

# Nagyenergiás részecskék a rákgyógyítás szolgálatában

dr. Barnaföldi Gergely Gábor

MTA Wigner FK, CERN ALICE

Fazekas Mihály Gimnázium, 2019. február 13.



UNIVERSITY OF BERGEN



# Motiváció

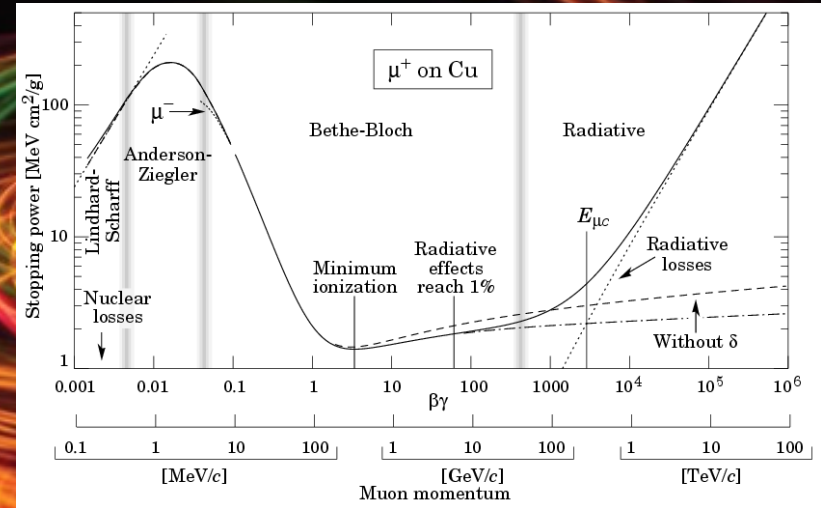
A mai előadás erről az egyenletről fog szólni..

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 NZ}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$

# Motiváció

Ez a Bethe-Bloch egyenlet, ami így néz ki...

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 Z^2 N Z}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$



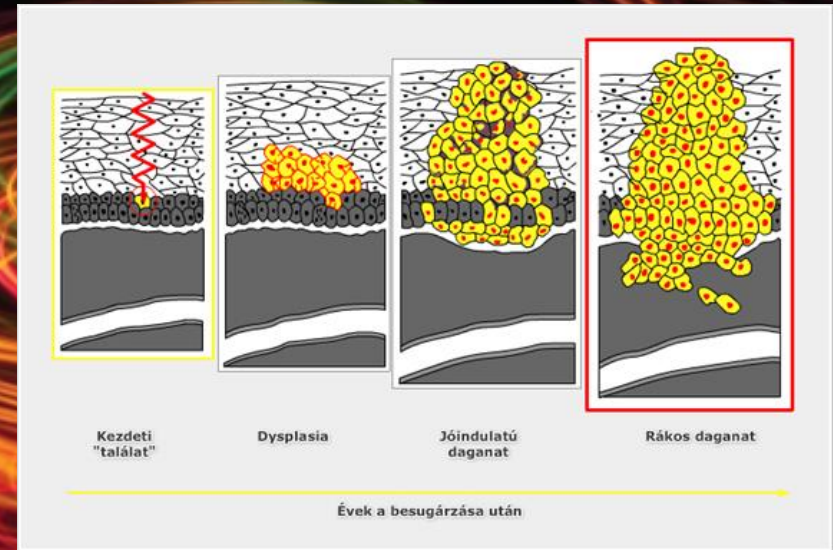
... és lehet vele rákot kezelni

# Rákbetegségek és kezelésük

A rák egy komplex, többfaktoros rendellenesség, amely a sejtosztódás szabályozottságának elvesztését okozza

A rákos sejtek...

- gyakrabban osztódnak 10-100x
- nincs hibajavítás az osztódás során
- nem mutatnak kontakt gátlást
- más szövetekbe is behatolnak (metasztázis)
- egyetlen sejtől indul ki

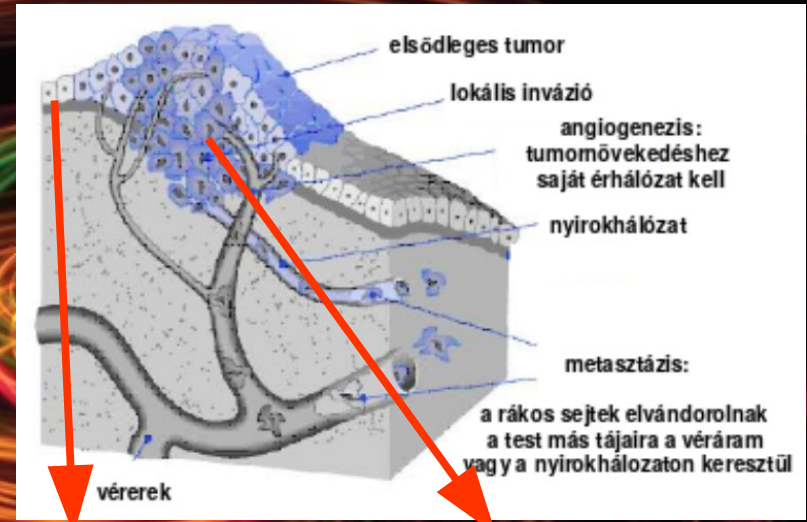


# Rákbetegségek és kezelésük

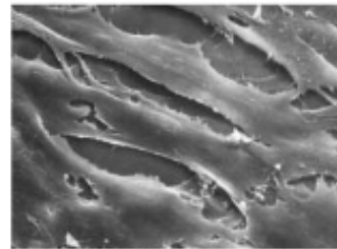
**Több mutációs lépcső után rákos daganat (tumor) alakul ki**

**A rák kialakulása**

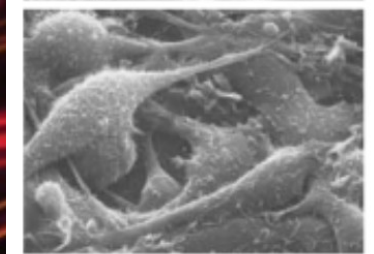
- A rákos sejtek megnövekedett igényeihez alakítják a környezetüket (jobb érhálózat)
- Jóindulatú daganat: éles határú, jól elkülöníthető, kivághatóak
- Rosszindulatú daganat, ha az örökítőanyag bekerül az érhálózatba és eljuthat máshová
  - áttétek kialakulása
- Elveszi az életteret az egészséges sejtektől



Egészséges sejtek



Rákos sejtek



# Rákbetegségek és kezelésük

## Mi okozza a rákot?

### A rizikófaktorok

- Genetikai hajlam (gyengébb immunrendszer)
- Kémiai anyagok (dohány, azbeszt, benzol)
- Sugárzás (radioaktív, UV, elektromos)
- Mozgáshiány (stressz)
- Étrend és elhízás (alkohol, zsír, vörös hús)
- Fertőzések (HPV, Hepatítisz BC, Herpesz, HIV)
- Életkor előrehaladtával nő a kockázat

Megelőzés → a fenti kockázatok csökkentése...

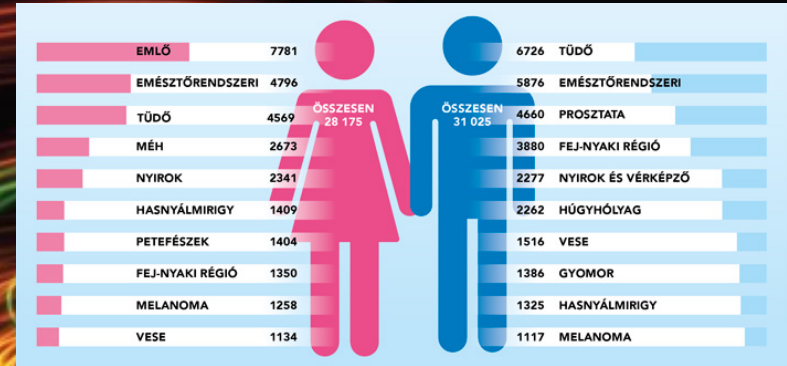
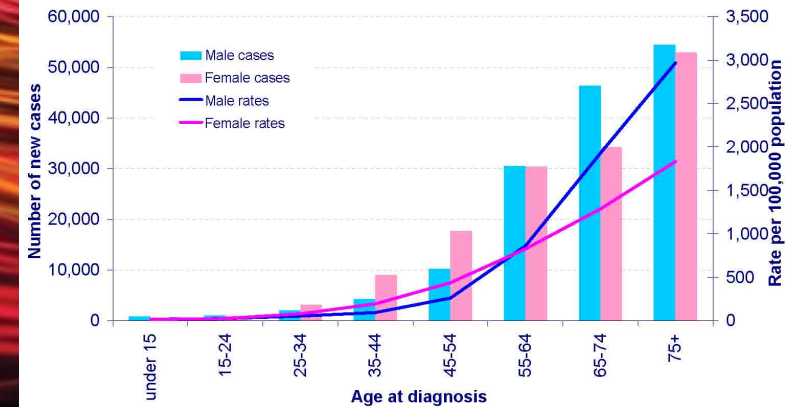


Figure 2.1: Number of new cases and rates, by age and sex, all malignant neoplasms (exc NMSC), UK, 2007



# Rákbetegségek és kezelésük

Mi a hatása a társadalomra?

Általánosan

- Az EU korfa 30-60 év között a legszélesebb ez a legjobban keresőképes réteg (szüleitek)

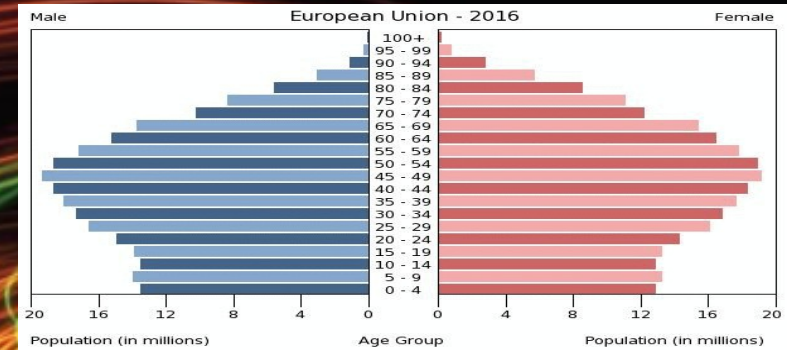
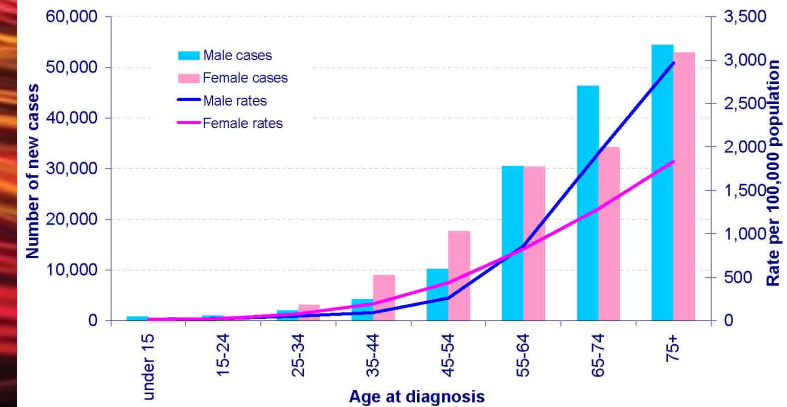


Figure 2.1: Number of new cases and rates, by age and sex, all malignant neoplasms (exc NMSC), UK, 2007

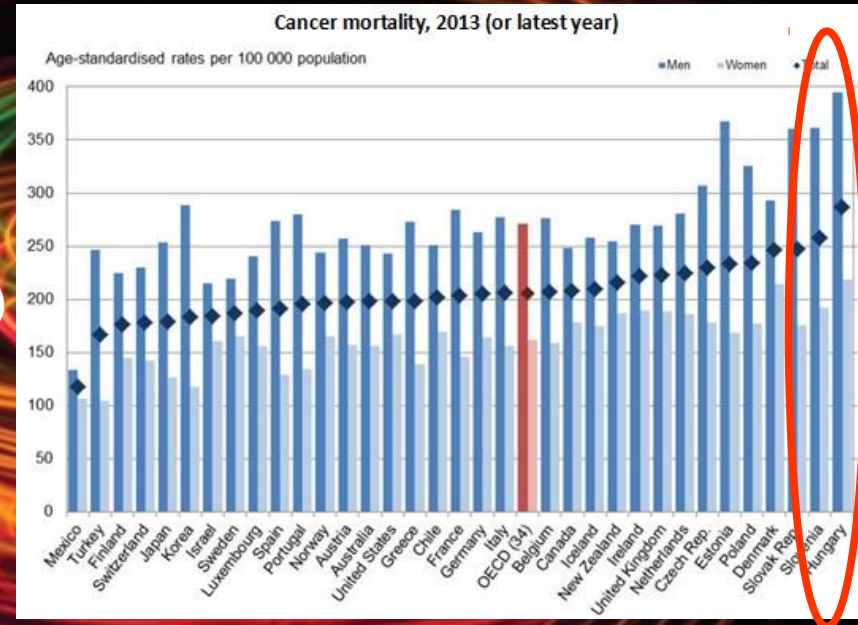


# Rákbetegségek és kezelésük

## Mi a hatása a társadalomra?

### Általánosan

- Az EU korfa 30-60 év között a legszélesebb ez a legjobban keresőképes réteg (szüleitek)
- A hazai helyzet különösen siralmas a világtalag tekintetében
- A rákos megbetegedések és halálozások száma növekszik





# Rákbetegségek és kezelésük

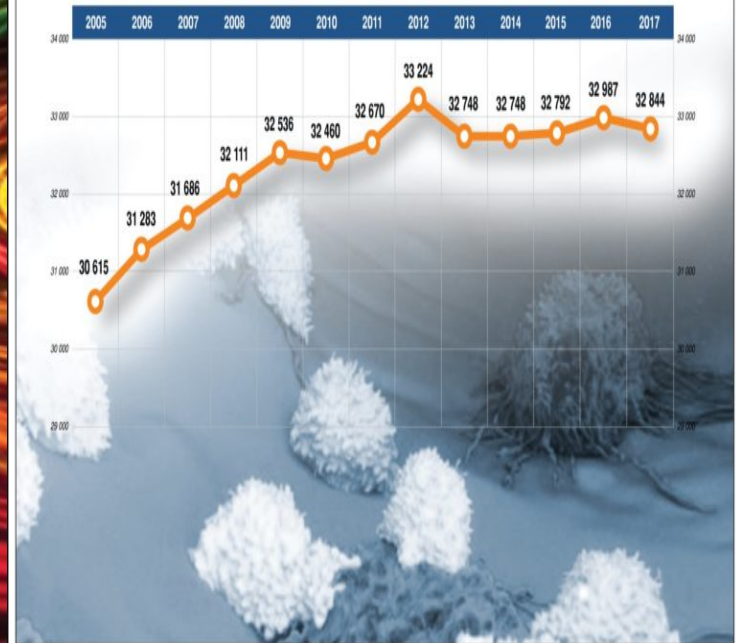
## Mi a hatása a társadalomra?

### Általánosan

- Az EU korfa 30-60 év között a legszélesebb ez a legjobban keresőképes réteg (szüleitek)
- A hazai helyzet különösen siralmas a világtalag tekintetében
- A rákos megbetegedések és halálozások száma növekszik

### Daganatos megbetegedések okozta halálozások Magyarországon (2005–2017)

Roszzindulató daganatos megbetegedések által okozott halálozások száma összesen:



# Rákbetegségek és kezelésük

## A legfontosabb

- a kockázatok csökkentése
- a felismerés rákszűrésen, korai szakaszban

## A rákos megbetegedések kezelése:

- Eltávolítjuk a dagantot (ha jól hozzáférhető, nincs áttét)
- Elpusztítjuk a tumort és a környékét, kémia/fizikai behatással,
- bízva abban, hogy az egészséges részek nem károsodnak

# Rákbetegségek és kezelésük

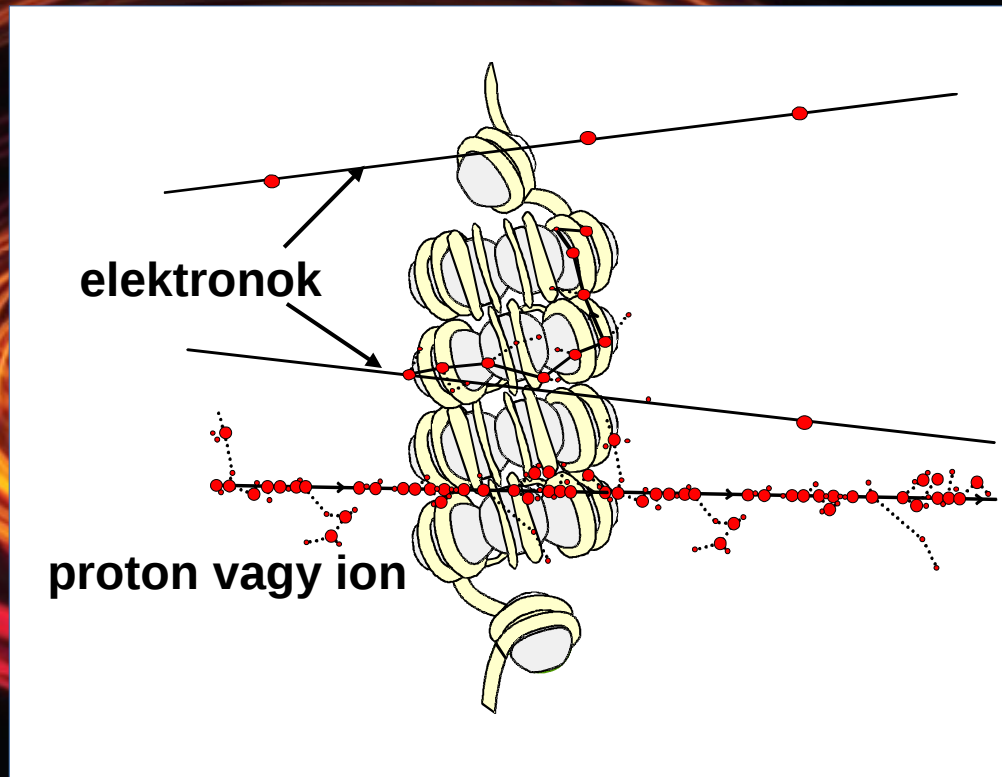
A sugárterápia az egyik legfontosabb fegyver a rákos megbetegedések ellen.

A rákos megbetegedések kezelései

45-50% műtéti eljárás

40-50% sugárterápia

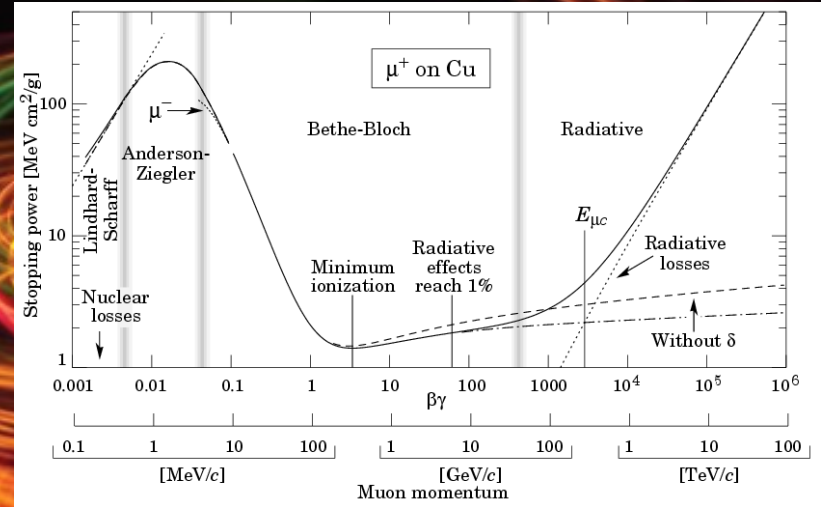
10-15% kemoterápia



# Egy kis fizika...

Tehát a Bethe-Bloch egyenlet,

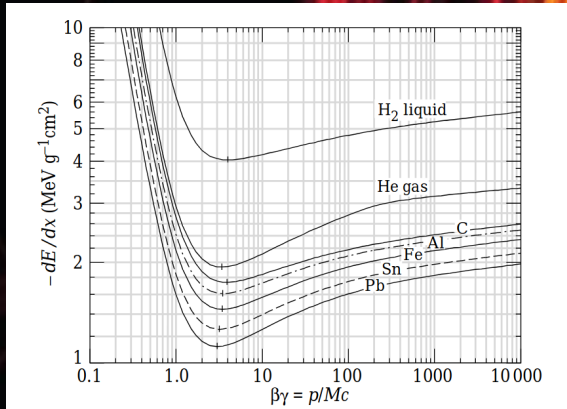
$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 N Z}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$



# Egy kis fizika...

Tehát a Bethe-Bloch egyenlet,

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 N Z}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$

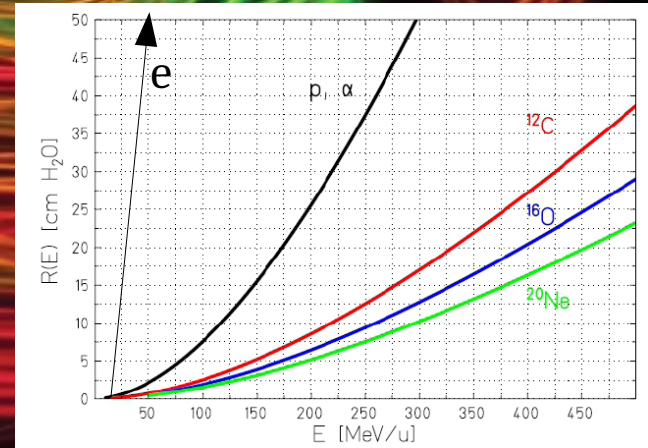
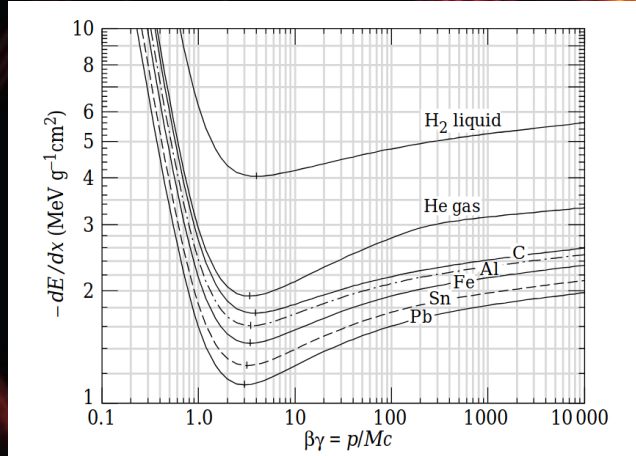


# Egy kis fizika...

Tehát a Bethe-Bloch egyenlet,

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 NZ}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$

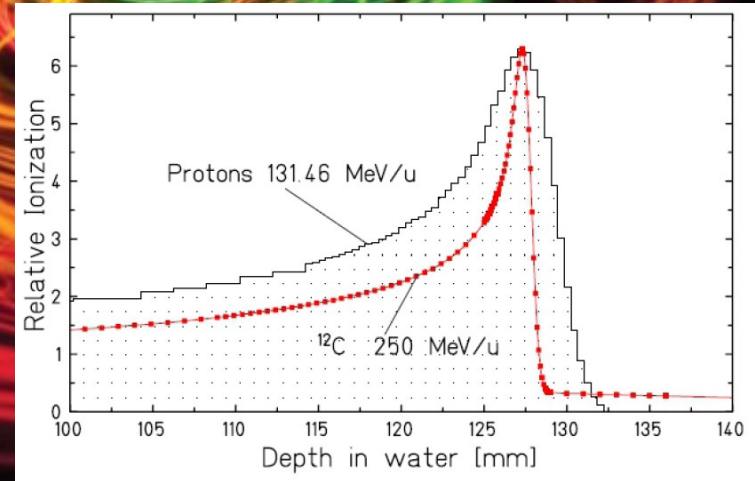
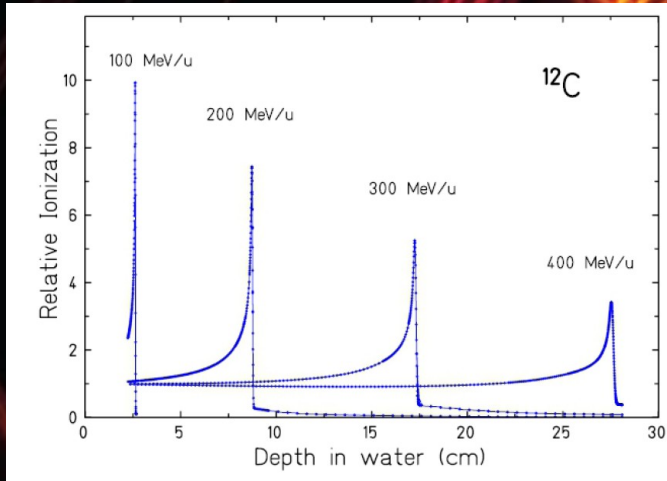
$$R(E) = \int_0^E \left(\frac{dE'}{dx}\right)^{-1} dE'$$



# Egy kis fizika...

Tehát a Bethe-Bloch egyenlet,

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 NZ}{(4\pi\epsilon_0)^2 M_e v^2} \left[ \ln\left(\frac{2M_e v^2}{I}\right) - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$

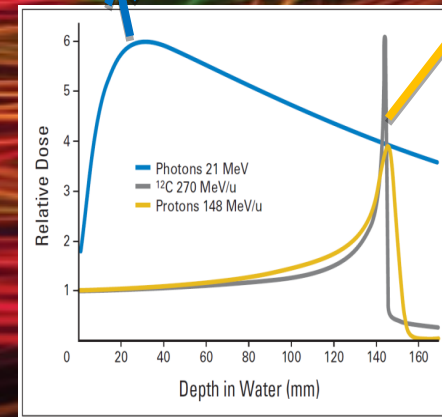
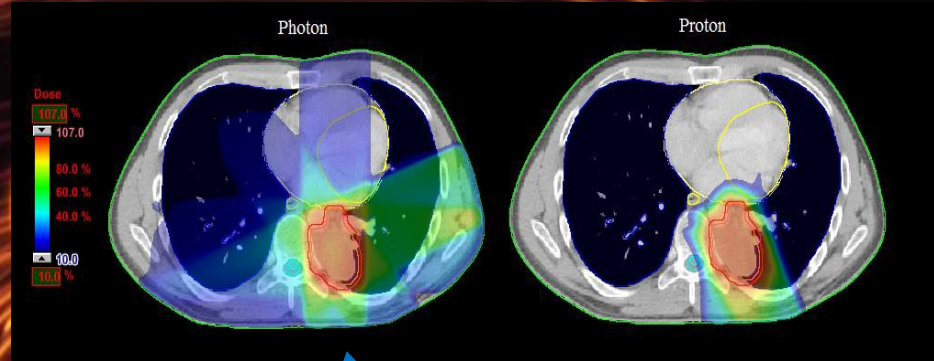


# Részecskékkel a rák ellen ...

A sugárterápia célja, hogy maximalizáljuk a dózist a tumorban, miközben minimálisan terheljük az egészséges szöveteket:

Foton (röntgen): 

Hadronok (proton, ion): 



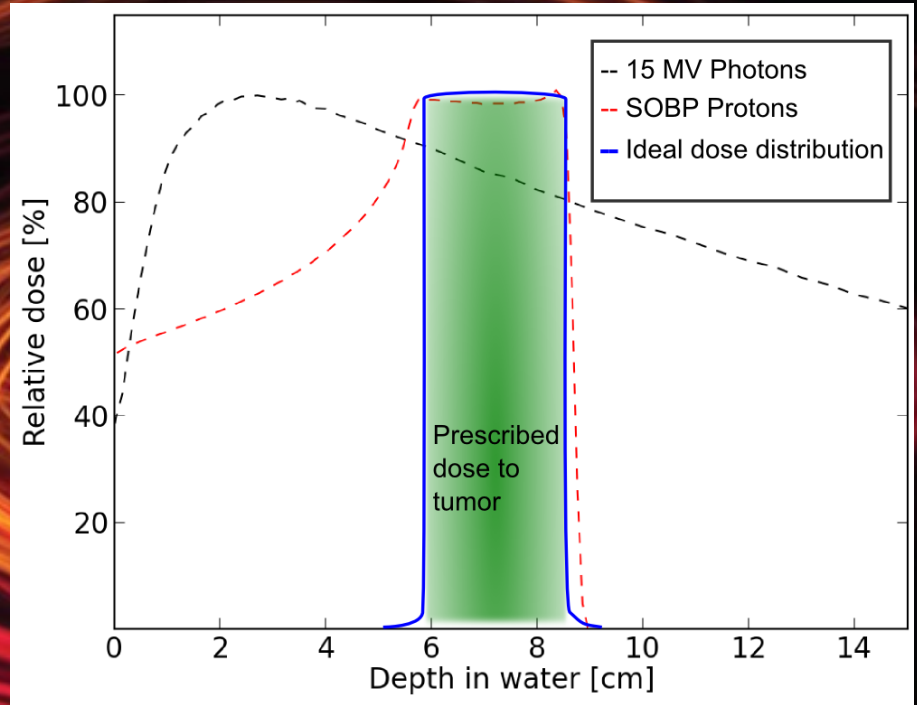
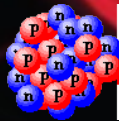


# Részecskékkel a rák ellen ...

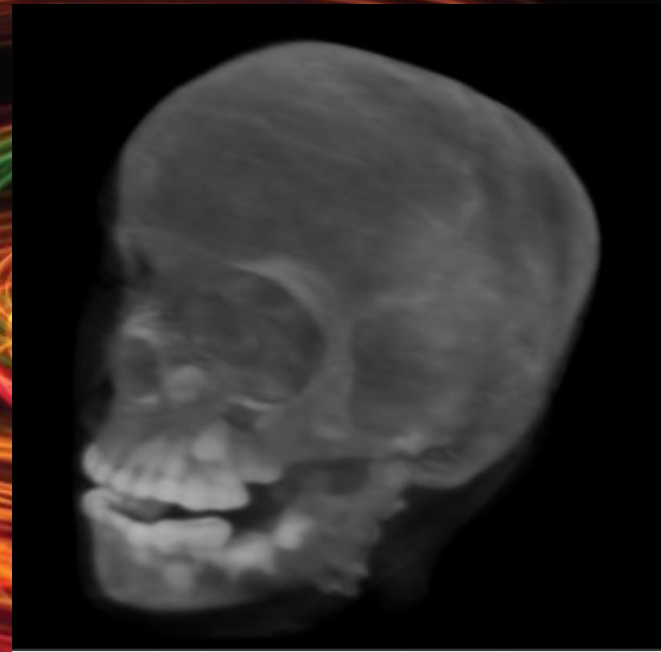
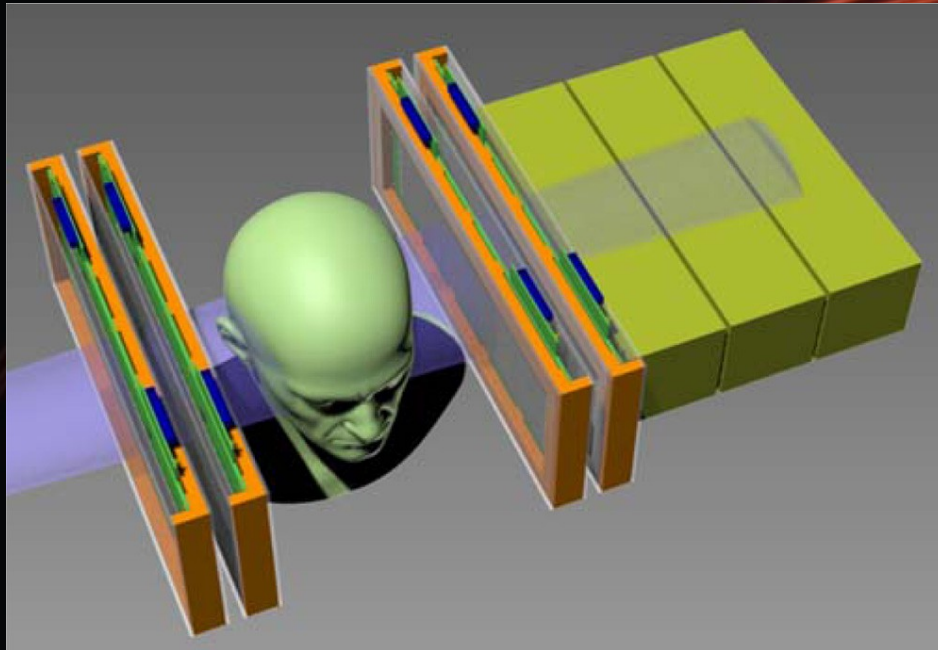
A sugárterápia célja, hogy maximalizáljuk a dózist a tumorban, miközben minimálisan terheljük az egészséges szöveteket:

Foton (röntgen): 

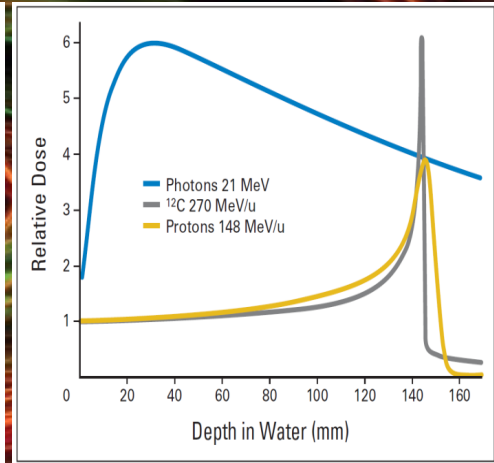
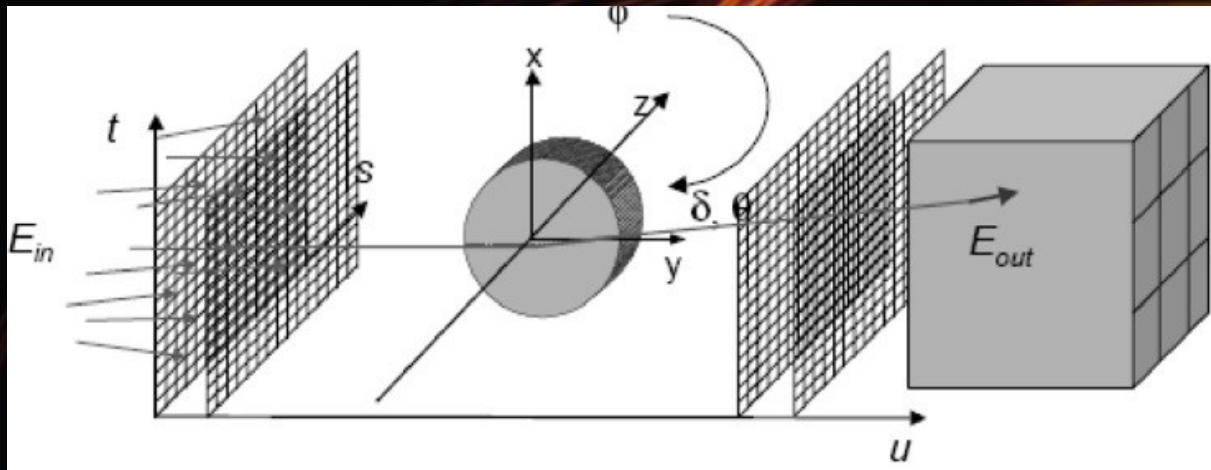
Hadronok (proton, ion):



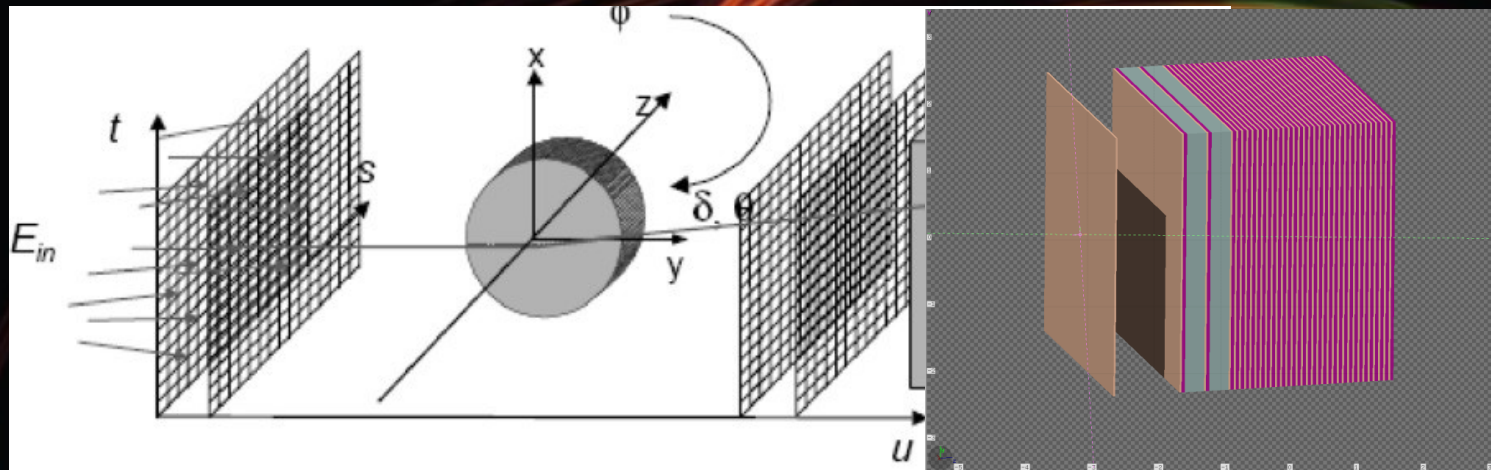
# pCT projekt



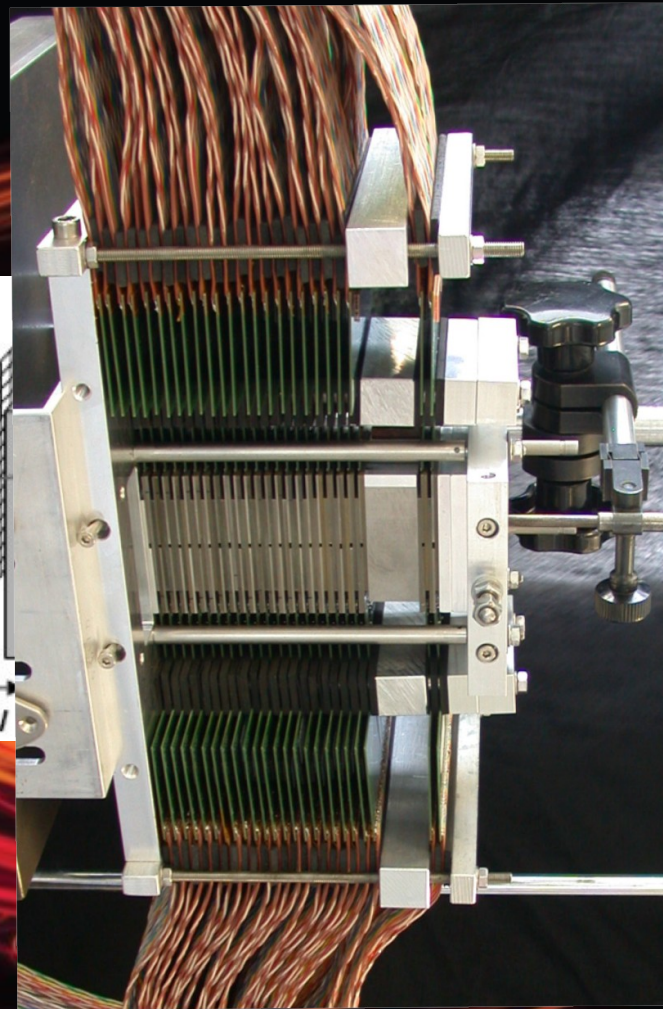
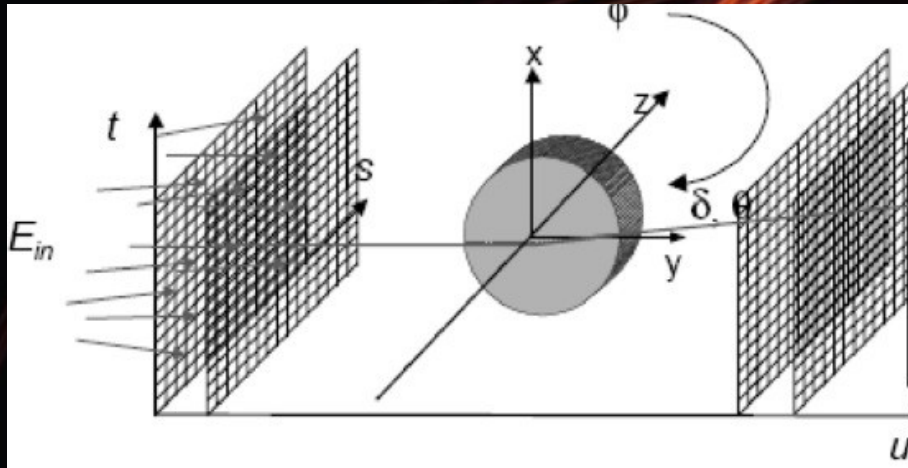
# pCT projekt



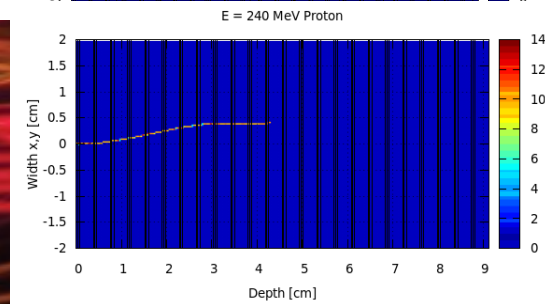
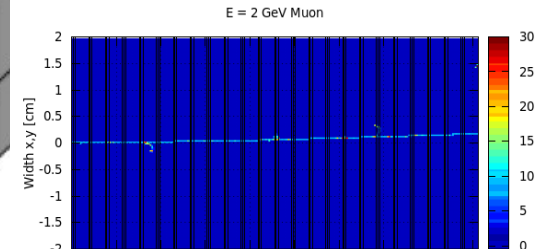
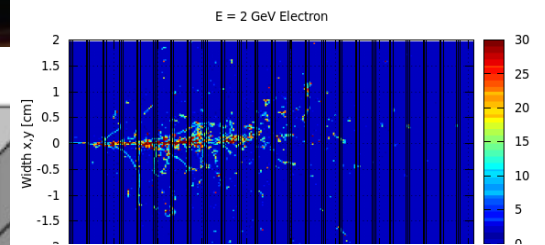
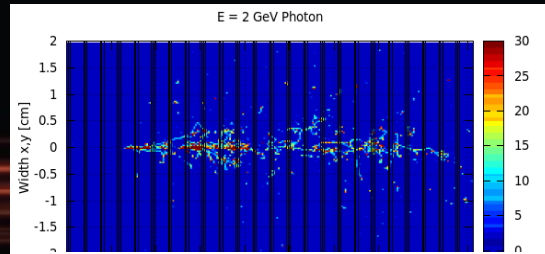
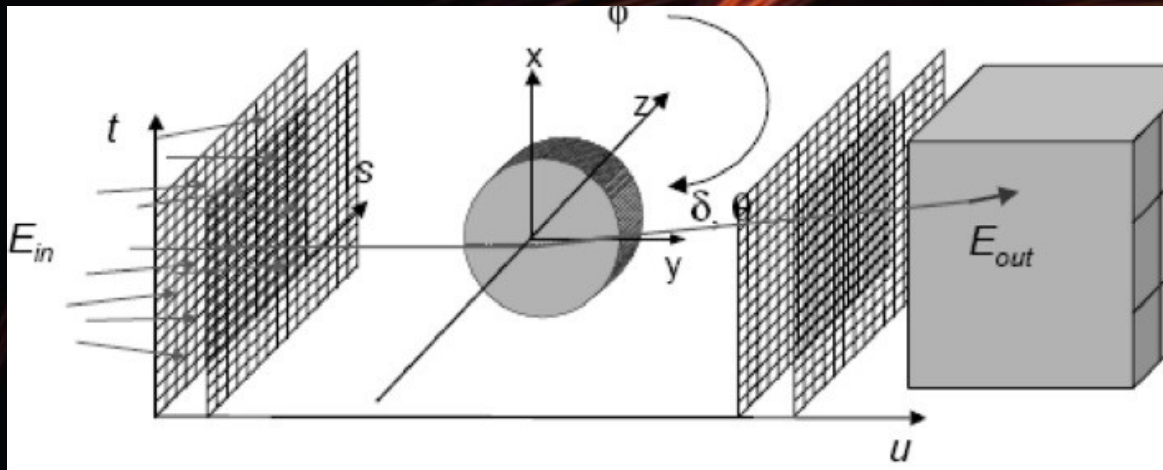
# pCT projekt



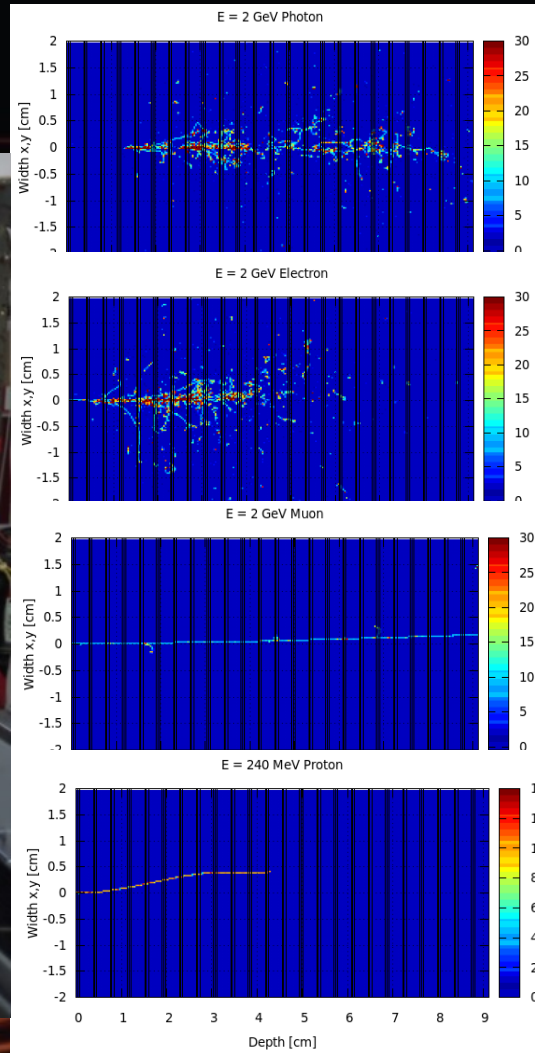
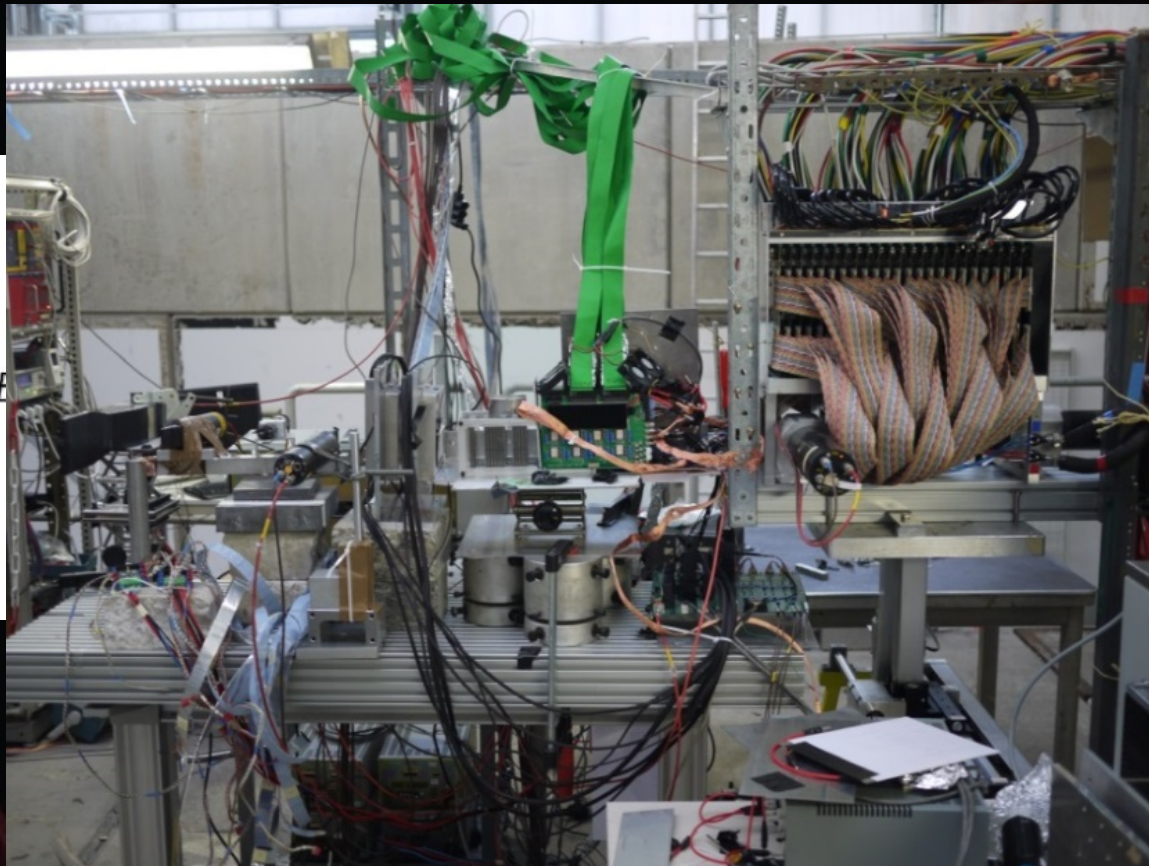
# pCT projekt



# pCT projekt



# pCT projekt



# Részecskegyorsítók a gyógyászatban

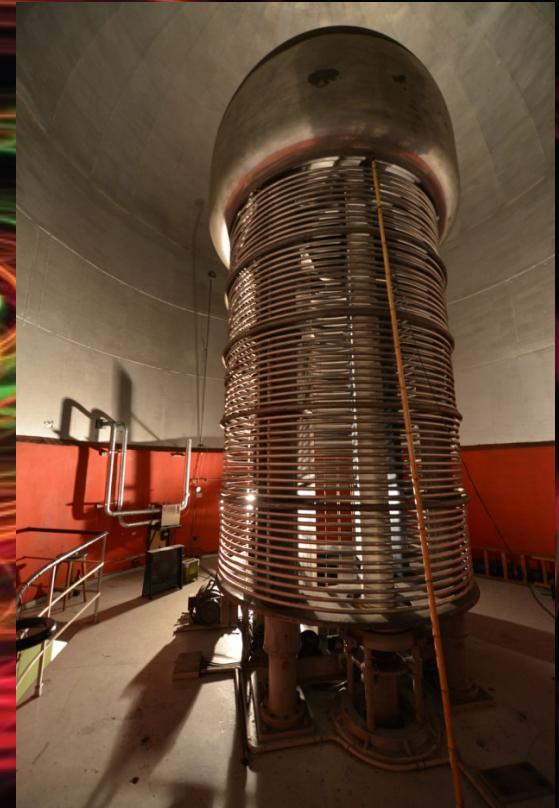
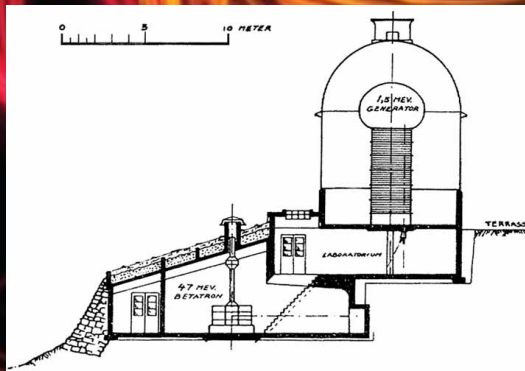
## Történelem

1939 Van de Graaf,  
Bergen (NO)

1975-1986 LBL,  
Berkeley (USA)

1994- NIRS Gunma  
(Japán)

1997- GSI, HIT,  
(Németország)





# Részecskegyorsítók a gyógyászatban

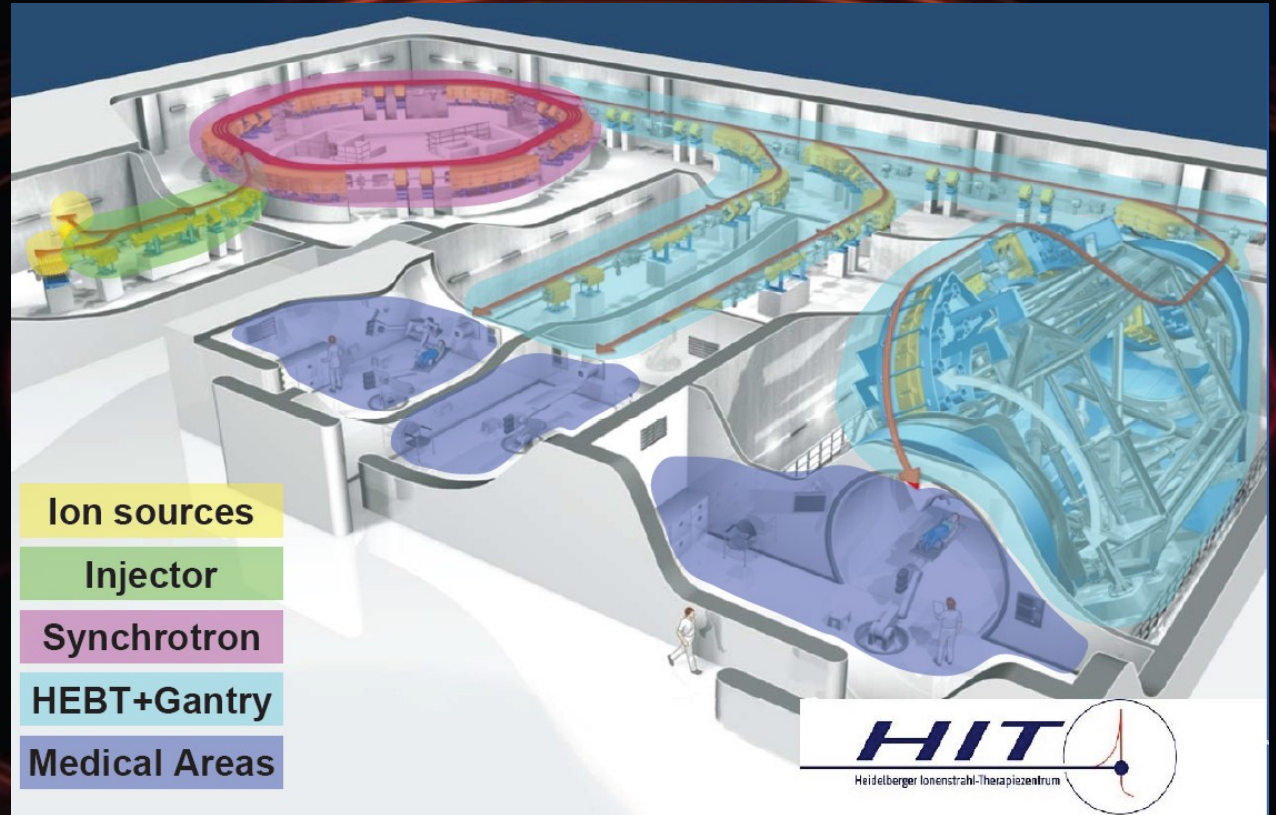
## Történelem

1939 Van de Graaf,  
Bergen (NO)

1975-1986 LBL,  
Berkeley (USA)

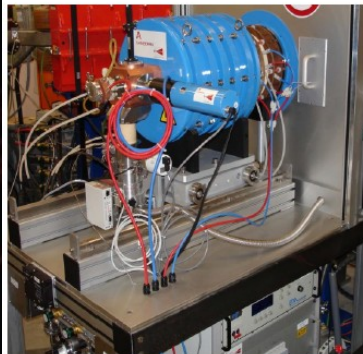
1994- NIRS Gunma  
(Japán)

1997- GSI, HIT,  
(Németország)

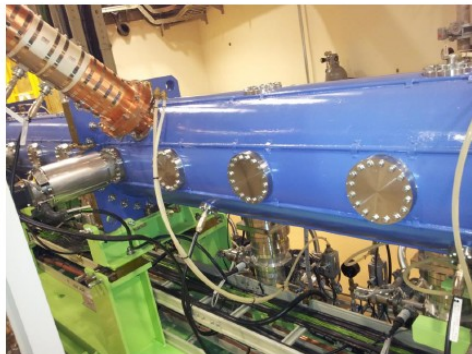


# Részecskegyorsítók a gyógyászatban

Ion source



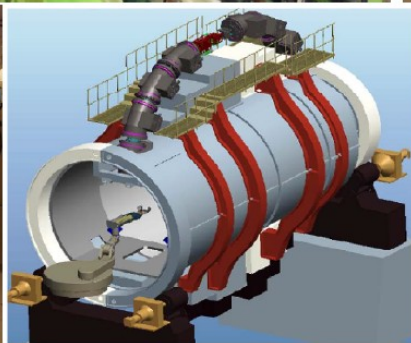
LINAC



Synchrotron



Treatment room



Superconducting gantry



Extraction and beam transport

# Részecskegyorsítók a gyógyászatban

## Particle therapy centres in Europe - 2015

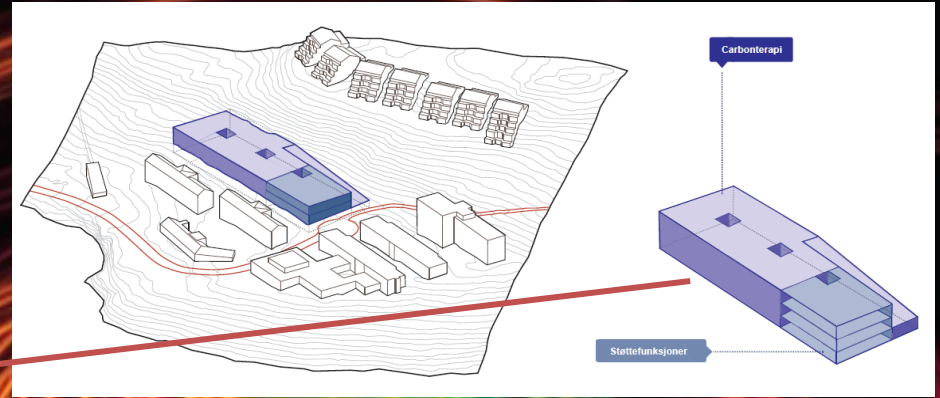


Source: PTCOG, October 2015

# Hadronterápiás központ Bergenben (NO)



University Hospital



- Bergen UiB: Prof. Dieter Röhrich



- Budapest Wigner RCP:

GG Barnaföldi, PhD

Mónika Varga-Kőfaragó, PhD\*

Prof. Gábor Papp (ELTE)

Ákos Sudár (BSc\*, ELTE)

