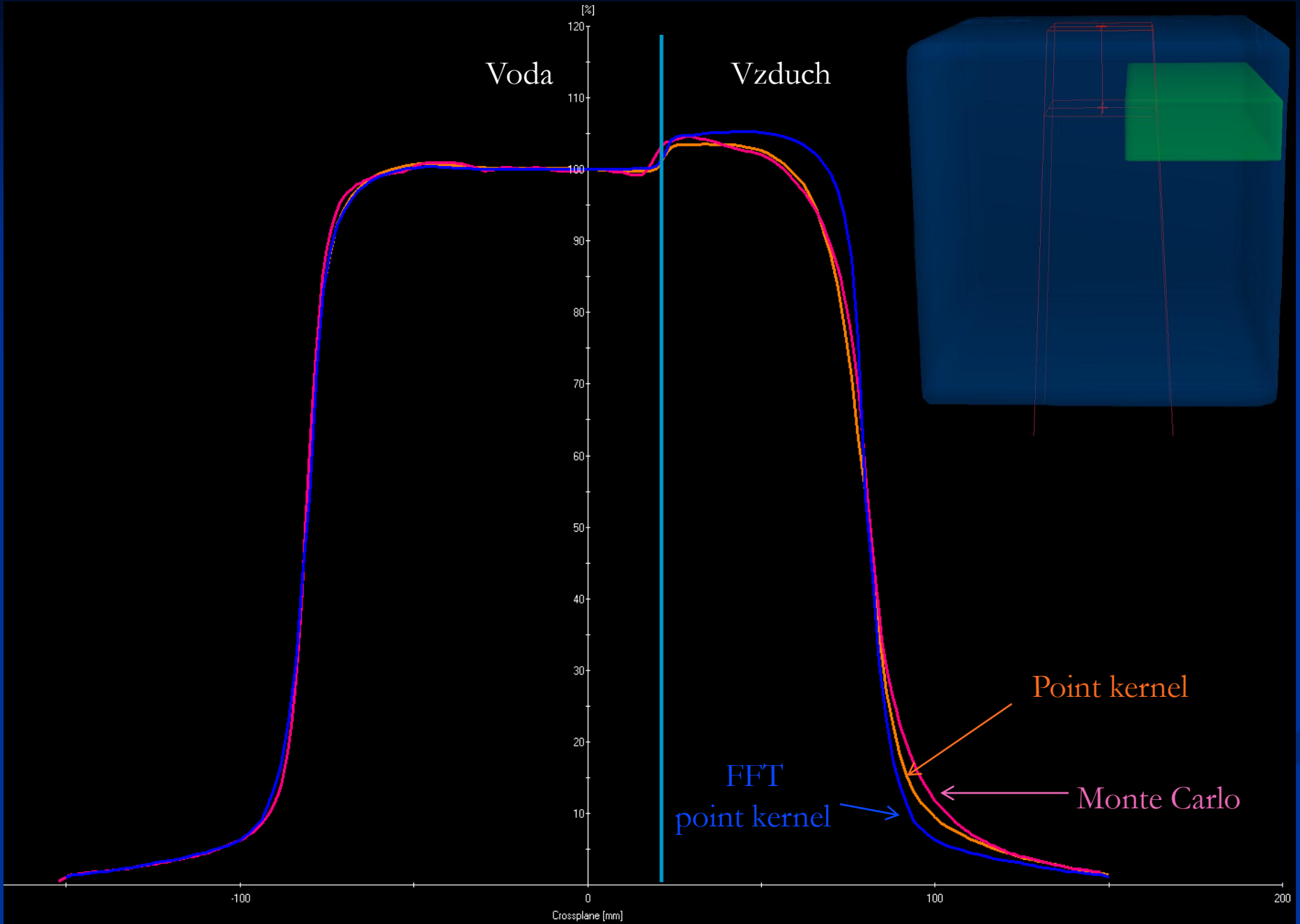
Monte Carlo:

- Pro simulaci transportu záření látkou více MC kódů
 - MCNP (vývoj v Los Alamos), GEANT (CERN)
 - EGS (Stanford), **XVMC** (Tübingen)
- **X-Ray Voxel Monte Carlo**
 - pro výzkum a plánování v radiční onkologii
 - **Monaco** (CMS), **iPlan** (BrainLab)

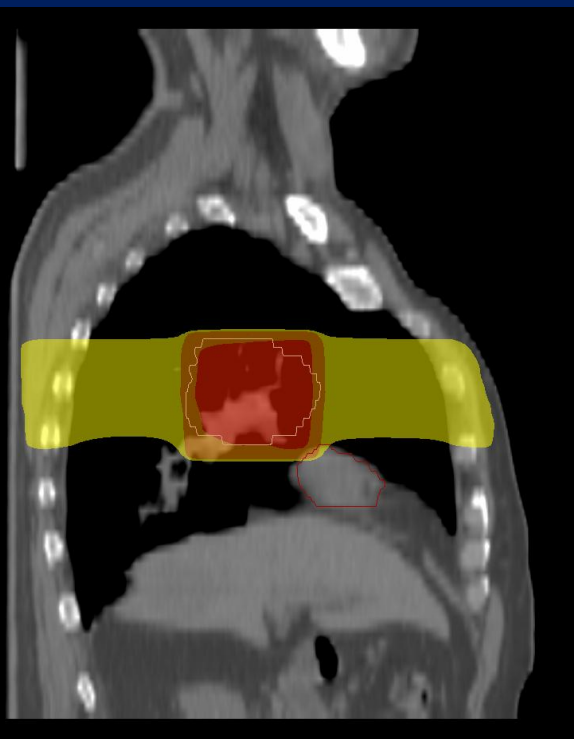
Přínos Monte Carlo algoritmu ?

-  Statistický charakter metody → problém s dávkou v bodě → klinické hodnocení vytvořit na základě izodóz a DVH
-  Etalon pro algoritmy plánovacích systémů
-  Přesněji modeluje dávku v nehomogenní oblasti a mimo hranice pole
-  Dříve dlouhé výpočetní časy (~ dny) → dnes výkonné počítače + VRT → Monaco ~ max. 60 minut

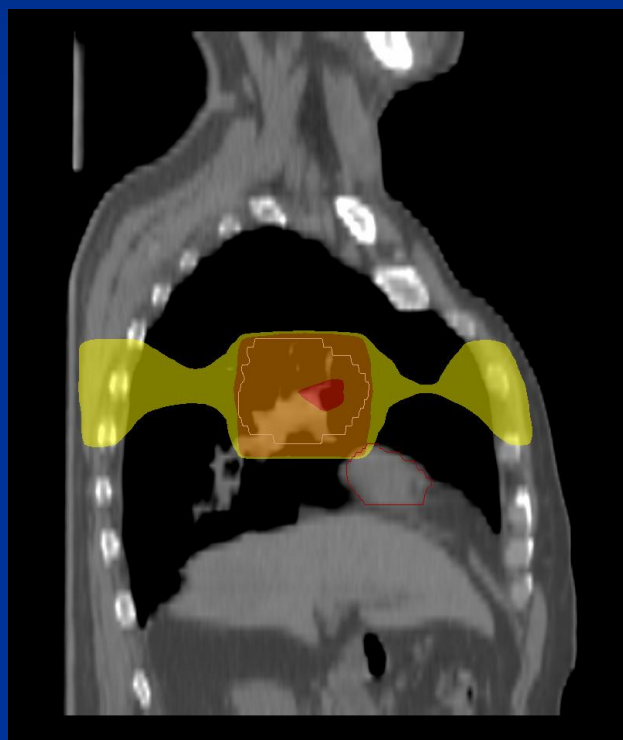




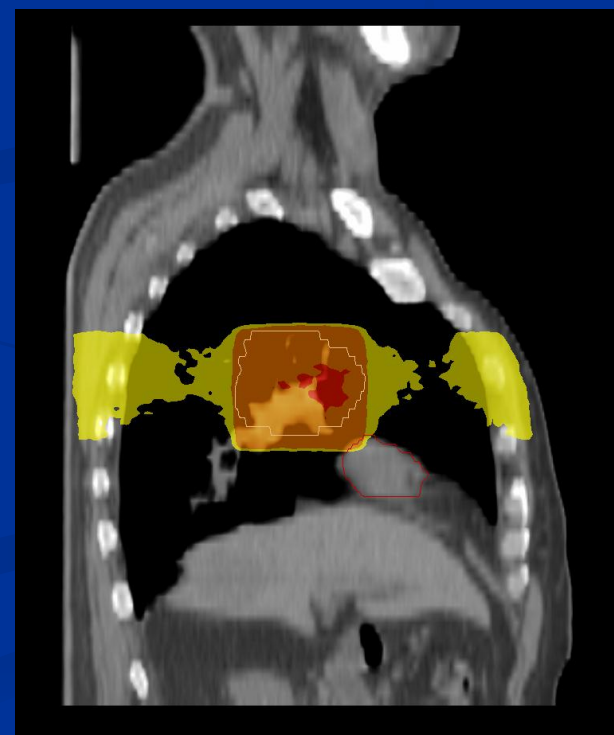
FFT point kernel



Point kernel



Monte Carlo

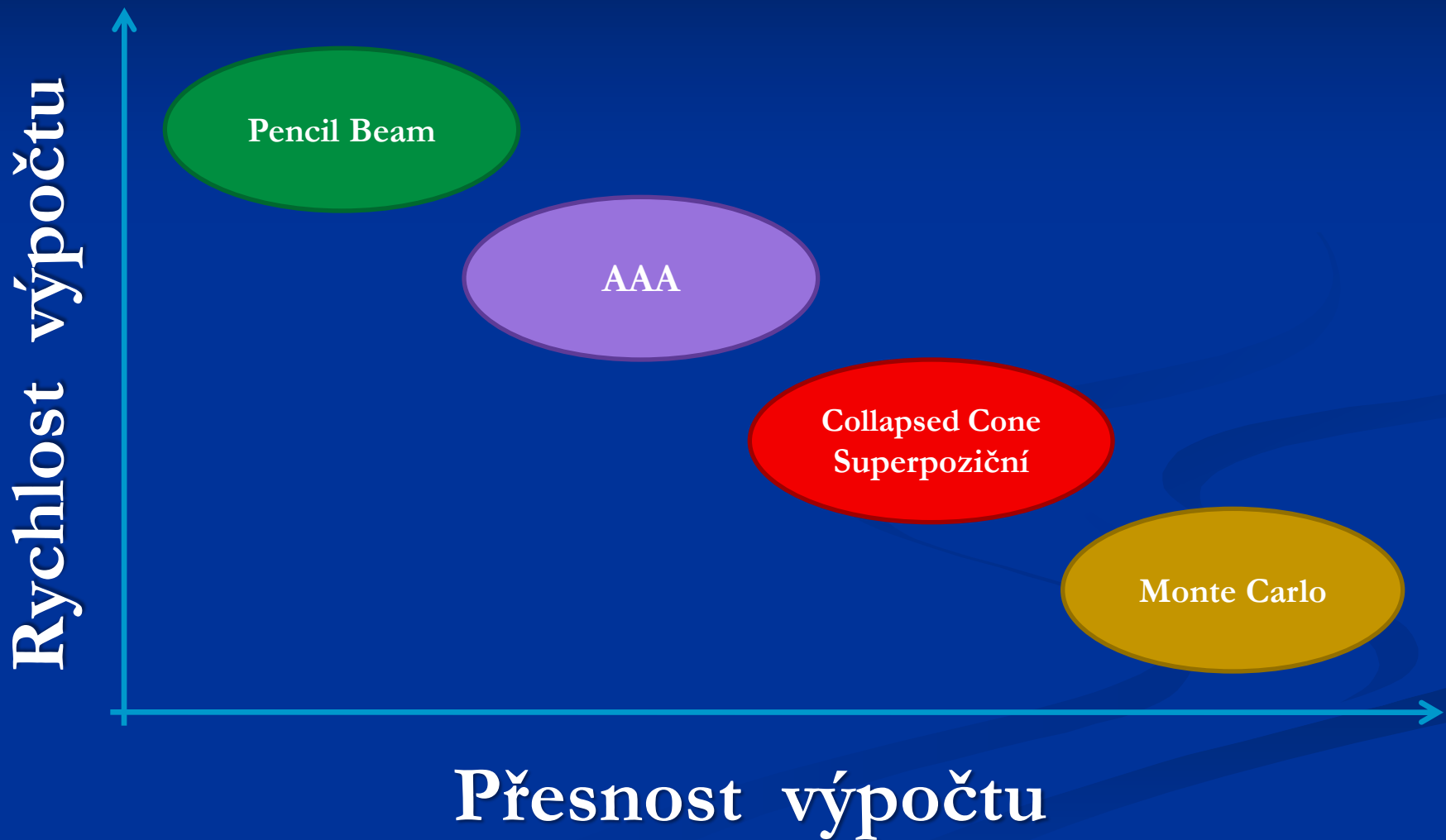


Přehled algoritmů používaných v plánovacích systémech:

Modeluje algoritmus přesně rozptyl v bočním směru se změnou hustoty ?

	NE!	ANO!
Pencil kernel	“Pencil beam“ Cadplan, Masterplan, Plato, Helax, Eclipse, Ergo++, PlanW	“AAA“ Eclipse
Point kernel	“FFT konvoluční“ XiO	“Superpoziční“ XiO “Collapsed Cone“ Helax, Masterplan, Pinnacle
Nepoužívající kernel	“modely založené na měřených datech“ PrecisePlan	“Monte Carlo“ Monaco, iPlan “Acuros“ Eclipse

Porovnání rychlosti a přesnosti algoritmů:



Děkuji za
pozornost