

Teleterápia

Dr. Fröhlich Georgina

Országos Onkológiai Intézet
Sugárterápiás Központ
Budapest



*Ionizáló sugárzások a gyógyításban
ELTE TTK, Budapest*

Bevezetés

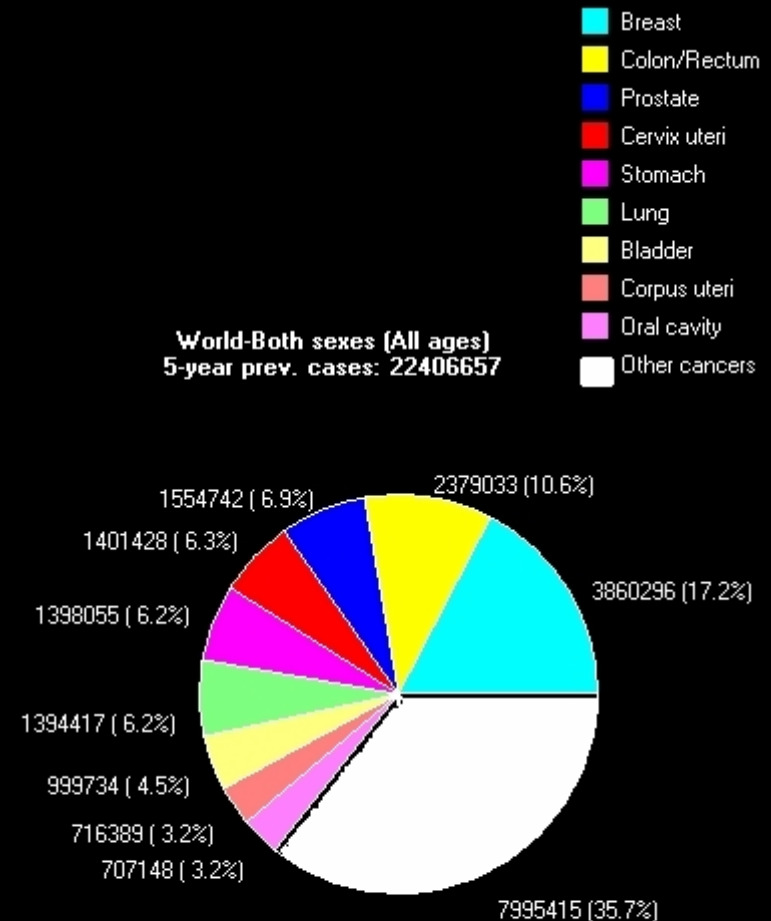
Sugárterápia:

- az egyik fő modalitás a daganatok kezelésében (+kemo, sebészet)
- daganatos betegek 50-60%-a kerül sugárterápiára
- más betegségek esetén viszont elenyésző a szerepe

Bevezetés

Főbb indikációi:

- H&N
- Gyn
- prosztata
- egyéb kismed. (rektum, hólyag)
- adjuváns (hatásjavító) emlő
- agy
- palliáció
(csak a tünetek enyhítése,
pl. csontmetek, gv-nyomás)



Bevezetés

teleterápia: sugárzás forrása a betegen kívül van
(RTG-, γ -foton, nagy-E e^-)

- LinAc/ Co-ágyú
- egésztest-besugárzás
- teljes bőr besugárzás
- tomoterápia
- sztereotaxia
- Gamma-kés
- Cyberknife
- RTG-terápia
- proton-, nehézion-terápia

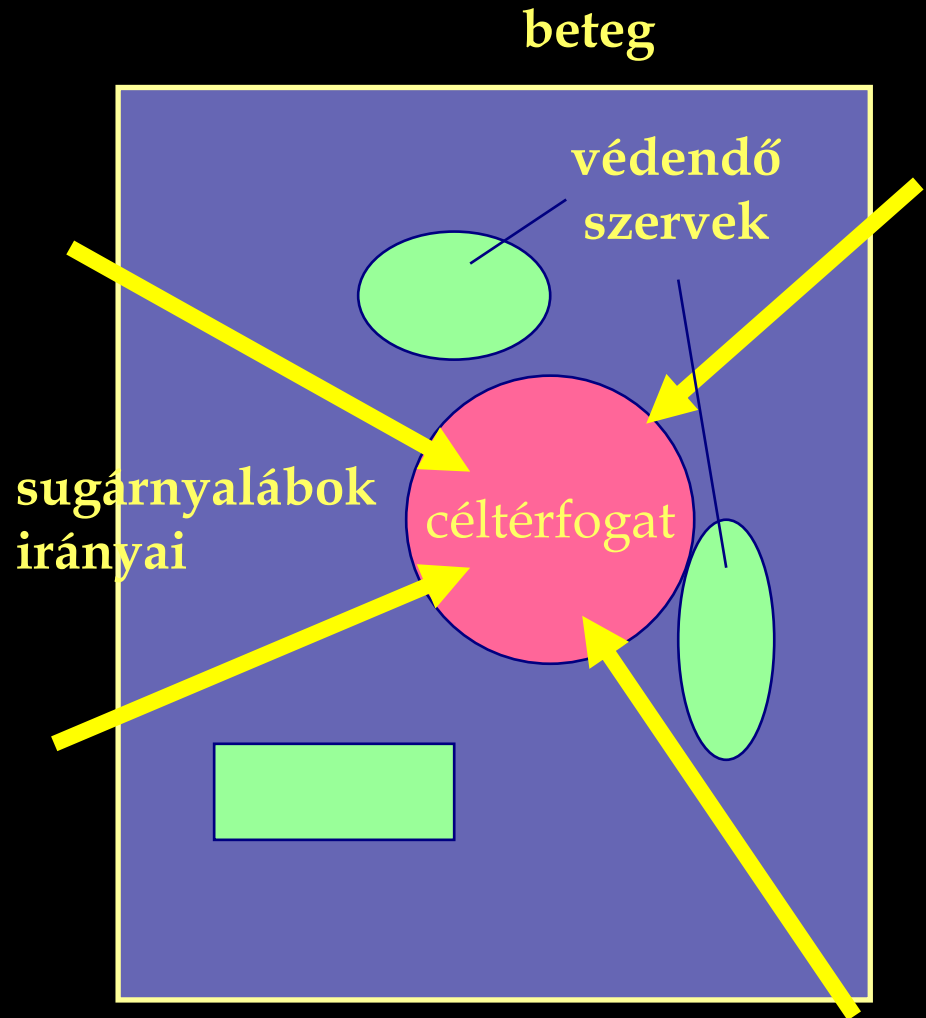
brachyterápia: radioaktív izotóp a beteg testében
(γ -foton)



Cél

Cél:

- az összes tumorsejt elpusztítása
- minél nagyobb D a céltérfogatnak, miközben az egészséges szövetek D-a minimális



Teleterápia

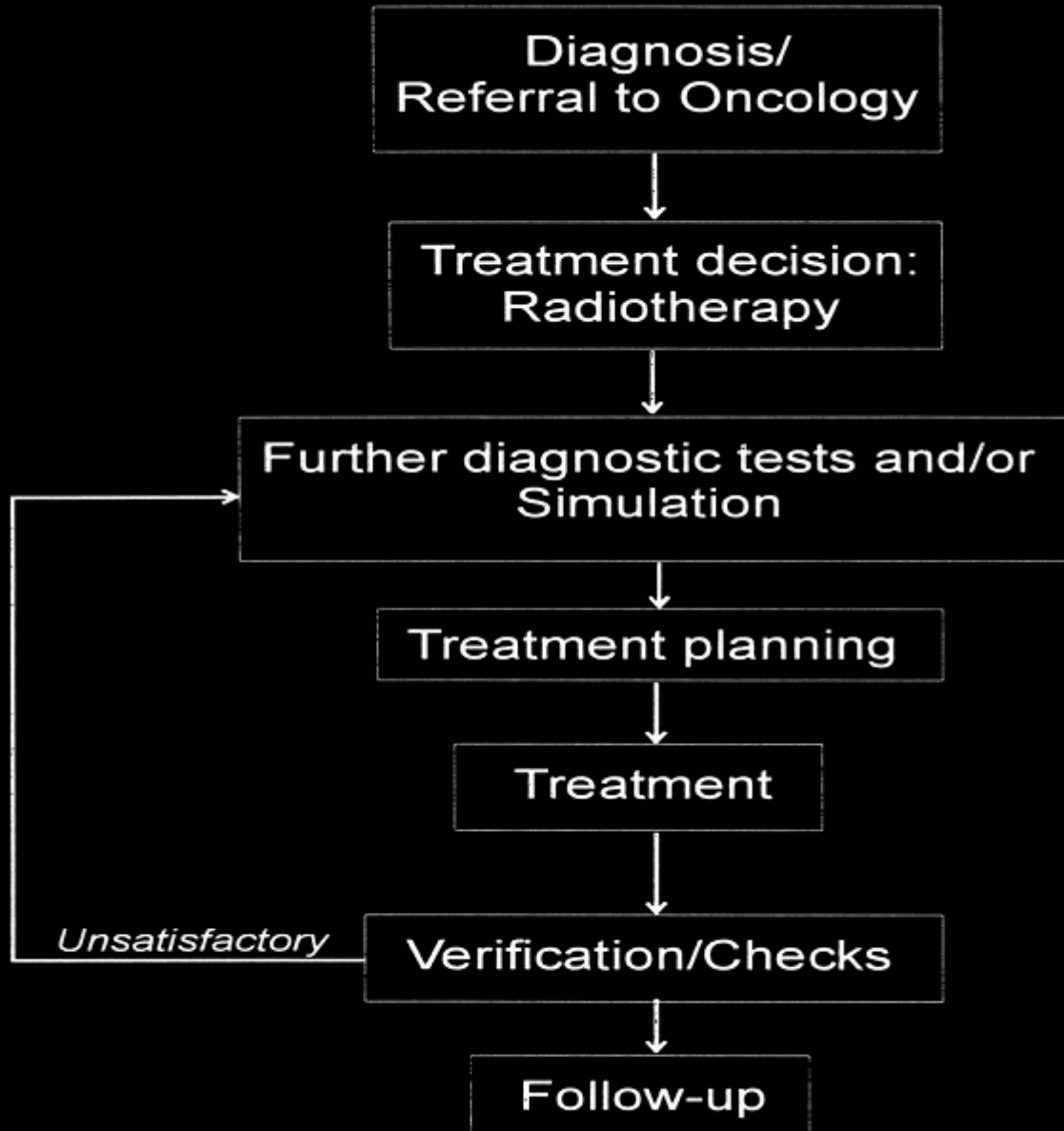
Teleterápia: EBRT (External Beam Radiotherapy)

tipikus frakcionálás:

2 Gy/d, össz-D: 60-70 Gy

- **ortho-voltos fotonok** (50-400 kV): bőr, felszíni elváltozások (RTG-terápia)
- **MV-os fotonok** (Co-60, LinAc): mélyebben fekvő tumorok
- **MeV-os e^-** (LinAc): felszín közeli elváltozások

Teleterápia

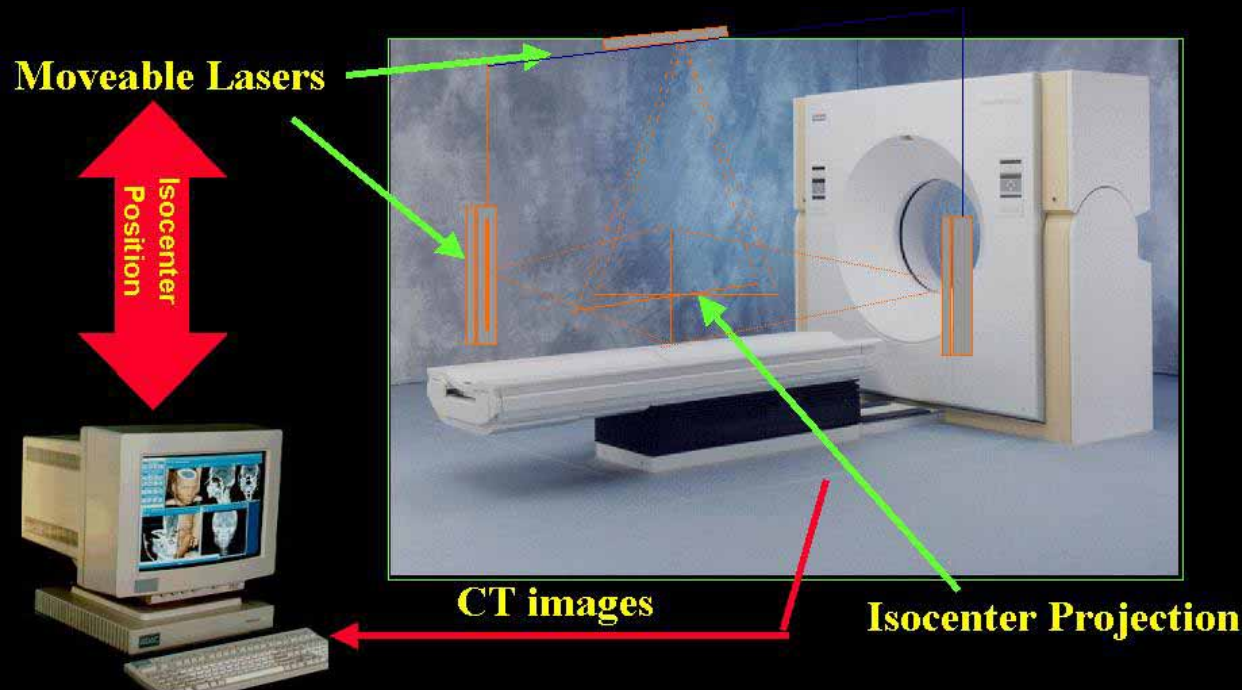


Teleterápia

Virtuális szimuláció:

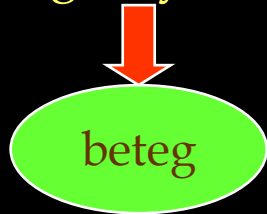
a szimuláció a beteg 3D-s adatai alapján történik → jó minőségű 3D CT adatok szükségesek – a kezelési pozícióban

(CT-szimulátor: top-CT-vel szimulálunk)

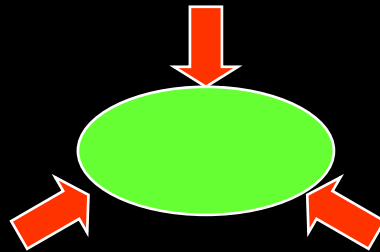


Teleterápia

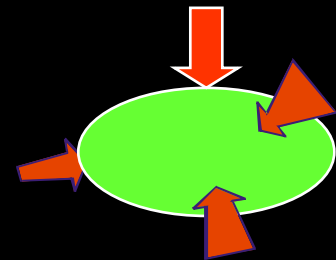
sugárnyaláb



3 koplanáris sugárnyaláb



több non-
koplanáris
sugárnyaláb

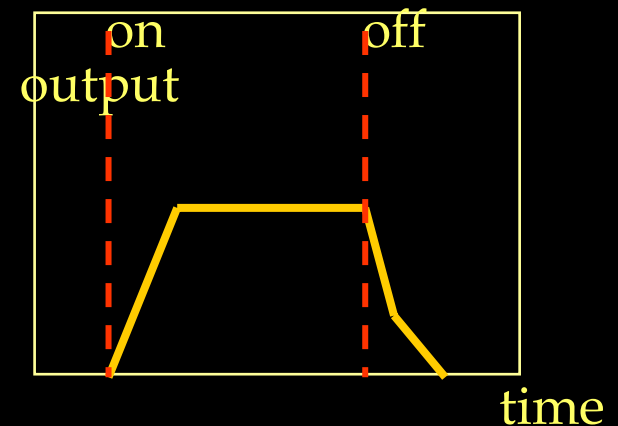


izocentrikus kezelés
(szimulátorban is)!!!

RTG-terápia

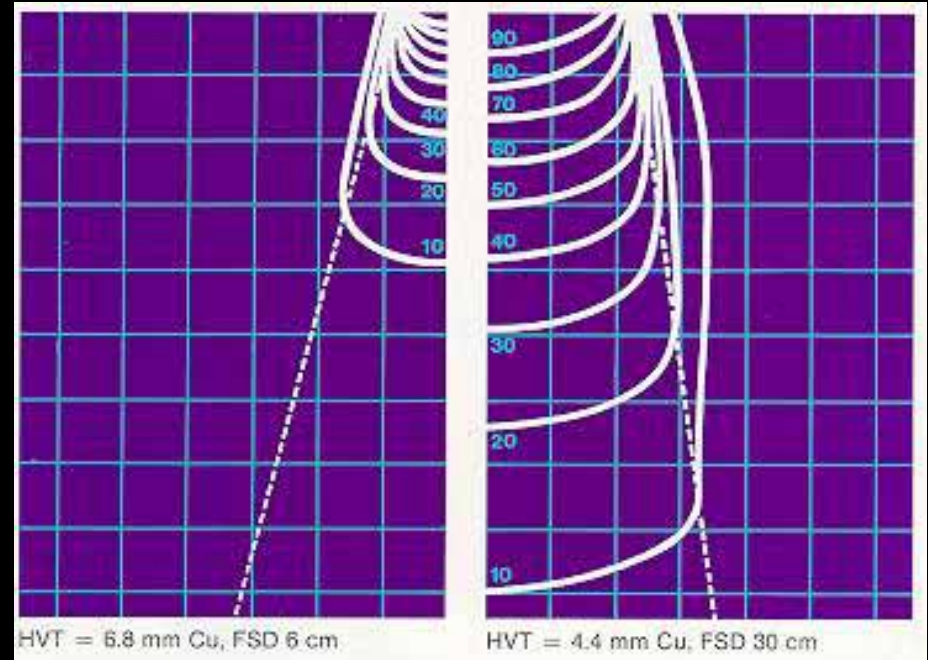


- 50-120 kV ~ diagnosztika
- felszíni elváltozások
- 1 sugárnyaláb
- kis mezőméretek
- aplikátorok a nyaláb kollimálására
- kis fókuszbőr táv.
- D-t egy „timer” határozza meg → on/off effect



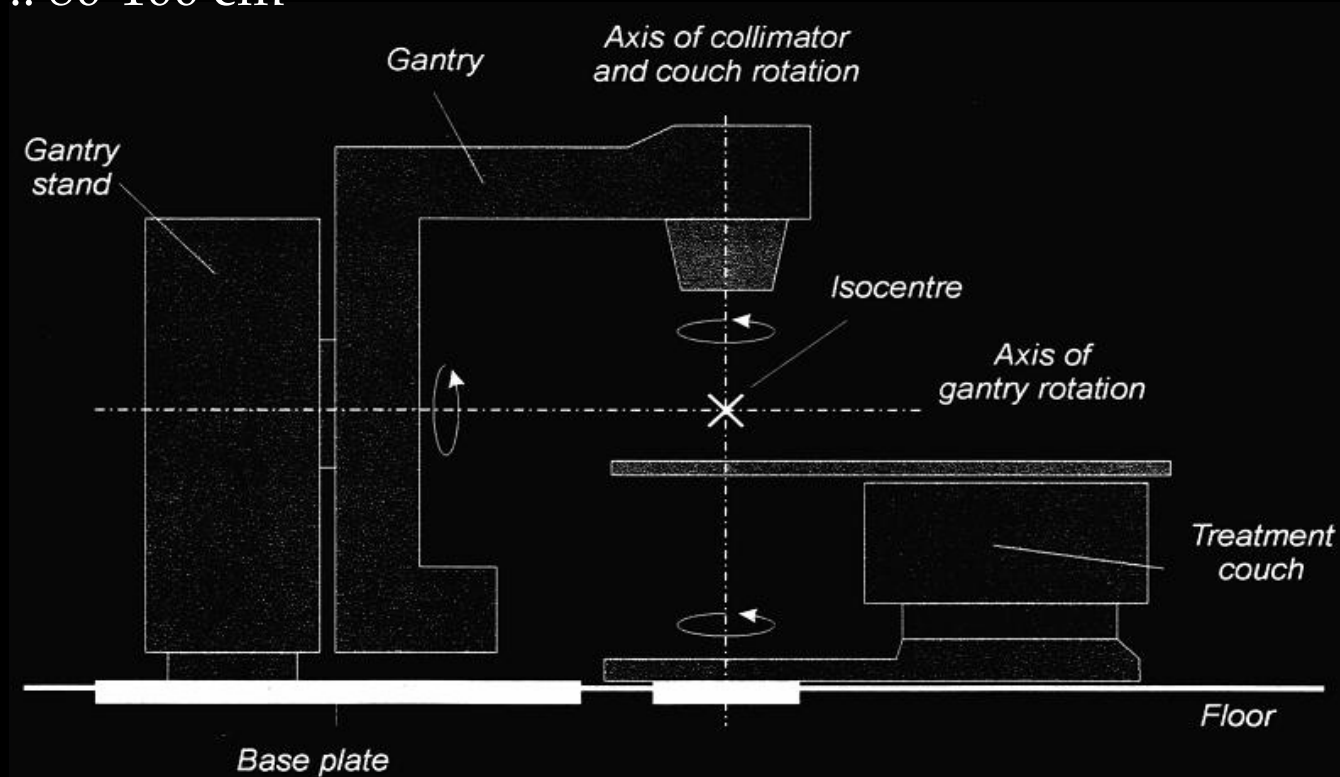
Orthovoltos RTG-terápia

- 150-400 kV ~ diagnosztika
- felszín közeli csont elváltozások palliációja (bordák, gv.)
- nagyrészt kiváltható más modalitásokkal
- mélydózis erősen változik FSD-vel



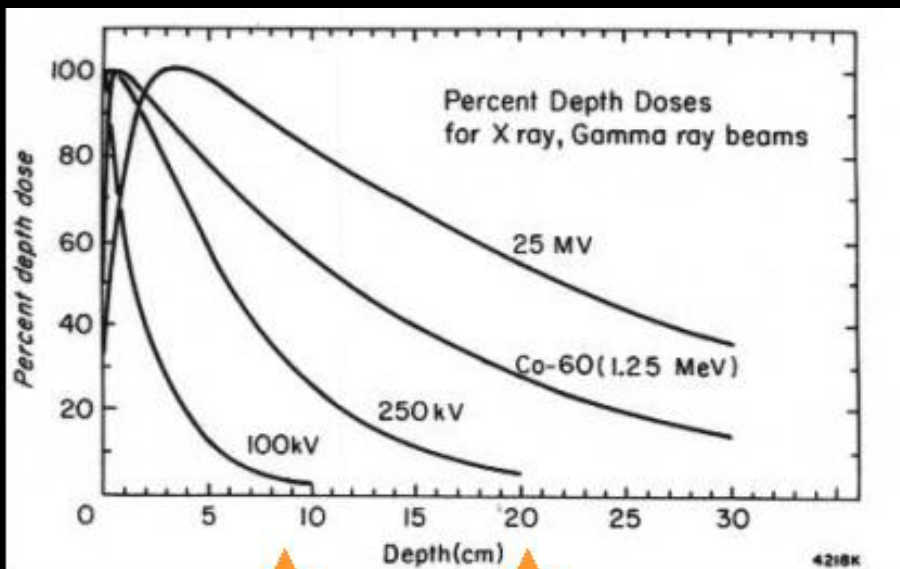
MV-os teleterápia

- Co-60: 1,25 MeV
- LinAc: 4-25 MV
- bőrkímélés
- fókuszbőr táv.: 80-100 cm
- izocentrikus



Tumorok és normál szövetek tipikus lokalizációja

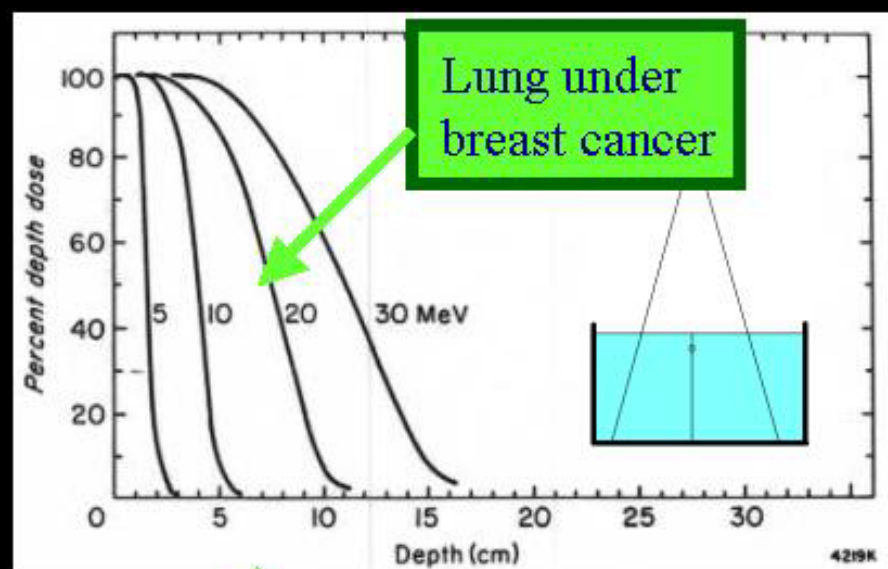
fotonok



Brain tumor

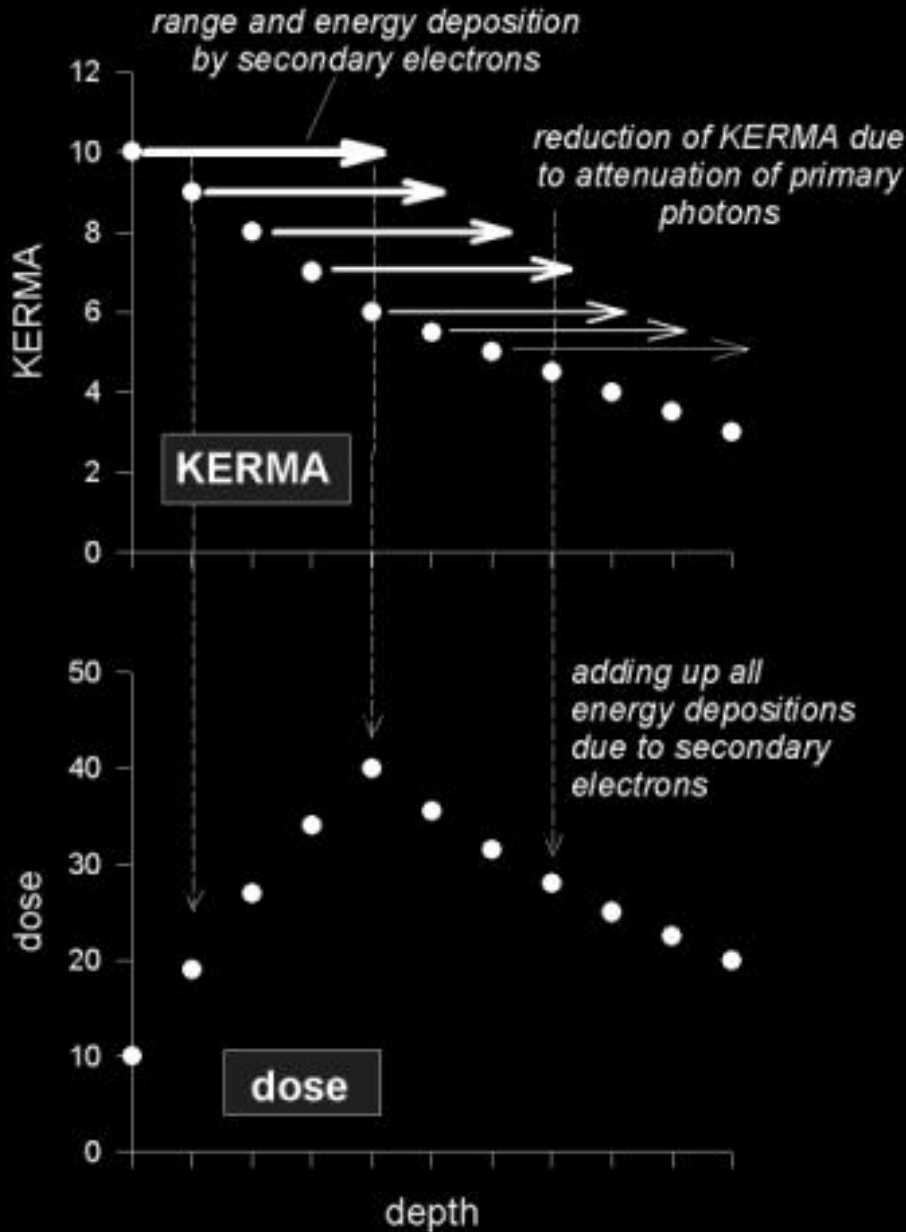
Prostate

elektronok



Spinal cord in head and neck treatment

Build-up hatás



Build-up: felépülési zóna

visszaszóródó

másodlagos e-ok →

csökkentik elnyelt E-t az
eredeti kh. helyén

→ ha ki kell emelni bőr D-
t → bólus

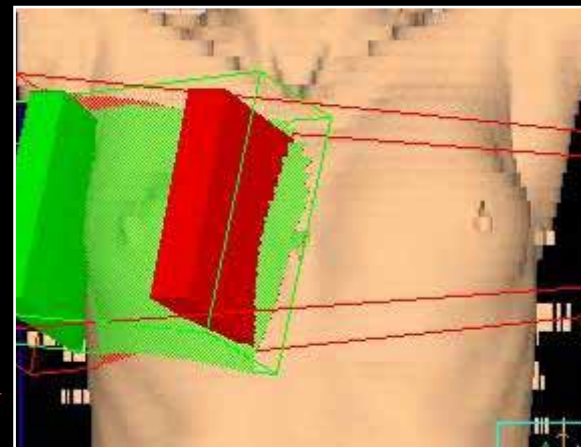
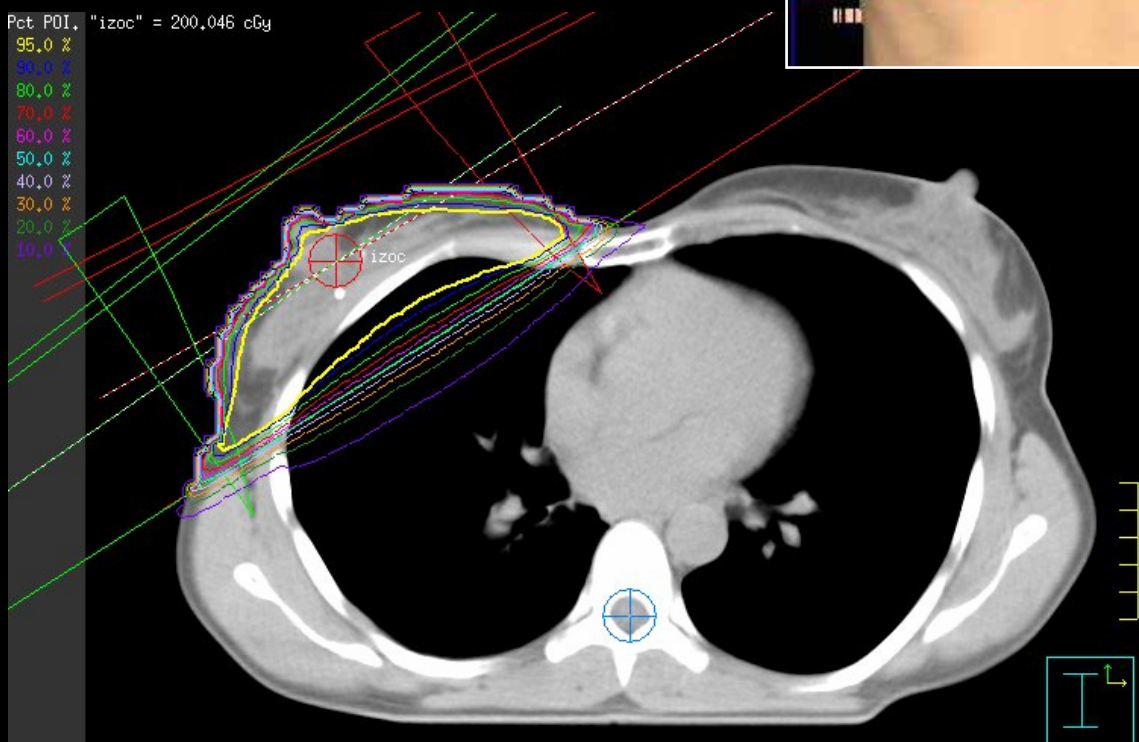
Standard besugárzási technikák

2 párhuzamos opponáló
mező:

- tüdő
- emlő
- H&N

Pct POI, "izoc" = 200,046 cGy

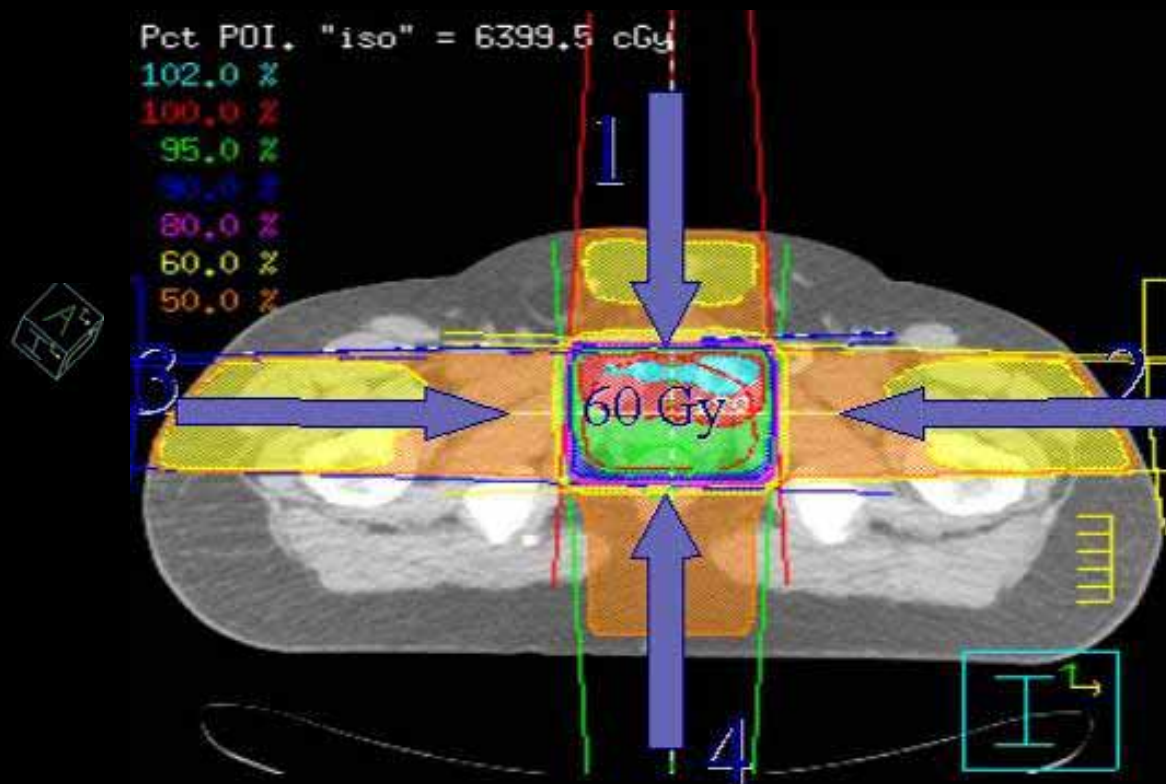
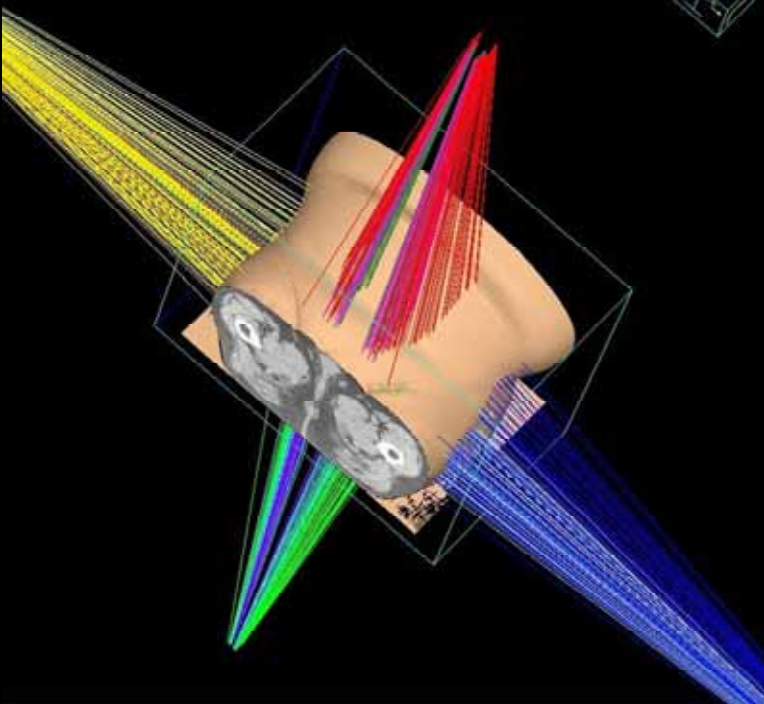
95,0 %
90,0 %
80,0 %
70,0 %
60,0 %
50,0 %
40,0 %
30,0 %
20,0 %
10,0 %



Standard besugárzási technikák

4 mezős „box”:

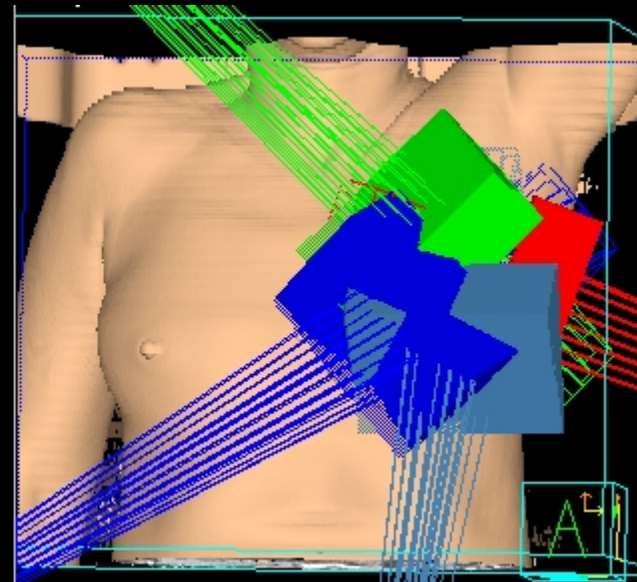
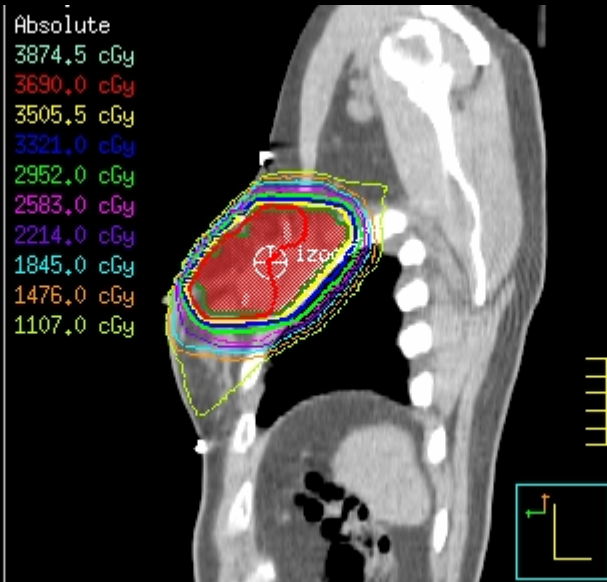
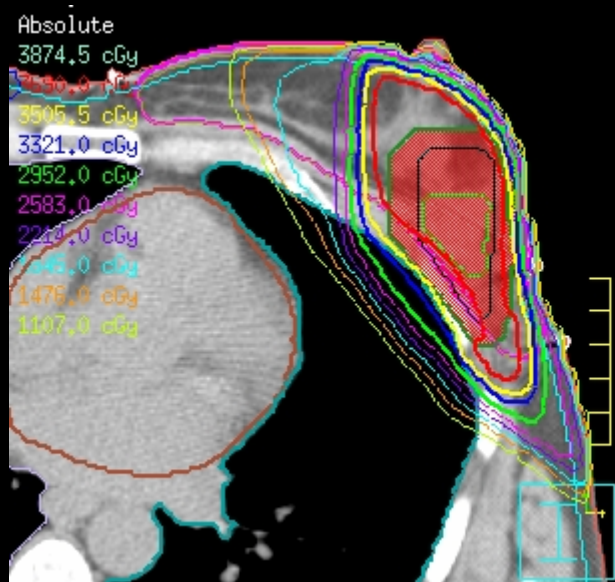
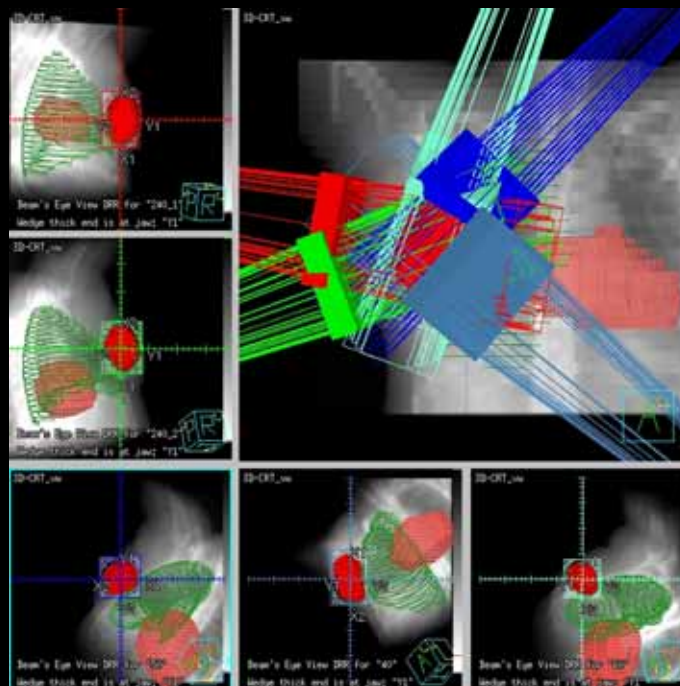
- cervix
- prosztata

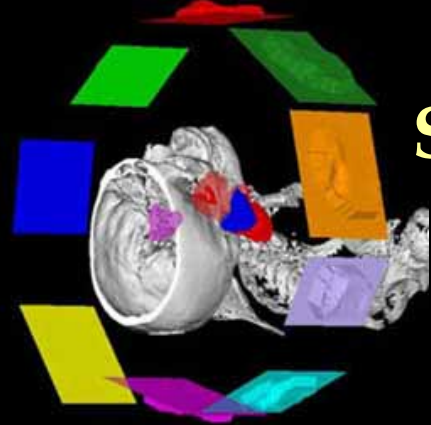


Standard besugárzási technikák

konformális besugárzás (3DCRT):

- agy
- cervix
- prosztata
- parciális emlő
- ...

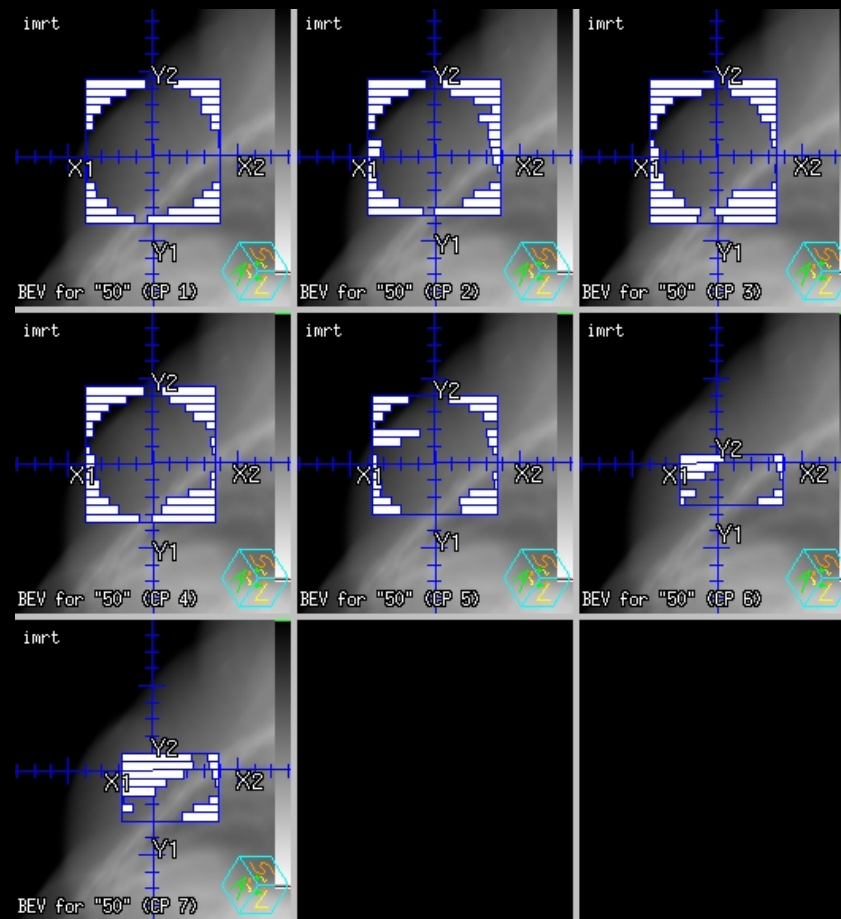
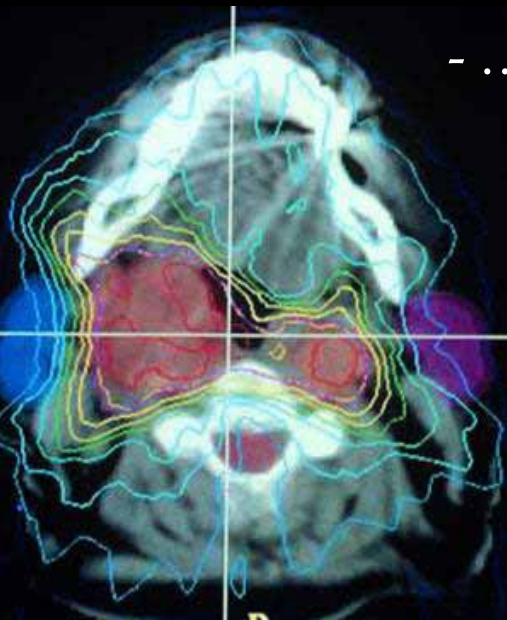




Standard besugárzási technikák

intenzitásmodulált besugárzás (IMRT):

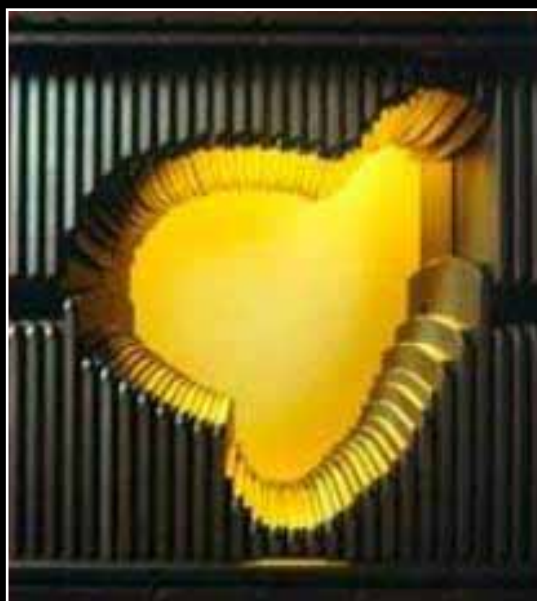
- agy
- cervix
- prosztata
- parciális emlő
- ...



Dózisprofil-módosító eszközök

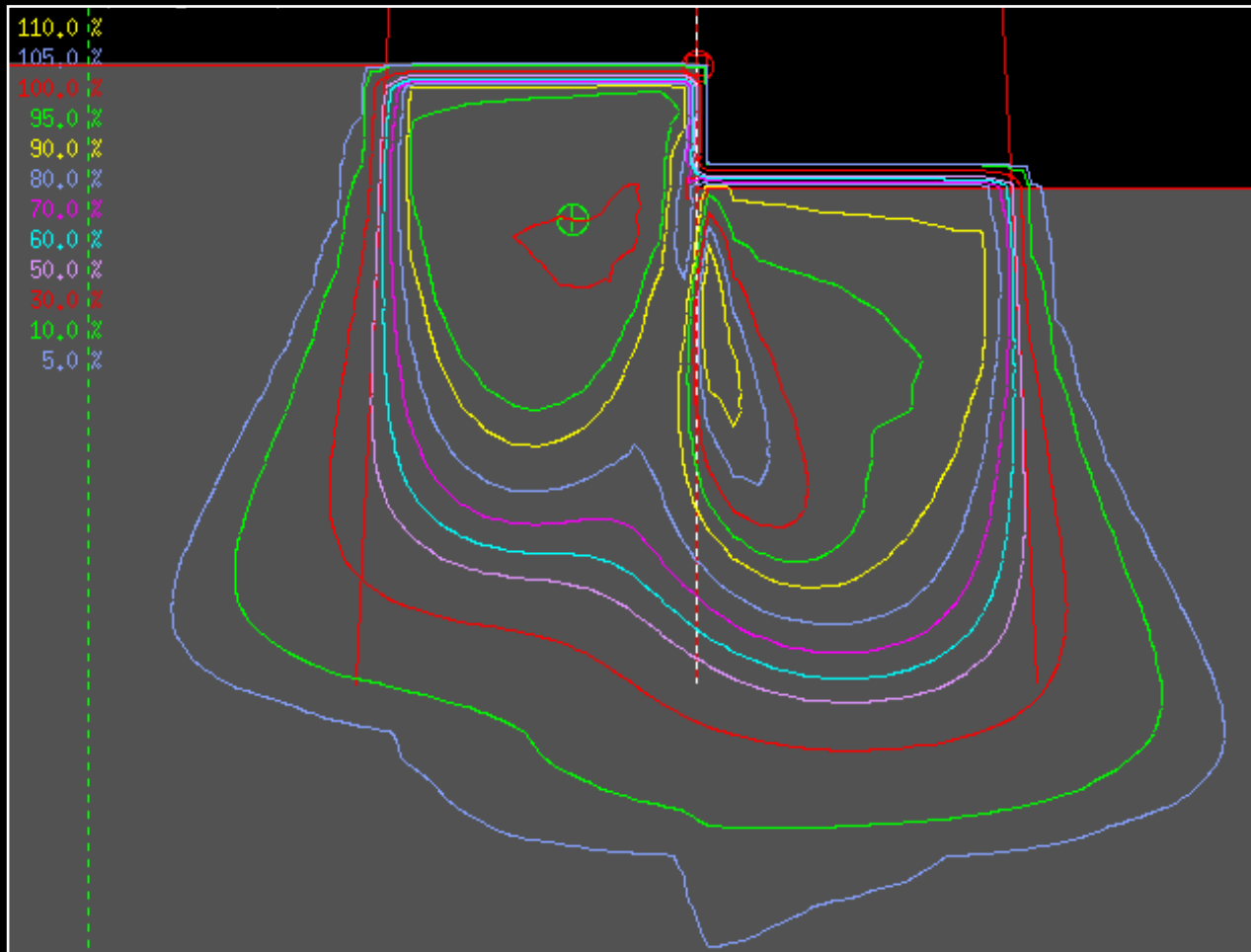
intenzitásmodulálás eszközökkel:

- blokkok
 - ékek (fizikai, virtuális)
 - szöveti kompenzátorok
- MLC (Multi Leaf Collimator)



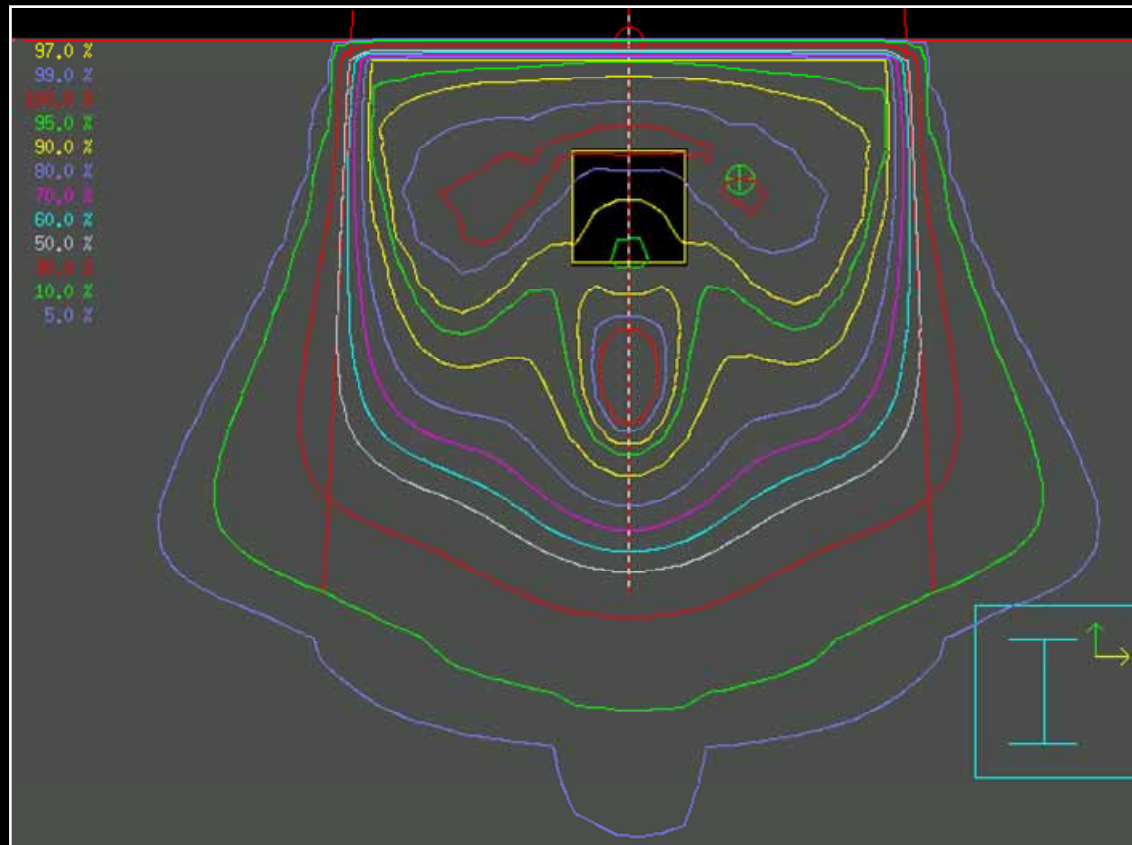
Elektron-besugárzás

felszín kontúr változásai → bólus



Elektron-besugárzás

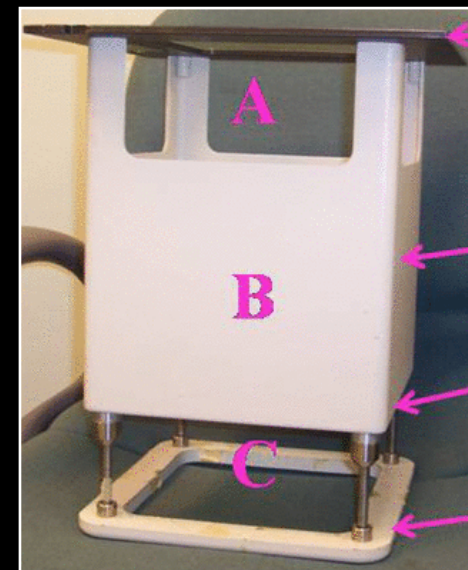
inhomogenitások hatása (pl. levegőüreg):



Elektron-besugárzás

használata:

- bőrelváltozások
- heg-boost
- mélyen fekvő védendő szervek védelme (pl. gv.)



DE:

- kis mezőket nehéz számítani
- nagy D-grad. → bonyolultabb dozimetria



Kezelési riport

Riport:

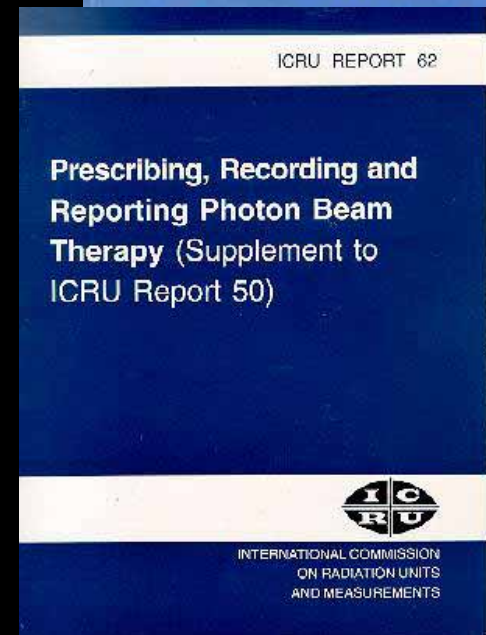
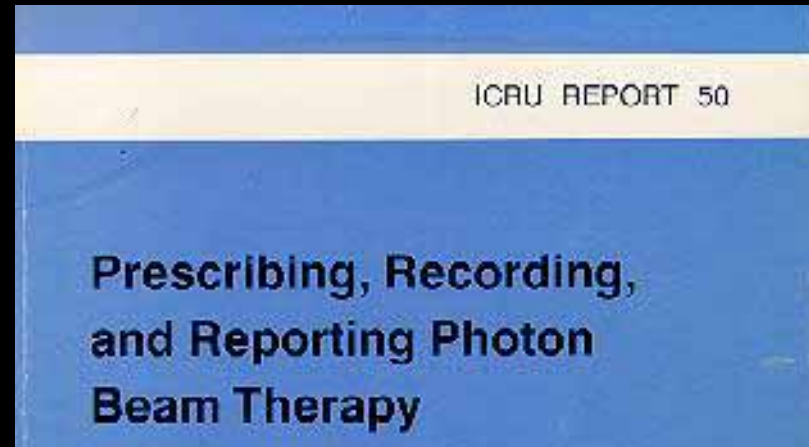
- uniform (bármely megfelelő végzettséggel rendelkező személy képes legyen megérteni, mi történt a beteggel)

→ bármely orvos folytathatja kezelés, bármely fizikus áttervezheti

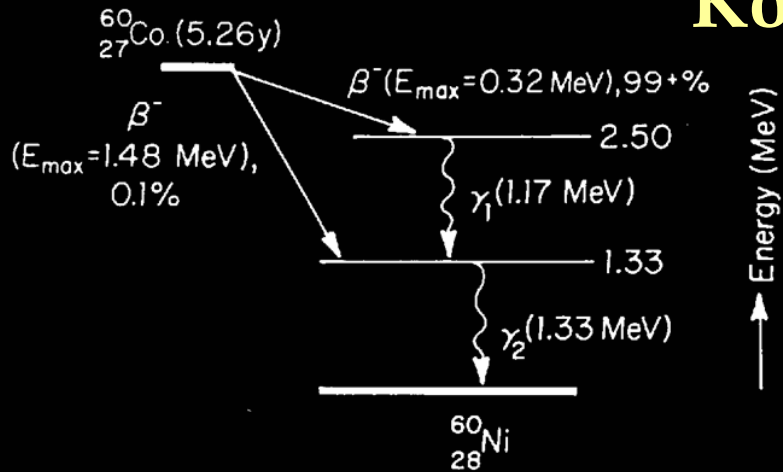
→ reirradiáció

→ klinikai vizsgálatok

→ lehetséges perek



Kobalt-ágyú



nagyon magas aktivitás:

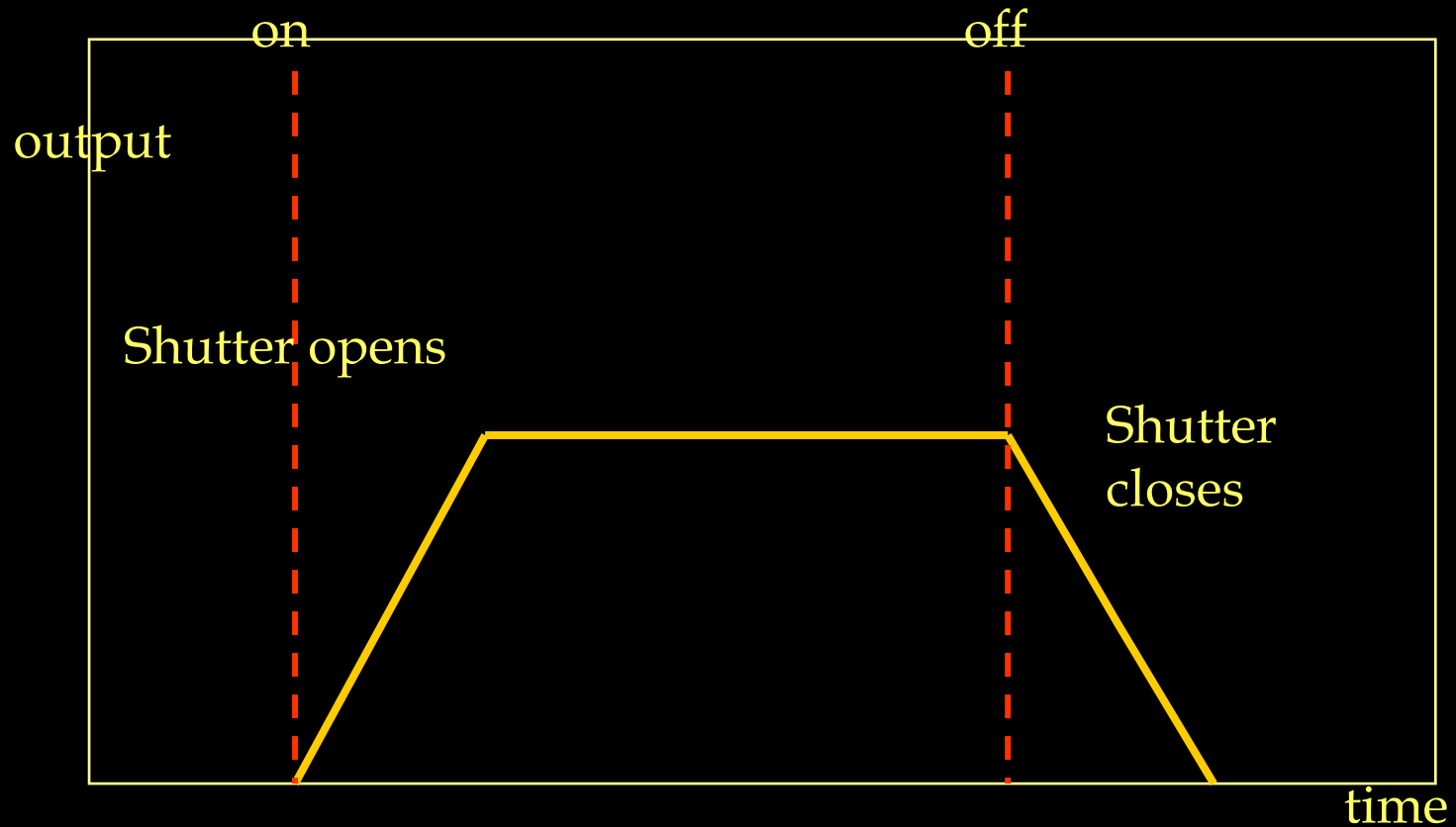
> 1.000 Ci

$E_{\text{foton}} \sim 1,25 \text{ MeV}$



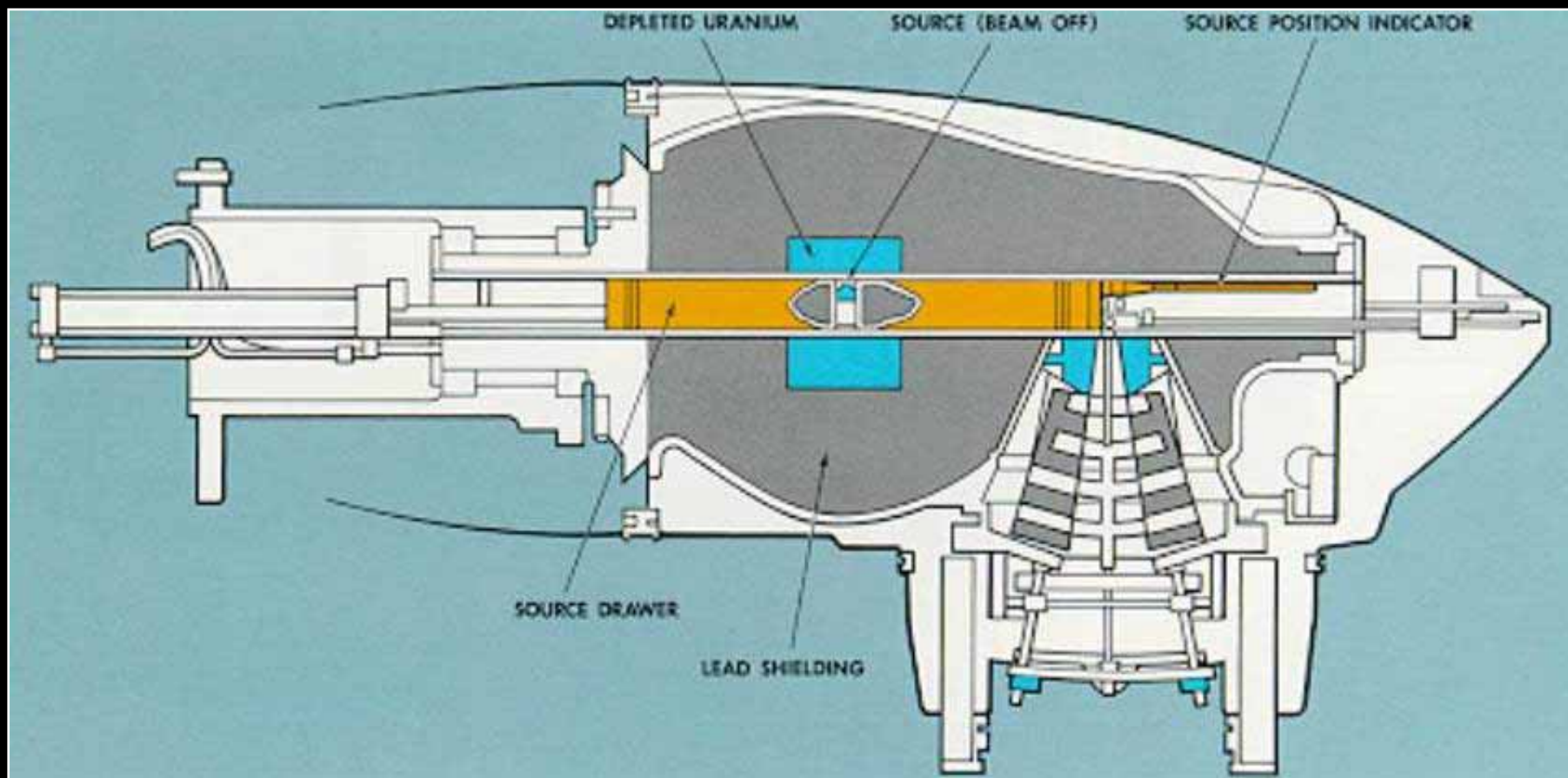
Kobalt-ágyú

2-s timer vezérli (oda/vissza számolnak) → on/off effect:

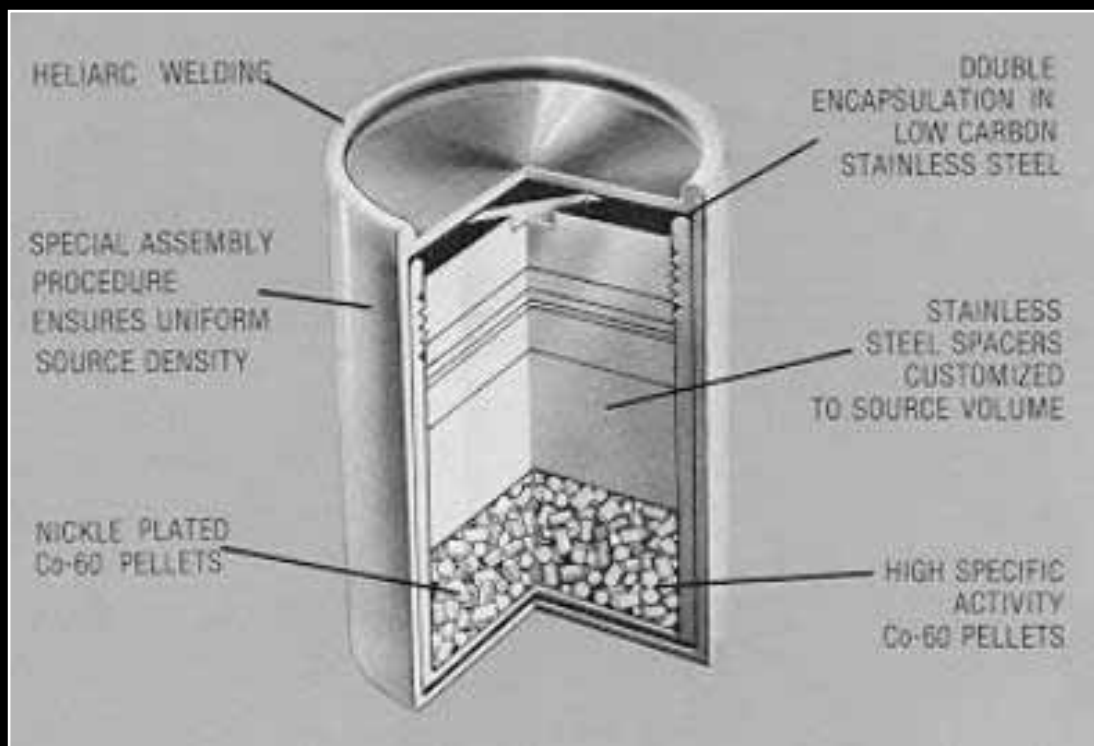


Kobalt-ágyú

forrás-fej és a transzfer-mechanizmus:



Kobalt-ágyú



sugárforrás:

- zárt (tűzálló)
- duplafalú (szivárgásmentes)
- $T_{1/2} = 5,26 \text{ ys}$ → 5 évente cserélni kell
- átmérője $> 2 \text{ cm}$ → széles félárnyék
- bármilyen hiba esetén visszahúzza a mechanika!

LinAc



Linear Accelerator = lineáris gyorsító



LinAc



LinAc



LinAc



LinAc

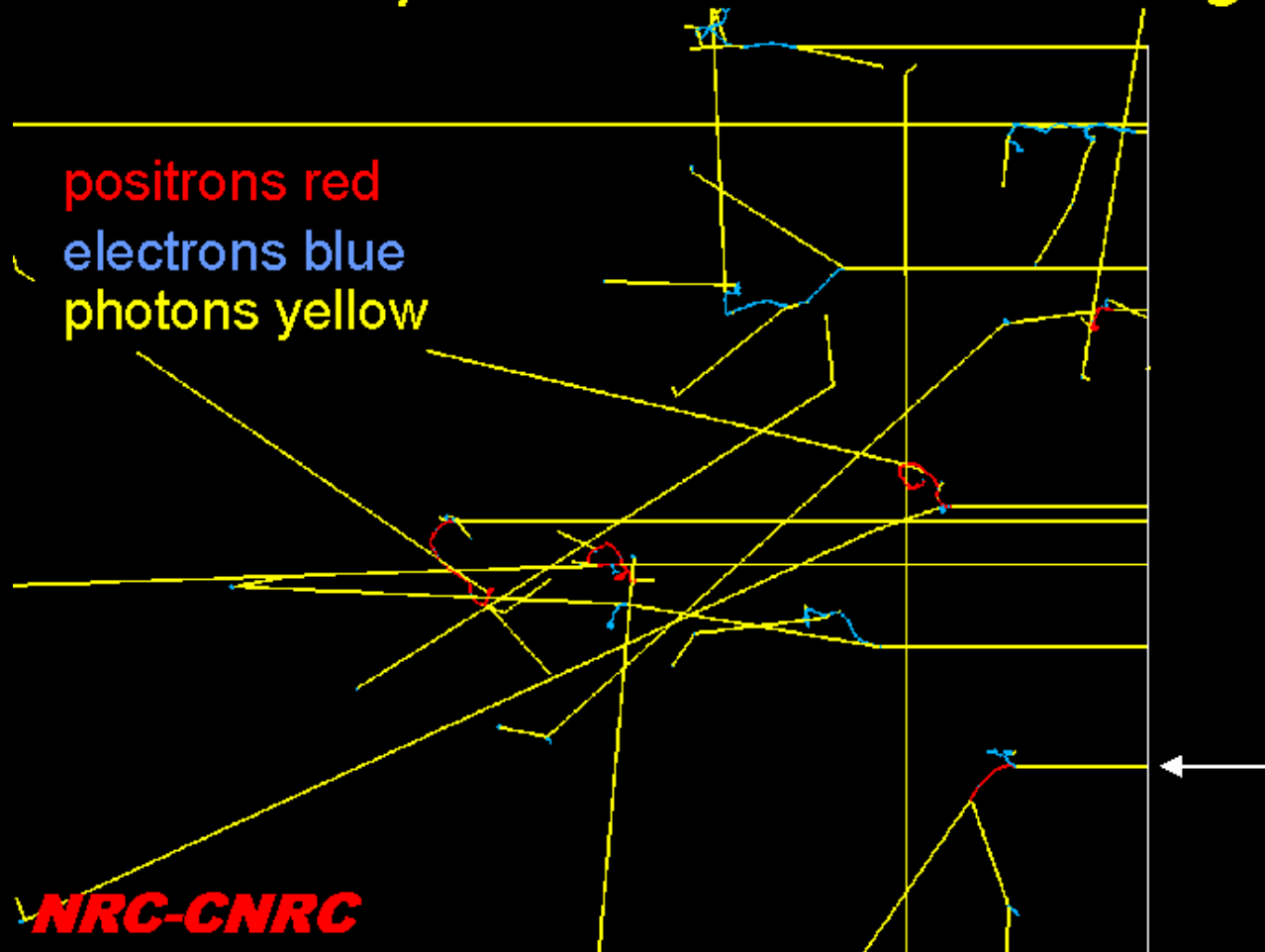


LinAc



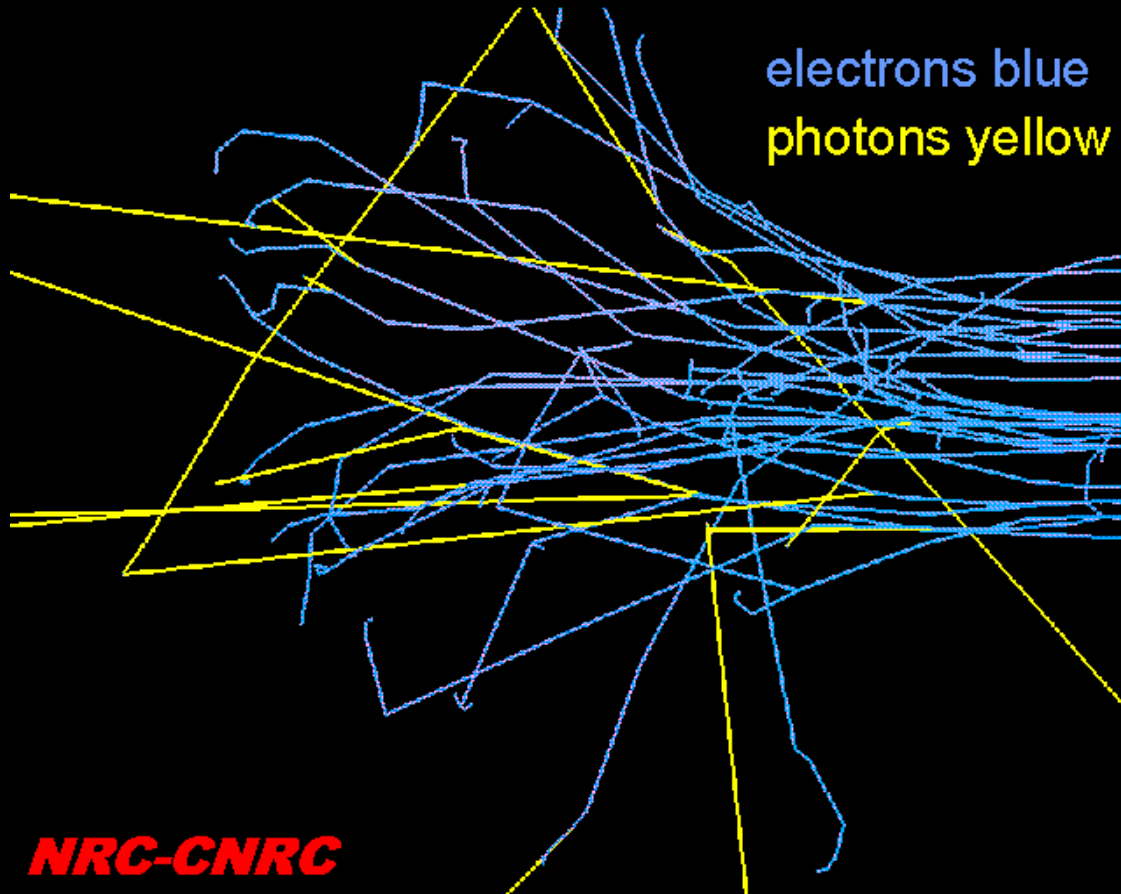
Fotonzáró ólomban

10 MeV photons on lead from right



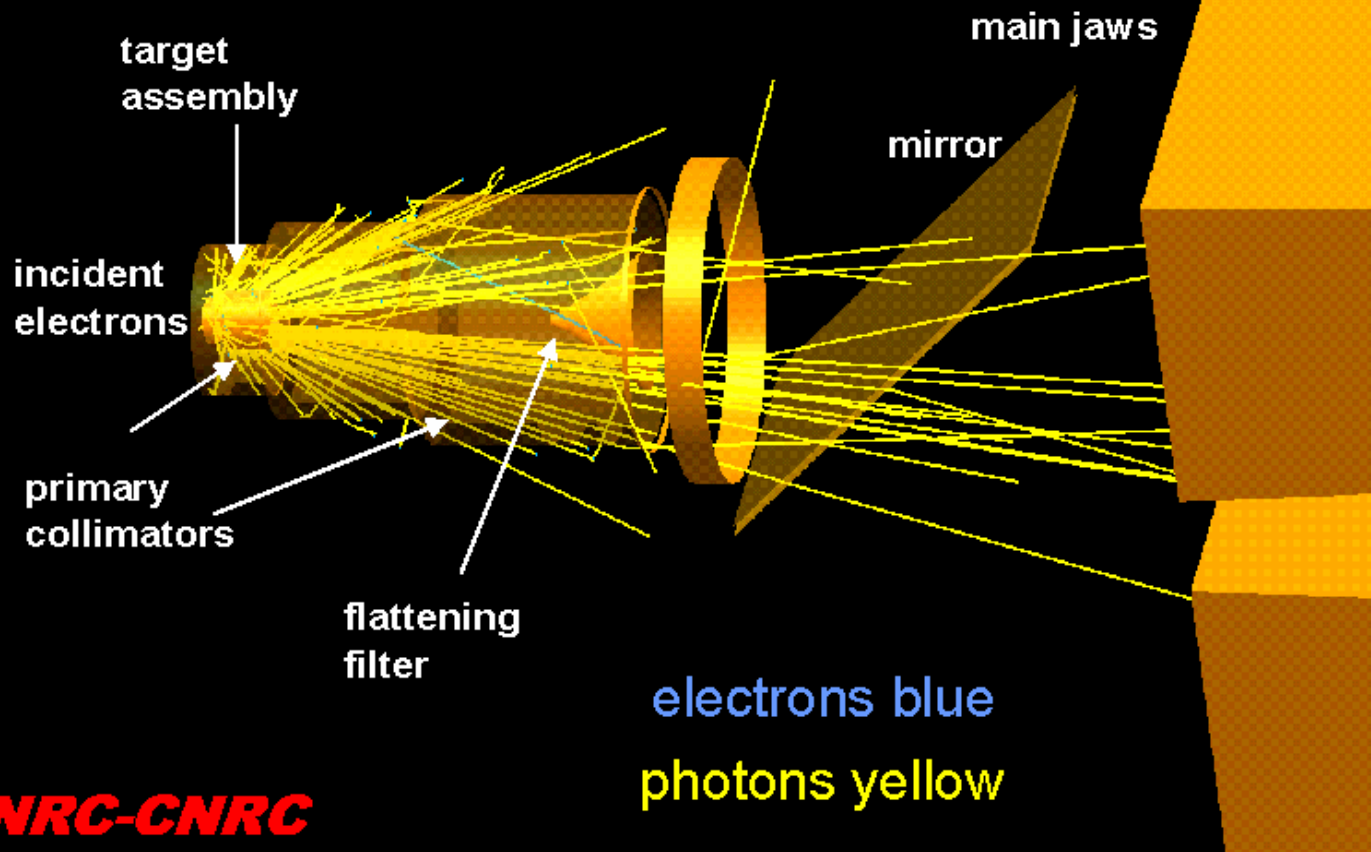
Elektronzápor vízben

10 MeV electrons on water from right



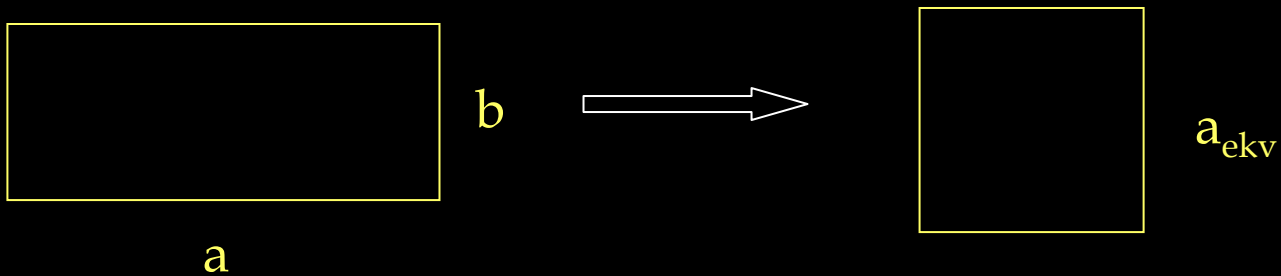
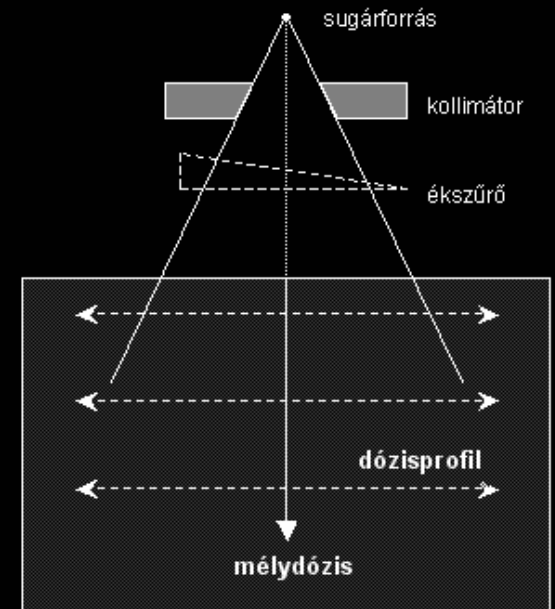
Fotonzápor

Siemens 6MV KD2



A sugárzási tér

- mezőméret
- fókuszbőr távolság
- energia
- gócmélység
- százalékos mélydózis



Ekvivalens mezőméret:

$$a_{\text{ekv}} = \frac{2ab}{a + b}$$

Manuális besugárzás-tervezés

| 18 MV-X PRIMUS 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Izocentrikus táblázat | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monitoregység 1Gy-hez, Blokkartó gyengítése: 0,970 (osztó) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mező (cm) | Forrás-bőr távolság (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 97 | 93 | 92 | 91 | 90 | 89 | 88 | 87 | 86 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 80 | 79 | 78 |
| 3x3 | 106,9 | 114,4 | 117,4 | 120,7 | 124,1 | 127,6 | 131,3 | 135,2 | 139,1 | 143,0 | 147,2 | 151,4 | 155,6 | 160,0 | 164,7 | 169,5 | 174,2 |
| 4x4 | 103,2 | 109,5 | 112,4 | 115,5 | 118,6 | 122,0 | 125,3 | 128,9 | 132,6 | 136,1 | 140,2 | 144,1 | 148,1 | 152,5 | 156,9 | 161,1 | 165,8 |
| 5x5 | 101,0 | 106,5 | 109,4 | 112,4 | 115,2 | 118,5 | 121,7 | 125,2 | 128,5 | 132,1 | 135,7 | 139,6 | 143,4 | 147,5 | 151,7 | 156,0 | 160,5 |
| 6x6 | 99,0 | 104,4 | 107,0 | 109,6 | 112,6 | 115,5 | 118,5 | 121,8 | 125,3 | 128,4 | 132,0 | 135,8 | 139,3 | 143,1 | 147,0 | 151,0 | 155,6 |
| 7x7 | 97,8 | 103,1 | 105,5 | 108,0 | 110,6 | 113,6 | 116,6 | 119,6 | 122,9 | 126,1 | 129,5 | 133,0 | 136,6 | 140,3 | 144,0 | 148,0 | 151,9 |
| 8x8 | 96,7 | 101,4 | 103,9 | 106,3 | 108,9 | 111,8 | 114,5 | 117,4 | 120,4 | 123,5 | 127,3 | 130,2 | 133,8 | 137,0 | 140,9 | 144,2 | 148,5 |
| 9x9 | 95,5 | 100,4 | 102,6 | 105,0 | 107,5 | 110,1 | 112,9 | 115,6 | 118,5 | 121,6 | 124,8 | 128,0 | 131,1 | 134,9 | 138,2 | 141,9 | 145,4 |
| 10x10 | 94,5 | 99,2 | 101,7 | 103,9 | 106,2 | 108,6 | 111,4 | 114,3 | 117,0 | 119,8 | 123,0 | 126,1 | 129,2 | 132,7 | 136,0 | 139,4 | 143,0 |
| 11x11 | 93,7 | 98,4 | 100,7 | 102,9 | 105,1 | 107,5 | 110,2 | 112,8 | 115,6 | 118,3 | 121,3 | 124,3 | 127,4 | 130,6 | 134,0 | 137,4 | 140,8 |
| 12x12 | 92,9 | 97,6 | 99,7 | 101,8 | 104,1 | 106,4 | 108,9 | 111,4 | 114,1 | 116,9 | 119,6 | 122,4 | 125,6 | 128,6 | 132,1 | 135,4 | 138,6 |
| 13x13 | 92,2 | 97,0 | 99,0 | 101,1 | 103,3 | 105,5 | 108,0 | 110,5 | 113,1 | 115,8 | 118,5 | 121,2 | 124,3 | 127,5 | 130,6 | 133,8 | 137,1 |
| 14x14 | 91,6 | 96,3 | 98,4 | 100,5 | 102,6 | 104,7 | 107,2 | 109,6 | 112,1 | 114,7 | 117,4 | 120,0 | 122,9 | 126,0 | 129,2 | 132,2 | 135,5 |
| 15x15 | 91,2 | 95,9 | 97,9 | 99,9 | 102,0 | 104,1 | 106,5 | 109,0 | 111,3 | 113,9 | 116,5 | 119,3 | 122,1 | 125,0 | 128,1 | 131,1 | 134,3 |
| 16x16 | 90,8 | 95,5 | 97,3 | 99,3 | 101,4 | 103,6 | 105,8 | 108,3 | 110,5 | 113,0 | 115,6 | 118,5 | 121,2 | 124,0 | 127,0 | 129,9 | 133,0 |
| 17x17 | 90,3 | 95,0 | 96,8 | 98,7 | 100,8 | 102,9 | 105,1 | 107,6 | 109,8 | 112,3 | 114,8 | 117,5 | 120,3 | 123,0 | 125,9 | 128,8 | 131,9 |
| 18x18 | 89,9 | 94,5 | 96,3 | 98,2 | 100,2 | 102,3 | 104,4 | 106,9 | 109,0 | 111,6 | 114,0 | 116,5 | 119,3 | 122,1 | 124,8 | 127,6 | 130,8 |
| 19x19 | 89,5 | 94,3 | 96,1 | 97,8 | 99,9 | 101,9 | 104,1 | 106,4 | 108,6 | 111,1 | 113,6 | 116,0 | 118,6 | 121,3 | 124,2 | 127,0 | 130,1 |
| 20x20 | 89,1 | 94,1 | 95,8 | 97,5 | 99,5 | 101,6 | 103,7 | 105,9 | 108,1 | 110,5 | 113,0 | 115,4 | 117,9 | 120,6 | 123,6 | 126,4 | 129,3 |
| 21x21 | 88,8 | 93,7 | 95,5 | 97,2 | 99,1 | 101,2 | 103,2 | 105,4 | 107,6 | 110,0 | 112,5 | 114,9 | 117,4 | 120,0 | 122,9 | 125,6 | 128,5 |
| 22x22 | 88,6 | 93,3 | 95,1 | 96,9 | 98,7 | 100,8 | 102,7 | 104,9 | 107,1 | 109,5 | 111,8 | 114,3 | 116,9 | 119,4 | 122,2 | 124,8 | 127,7 |
| 24x24 | 88,1 | 93,0 | 94,7 | 96,4 | 98,2 | 100,2 | 102,1 | 104,3 | 106,4 | 108,8 | 111,1 | 113,5 | 115,8 | 118,2 | 121,0 | 123,7 | 126,6 |
| 26x26 | 87,6 | 92,6 | 94,2 | 96,1 | 97,8 | 99,8 | 101,6 | 103,6 | 105,9 | 107,9 | 110,4 | 112,5 | 115,0 | 117,5 | 120,0 | 122,5 | 125,5 |
| 28x28 | 87,4 | 92,1 | 93,7 | 95,5 | 97,3 | 99,2 | 101,0 | 103,0 | 105,1 | 107,3 | 109,5 | 111,7 | 114,0 | 116,6 | 119,0 | 121,9 | 124,4 |
| 30x30 | 87,0 | 91,8 | 93,5 | 95,1 | 96,8 | 98,7 | 100,7 | 102,5 | 104,6 | 106,8 | 108,9 | 111,0 | 113,6 | 116,1 | 118,4 | 121,1 | 123,5 |
| 32x32 | 86,9 | 91,6 | 93,2 | 94,8 | 96,5 | 98,4 | 100,1 | 102,2 | 104,2 | 106,2 | 108,3 | 110,7 | 113,1 | 115,5 | 117,9 | 120,2 | 122,7 |
| 34x34 | 86,6 | 91,3 | 92,9 | 94,5 | 96,2 | 98,1 | 100,0 | 102,0 | 103,8 | 105,7 | 108,0 | 110,3 | 112,3 | 114,9 | 117,3 | 119,8 | 122,3 |
| 36x36 | 86,3 | 90,9 | 92,5 | 94,1 | 95,9 | 97,6 | 99,4 | 101,3 | 103,2 | 105,3 | 107,5 | 109,7 | 111,9 | 114,2 | 116,5 | 118,9 | 121,4 |
| 38x38 | 86,2 | 90,8 | 92,3 | 94,1 | 95,6 | 97,5 | 99,3 | 101,1 | 103,1 | 105,0 | 107,0 | 109,2 | 111,5 | 113,8 | 116,1 | 118,5 | 121,0 |
| 40x40 | 86,2 | 90,8 | 92,3 | 94,0 | 95,5 | 97,4 | 99,1 | 101,0 | 102,9 | 104,9 | 107,0 | 109,1 | 111,2 | 113,4 | 115,9 | 118,3 | 120,6 |

Manuális besugárzás-tervezés

| 18 MV-X PRIMUS 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Monitoregység 1Gy-hez, Forrás-bőr távolság=100cm, Blokktartó gyengítése: 0,970 (osztó) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mező (cm) | góc mélység (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 3x3 | 111,8 | 129,1 | 134,8 | 141,3 | 148,1 | 154,8 | 162,2 | 170,1 | 178,0 | 186,3 | 195,4 | 204,0 | 213,3 | 223,1 | 233,8 | 244,6 | 255,8 |
| 4x4 | 108,6 | 124,4 | 129,9 | 136,1 | 142,3 | 149,2 | 155,8 | 163,1 | 170,8 | 178,6 | 186,9 | 195,7 | 204,5 | 214,2 | 223,9 | 234,0 | 244,6 |
| 5x5 | 106,7 | 121,5 | 127,1 | 133,0 | 138,9 | 145,5 | 152,0 | 159,2 | 166,4 | 174,1 | 181,8 | 190,2 | 198,7 | 208,0 | 217,4 | 227,6 | 237,8 |
| 6x6 | 104,7 | 119,1 | 124,4 | 129,8 | 135,8 | 141,7 | 148,1 | 155,1 | 162,1 | 169,2 | 177,2 | 185,3 | 193,2 | 202,1 | 211,1 | 220,4 | 230,6 |
| 7x7 | 103,3 | 117,4 | 122,5 | 127,7 | 133,3 | 139,4 | 145,5 | 152,1 | 158,9 | 166,1 | 173,3 | 180,9 | 189,2 | 197,9 | 206,2 | 215,7 | 225,1 |
| 8x8 | 102,2 | 115,7 | 120,8 | 126,0 | 131,3 | 137,3 | 143,1 | 149,4 | 156,0 | 162,7 | 169,7 | 177,7 | 185,4 | 193,5 | 202,3 | 210,7 | 220,2 |
| 9x9 | 100,8 | 114,5 | 119,2 | 124,2 | 129,6 | 135,2 | 141,0 | 147,0 | 153,2 | 160,1 | 167,2 | 174,5 | 181,7 | 190,3 | 198,1 | 206,6 | 215,5 |
| 10x10 | 100,0 | 113,3 | 118,2 | 123,0 | 128,1 | 133,5 | 139,5 | 145,4 | 151,5 | 158,0 | 165,1 | 172,2 | 179,6 | 187,3 | 195,4 | 203,7 | 211,9 |
| 11x11 | 99,1 | 112,3 | 117,1 | 121,9 | 126,8 | 132,1 | 137,8 | 143,6 | 149,8 | 156,1 | 162,8 | 169,6 | 177,1 | 184,5 | 192,5 | 200,7 | 209,0 |
| 12x12 | 98,3 | 111,4 | 116,0 | 120,7 | 125,7 | 130,7 | 136,1 | 141,8 | 148,0 | 154,3 | 160,6 | 167,1 | 174,5 | 181,6 | 189,7 | 197,7 | 206,0 |
| 13x13 | 97,6 | 110,7 | 115,2 | 120,0 | 124,6 | 129,7 | 135,0 | 140,7 | 146,6 | 152,8 | 159,0 | 165,5 | 172,7 | 179,8 | 187,6 | 195,3 | 203,5 |
| 14x14 | 96,9 | 110,0 | 114,4 | 119,2 | 123,9 | 128,6 | 134,0 | 139,6 | 145,2 | 151,4 | 157,5 | 163,9 | 170,8 | 178,1 | 185,6 | 193,0 | 201,0 |
| 15x15 | 96,5 | 109,5 | 113,8 | 118,4 | 123,0 | 127,9 | 133,2 | 138,7 | 144,3 | 150,2 | 156,4 | 162,8 | 169,6 | 176,7 | 184,0 | 191,3 | 199,2 |
| 16x16 | 96,0 | 109,0 | 113,3 | 117,8 | 122,4 | 127,2 | 132,3 | 137,9 | 143,4 | 149,0 | 155,3 | 161,8 | 168,3 | 175,4 | 182,4 | 189,6 | 197,4 |
| 17x17 | 95,6 | 108,5 | 112,7 | 117,3 | 121,8 | 126,5 | 131,5 | 137,1 | 142,4 | 148,1 | 154,1 | 160,6 | 167,0 | 173,9 | 181,0 | 188,1 | 195,8 |
| 18x18 | 95,2 | 108,1 | 112,1 | 116,5 | 121,2 | 125,8 | 130,6 | 136,3 | 141,3 | 147,3 | 152,9 | 159,4 | 165,8 | 172,4 | 179,5 | 186,6 | 194,2 |
| 19x19 | 94,7 | 107,7 | 111,8 | 116,0 | 120,6 | 125,3 | 130,2 | 135,6 | 140,7 | 146,5 | 152,3 | 158,4 | 164,8 | 171,3 | 178,4 | 185,6 | 193,0 |
| 20x20 | 94,3 | 107,4 | 111,4 | 115,5 | 120,1 | 124,9 | 129,7 | 134,9 | 140,1 | 145,8 | 151,6 | 157,5 | 163,8 | 170,3 | 177,3 | 184,6 | 191,8 |
| 21x21 | 94,1 | 107,1 | 111,2 | 115,4 | 119,8 | 124,6 | 129,3 | 134,5 | 139,7 | 145,3 | 151,2 | 157,0 | 163,2 | 169,7 | 176,7 | 183,6 | 190,9 |
| 22x22 | 94,0 | 106,9 | 111,0 | 115,2 | 119,4 | 124,3 | 128,9 | 134,1 | 139,3 | 144,9 | 150,7 | 156,5 | 162,7 | 169,1 | 176,1 | 182,6 | 190,0 |
| 24x24 | 93,4 | 106,4 | 110,3 | 114,5 | 118,7 | 123,4 | 127,8 | 132,9 | 138,0 | 143,7 | 149,3 | 155,3 | 161,2 | 167,3 | 174,1 | 180,9 | 188,2 |
| 26x26 | 92,7 | 105,9 | 109,6 | 113,8 | 118,0 | 122,7 | 127,3 | 132,0 | 137,3 | 142,6 | 148,3 | 153,7 | 159,8 | 165,8 | 172,3 | 179,0 | 186,6 |
| 28x28 | 92,6 | 105,3 | 109,2 | 113,2 | 117,6 | 122,1 | 126,6 | 131,3 | 136,4 | 141,6 | 147,3 | 152,7 | 158,7 | 165,0 | 171,1 | 177,7 | 184,9 |
| 30x30 | 92,0 | 105,0 | 109,0 | 112,9 | 117,1 | 121,6 | 126,2 | 130,9 | 135,8 | 141,2 | 146,6 | 151,9 | 158,0 | 163,9 | 170,6 | 177,2 | 183,6 |
| 32x32 | 92,1 | 104,6 | 108,6 | 112,9 | 116,7 | 121,1 | 125,5 | 130,3 | 135,1 | 140,3 | 145,6 | 151,4 | 157,2 | 163,3 | 169,4 | 175,9 | 182,6 |
| 34x34 | 91,7 | 104,3 | 108,3 | 112,2 | 116,3 | 120,8 | 125,2 | 134,9 | 134,7 | 139,6 | 145,2 | 150,7 | 156,1 | 162,5 | 168,5 | 175,3 | 181,6 |
| 36x36 | 91,6 | 104,2 | 107,9 | 112,0 | 116,0 | 120,5 | 124,8 | 129,5 | 134,3 | 139,5 | 144,8 | 150,3 | 155,9 | 161,8 | 167,7 | 174,1 | 180,7 |
| 38x38 | 91,4 | 103,9 | 107,6 | 111,7 | 115,7 | 120,2 | 124,5 | 129,3 | 133,8 | 138,7 | 144,0 | 149,5 | 155,1 | 161,2 | 167,1 | 173,5 | 180,0 |
| 40x40 | 91,5 | 103,9 | 107,7 | 111,7 | 115,6 | 120,0 | 124,4 | 128,8 | 133,8 | 138,7 | 143,9 | 149,4 | 155,0 | 160,7 | 167,0 | 173,0 | 179,5 |

QC - LinAc

Quality Control program lineáris gyorsítókhoz

| Gyakoriság | Feladat | Cselekvési szint* |
|------------|--|-------------------|
| Naponta | Foton és elektron output állandósága*** | 3 % |
| | Fénymező mérete (10 x 10 cm) | 2 mm |
| | Lézerfények geometriai pontossága | 2 mm |
| | Optikai távolságmérő geometriai pontossága | 2 mm |
| | Ajtó megszakítás, videó monitor működése | nem működik |
| | Sugárzásjelző lámpa működése | nem működik |
| Havonta | Foton és elektron output állandósága | 3 % |
| | Fénymező – sugármező egybeesése | 2 mm |
| | Mezőméret kijelzés pontossága | 2 mm |
| | Szátkereszt középpontossága | 2 mm átmérő |
| | Kollimátor szimmetria | 2 mm |
| | Elektron és elektron applikátor interlock | nem működik |
| | Biztonsági megszakítások működőképessége | nem működik |

QC - LinAc

Quality Control program lineáris gyorsítókhoz

| Gyakoriság | Feladat | Cselekvési szint* |
|------------|--|-------------------|
| Évente | Foton és elektron output kalibrálása | 2 % |
| | Output faktorok mezőfüggése | 2 % |
| | Mélydózisgörbék állandósága | 2 % |
| | Foton és elektronmezők szimmetriája | 3 % |
| | Ékfaktorok állandósága | 2 % |
| | Monitorkamra linearitása | 1 % |
| | Foton és elektron output különböző gantry állásnál | 2 % |
| | Biztonsági megszakítások működőképessége | nem működik |
| | Gantry forgáspont | 2 mm átmérő |
| | Kollimátor forgáspont | 2 mm átmérő |
| | Asztal forgáspont | 2 mm átmérő |
| | Gantry- kollimátor – asztal forgáspont egybeesése | 2 mm átmérő |
| | Sugárzási és mechanikai izocentrum egybeesése | 2 mm átmérő |
| | Asztallap lehajlása | 2 mm |
| | Asztal függőleges elmozdulása | 2 mm |

*a mért érték és az elvárt érték különbsége, **hetente egyszer az összes energiára

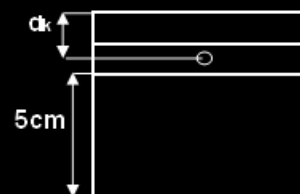
Primus II (Serial:4131) rendszeres bemérési jegyzőkönyve

P(levegő): **101,6 kPa**
T(levegő): **23,3 °C**

Műszer és beállítása: PTW Unidos 10001-11421
 Range: Med
 HV: +400V
 Kamra: 0,3 cm³, T_{yp}:23332,
 sn: 1096

Kollimátor=0°; Gantry=0°; MU=200
Forrás-Felszín Távolság:100cm!
 Foton mérés esetén a mezőméret:
10x10cm! Valamint a **szálkereszt!**
 Elektron mérésnél a **10x10cm-es**
standard applikátorral kell mérni,
 applikátor-felszín távolság: **5cm!**

Mérési elrendezés:



| Energia | 6MV-X | 18MV-X | 6MeV-E | 9MeV-E | 12MeV-E | 15MeV-E | 18MeV-E | 21MeV-E |
|-----------------------|-------------|---------|--|--------|---------|---------|---------|---------|
| Applikátor | Szálkereszt | | 10x10cm-es std applikátor, 5cm-re fantom felszínétől | | | | | |
| dk | 17mm | 32mm | 14mm | 22mm | 27mm | 27mm | 27mm | 27mm |
| R [nC] | 19,34 | 19,50 | 19,53 | 19,81 | 20,18 | 20,74 | 21,26 | 21,43 |
| M [nC] | 19,181 | 19,340 | 19,370 | 19,648 | 20,014 | 20,570 | 21,086 | 21,254 |
| M ¹ [nC] | 19,21 | 19,28 | 19,48 | 19,74 | 19,97 | 20,87 | 21,26 | 21,32 |
| M ² [nC] | 19,21 | 19,27 | 19,47 | 19,74 | 19,96 | 20,86 | 21,26 | 21,31 |
| M ³ [nC] | 19,21 | 19,25 | 19,46 | 19,74 | 19,97 | 20,85 | 21,26 | 21,32 |
| M ^{tot} [nC] | 19,210 | 19,267 | 19,470 | 19,740 | 19,967 | 20,860 | 21,260 | 21,317 |
| Eltérés [%] | 0,149% | -0,379% | 0,517% | 0,471% | -0,239% | 1,410% | 0,827% | 0,294% |

Maximális eltérés: 2%

a mérést végző aláírása

2014.03.24 21:52

QC - LinAc

| Energia | 6MV-X | 18MV-X | 6MeV-E | 9MeV-E | 12MeV-E | 15MeV-E |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Programozott MU | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Monitor1 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Monitor2 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| DG_1 értéke | 5807 | 4154 | 4332 | 4708 | 4215 | 3800 |
| DG_2 értéke | 5448 | 3929 | 4000 | 4042 | 3934 | 3973 |
| Korrigált DG_1 | 5 816 | 4 138 | 4 354 | 4 730 | 4 205 | 3 854 |
| Korrigált DG_2 | 5 456 | 3 914 | 4 021 | 4 061 | 3 925 | 4 029 |

Sugárvédelem



Sugvéd. szabályok:

- besugárzáskor csak a beteg lehet a helyiségben
- → gyerekeket szedálni/altatni kell, ha szükséges
- redundáns biztonsági eljárások (pl. független sugármonitorok)
- interaktív interface (kamerák, mikrofon)
- indításhoz mindkét kéz kell (kulcs + gomb)
- ellenőrző mechanizmusok (fény, hang besugárzáskor)
- ajtónyitás mindig megszakítja a besugárzást
- személyre szóló jelszó – különböző jogosultságokkal → felelősség
- baleseti intézkedési terv (BEIT), értesítendők tetszámmal
- figyelmeztető jelzések (sugár, terhes/szoptató nő nem léphet be,...)
- karbantartást, javítást csak szervízmérnök végezhet
- szervíz módban tilos kezelni (interlockok felülírva)

In vivo dozimetria

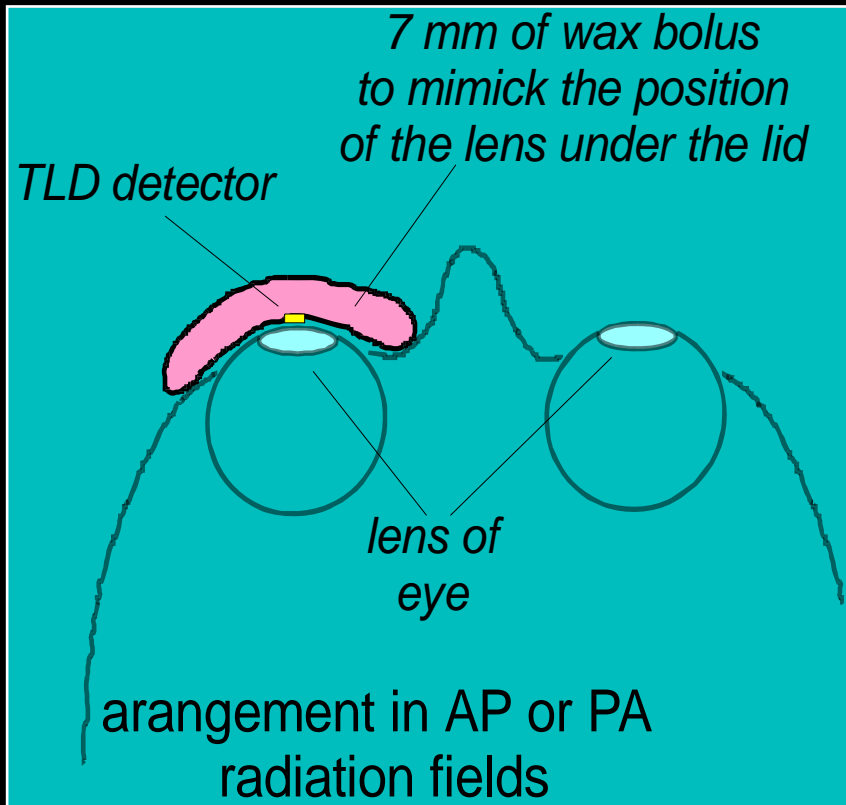
QC:

- kezelés verifikációja
- nem számítható D-ok (dózistervezés határai, beteg mozgása)
- D-verifikáció (védendő szervek, jogi szempontok, klin. vizsgálatok)

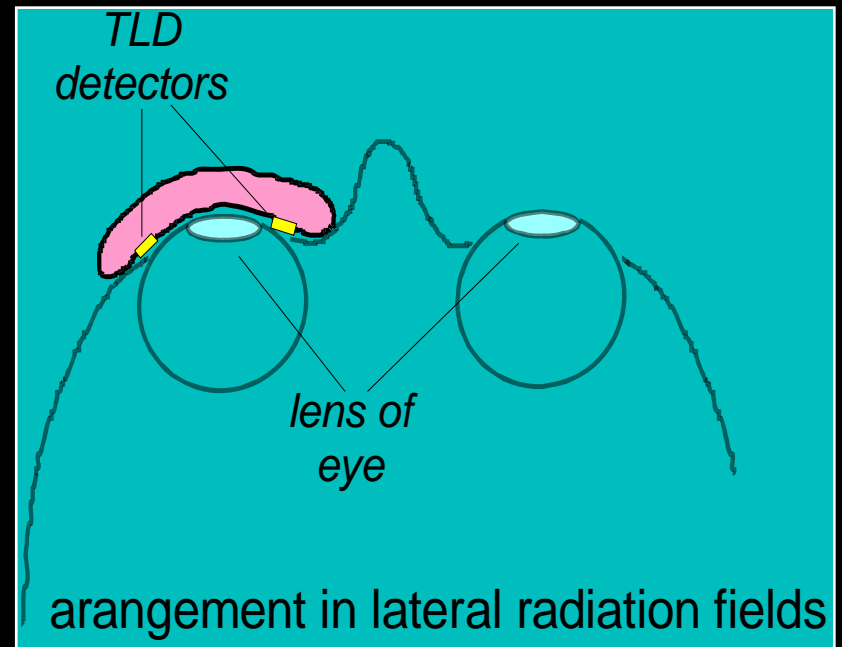
Módszerek:

- TLD
- félvezetők (diódák, MOSFET)
- kilépő D mérése (portal filmek, EPID)

In vivo dozimetria

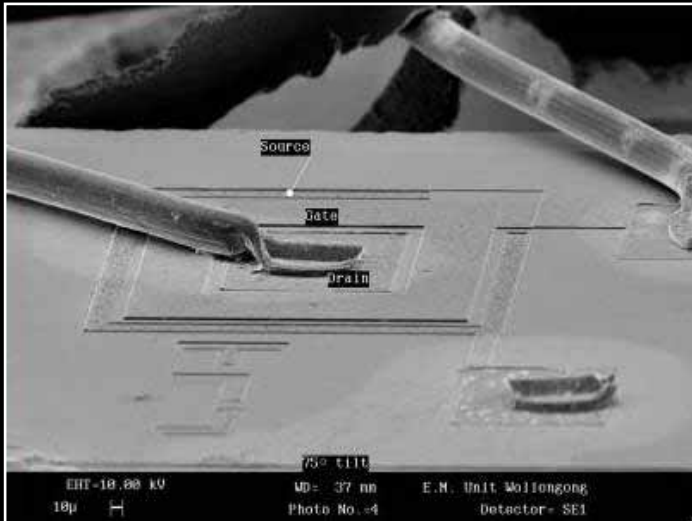


szemlencse D-mérése TLD-kkel



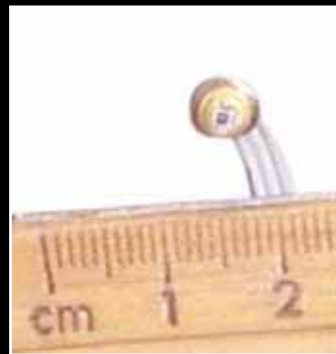
In vivo dozimetria

félvezetők



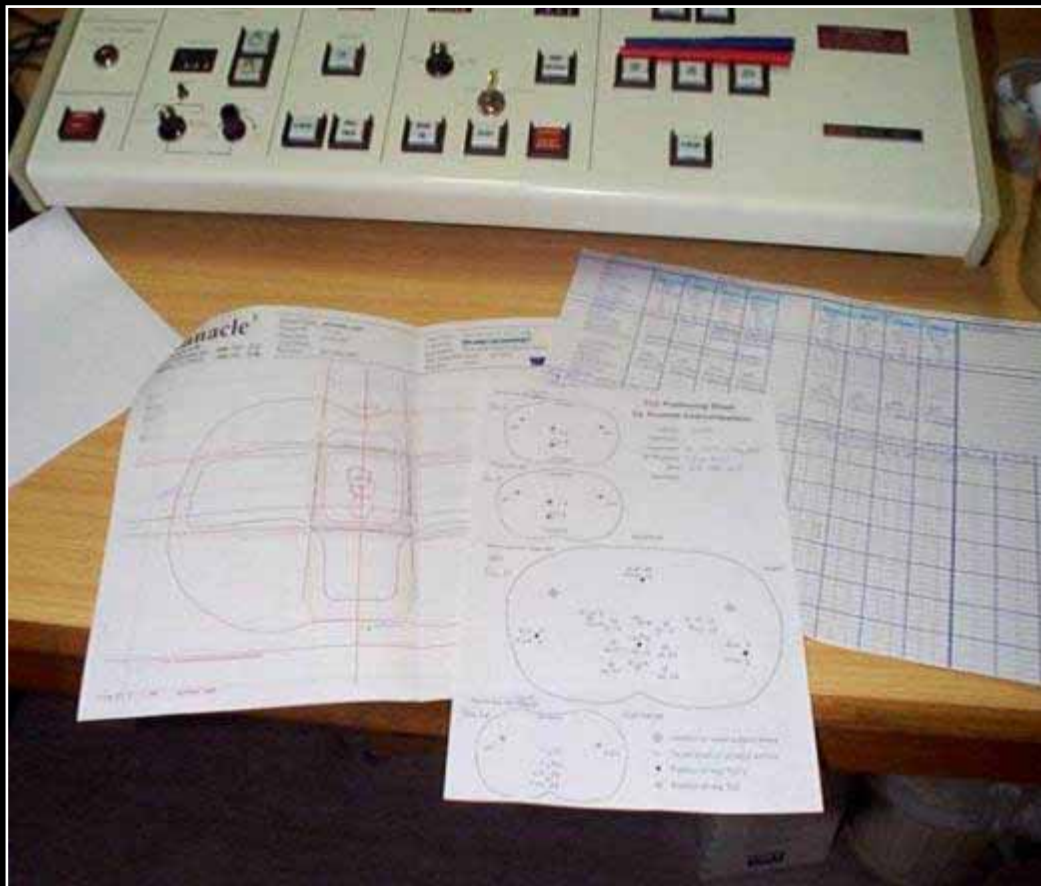
MOSFET

(Metal-Oxide-Semiconductor
Field-Effect Transistor:
szigetelőréteges tervezérlésű
tranzisztor)



diódák

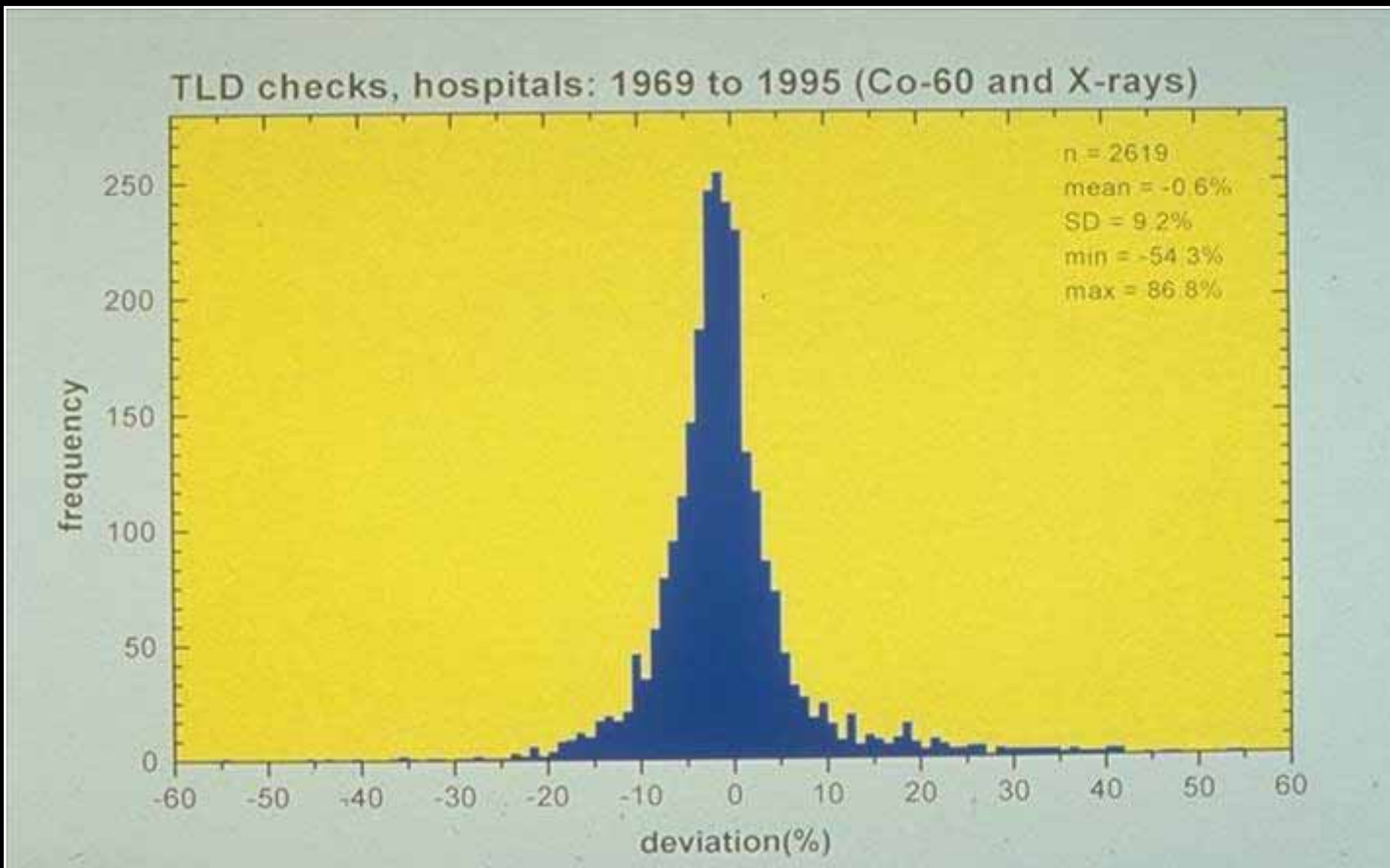
In vivo dozimetria



részletes dokumentáció itt is alapvető!

Auditok

IAEA/WHO dózis-minőség audit eredménye



Auditok

- **Level 1:** abszolút kalibráció ref. pontban (pl. IAEA/WHO postal TLD service)
- **Level 2:** egyszerű fizikai fantommal (pl. ékfaktorok, % mélydózisok, profilok)
- **Level 3:** a teljes kezelési lánc ellenőrzése antropomorf fantommal (pl. TROG study)



Bizonytalanság forrásai

- beteg elhelyezése
- szervmozgások
- képalkotás (felbontás, torzítások,...)
- anatómia (kontúrok)
- sugárnyaláb geometriája
- dózisszámítás
- dózisterv kiértékelése
- terv végrehajtása



Összefoglalás

Another end of the day at the clinic...

Köszönöm a figyelmet!