

Dozimetria, sugárvédelem Nukleáris mérés technika

Dr. Smeller László

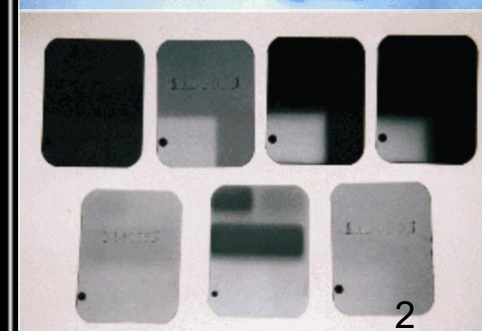
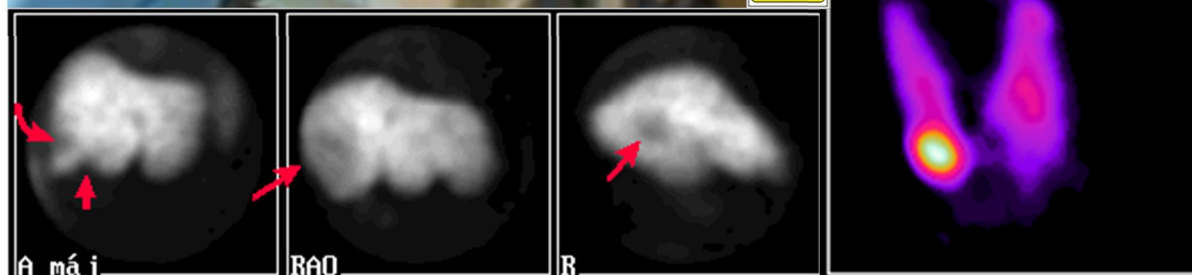
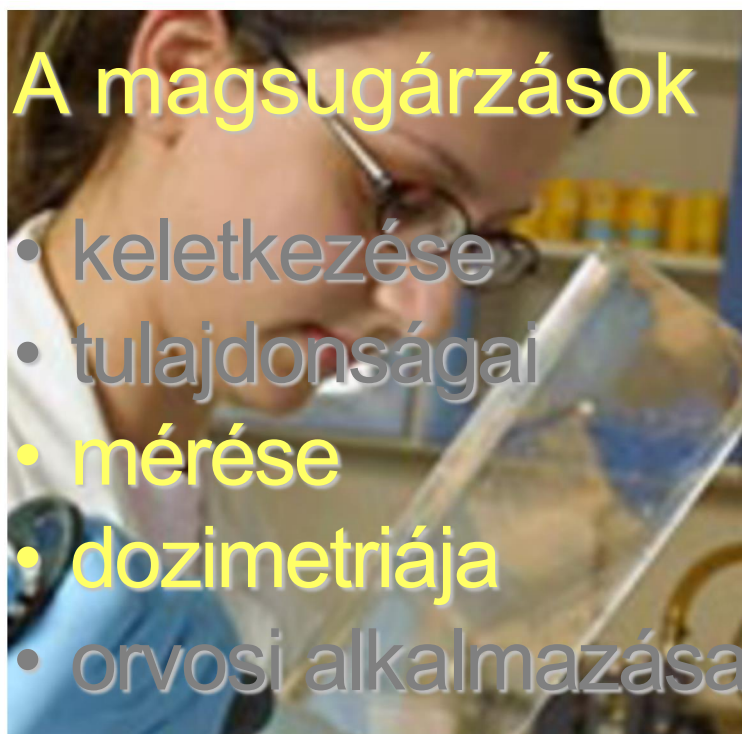
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

Semmelweis Egyetem



Dozimetria, sugárvédelem

Nukleáris mérés technika

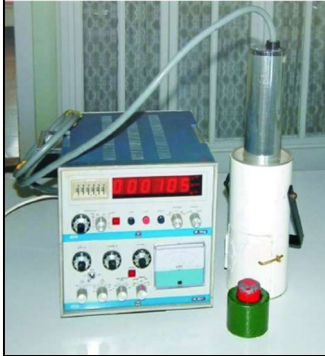


1. A magsugárzások mérése

- 1.1. Szcintillációs számláló
- 1.2. Gázionizáción alapuló detektorok **Id. gyakorlat**
- 1.3. Termolumineszcens doziméter
- 1.4. ~~Fotográfiai (film) módszerek~~ **elavult**
- 1.5. félvezető detektorok

1.1 Szcintillációs detektor

Id. gyakorlat

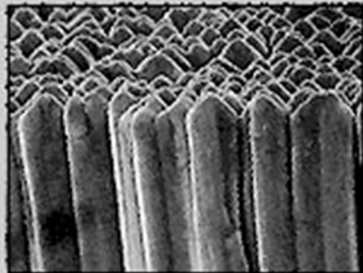


szcint. kristály fénye

Röntgen képerősítő



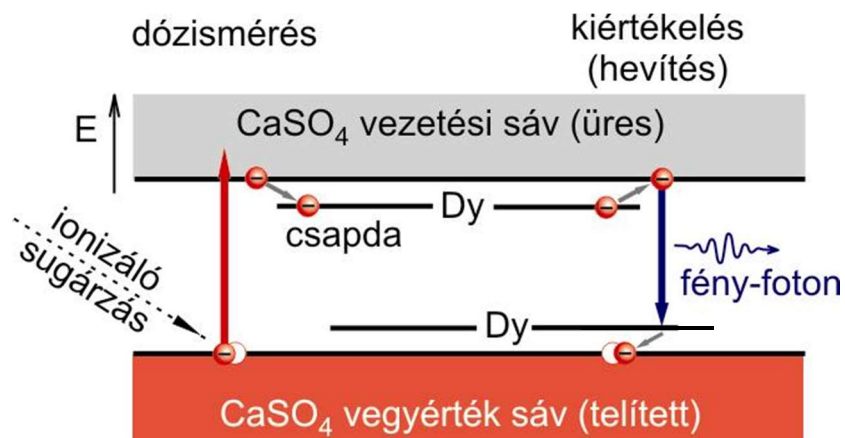
szív terheléses
SPECT vizsgálata



Tűkristályok
képalkotáshoz



1.3. Termolumineszcencia



Id. gyakorlat



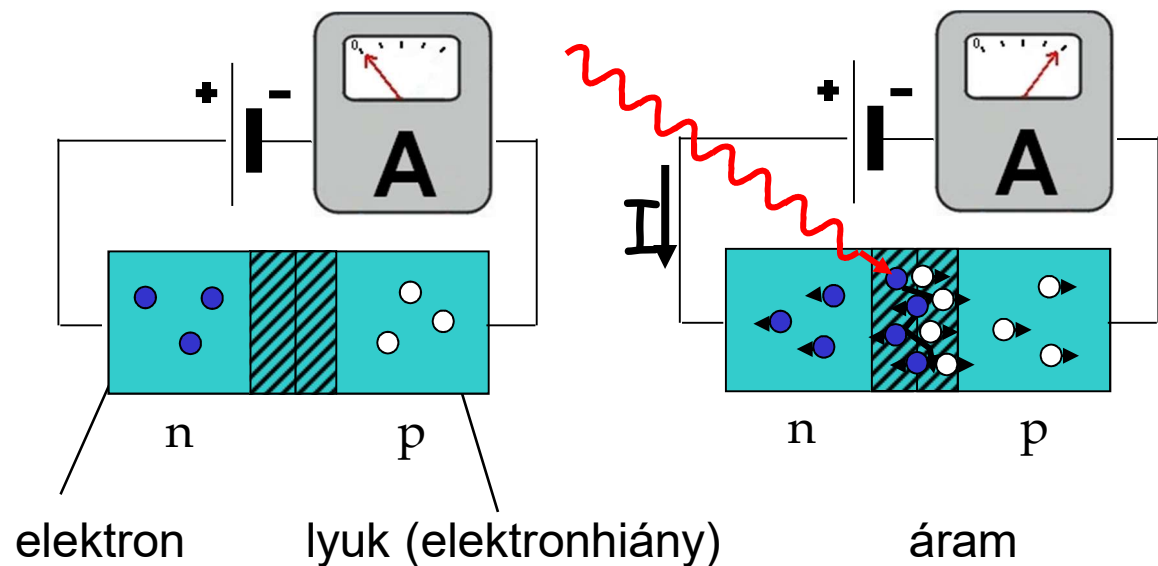
A Földön

Személyi dozimetria



1.5. Félvezető detektor

Elv: félvezető dióda záróirányban
a sugárzás szabad töltéshordozókat kelt



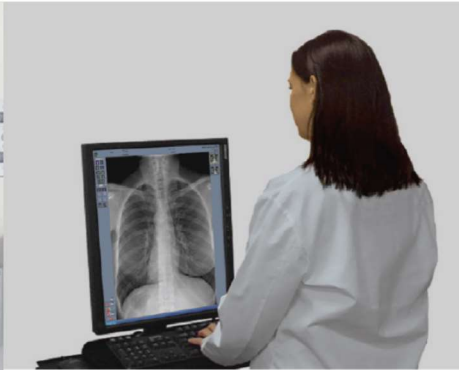
Diagnosztika
Flat panel detektor



Dozi-
méter



2. Az ionizáló sugárzások biológiai hatása



2.1. A sugárhatás mechanizmusa

2.2. A sugárhatás osztályozása

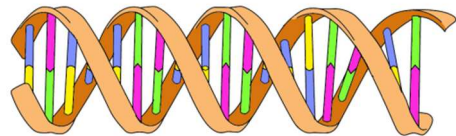
2.3 Dózisfogalmak

2.4 Az elnyelt dózis számolása γ -sugárzó izotóp esetén

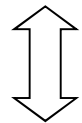
2.5. Determinisztikus sugárzási küszöbdózisok

2.6. Néhány jellemző dózis ill. dózisteljesítmény

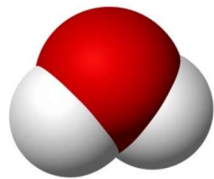
2.1. A sugárhatás mechanizmusa



direkt



indirekt



Fizikai fázis:

10^{-17} - 10^{-12} s Ionizáció

Kémiai (biokémiai) fázis:

10^{-10} - 1s: szabad gyökös reakc.

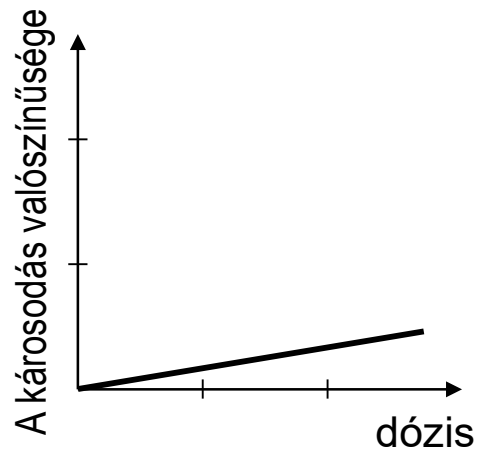
Biológiai fázis:

órák: szöveti változások

napok-évek: gyomor-béltraktus vált.
vérképző rsz. károsod.
szomatikus változások

2.2. A sugárhatás osztályozása

Sztochasztikus



- Kis dózisok esetén
- Véletlenszerűen kialakuló
- Nincs küszöbdózis
- Súlyosság független a dózistól
- Kevés számú találat

Determinisztikus



- Nagy dózisok esetén
- Törvényszerűen kialakuló
- Van küszöbdózis
- Súlyosság nő a dózissal
- Sok találat

2.3. Dózisfogalmak

2.3.1. Elnyelt dózis

Elnyelt dózis:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

A dm tömegű
anyagban a
sugárzásból
elnyelt energia

Mértékegysége $\text{J/kg} = \text{Gy}$

Mérése:

- direkt módon nehéz (minimális hőmérséklet- emelkedés:
 $\Delta T = 0,0015 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Gy}$)
- indirekt módon
 - ionizációs kamra
 - félvezető detektor
 - termolumineszcens dózismérő
 - ...



Luis Harold Gray

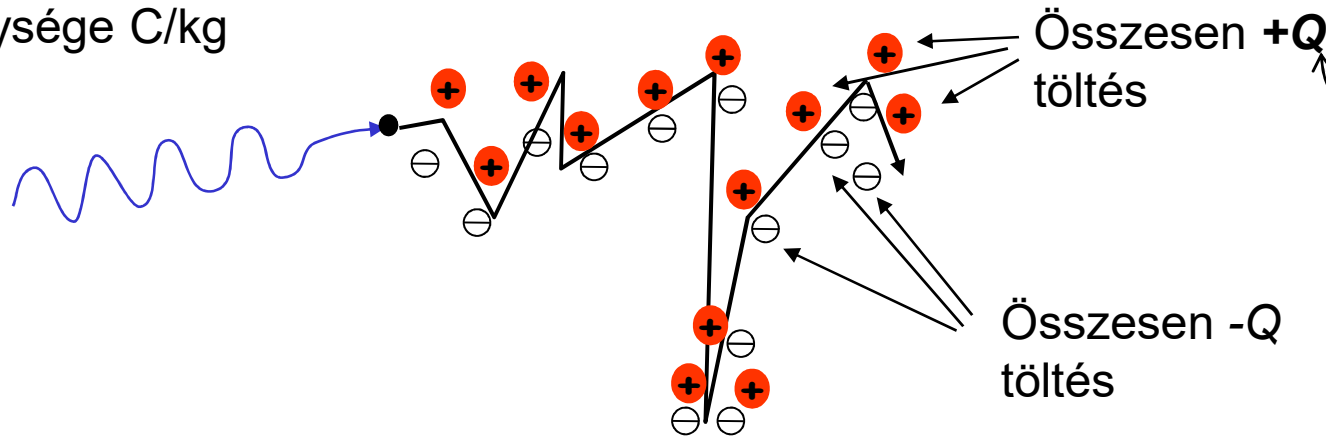
2.3. Dózisfogalmak

2.3.2. Besugárzási dózis

Besugárzási dózis: $X = \frac{dQ}{dm}$ ← a dm tömegben keltett pozitív töltés

Csak γ és röntgensugárzásra, levegőben!

Mértékegysége C/kg



Mérése: ionizációs kamra
(két kondenzátorlemezen
összegyűjtjük a + ill. - töltéseket)

2.3.3. A szövetben elnyelt dózis számolása a levegőben mért besugárzási dóziséból

- Levegőben 1 ionpár keltéséhez 34 eV energia szükséges

$$\begin{array}{ccc} 34 \text{ eV} = 34 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} & \longrightarrow & 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ 34 \text{ J} & \longrightarrow & 1 \text{ C} \end{array}$$

$$1 \frac{\text{C}}{\text{kg}} \Rightarrow 34 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 34 \text{ Gy}_{\text{lev}}$$

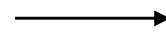
- Ugyanolyan tömegű szövet és levegő elnyelését a tömeggyengítési együtthatók segítségével hasonlíthatjuk össze:

$$\frac{D_{\text{szövet}}}{D_{\text{levegő}}} = \frac{\mu_{m,\text{szövet}}}{\mu_{m,\text{levegő}}} \quad \longrightarrow \quad D_{\text{szövet}} = \frac{\mu_{m,\text{szövet}}}{\mu_{m,\text{levegő}}} f_0 X \quad \text{ahol} \quad f_0 = 34 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

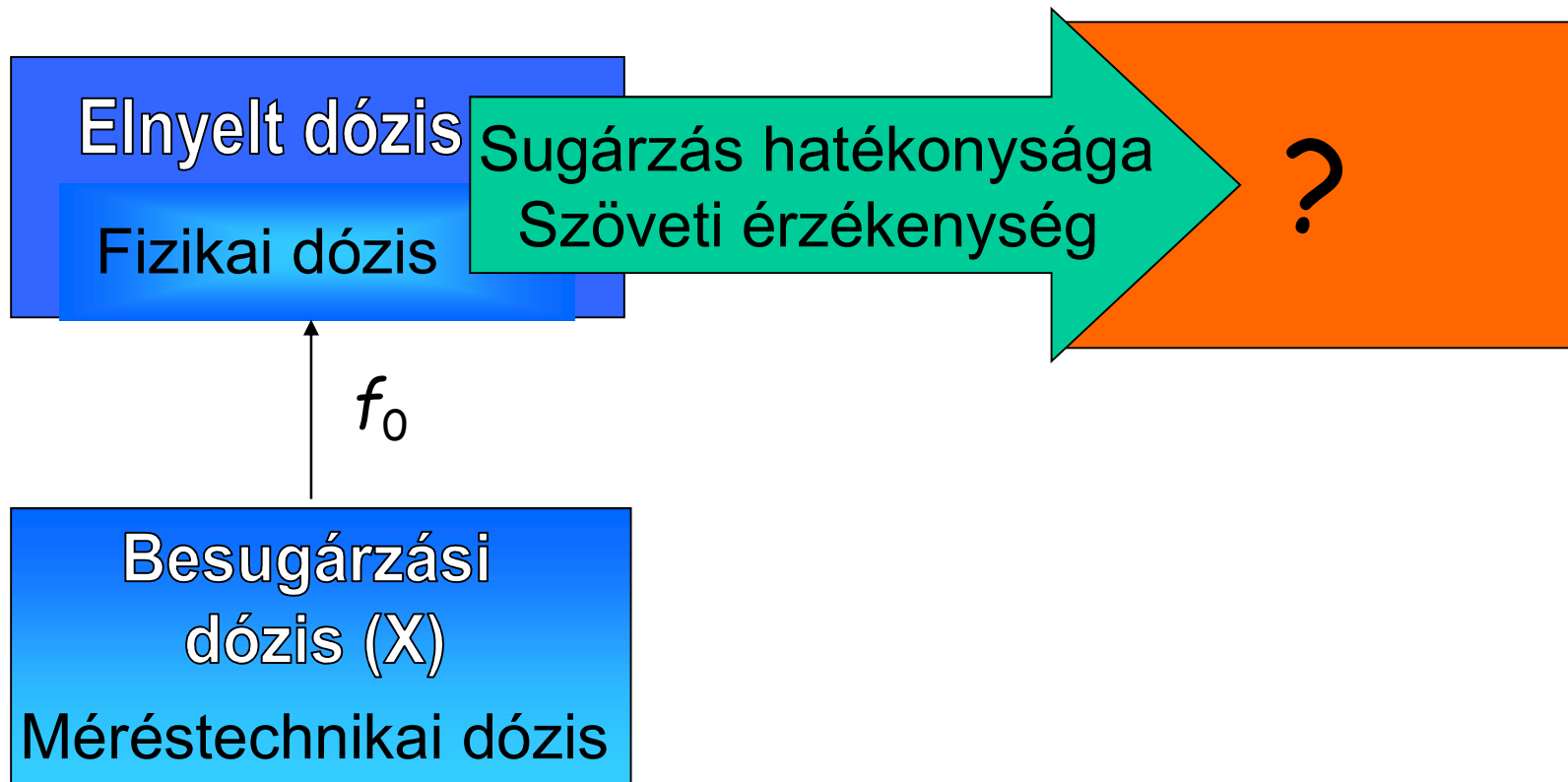
$$E_{\text{foton}} < 0,6 \text{ MeV} \text{ esetén lágyszövetre: } \frac{\mu_{m,\text{szövet}}}{\mu_{m,\text{levegő}}} \approx 1,1$$

Fizikai dózisok és az okozott biológiai hatás

*A sugárzást jellemző
fizikai mennyiségek*



Biológiai hatás



A biológiai hatás...

→ **Determinisztikus hatás** (pl. sugárterápiánál)

Tipikusan

- egyfajta sugárzással
- egyfajta szövetet sugározzunk be

Elnyelt dózis

arányos

Biológiai hatás

→ **Sztochasztikus hatás** (pl. sugárvédelemben)

Tipikusan

- többfajta sugárzás
- többfajta szövetet ér

Elnyelt dózis

súlyozottan
összegzendő

Biológiai hatás



+



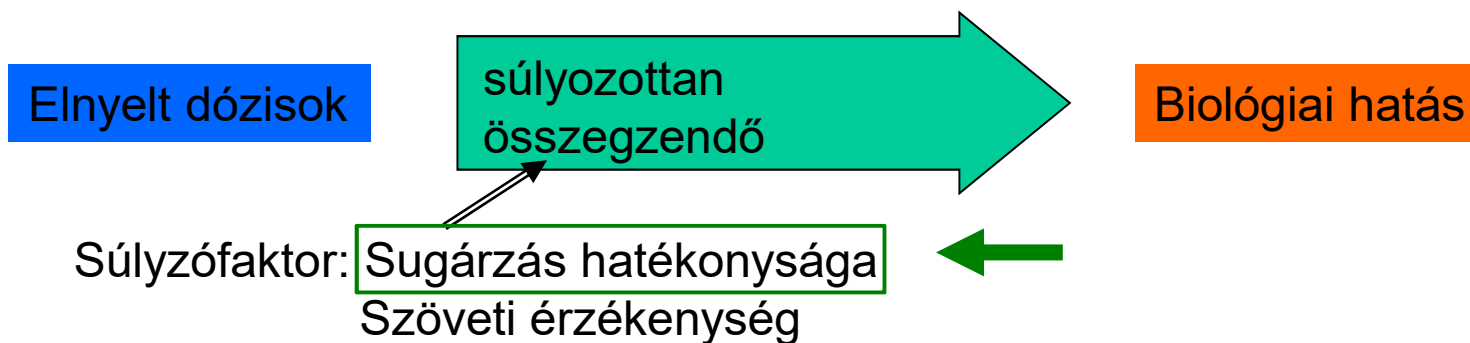
+



=



2.3.4. Egyenérték dózis



Egyenérték dózis:
$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad [\text{Sv}]$$

Súlyozottan adjuk össze a különböző sugárzásokból (R) az adott szövetben (T) elnyelt dózisokat. Például:

$$H_{\text{bör}} = w_{\text{alfa}} D_{\text{bör,alfa}} + w_{\text{beta}} D_{\text{bör,beta}} + w_{\text{gamma}} D_{\text{bör,gamma}}$$

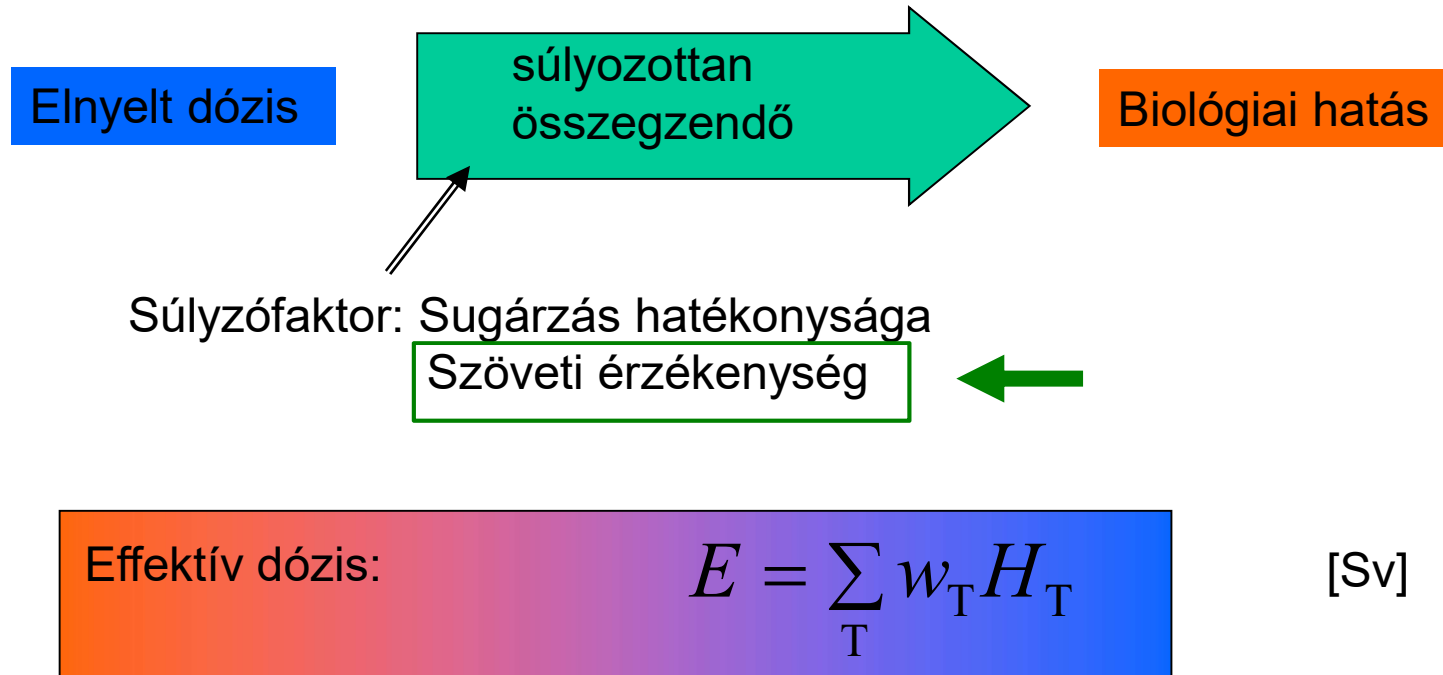
A sugárzási súlytényező (w_R)

Hányszor nagyobb az adott sugárzás hatékonysága (a sztochasztikus hatás kiváltásában), mint a röntgen- ill. γ -sugárzás.

Sugárzás	w_R
Foton (γ , rtg)	1 (def!)
Elektron (β)	1
Neutron	Energia függő
Proton	2
Alfa	20



2.3.5. Effektív dózis



Súlyozottan adja össze a különböző szöveteket (T) ért egyenérték dózisokat.

$w_T H_T$ jelenti a H_T dózisnak az egész test sugárkárosodásához való hozzájárulását.

$$\sum_T w_T = 1$$

Homogén egésztest besugárzás esetén: $E = H$

w_T súlytényező

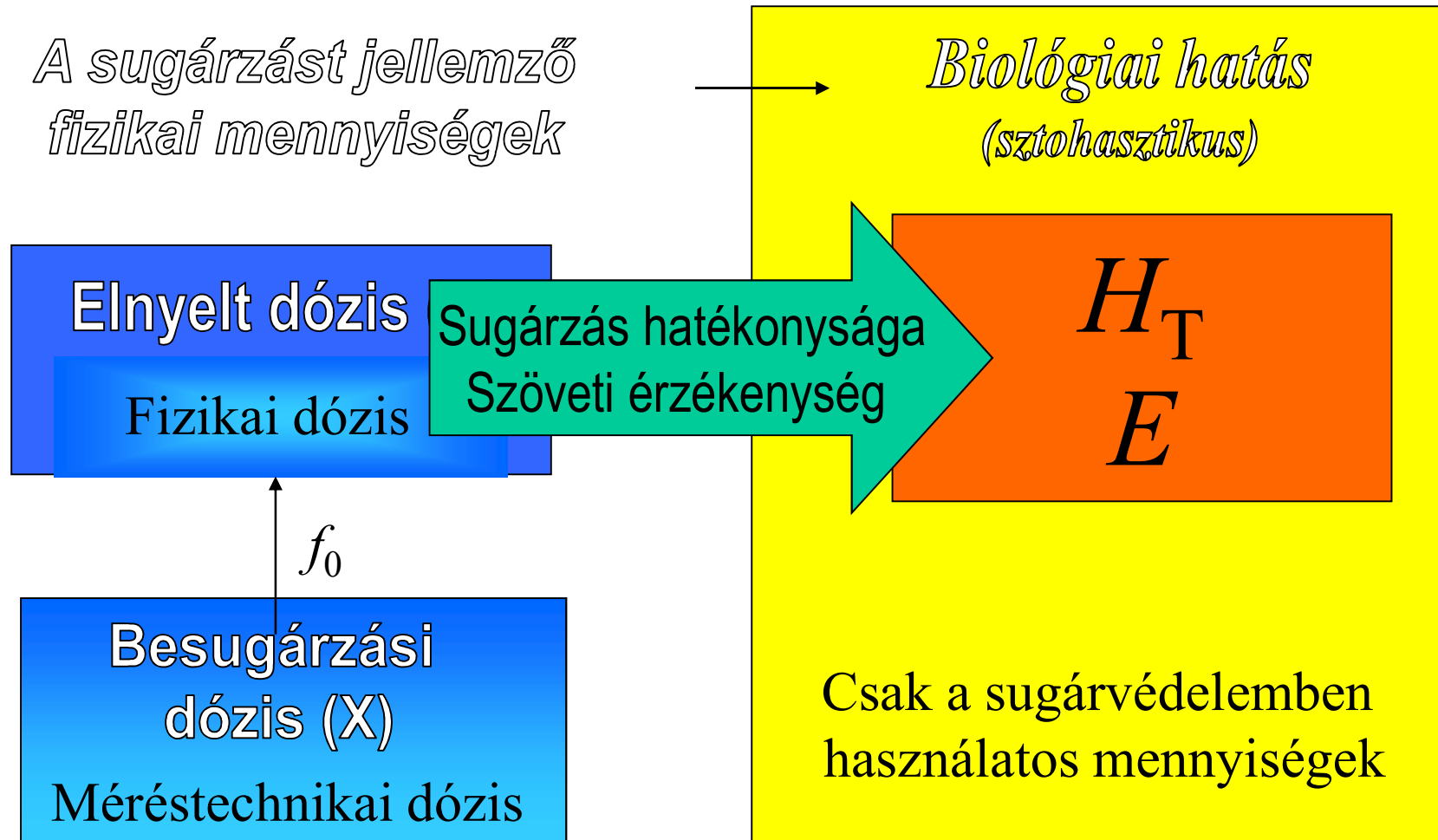
Megmutatja, hogy az illető szövet-szerv milyen hányadban vesz részt a teljes károsodásban akkor, ha homogén sugárzás érte a az egész testet.

Testszövet	w_T	Testszövet	w_T
Csontvelő	0,12	Nyelőcső	0,04
Vastagbél	0,12	Máj	0,04
Tüdő	0,12	Pajzsmirigy	0,04
Gyomor	0,12	Csontfelszín	0,01
Emlő	0,12	Agy	0,01
Egyéb szövetek*	0,12	Nyálmirigyek	0,01
Ivarmirigyek	0,08	Bőr	0,01
Hólyag	0,04		

*Egyéb szövetek: mellékvesék, felső légutak, epehólyag, szív, vesék, nyirokcsomók, izom, szájnyálkahártya, hasnyálmirigy, prosztata (férfiak), vékonybél, lép, csecsemőmirigy, méh/méhnyak (nők).

487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet 2/2022 OAH rendelet

Dózisfogalmak összefoglalása



Megj: dózis/idő = dózisteljesítmény. Pl: D/t = elnyelt dózisteljesítmény

2.4 Az elnyelt dózis számolása pontszerű γ sugárzó izotóp esetén

Pontsugárzó esetén:

$$D = \frac{K_{\gamma} \Lambda t}{r^2}$$

K_{γ} : dóziskonstans $\left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{GBq}} \right]$

Λ : aktivitás [Bq]

r : az izotóptól való távolság [m]

t : besugárzási idő [s,h]

Pl: a ^{137}Cs izotópra: $K_{\gamma}=80 \frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{GBq}}$

1GBq ^{137}Cs 1 m távolságban 80 $\mu\text{Gy/h}$ –t okoz

800 x háttérsugárzás 

Hogyan óvjuk magunkat?

Minél kisebb aktivitással

Minél gyorsabban

Minél messzebből

2.5. Determinisztikus sugárzási küszöbdózisok

Csontvelő:

Vérképzéscsökkenés **0,5 Gy**

Herék:

átmeneti sterilitás 0,15 Gy

végleges sterilitás 3,5-6 Gy

Szemlencse

Kimutatható lencsehomály 0,5-2 Gy

Cataracta 5 Gy

Bőr:

Korai átmeneti erythema 2 Gy

Erythema 6 Gy

Időleges epilálás 3 Gy

Egyézsztet besugárzás esetén: ~~félhalálos~~ **medián halálos** dózis:

4 Gy

halálos dózis

6 Gy

2.6. Néhány jellemző dózis ill. dózisteljesítmény

Természetes háttérsugárzás*: 2,4 mSv/év

Ennek fele a Rn-ból.

Orvosi vizsgálatok (páciensdózis)

hagyományos felvétel: 0,2-1 mSv

CT felvétel: 2-8 mSv

Orvosi beavatkozások:

Intervenciós radiológia

orvos: kéz: 100 mSv/2hó

szem: 30 msv/2hó

térd: 20 mSv/2hó

gonád

(ólomköpeny alatt): 0,5 mSv/2hó

Páciens: akár 1 Gy!!

Sugárterápia: tipikusan 45-60 Gy (lokálisan, 2 Gy frakc.)



3. Sugárvédelem

3.1. Alapelvek

Sugárforrásokkal dolgozók:

Indokoltság

Optimálás

Korlátozás

Sztochasztikus hatás ésszerű
redukálása

Determinisztikus hatás kizárása,
Dóziskorlátok

Páciensek:

Indokoltság: cost-benefit elv

Optimálás: diagnosztikai irányadó szintek

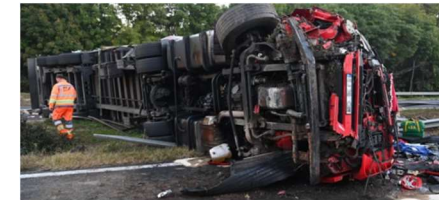
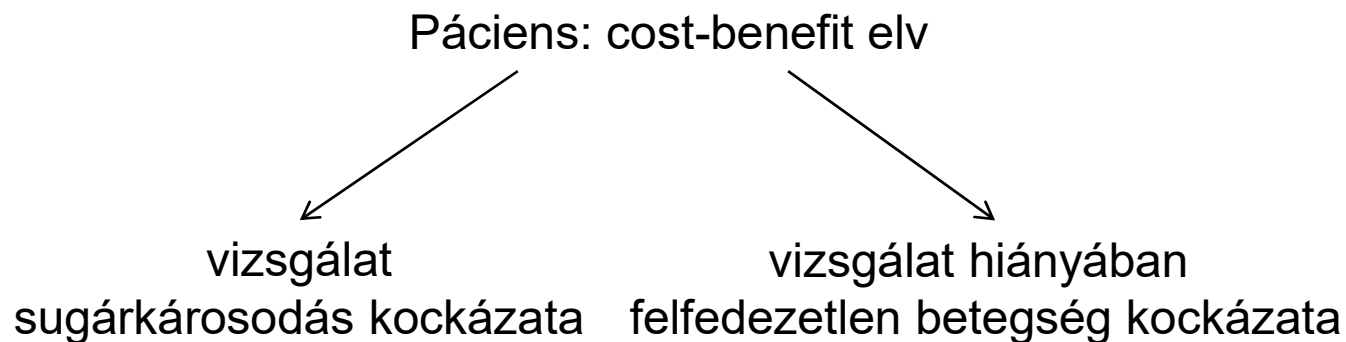
Páciensdózisok mérése és dokumentálása

3.2. A dóziskorlátozás célja

- Elkerülni a determinisztikus károsodást
- A sztochasztikus sugárhatás kockázata ne haladja meg a társadalom egyéb, de elfogadott tevékenységeinek a kockázatát

Dóziskorlát \neq megengedett dózis!

Dóziskorlátok:	munkavállalókra lakosságra páciensre nincs !
-----------------------	--



3.3. Dóziskorlátok*

≠megengedett dózis!

3.3.1. Foglalkozási dóziskorlát munkavállalókra

– egész testre és szemlencsére **20 mSv/ év**

(kb. $10\mu\text{Sv}/\text{munkaóra}$)**

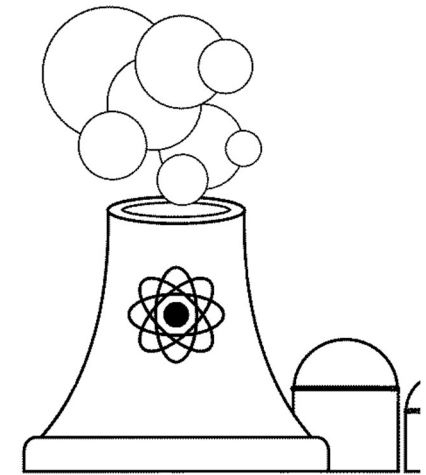
– bőrre és végtagokra **500 mSv/év**

3.3.2. Lakossági dóziskorlát***

– egész testre **1 mSv/ év******

– szemlencsére 15 mSv/év

– bőrre 50 mSv/év



*változtak (csökkentek) az értékek a tankönyvi adatokhoz képest!!

**v.ö.: háttérsugázás dózistelje: $\approx 0,1 \mu\text{Sv}/\text{h}$

***csak a mesterséges forrásokból származó dózisa vonatkozik
(nem számít ide az orvosi tevékenységből adódó dózis!)

****v.ö.: háttérsugázás dózistelje: $\approx 2,4 \text{ mSv}/\text{év}$