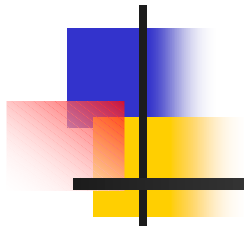


Rádiobiologické modelovanie účinkov protónovej terapie pomocou BioGray



Matula P. , Končík J., Hostová B.,*Zámečník L.

VOÚ a.s. Košice, SR

*PTC Praha, CZ

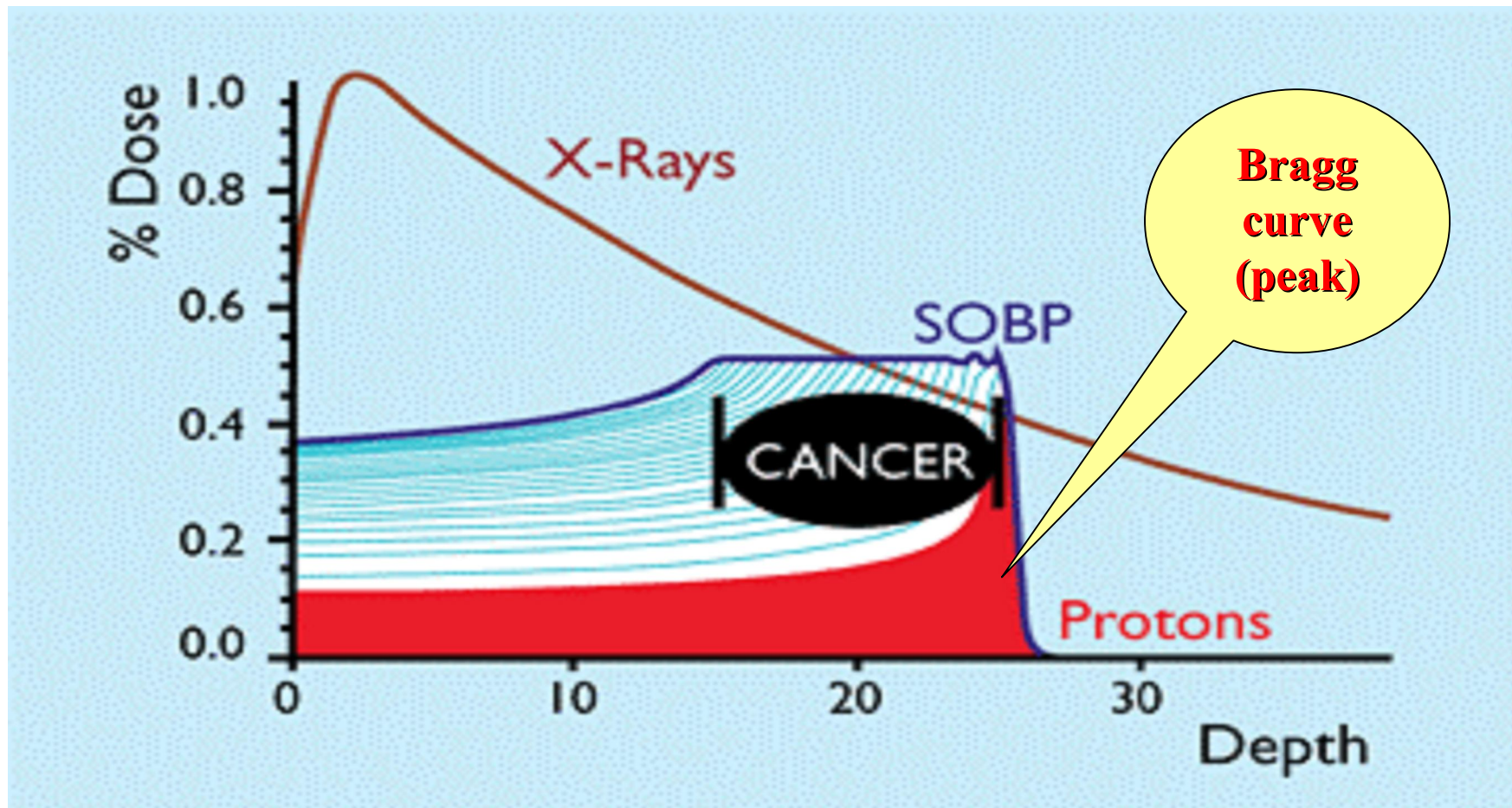


Úvod

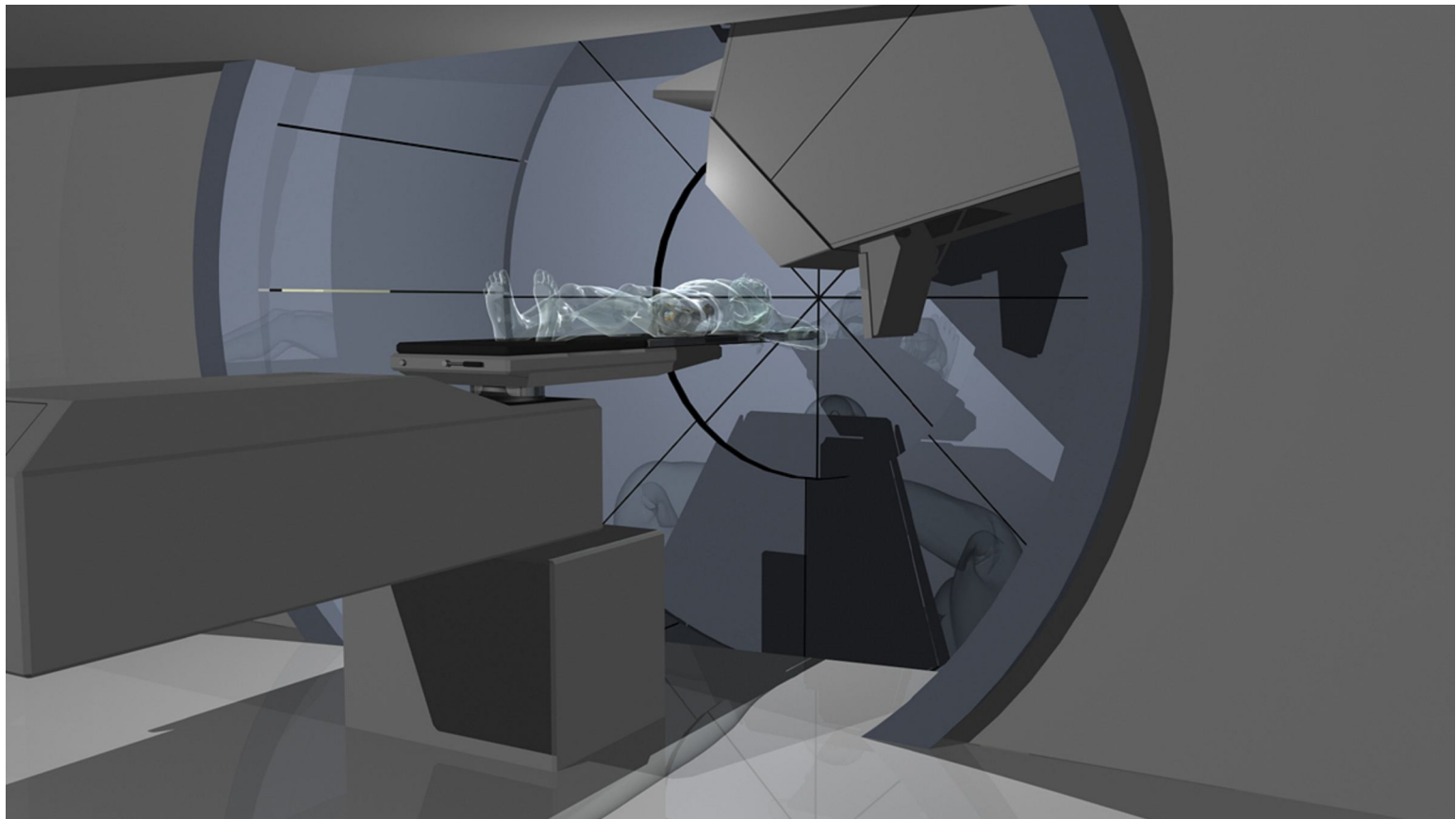
- Protónová terapia postupne získava priestor v spektre terapeutických modalít.
- Vo svete viac ako 50 centier protónovej terapie
- Desiatky CPT pred prijatím (ožiarením) prvého pacienta
- V ČR v klinickej prevádzke prvé centrum od r. 2012

Špecifiká protónovej terapie

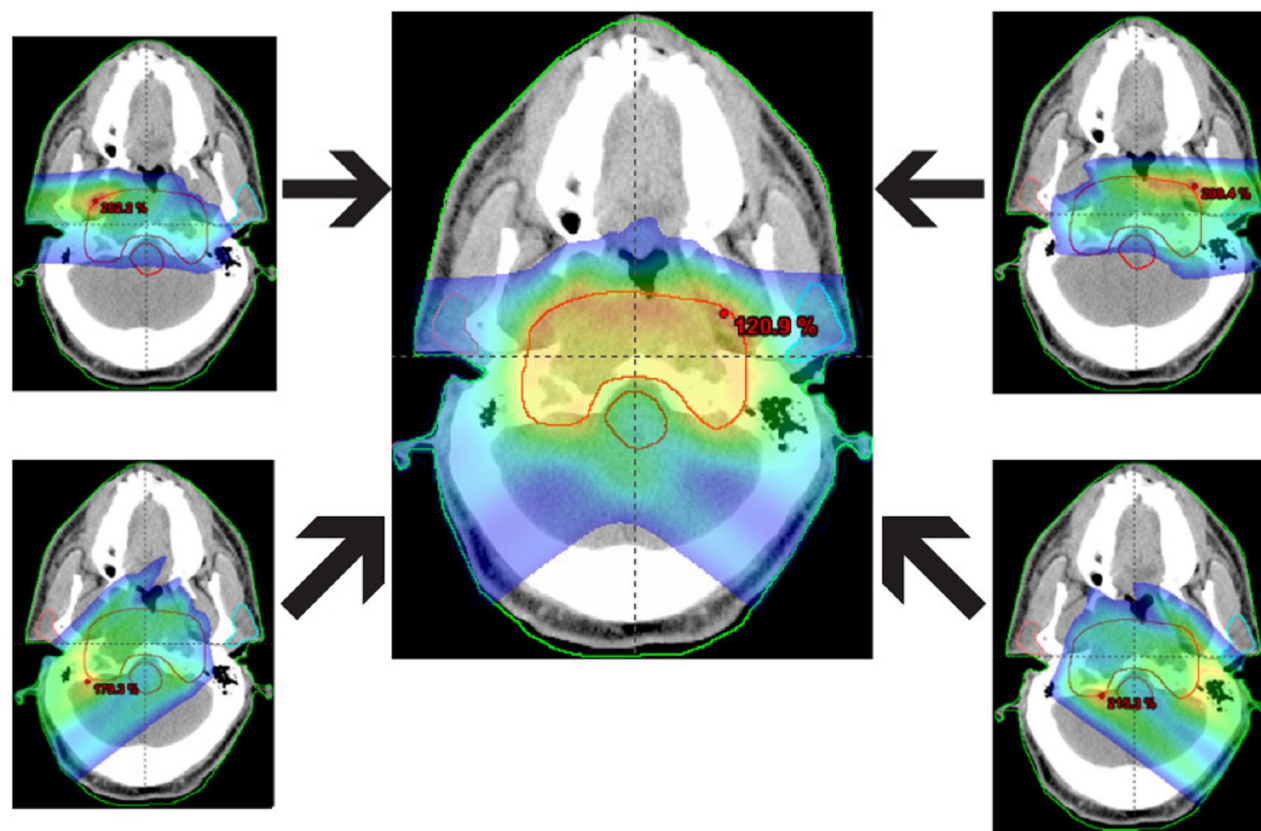
RBE = 1,10



Náčrt protónového ožarovača

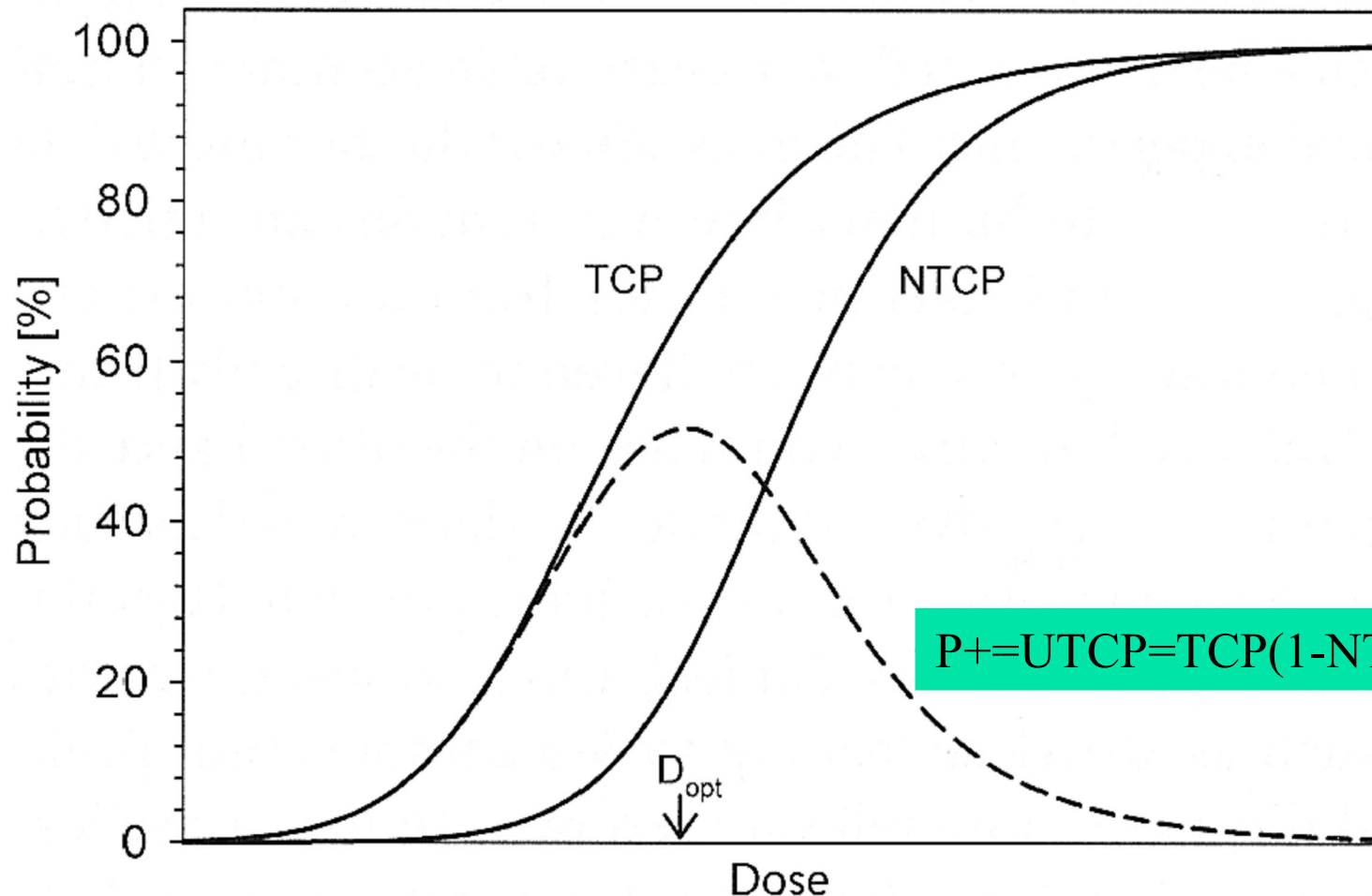


Ožarovacia technika a izodózový plán



Ciel' RT stanovit' optimálny „TR“

(Holthusen 1936) „non-inferiority treatment“



$$P+ = UTCP = TCP(1 - NTCP)$$



3D plánovanie RT v súčasnosti

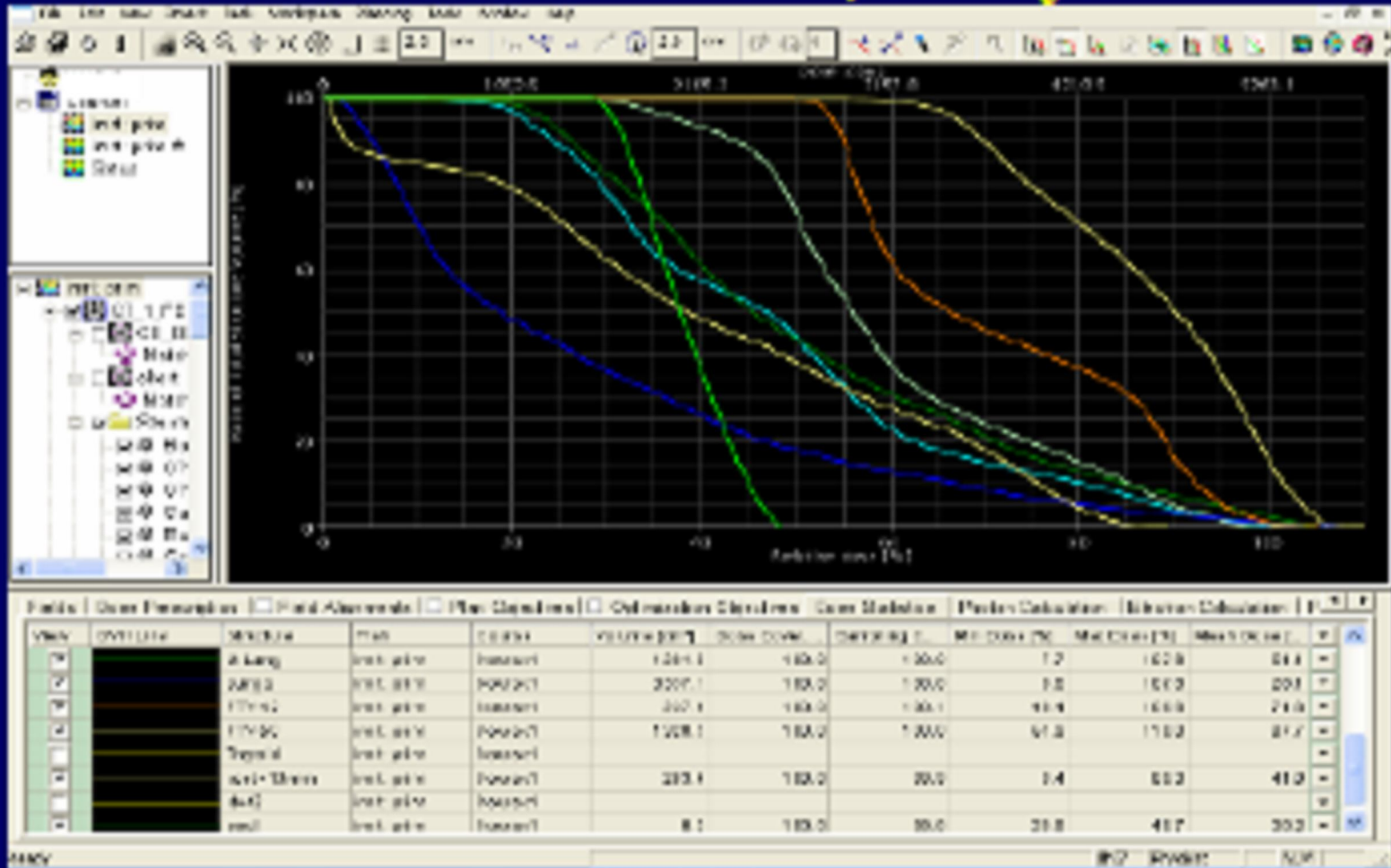
Nezohľadňuje:

- **biologické procesy:**

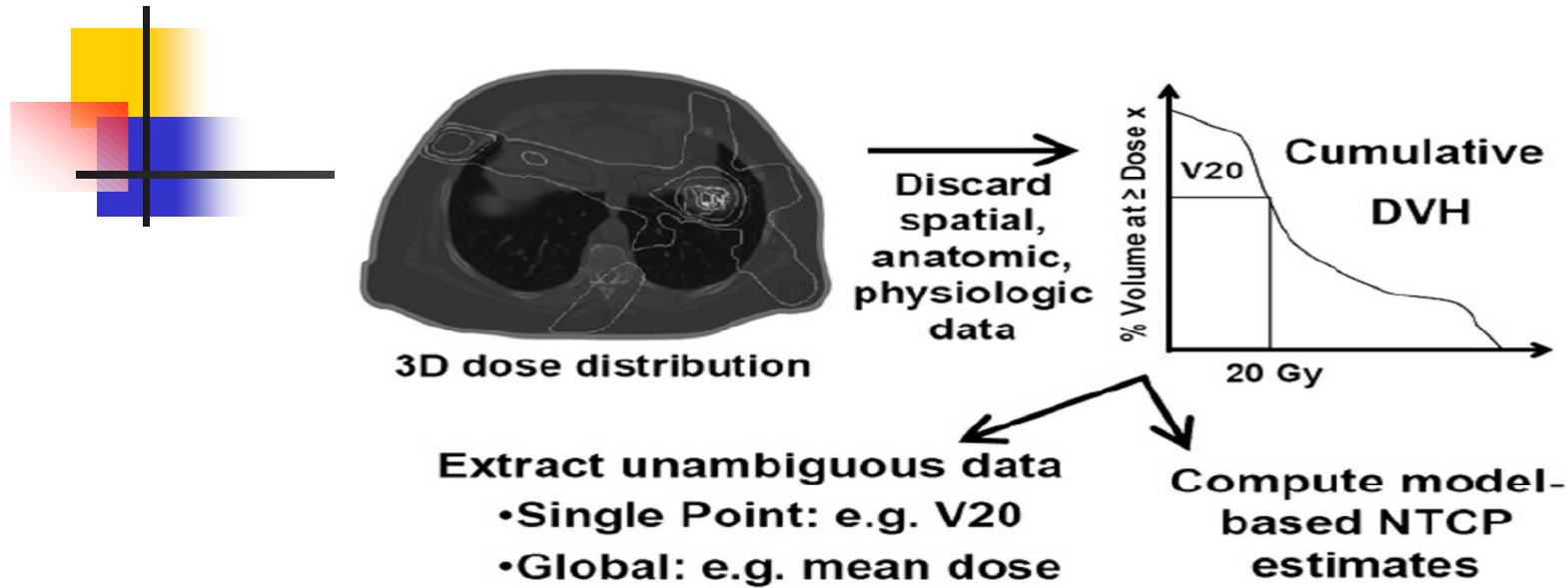
- “4R“ R. Withersa (repopuláciu, reparáciu, reoxygenáciu, redistribúciu)
- „2R“ – radiosensitivitu (α/β) a radiačný objem

- **biologické dopady**

- rozdielne účinky:
 - dávka na frakciu, frakcionácia, dávková rýchlosť
- boost, doba ožarovania, pauzy, re-treatment etc.
- Kvalita terapie závisí na intuícii fyzika a lekára
 - TPS sú v podstate vysoko sofistikované „fyzikálne kalkulačky“ pre výpočet absorbovanej dávky – poskytujú však subprodukt - DVH !!!



3. možnosti odhadu rizika komplikací RT



1. Vizuálne z plánu

2. Z DVH (QUANTEC)

■ VGy, D_{\max} , D_{mean} , EUD

3. Modelovanie NTCP

■ = F (BED, DVH)

Triviálne a
nedostačujúce

Náročnejšie, ale
viac výpovedné



Vstup do “5” dimenzie RT

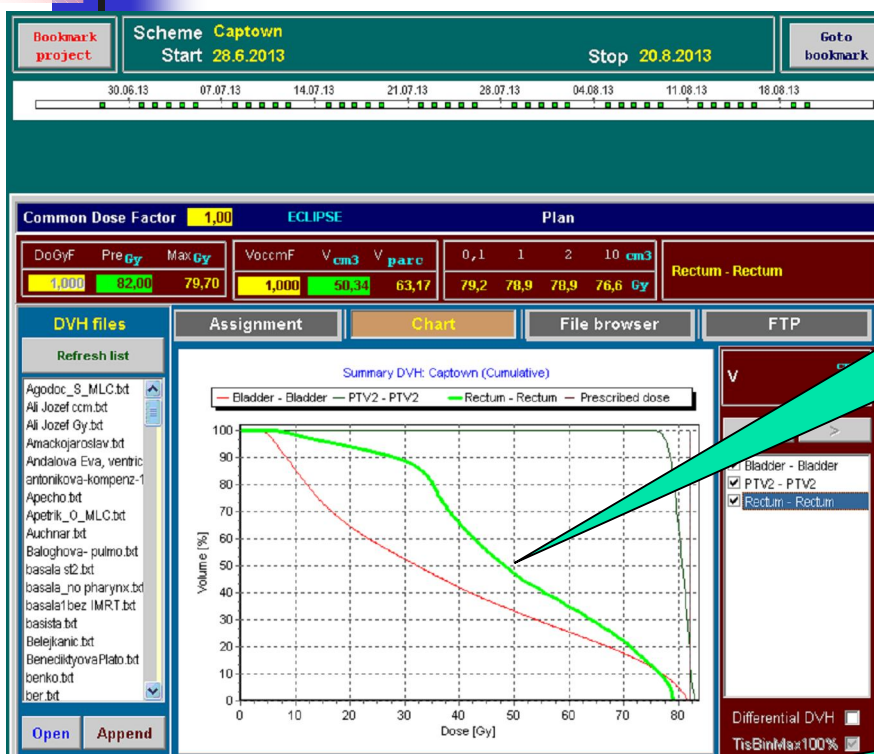
- TCP/NTCP je objektivizované miery pre rádiobiologické účinky ionizujúceho žiarenia na tumor a OaR

$$\text{TCP/NTCP} = F(d, N, \alpha/\beta, \text{DVH}, T, T_{\text{rep}}, \text{gap})$$

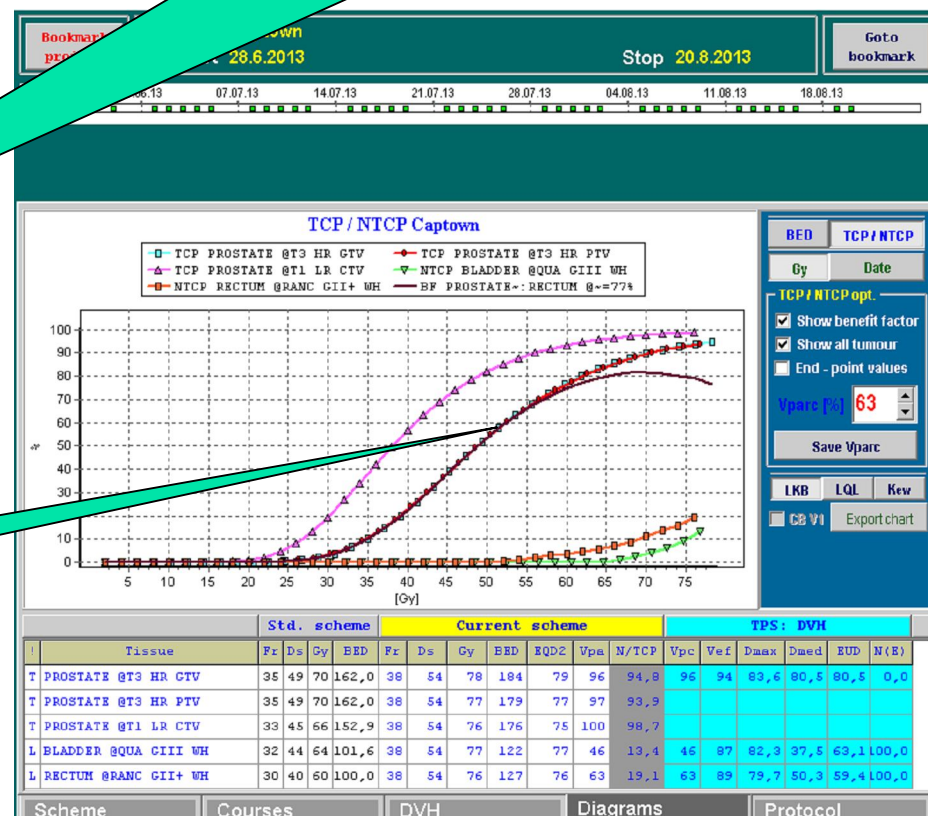
- V zásade je nemožné z D_{max} , D_{med} , $VX\text{Gy}$ (z DVH) získať túto mieru
- Od radiačného onkológa a fyzika sa to ale očakáva
 - závisí na tom kvalita života pacienta po liečbe

Modelovanie v BioGray

DVH exportované z TPS
a asociované s dátami v
BioGray



TCP/NTCP z DVH
a dát protokolu





Ciel' príspevku:

- **Demonštrovať možnosti stanovenia terapeutického pomeru v modalite protónovej terapie pomocou BioGray**
- **Materiál:**
 - **terapeutické protokoly + DVH (PTC Praha)**
 - **entity:**
 - **Ca prostaty**
 - **Ca CNS**
 - **Ca HaN**



Modely pre výpočet BED fotónova EBRT vs protóny

Nízke LET (X a elektróny: RBE=1)

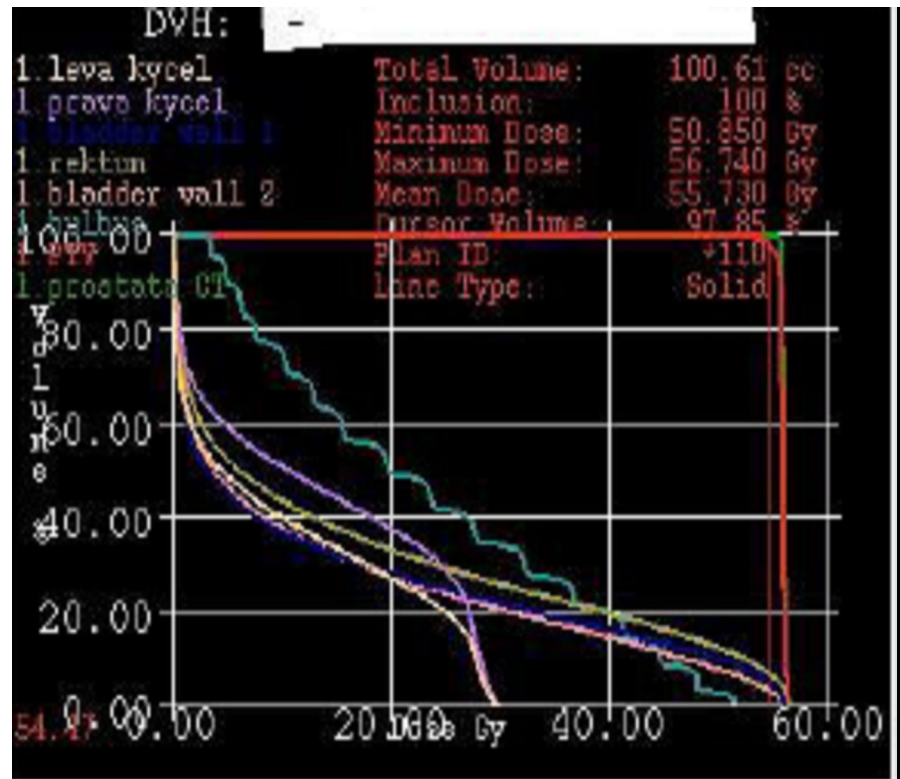
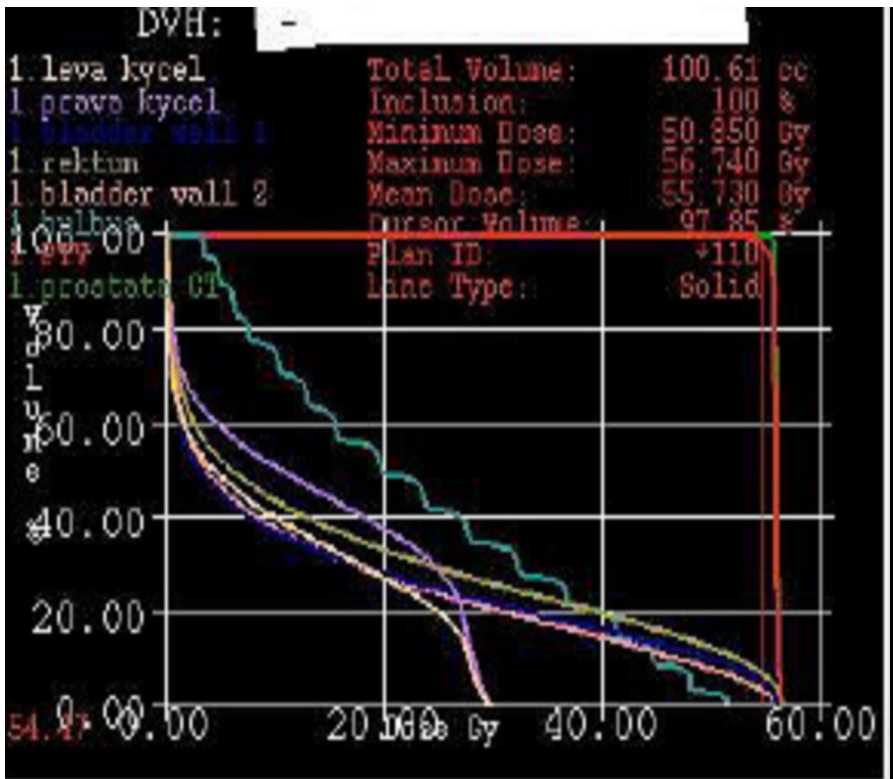
$$BED_L = N_L d_L \left[1 + \frac{d_L}{(\alpha / \beta)_L} \right]$$

A red arrow points to the '1' in the equation.

Vysoké LET (protóny: RBE =1,1)

$$BED_H = N_H d_H \left[RBE_{max} + \frac{d_H}{(\alpha / \beta)_L} \right]$$

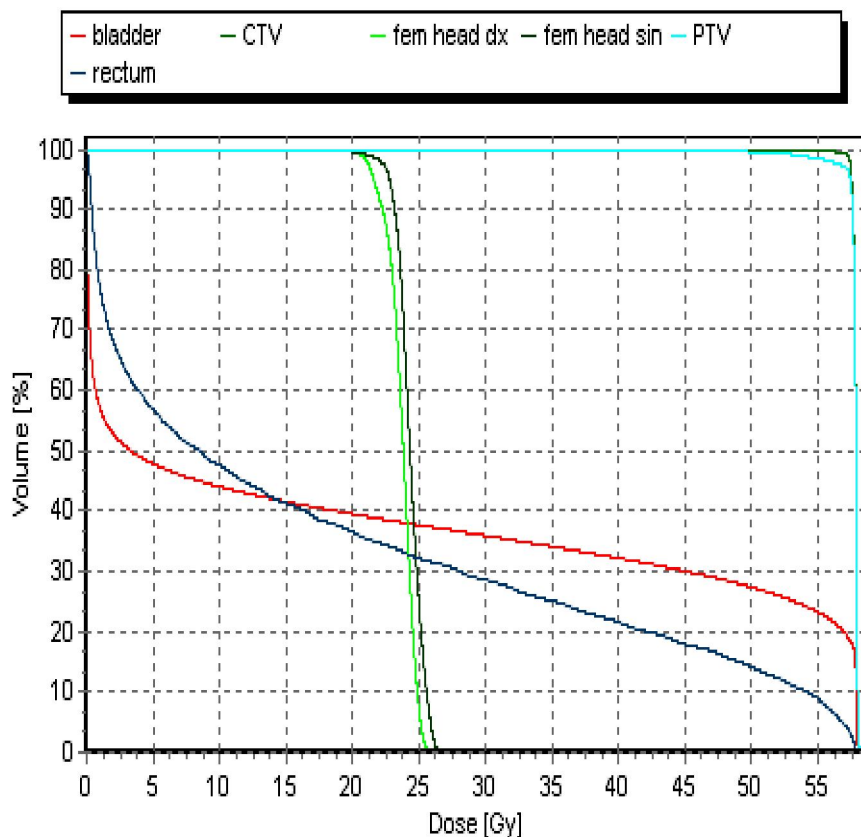
A red arrow points to the RBE_{max} term in the equation.



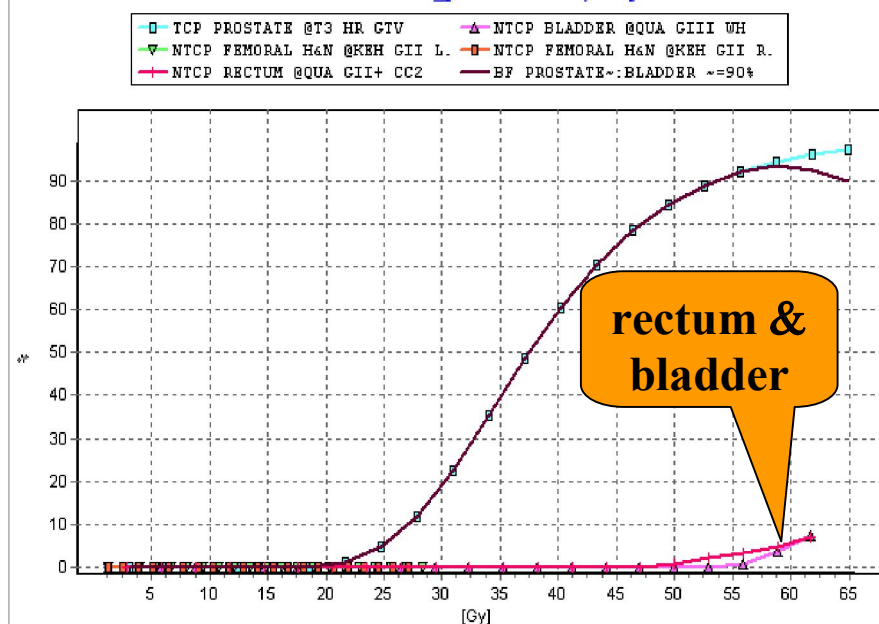
Simulácia protokolu (testovanie)

(21F/2,73 Gy NTCP_{bladder, rectum} = 0 %)

Summary DVH: PC_prostata 21F/2,73Gy (Cumulative)



TCP / NTCP PC_prostata 21F/2,73Gy



d/F + 10 % (proton th.):

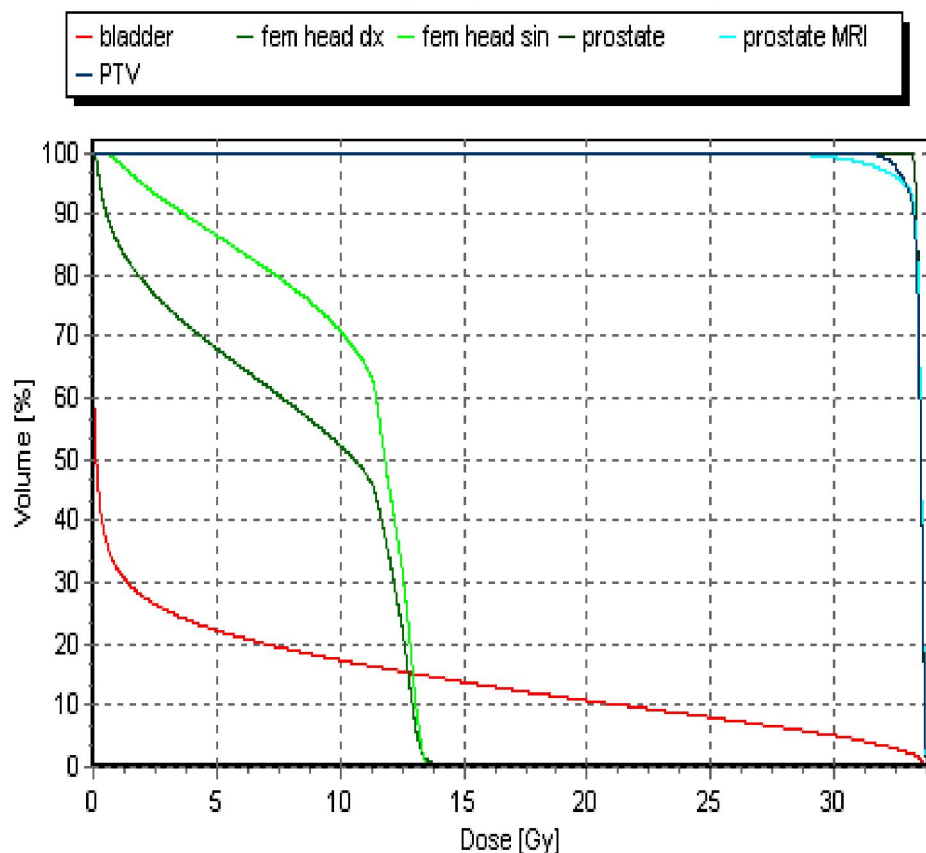
■ NTCP_{blad} = 7,5 %

■ NTCP_{rect} = 6,9 % ()

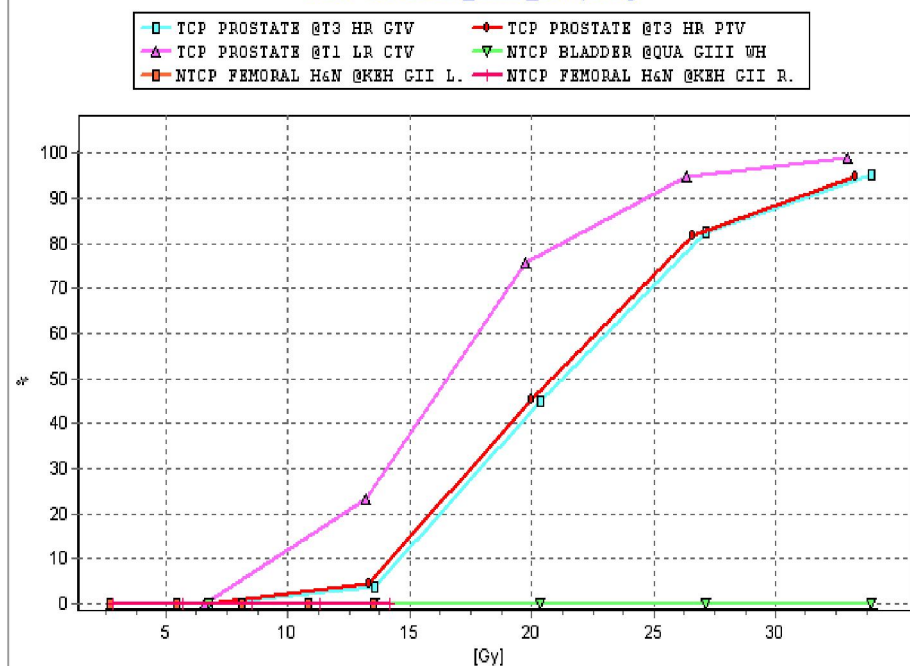
Simulácia hypofrakcionácie (test)

Ca prostaty: 5F/6,59 Gy

Summary DVH: PC_Prost_5F/6,59Gy (Cumulative)



TCP / NTCP PC_Prost_5F/6,59Gy

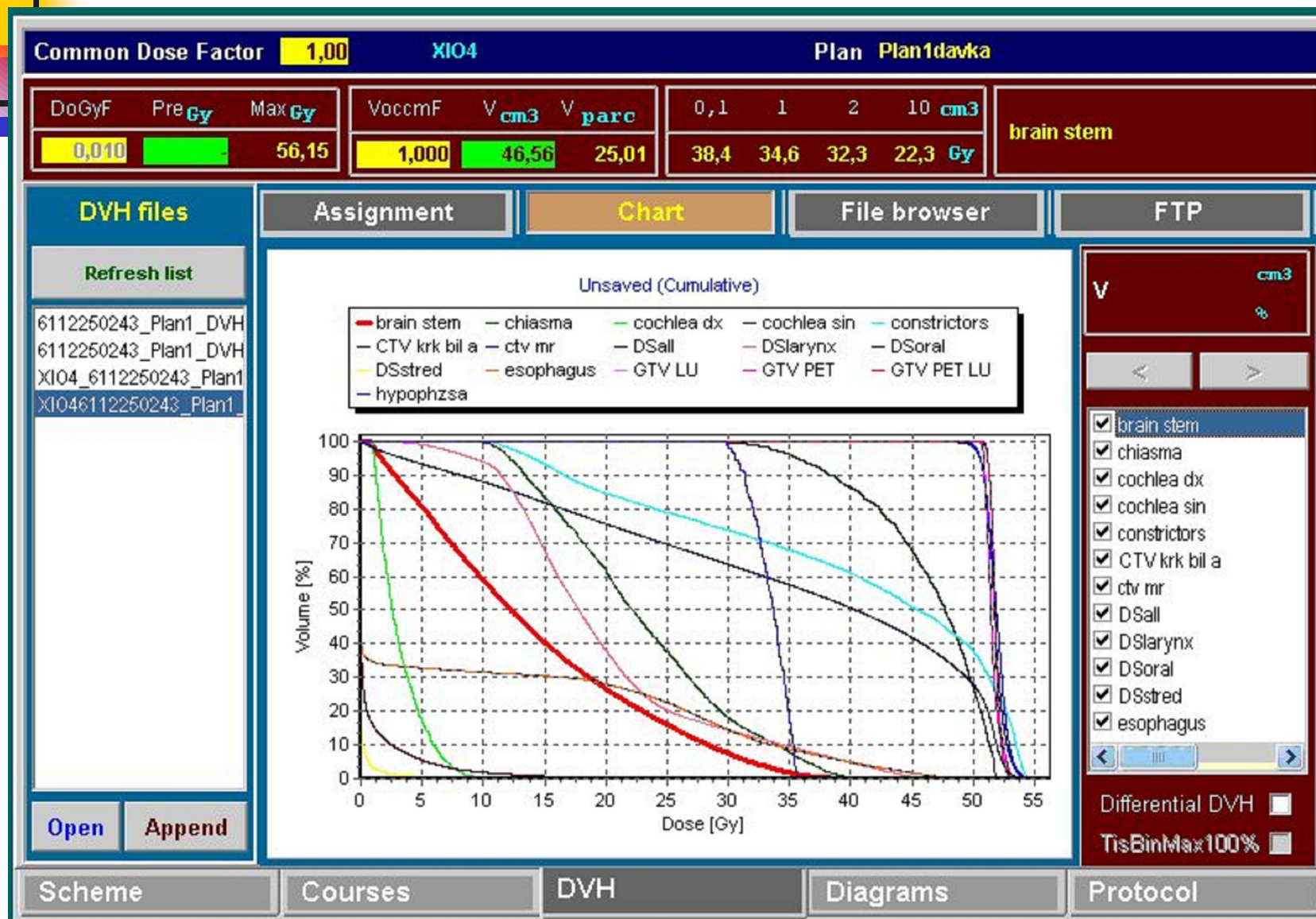


d/F + 10 % (proton th.)

■ **NTCP_{blad} = 0,7%**

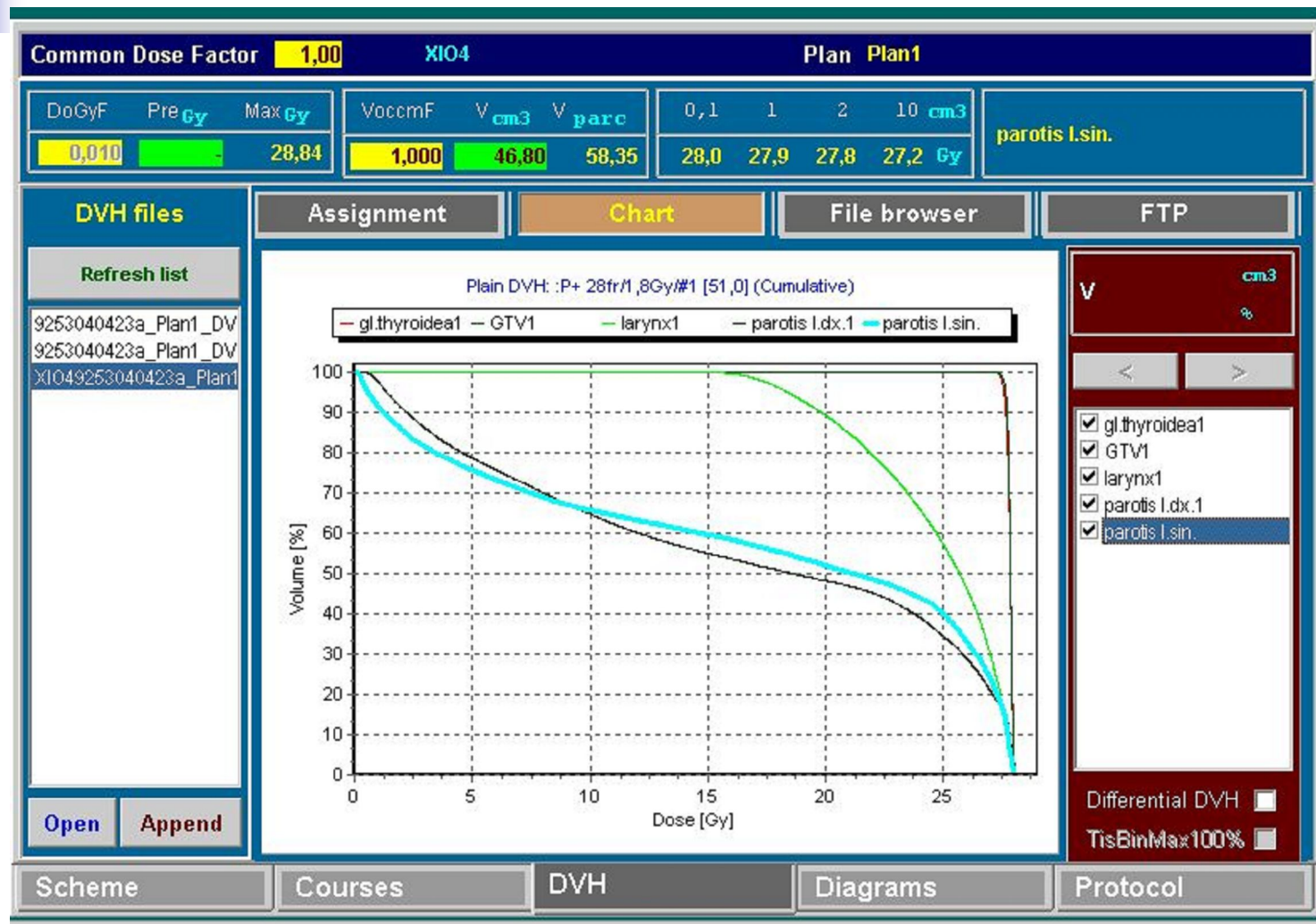
■ **NTCP_{rect} = 2,3%**

Ca H&N DVH z PTC Praha:



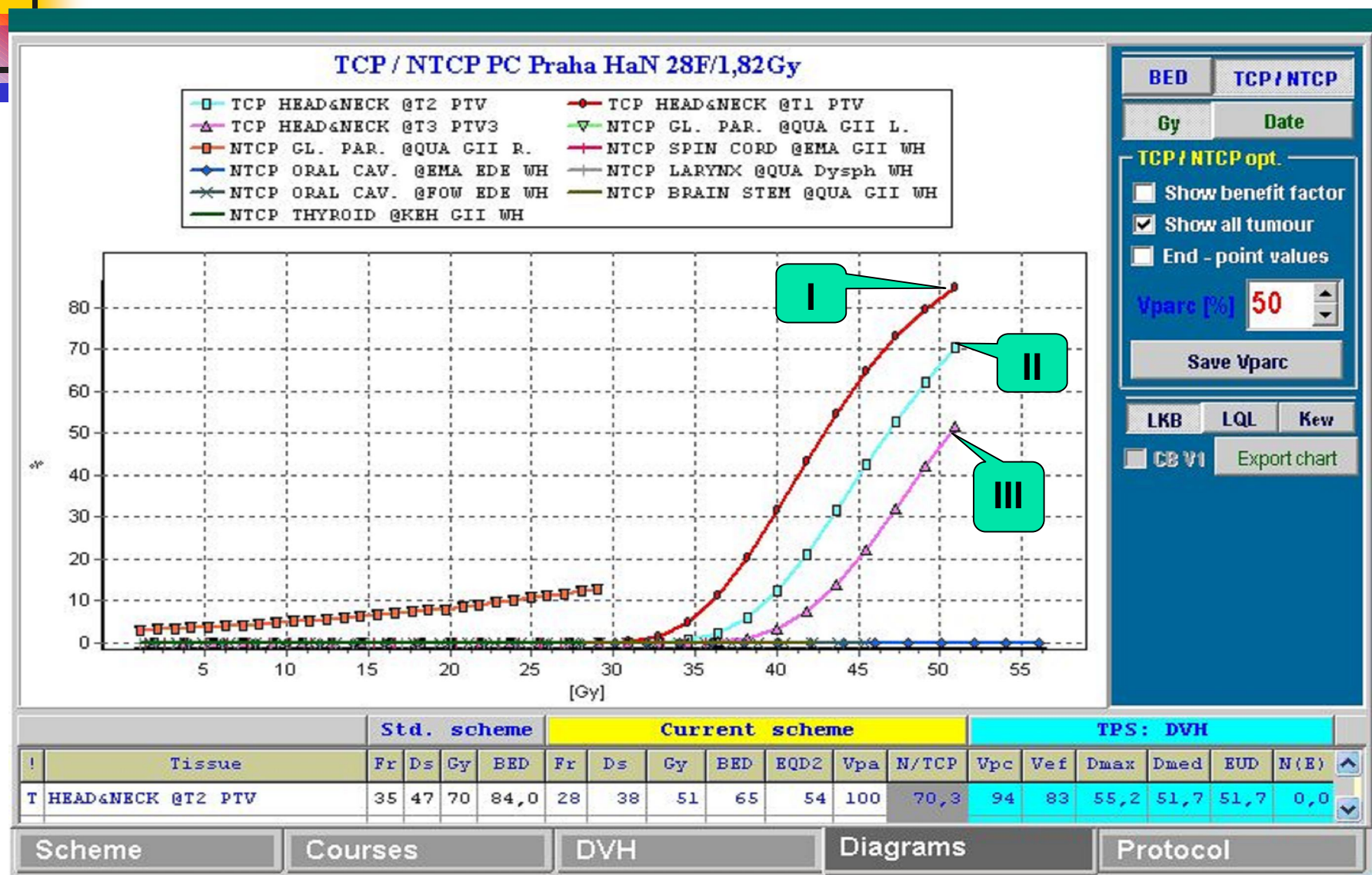
DVH (asociované v BioGray)

(H&N, 28F/1,82 Gy, PTC)



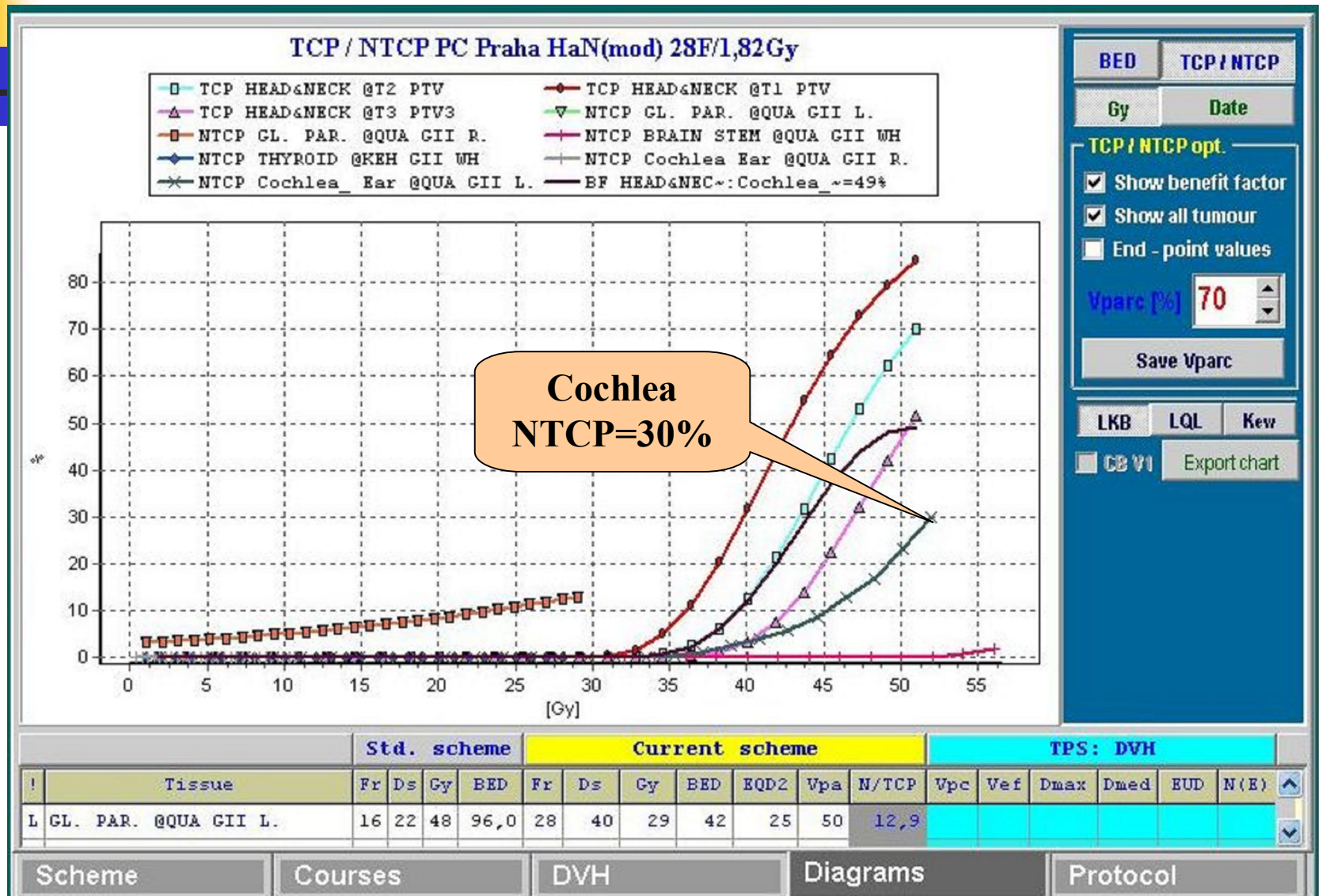
BioGray:

(H&N: 28F/1,82 Gy, (PTC Praha))



BioGray:

(H&N: 28F/1,82 Gy, PTC)





Závery

- Simultánne rádiobiologické modelovanie účinkov protónovej terapie z PTC Praha
 - potvrdilo regulárnosť zvolených protokolov
- Modelovanie BED, TCP/NTCP by sa malo stať integrálnou súčasťou
 - programu QA (*téma našej konferencie*)
 - optimalizácie protokolov v rádioterapii



Záver 2

- **BioGray bol vyvinutý na komparáciu a posudzovanie protokolov v modalitách:**
 - 3D-CRT, SIB IMRT (Barcelona,N.Hradec Králové....)
 - 3D-BRT + EBRT (Brussels, Bratislava, Brno, N.Jičín)
 - SRS a FSRT (Bratislava 2012)
- **V štádiu ukončenia vývoj**
 - **pre protónovú terapiu**
- **Príprava workshopu a inštalácia v PTC Praha**
(December 2014)



Overall message

**„In spite of advanced technology
„golden tool" of good radiotherapy
still remains - radiobiology!**

**Prof. J. Overgaard
ESMO/ECCO/ESTRO Congress
Stockholm 2011**



Ďakujem za pozornosť