



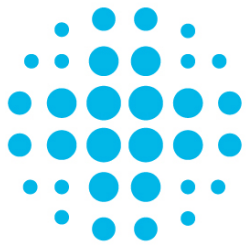
Technologie protonového ozařovače, fyzikální vlastnosti protonového svazku a ozařovací plány

Michal Andrlík

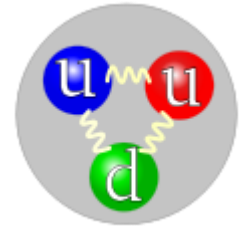


Obsah prezentace

- Základní vlastnosti protonu
- Cyklotron
- Beamline
- PBS
- Ozařovny
- Ozařovací plány



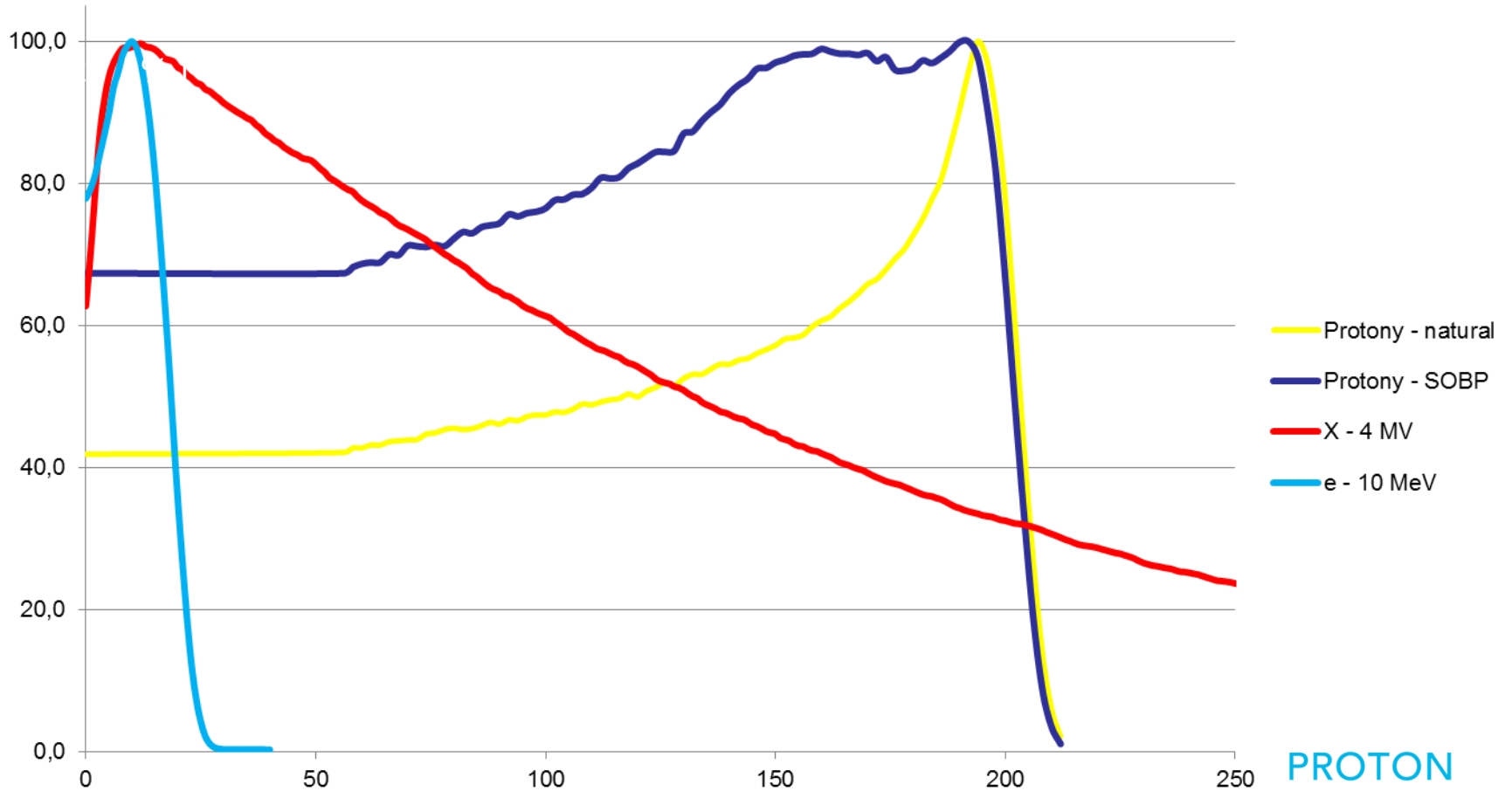
Proton



- Spin $\frac{1}{2}$
- Izospin $\frac{1}{2}$
- Hadron – Baryon – Fermion
- Klidová hmotnost $938,272\ 013\ \text{MeV}/c^2$
 $1,672\ 621\ 637 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
- Náboj $1e$ resp. $1,602\ 176\ 487 \times 10^{-19}\ \text{C}$
- Střední doba života $> 2,1 \times 10^{29}$ let



Fyzikální výhoda protonového svazku (Braggův peak)

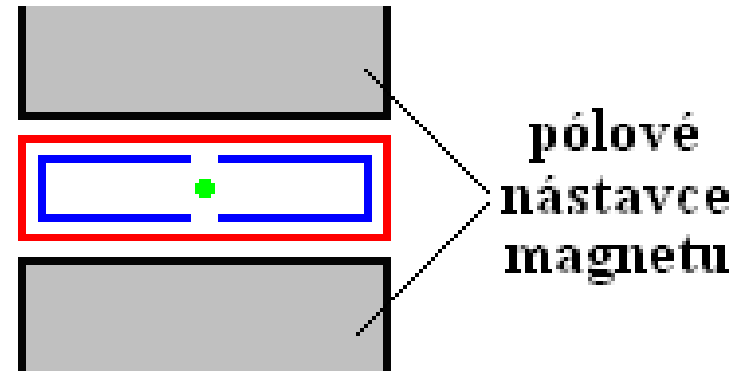
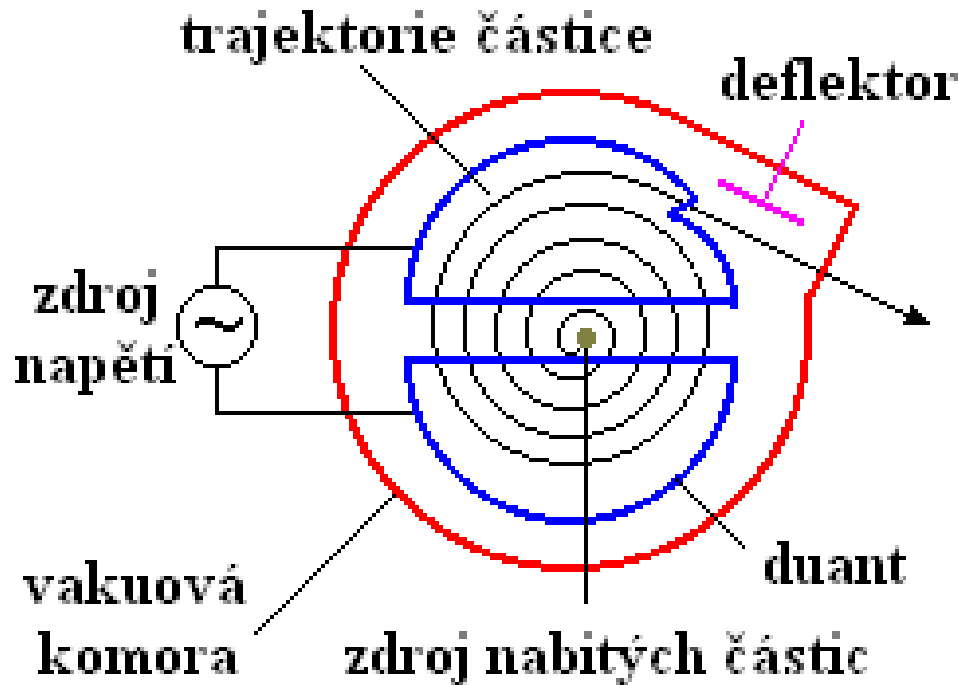




Cyklotron - princip

POHLED SHORA

POHLED Z BOKU



- Konstatní magnetické pole
- Urychlení elektrickým polem při průchodu mezi duanty



Cyklotron v PTC



Proteus 235 IBA – údržba a obsluha IBA tým

Zdrojem protonů vodíková tlaková lahev

Výstupní energie 233 MeV

Max. energie na výstupu z nozle – 226 MeV

Dosah 32 g/cm

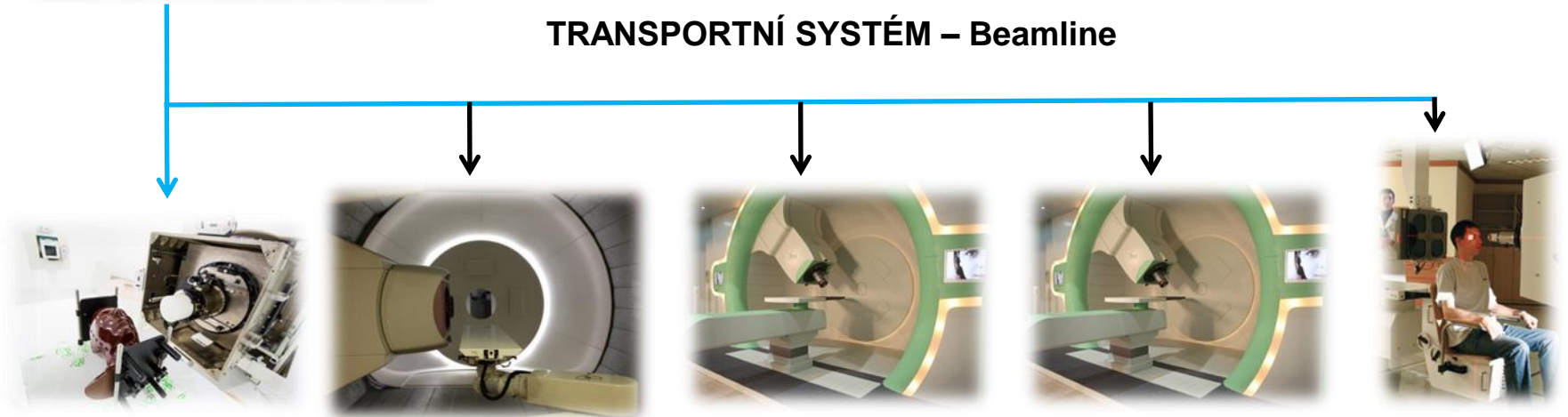


Beam line

CYKLOTRON PROTEUS 235

- Vakuová trubice
- Transport svazku od cyklotronu na ozařovnu
- Úprava výsledné energie

TRANSPORTNÍ SYSTÉM – Beamline



FIXED BEAM

GANTRY 1

GANTRY 2

GANTRY 3

EYE BEAM

PROTON
THERAPY
CENTER



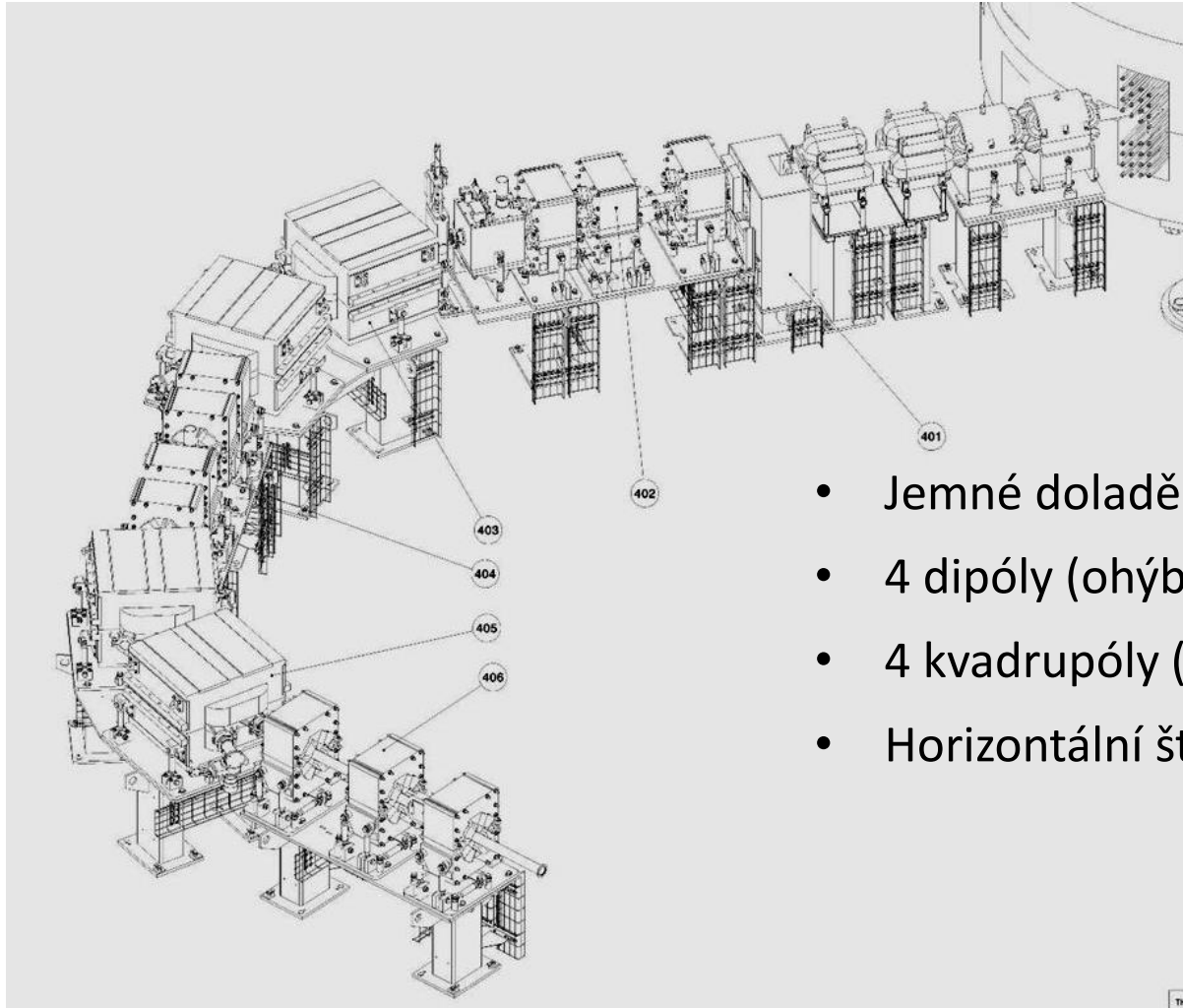
Degrader

- Hrubé nastavení výstupní energie
- 154 stupňů tloušťky grafitu
- 0 – cca 30 cm
- Aktivuje se
- Neutronová kontaminace okolí

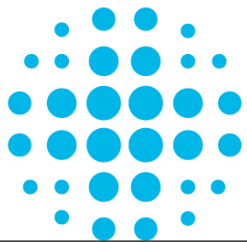




ESS – Energy Selection System

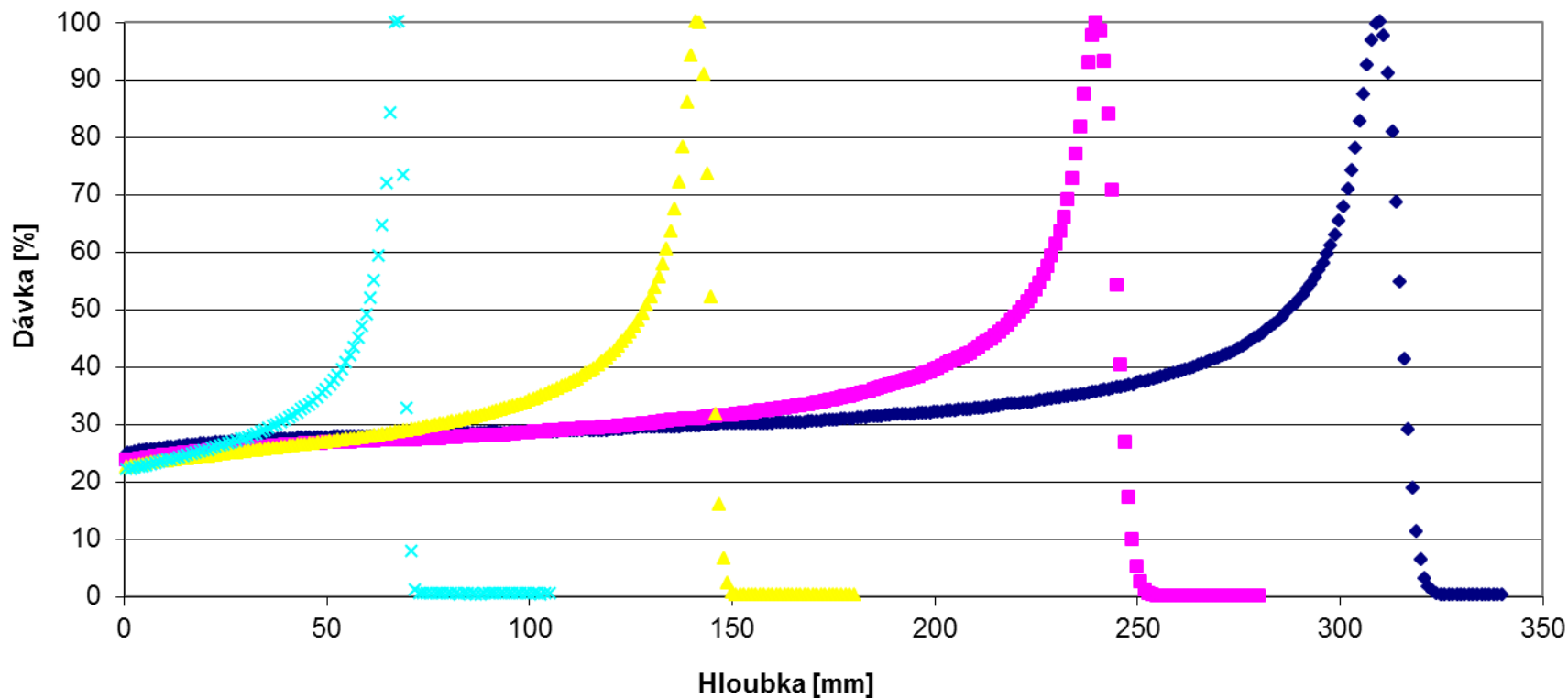


- Jemné doladění výstupní energie
- 4 dipóly (ohýbací magnety)
- 4 kvadrupóly (čočky)
- Horizontální štěrbiny



Šířka BP

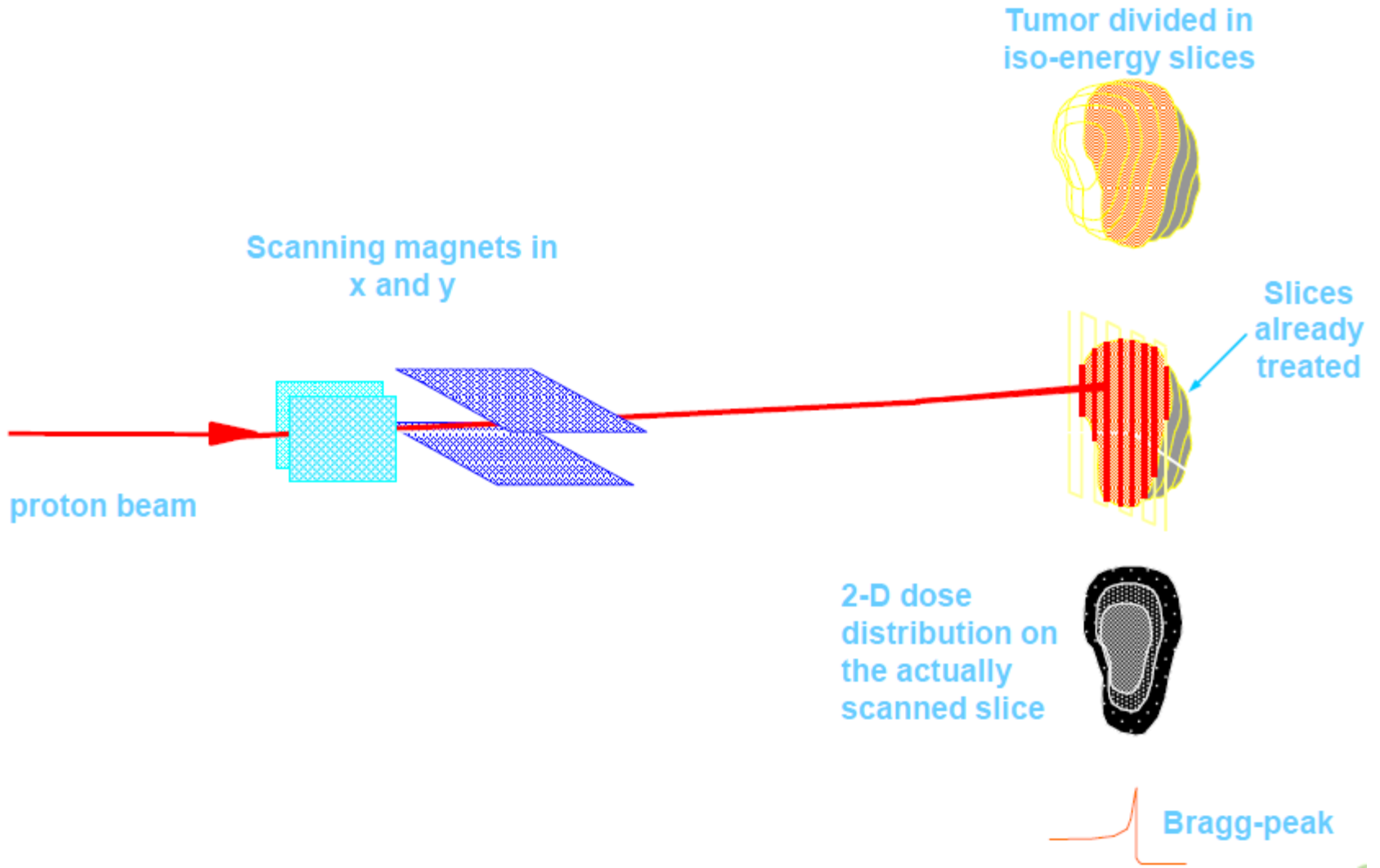
BP pro různé dosahy



◆ R = 320mm ■ R = 250mm ▲ R = 150mm × R = 75mm



Pencil Beam Scanning - PBS princip





PBS - shrnutí

- Velikost pole do 30 x 40 cm
- Dosah 7,5 – 32 g/cm²
 - pro menší hloubky použití RS
- Modulace přes celou hloubku
- Ozařování po vrstvách, bod po bodu – vždy s definovanou energií



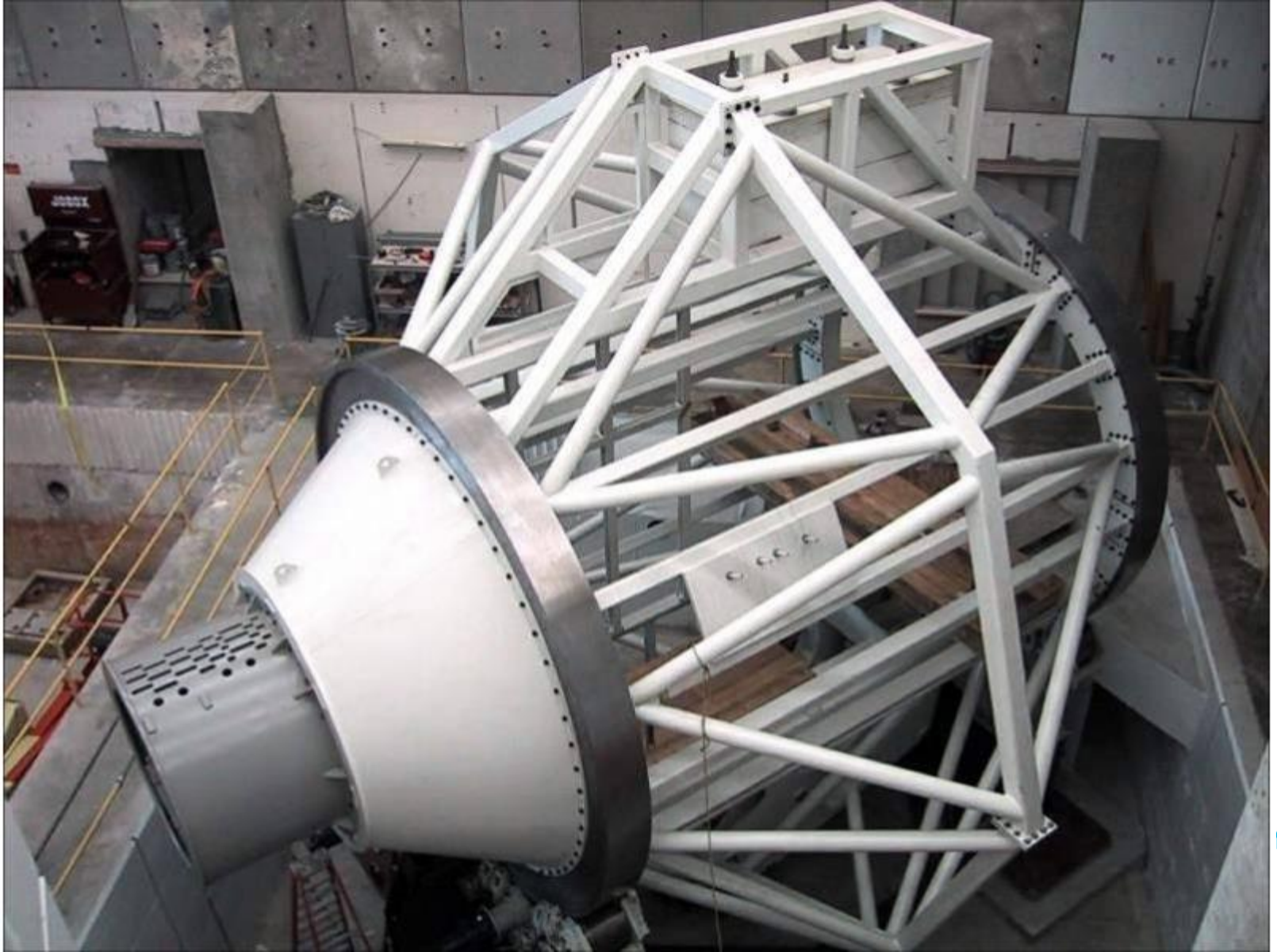
Ozařovna s gantry

- Je možné nastavit úhel záření libovolně v 360°
- Universal nozzle, PBS dedicated nozzle
- Robotický stůl umožňující polohování pacienta v šesti směrech
- Verisuite systém
- Vision RT systém
- Dyn'R systém



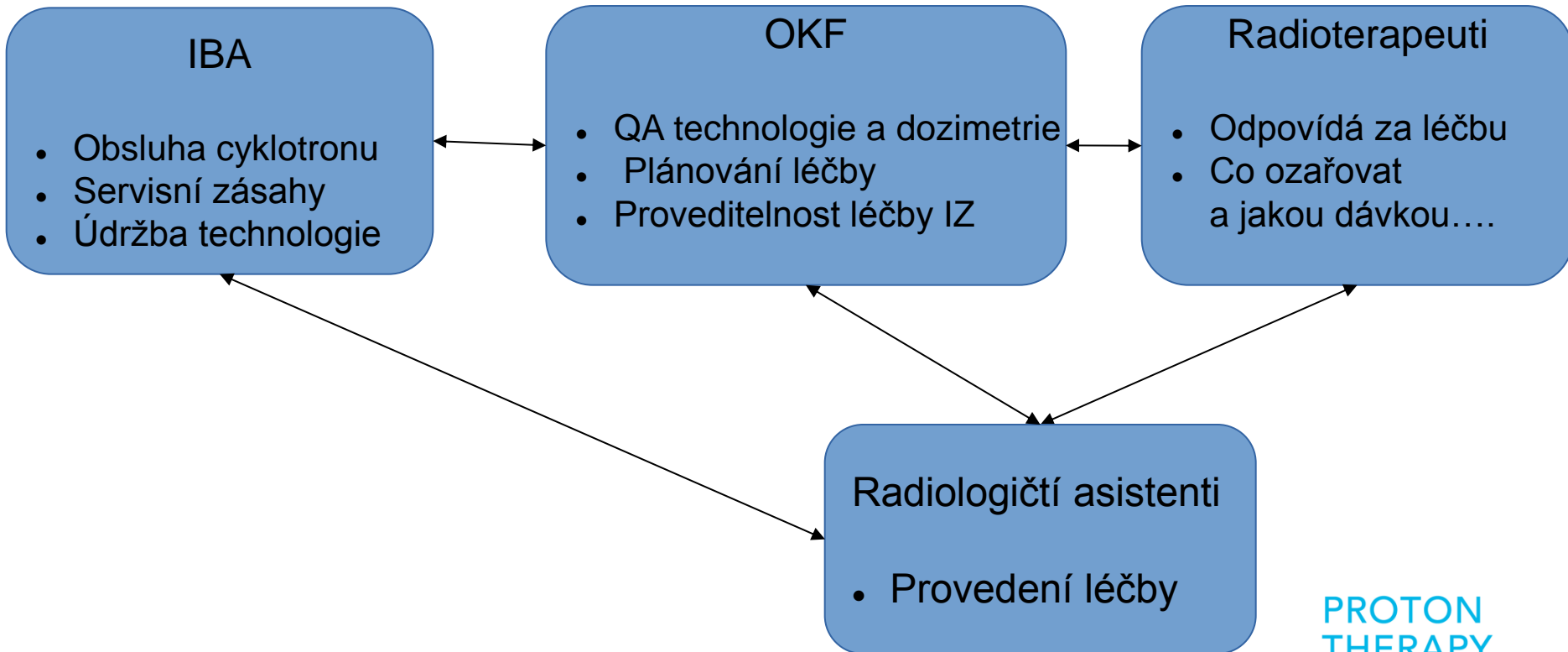
Gantry





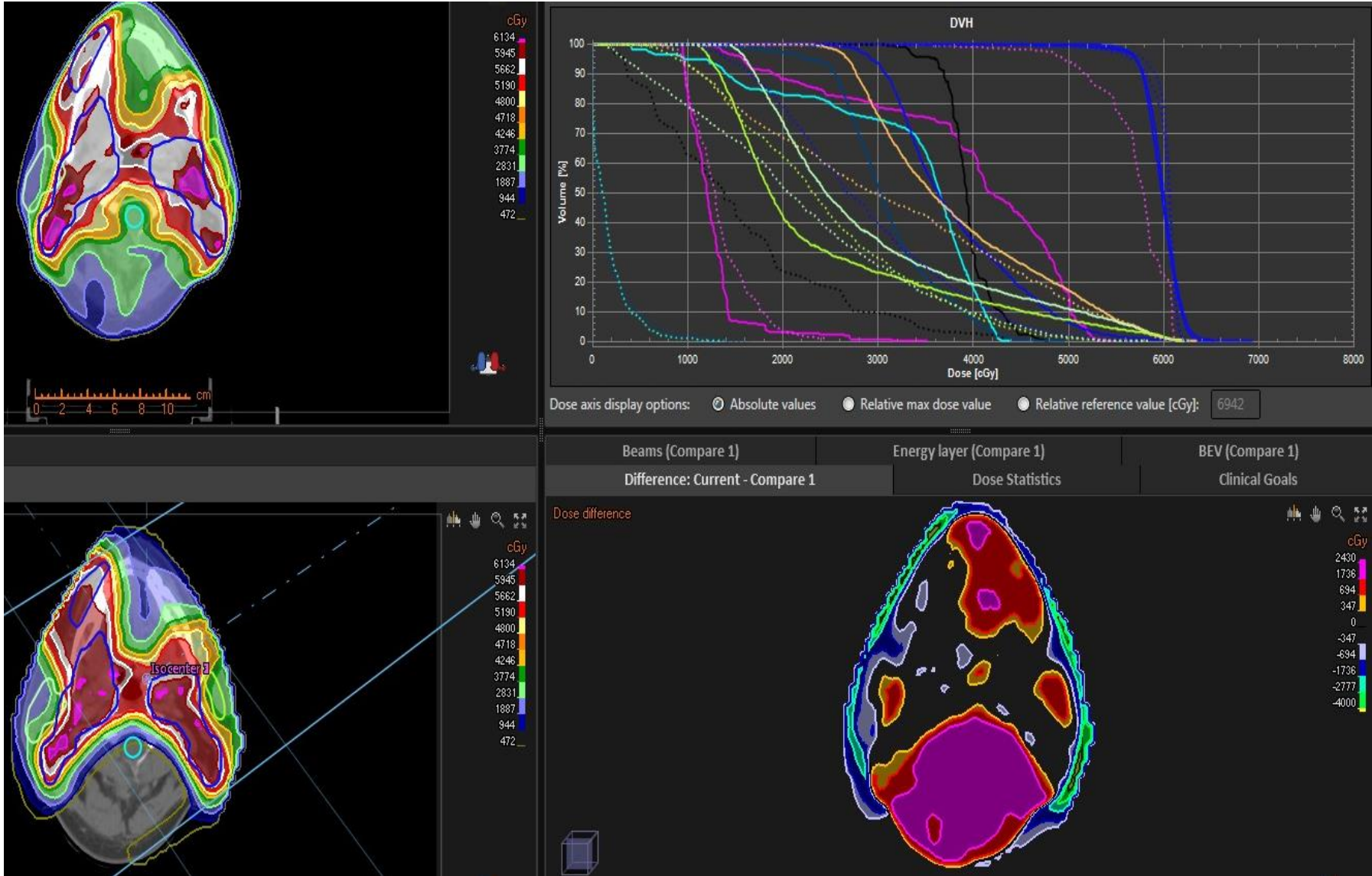


Technologie, fyzika, lékaři...



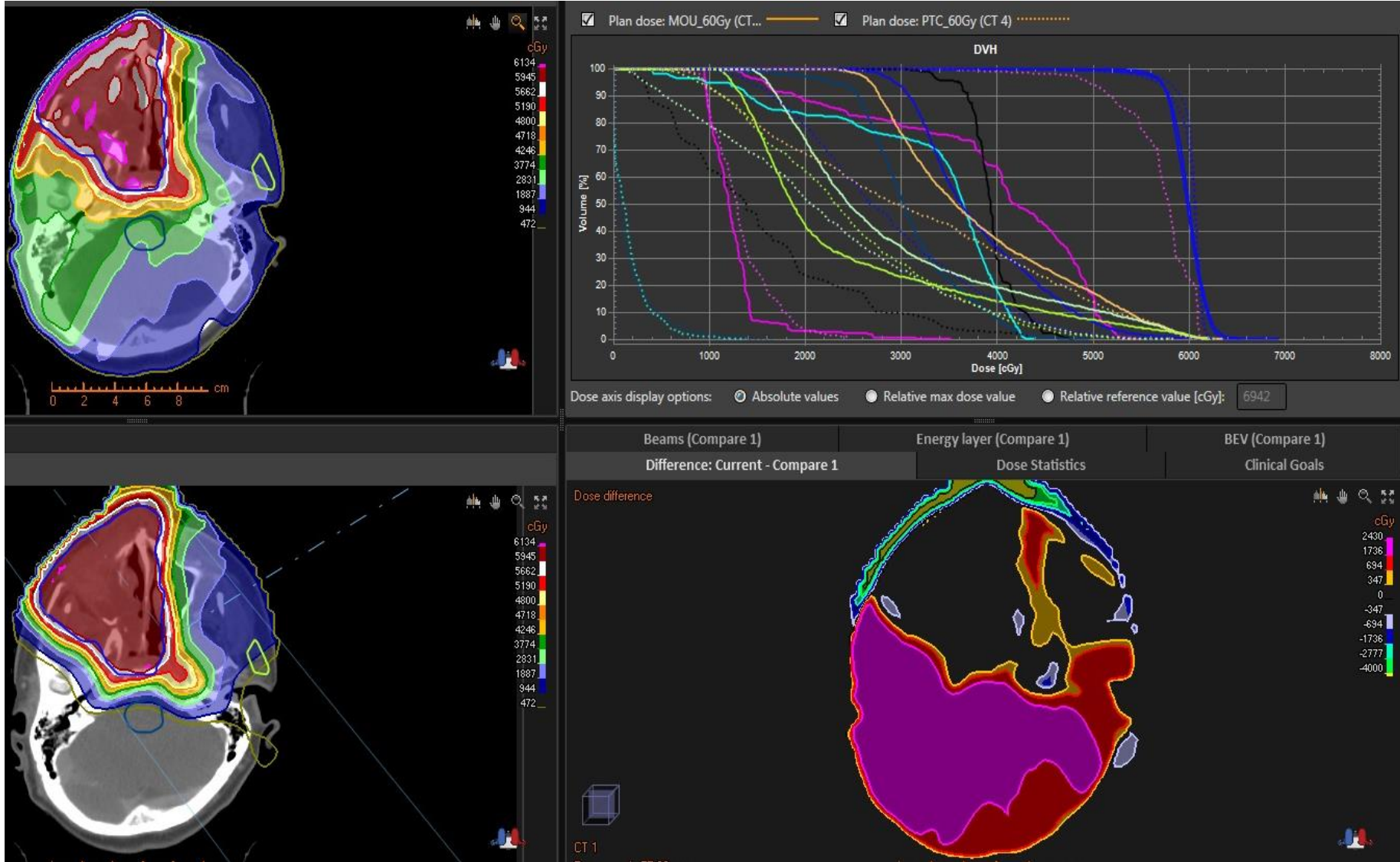


Porovnání protonových a fotonových plánů



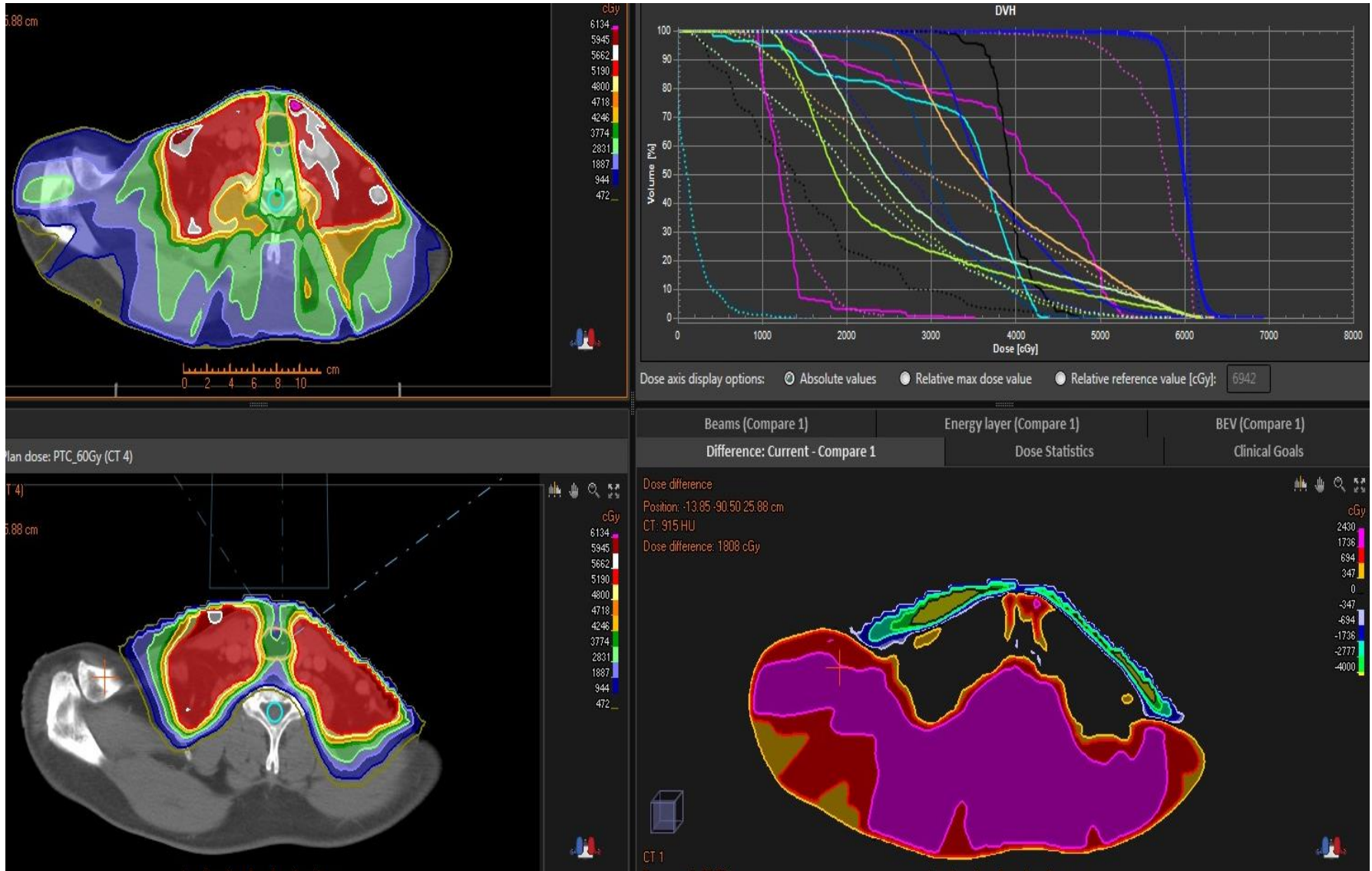


Porovnání protonových a fotonových plánů



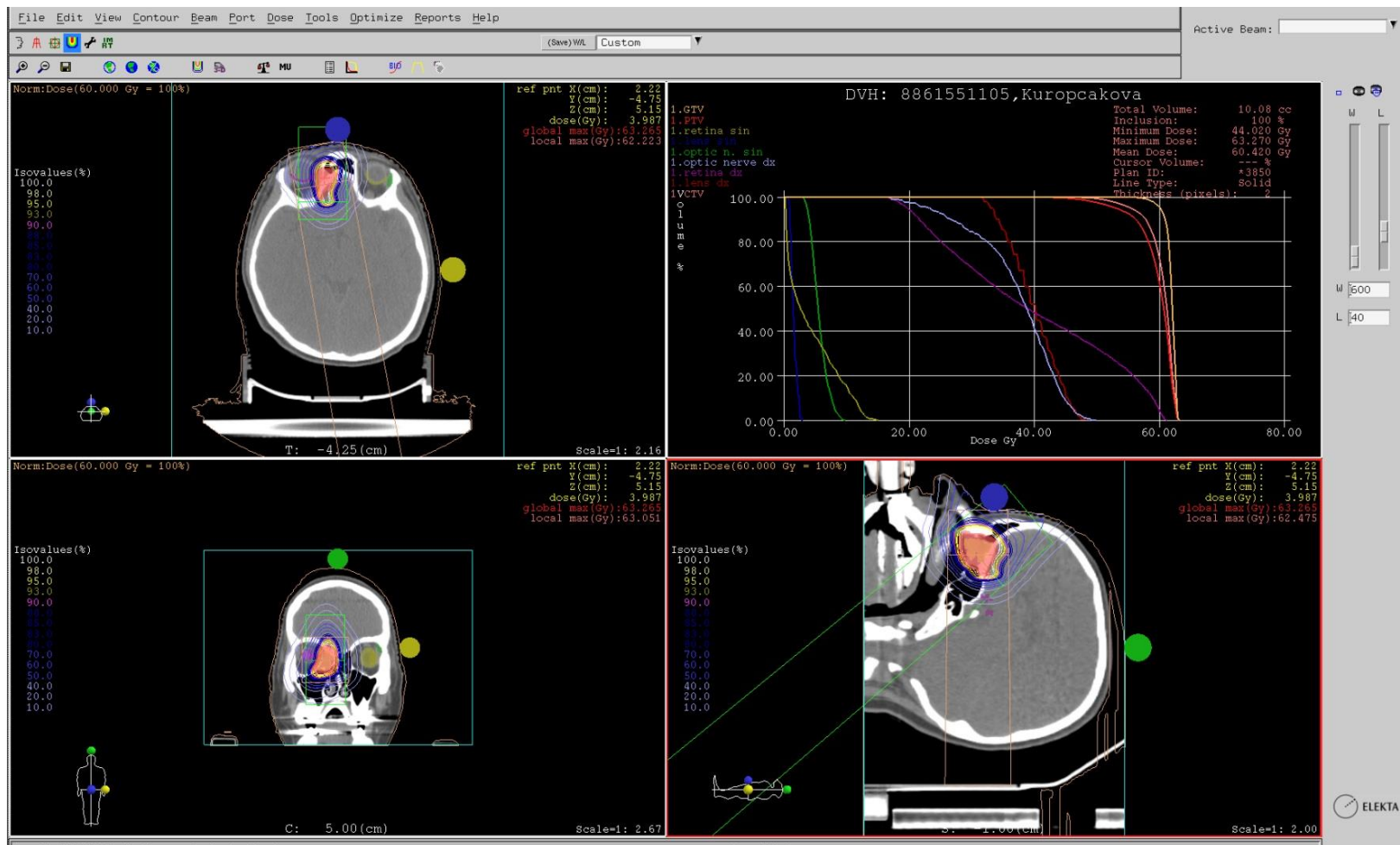


Porovnání protonových a fotonových plánů



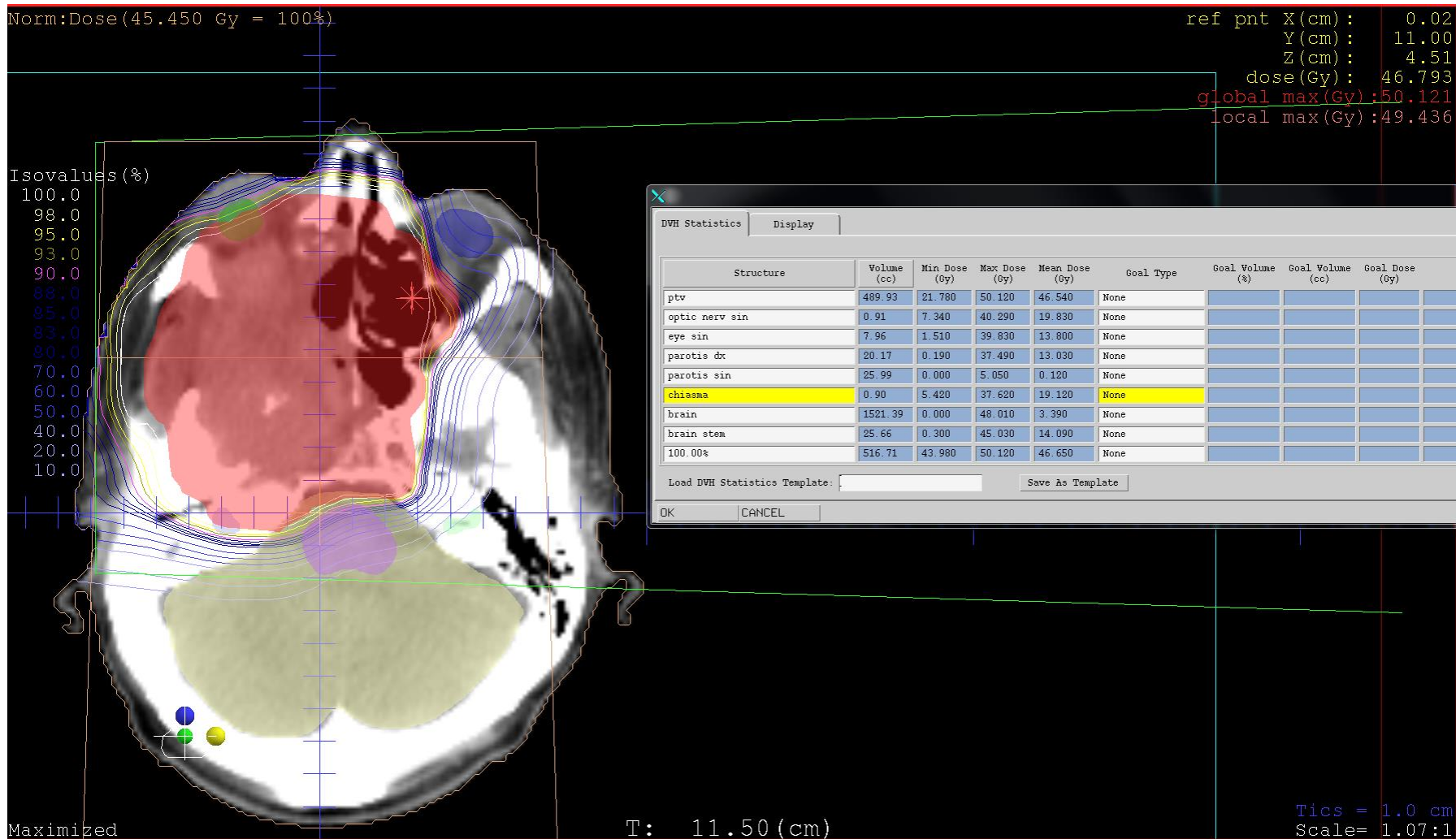


Protonový plán



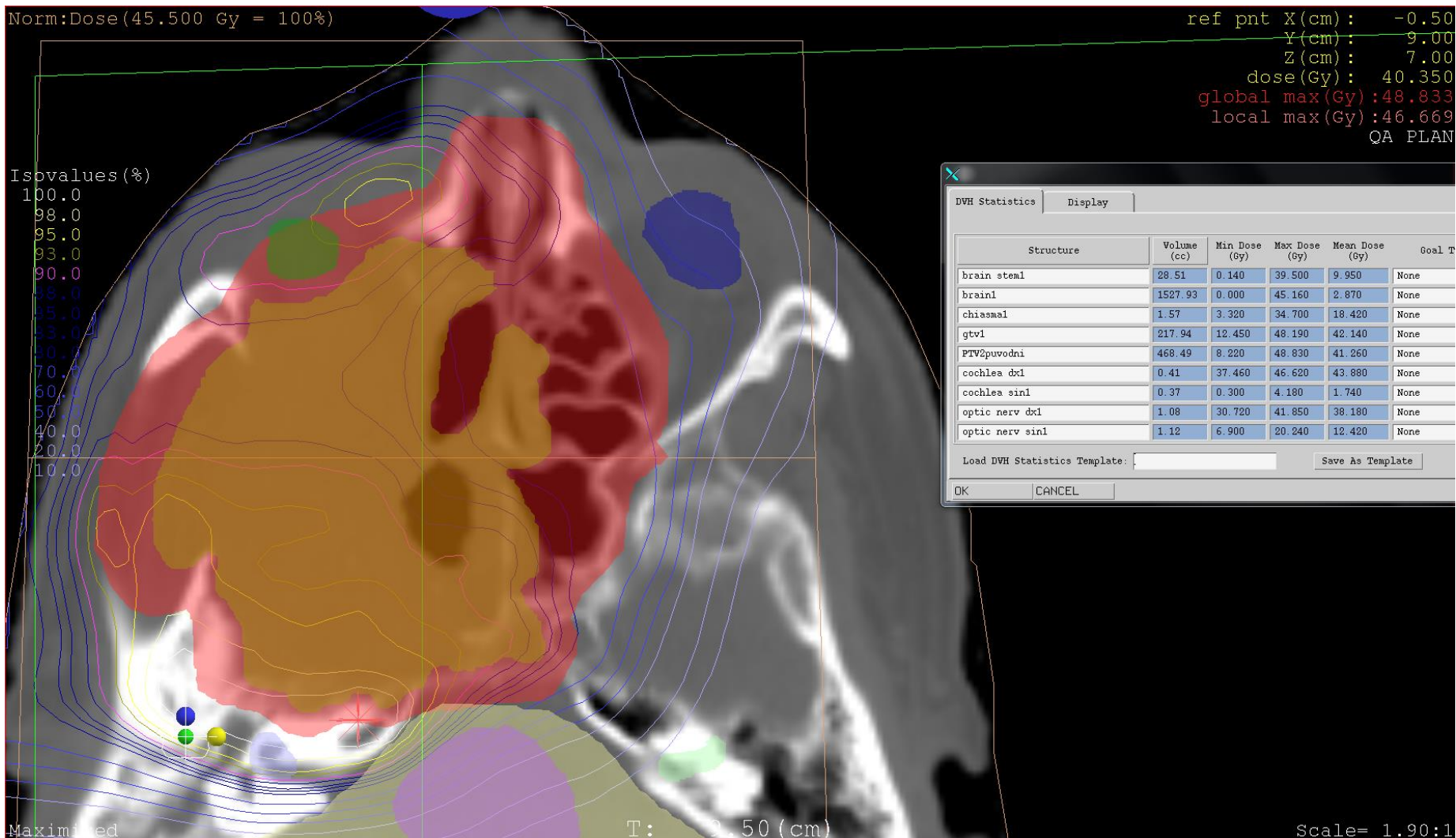


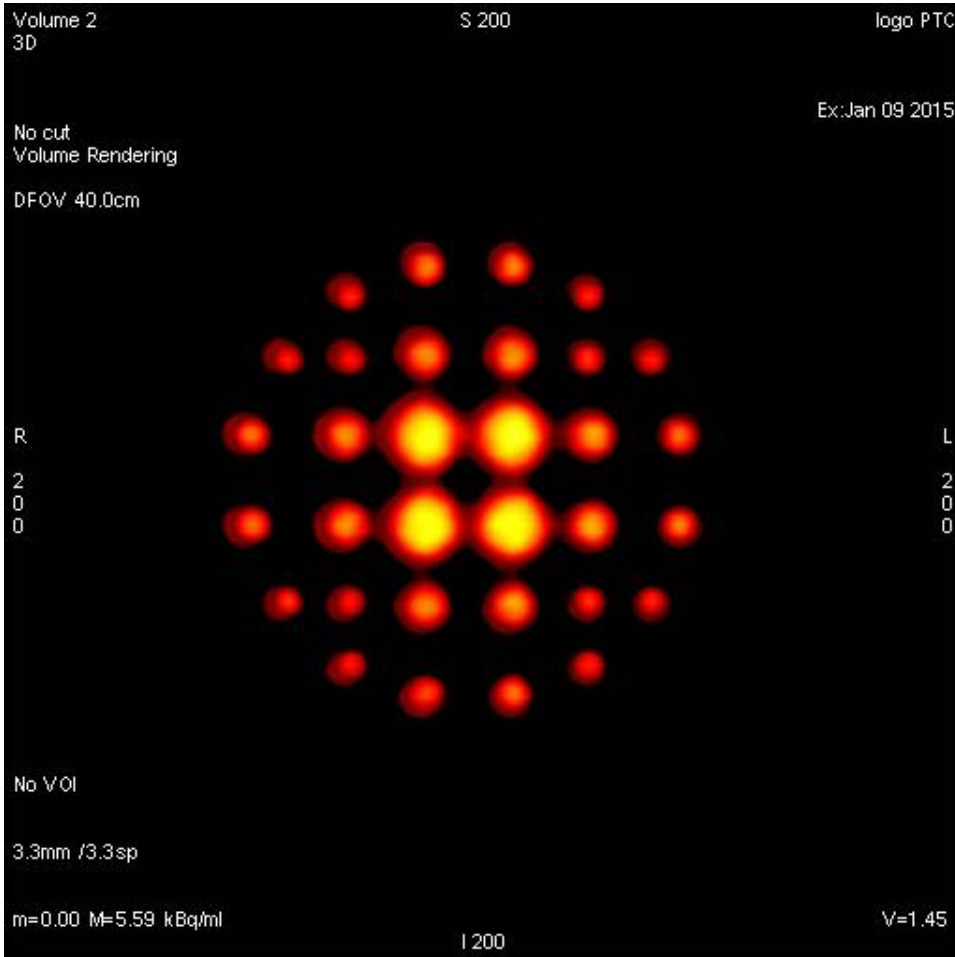
Replanning – Příklad





Replanning – Příklad





Děkuji za pozornost