

# Sugárvédelem



## Feladvány

- Atomenergia
- Dohányzás
- Antibiotikumok
- Röntgendiagnosztika
- Elektromosság
- Kerékpározás
- Élelmiszer tartósítás
- Gépjárművek
- Alkoholfogyasztás

## A sugárvédelem története I. (PA)

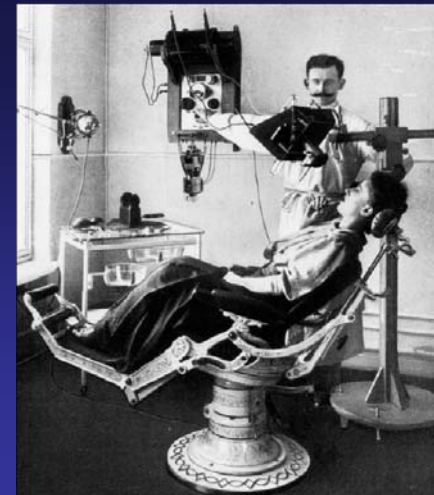
- 1895 W.C. Röntgen felfedez egy addig ismeretlen (x-) sugárzásfajtát
- 1895-ben elkészül az első röntgenfelvétel, az eredmények nyilvánosságra kerülnek
- 1896-ban felvétel egy törött alkarról  
→ **első diagnosztikai célú alkalmazás**
- Kiállítás New Yorkban
- 1896-ban fel figyelnek a röntgensugárzásban rejlő terápiás lehetőségekre



Katódsugárcső

## A sugárvédelem története II.

- 1901 W.C. Röntgen elnyeri a fizikai Nobel-díjat
- 1903 megfigyelik, hogy az egyes szövetek más-más érzékenységgel bírnak
- 1908 beszámolnak a sugárzás rákos megbetegedést okozó hatásáról
- 1911 a sejtmag sokkal érzékenyebb, mint a Zytoplazma



1917

**Távolságvédelem**

**Idővédelem**

**Sugárzás gyengítése, árnyékolása**



1917



1950



## Az áldozatok

160 röntgendiagnosztikával dolgozó orvos és ápolónő neve szerepel a hamburgi Szent Georg kórház kertjében felállított emlékoszlopon.



Abb. 11: In diesen Gedenkstein, im Garten des Hamburger St.-Georg-Krankenhauses, sind die Namen von 160 Röntgenärzten und -schwestern gemeißelt, die als Pioniere im Umgang mit den neuen Strahlen, an den Folgen von Röntgenverbrennungen verstorben sind. (EISENBERG 1992 ((35), S.173)

## Nanotechnologia?



Abb. 11: In diesen Gedenkstein, im Garten des Hamburger St.-Georg-Krankenhauses, sind die Namen von 160 Röntgenärzten und -schwestern gemeißelt, die als Pioniere im Umgang mit den neuen Strahlen, an den Folgen von Röntgenverbrennungen verstorben sind. (EISENBERG 1992 ((35), S.173)

## A sugárvédelem története III.

- 1928 Első jelentős lépés a sugárvédelem területén:
  - Besugárzási dózis fogalmának definíciója
  - Meghatározásának megadása
  - Javaslat a gyakorlati sugárvédelem megszervezésére
- 1960 első dóziskorlátok törvényi elrendelése (a mostaniak kb. 2.5x-e, 50 mSv / év)
- 2000 dóziskorlátok szigorítása
- ??? Újabb szigorítás

## A röntgensugár alkalmazásai

- „Biztosabb látni, mint érezni”



Hirdetés



Cipővizlet

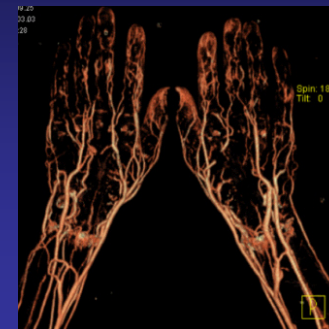
## A sugárvédelem kezdetei



## 100 év a radiológiában



Az erek szegmentált 3D-os CT képe

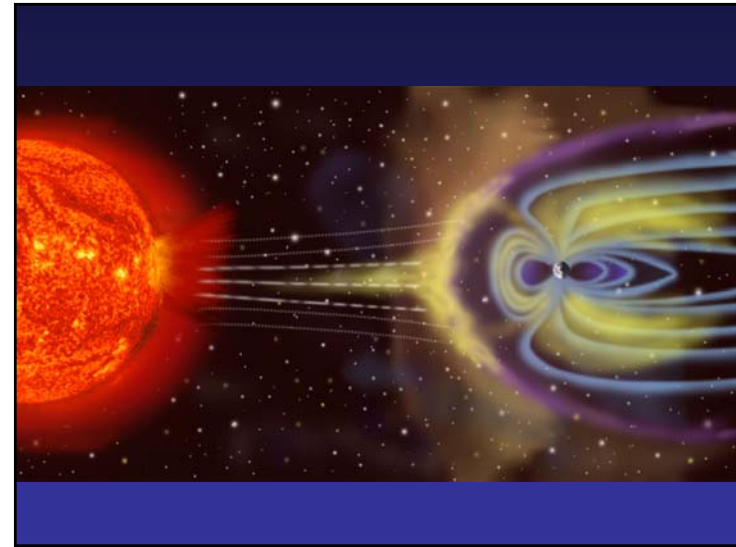


## 100 év a radiológiában

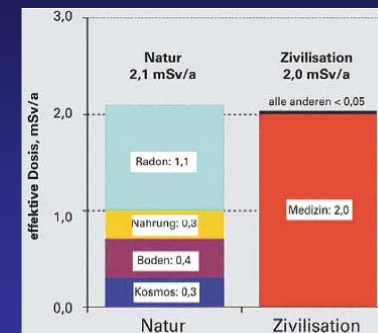
- 16 szeletes CT  
(mai legjobb: 256 szelet felett)



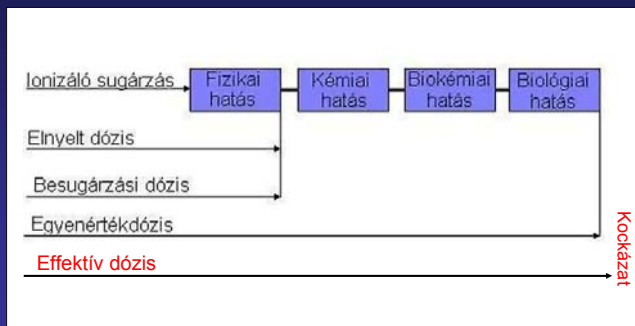
1917



## Természetes és civilizációs eredetű sugárterhelés



## Dózisfogalmak



## Dózisfogalmak - Egyenérték-dózis

**Egyenérték-dózis** ( $H_T$ ) a sugárzás biológiai hatását leíró számított dózismennyiség. Az  $R$  típusú sugárzástól,  $T$  szövetben vagy szervben elnyelt dózis:

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot w_R$$

, ahol  $D_{T,R}$  a  $T$  szövetben vagy szervben elnyelt dózis átlagértéke és  $w_R$  az  $R$  sugárzás károsító hatásának **súlyozótényezője**, az egyes sugárzásokra jellemző dimenzió nélküli szám.

## Sugárzási súlyozó tényezők

Sugárzás	$w_r$
Fotonok	1
Elektronok és müonok	1
Protonok	5
Neutronok, energiától függően	5-20
$\alpha$ -sugarak, hasadványok, nehéz magok	20

## Dózisfogalmak - Egyenérték-dózis

Ha a sugárzási teret különböző típusú, illetve eltérő súlyozótényezőjű sugárzások alkotják, akkor a teljes egyenérték-dózis:

$$H_T = \sum_R D_{T,R} \cdot w_R$$

A teljes egyenérték-dózis egysége a Sievert (Sv):  $[H] = \text{J/kg} = \text{Sv}$  (sievert).

$$H_{T,D} = D_{T,D} \cdot w_T$$

## Dózisfogalmak - effektív dózis

Az effektív dózis (E) a különböző szövetek eltérő kockázatonövelő hatását figyelembe vevő, egész testre vonatkozó, számított biológiai dózisfogalom. Az effektív dózis:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

, ahol  $w_T$  a súlyozó tényező, amely a  $T$  testszövetből származó hatásokból eredő károsodás és a test egyenletes besugárzása esetén fellépő hatásokból eredő teljes károsodás aránya,  $H_T$  a szervekre számított egyenérték-dózis. Az effektív dózis egysége is a sievert,  $[E] = Sv = J/kg$ .

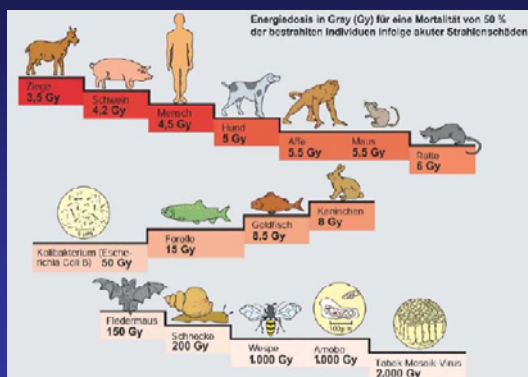
$$H_{T,D} = D_{T,D} \cdot w_T$$

## Testszöveti súlyozó tényezők

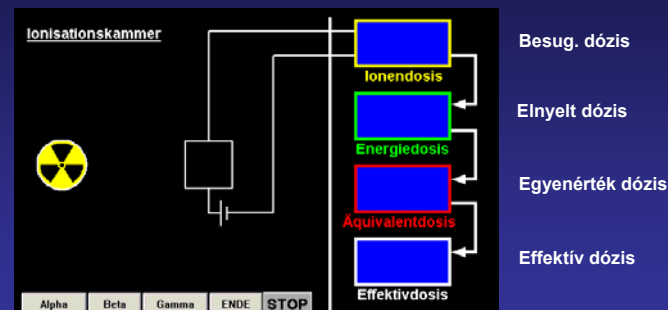
Ivarmirigyek	0,20
Vastagbél	0,12
Gyomor	0,12
Tüdő	0,12
Vörös csontvelő	0,12
Hólyag	0,12
Emlő	0,05
Máj	0,05
Nyelőcső	0,05
Pajzsmirigy	0,05
Csontfelületek	0,01
Bőr	0,01
Maradék	0,05
Összesen	1,00

$$H_{T,D} = D_{T,D} \cdot w_T$$

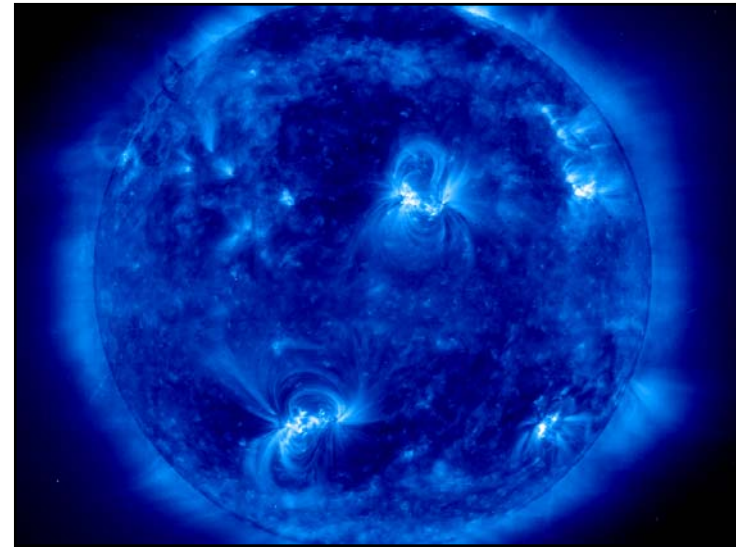
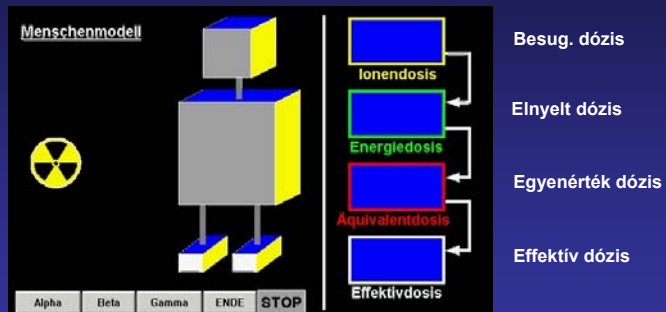
## Élőlények eltérő sugárérzékenysége



## Dózisfogalmak



## Dózisfogalmak



## A kockázatokról

Cél: különböző káros hatások összehasonlítása

A kockázat (rizikó) matematikai értelmezése:

$$R=W \cdot K$$

W: a bekövetkezés valószínűsége

K: a következmény súlyossága

Mikrorizikó:  $R=1 / 1\,000\,000$

1 mikrorizikónak kitett 1 millió ember közül egy áldozat várható

## Kockázatokról

- 2500 km utazás vonaton,
- 2000 km utazás repülőn,
- 80 km autóbusszon,
- 65 km autón,
- 12 km kerékpáron,
- 3 km motorkerékpáron,
- egy cigaretta elszívása,
- két hónap együttélés egy dohányossal,
- kövér embernek még egy vajas szendvicset enni,
- egy órán át Budapest belvárosában lélegezni,
- egy hétig házban aludni,
- tíz éven belül villámcsapást kapni.

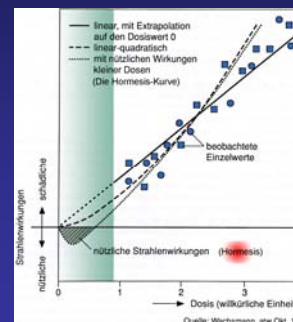


## A kockázatokról

Tevékenység, foglalkozás	mikrorizikó/év-ben kifejezett kockázat
Kereskedelmi munka	2-3
Gyári munka	10-100
Hivatásos autóvezetés	400
Építőipari munka	400
Szénbányászat	800
Elektromos távvezeték építés	1200
Mélytengeri halászat	800
Gyilkosság, Magyarország	30
Öngyilkosság, Magyarország	490
Dohányzás okozta halálesetek, Magyarország	3000

## Sugárhatásra fellépő daganatos megbetegedés kockázata

ICRP (International Commission on Radiological Protection) 1990-es ajánlása



$$R = 5 \cdot 10^{-2} / 1\text{Sv}$$

## A kockázatokról



## 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet 3 alapelv

1. Indokoltság elve
2. Optimalizálás  
ALARA – „As low as reasonably achievable”  
Az indokolt sugárterhelés olyan alacsony szintre kell csökkenteni, ami gazdasági és társadalmi szempontok figyelembevételével ésszerűen lehetséges
3. A dóziskorlátozás

## Ionizáló sugárzás

Amivel együtt élünk  
1-3 mSv

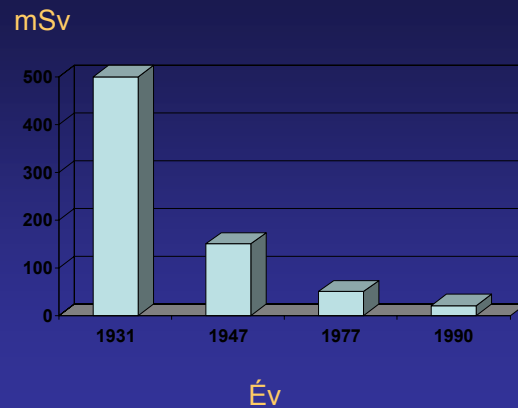
Halálos  
4000 mSv

Hol húzzunk határvonalat?  
Melyek a sugárzás hatásai?

## Dóziskorlátok

	Foglalkozás sugárterhelés	Tanulók, gyakornokok (16-18 évesek)	Lakosság (orvosi sug. terhelés nélkül)
Egésztest (effektív dózis)	100mSv / 5 év (egy évben sem lehet >50 mSv)	6 mSv / év	1 mSv / év
Szemlencse (egyenérték dózis)	150 mSv / év	50mSv / év	15mSv / év
Bőr (egyenérték dózis)	500 mSv / év	150mSv / év	50mSv / év

## A dóziskorlát változása (ICRP)



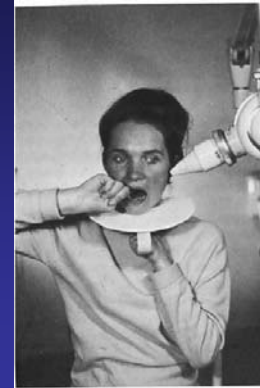
## További előírások

1. Kötelező sugárvédelmi képzés, 5 évente továbbképzés
2. Egyéni sugárterhelés rendszeres ellenőrzés
3. Sugárveszélyre utaló jelzés, felirat
4. Technikai eszközök (röntgenberendezés) rendszeres kontrollja
5. Minden röntgenvizsgálatot dokumentálni kell

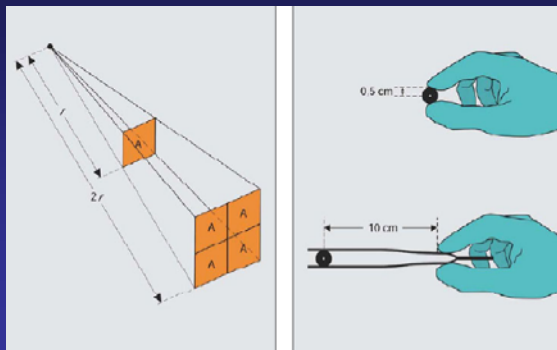
## A sugárterhelés csökkentése

1. Megfelelő röntgenfilm kiválasztása
2. A film gondos előhívása
3. Digitális technika alkalmazása
3. A megfelelő felvételi technika alkalmazása
4. A megfelelő tubus kiválasztása
5. Alumínium szűrő használata
6. Ólomköpeny használata

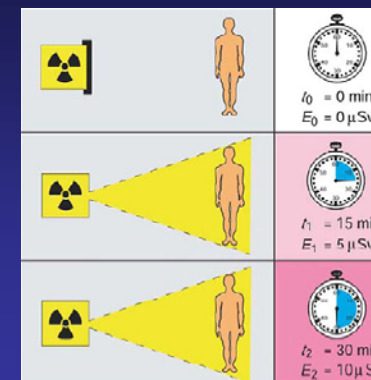
## Árnyékolás / gyengítés



## Távolság



## Idővédelem



### A feladvány megoldása

- Dohányzás
- Alkohol fogyasztás
- Gépjárművek
- Elektromosság
- Röntgendiagnosztika
- Kerékpározás
- Atomenergia
- Élelmiszer tartósítás
- Antibiotikumok

### An up to date study (Germany)

The knowledge of non-radiological physicians concerning radiation exposure during radiological procedures on the thorax

- 124 non-radiological physician were questioned.
- They were asked to estimate the ED of chest X-rays and CT examinations.

### An up to date study (Germany)

- chest X-ray - Correct (0.01-0.1 mSv) 40%
- chest CT - Correct (1-10 mSv) 33.5 %
- Effective dose of cardiac CT and pediatric chest CT without dose reduction (10 - 100 mSv)  
correct: 26%

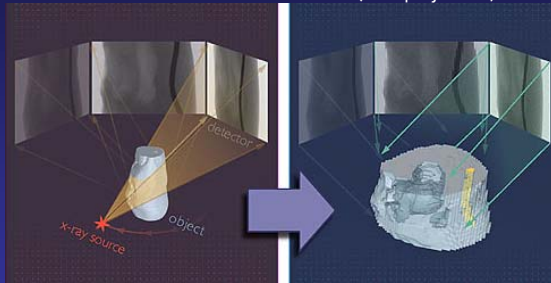
### An up to date study (Germany)

- ED of chest X-ray to that of chest CT (factor 100 - 1000) - 23.5 %
- (20.2 %) and (8.4 %) thought that the ED of low-dose chest CT is **smaller than that of chest X-ray or chest MRI**, respectively. The length of professional experience, field of clinical training, and hierarchical position of the participants did not have a significant influence on the test results.

## Principle of CT

Projection images

Reconstructed slices  
(backprojection)

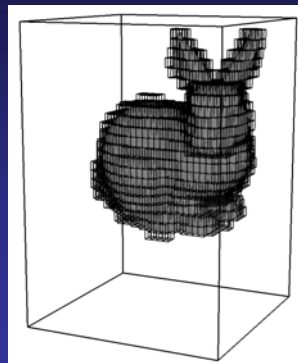


## Fan beam – Cone beam

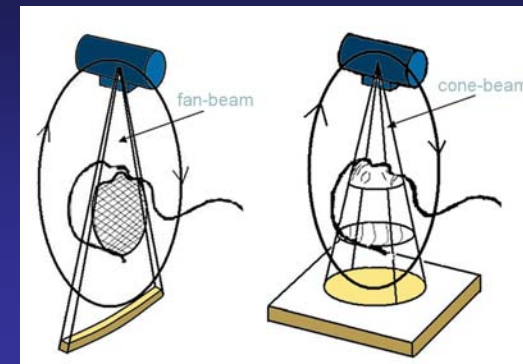


## Principle of CT

- 3D model
- Pixel (2D) -> Voxel (3D)



## Fan beam – Cone beam



## „The greatest legacy” of The Beatles

- The CT scanner was "the greatest legacy" of **The Beatles**, with the massive profits resulting from their record sales enabling EMI to fund scientific research[1], including into computerised tomography. The first production X-ray CT machine (in fact called the "EMI-Scanner") was limited to making tomographic sections of the brain, but acquired the image data in about 4 minutes (scanning two adjacent slices) and the computation time (using a Data General Nova minicomputer) was about 7 minutes per picture.