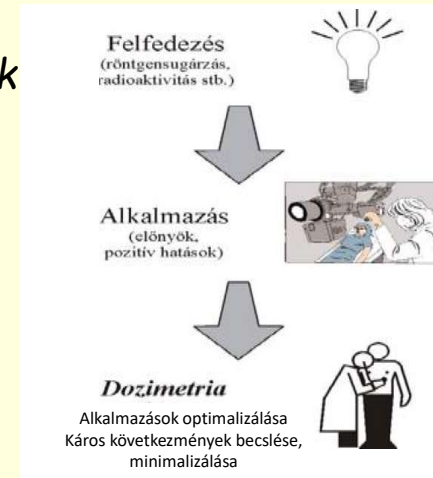


# Ionizáló sugárzások dozimetriája



## Ionizáló sugárzások



## Ionizáló sugárzások

csoportosításuk a kiváltott hatás alapján.

### Közvetlenül (direkt) ionizáló

A sugárzással töltések lépnek a közegbe, a sugárzást alkotó részecskék hozzák létre a töltéseket.

Pl.  $\alpha$ -és  $\beta$ -sugárzás.



### Közvetve (indirekt) ionizáló

A sugárzás fotonjai által keltett elektronok hozzák létre a töltéseket Pl.  $\gamma$ -sugárzás, röntgen.



## A dozimetria feladata

Az egészségügyi kockázat becslése megelőzés céljából.

Az egészségkárosodás felmérése.

A terápiás folyamat tervezése.

Megfelelő  
mennyiségek  
megfogalmazása



Méréstechnika



Kockázatbecslés

## 1. Mennyiségek, azaz dózisok

- Legyen a károsodás, hatás mértékére jellemző sugármennyiség!
- Legyen arányos a károsodás mértékével, kockázatával!
- Legyen additív!
- Lehetőleg ne függjön más tényezőktől! ?

## Dózisfogalmak

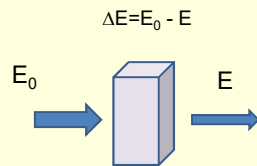
**Fizikai dózisok:**  
elnyelt dózis,  
besugárzási dózis

**Biológiai dózisok:**  
egyenértékdózis,  
effektív dózis

**Származtatott dózisok:**  
kollektív dózisok,  
dózisjeljesítmény

## Fizikai dózisok

### 1. Elnyelt dózis



**Egységnyi tömegben elnyelt energia**

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

*Érvényesség:* minden abszorbeáló anyagra és mindenfajta sugárzásra.

*Mértékegység:*  $[J / kg] \equiv Gy$

*Mérés ????*



Louis Harold Gray  
(1905-1965).

80 g tömegű pajzsmirigyben 0,2 GBq aktivitású  $^{131}I$  izotóp 7,5 nap effektív felezési idővel bomlik. Számítsuk ki a pajzsmirigy által az izotóp teljes lebomlásáig elnyelt dózist, ha a kibocsátott  $\beta$ -részecskék átlagos energiája 0,18 MeV.

$$\Lambda = \frac{\ln 2}{T} N$$

$$N = \frac{0,2 \cdot 10^9 [Bq] \cdot 6,48 \cdot 10^5 [s]}{0,693} = 1,87 \cdot 10^{14}$$

$$E = 0,18 \cdot 10^6 [eV] = 2,88 \cdot 10^{-14} [J]$$

$$E_{\text{össz}} = N \cdot E$$

$$E_{\text{össz}} = 1,87 \cdot 10^{14} \cdot 2,88 \cdot 10^{-14} = 5,38 [J]$$

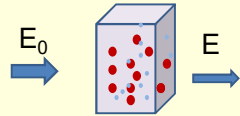
$$D = \frac{E_{\text{össz}}}{m}$$

$$D = \frac{5,38}{0,08} = 67,28 \left[ \frac{J}{kg} \right] \equiv 67,25 [Gy]$$

## Fizikai dózisok

### 2. Besugárzási dózis

Egységnyi tömegű levegőben keltett pozitív, vagy negatív töltések mennyisége.

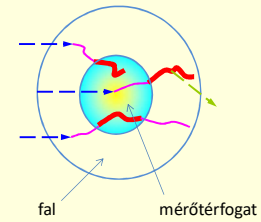


$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

Érvényesség: levegőben, csak  $\gamma$ - és rtg.-sugárzásra, elektron-egyensúly\* esetében.

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

$\Delta Q$  – szekunder elektronok!!



**Elektron-egyensúly** : A határfelületen átlépő szekunder elektronok nettó mennyisége nulla.

Befolyásolja:

- a környezet (a kamra falának) anyaga – **levegőekvivalens**
- a kamra falának vastagsága
- a foton energiája

$$E < 0.6 \text{ MeV}$$

Az elnyelt dózis és a besugárzási dózis kapcsolata

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

$$D_{lev} = f_0 X$$

$$\sim 34 \text{ J/C}$$

Levegőben az átlagos ionizációs energia  
 $\sim 34 \text{ eV}$ .

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

A szövetben elnyelt dózis

$$\frac{\Delta E}{\Delta m} \approx \mu_m \cdot J$$

$$D_{lev} = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

$$\frac{D_{lev}}{D_{szövet}} = \frac{\mu_{m,levegő}}{\mu_{m,szövet}}$$

Fotonenergia (MeV)	$\mu_{m,lev.}/\mu_{m,szövet}$ (lágyszövetek)	$\mu_{m,lev.}/\mu_{m,szövet}$ (csont)
0,1	1,07	3,54
0,2	1,08	2,04
0,4	1,10	1,24

### A szövetben elnyelt dózis

$E > 0.6 \text{ MeV}$

$$\frac{D_{\text{lev}}}{D_{\text{szövet}}} = \frac{s_{m,\text{levegő}}}{s_{m,\text{szövet}}}$$

s: tömegfűvezőképesség (LET)

Elektron energia (MeV)	$s_{m,\text{szén}}/s_{m,\text{lev.}}$
1.0	0.985
3.0	0.946

### Biológiai dózisok

Az elnyelt energia (abszorbeált dózis) nem jellemzi egyértelműen a biológiai következmények mértékét.

A biológiai hatás mértéke függ:

A sugárzás fajtájától.

Sugárzásra jellemző korrekciós faktor

A hatást elszenvedő biológiai objektum érzékenységétől, biológiai funkciójától

Elnyelő szövetre jellemző korrekciós faktor

### Dózisegyenérték (H)

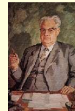
A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

$$H_T = w_R D_T$$

Sugárzás hatékonyságára jellemző sugárzási súlytényező

H mértékegysége: Sievert (Sv)

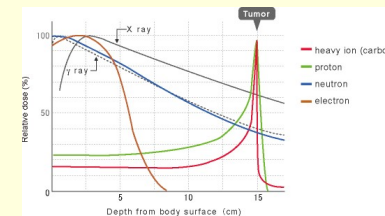
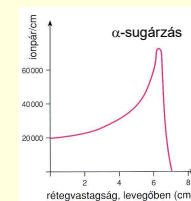
Rolf Sievert  
1896-1966



sugárzás	$w_R$
foton	1
elektron	1
neutron	5-20
proton	5
$\alpha$ -sugárzás	20

### Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

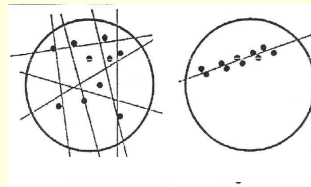


LET (Linear Energy Transfer) v. linearis energiaátadás:  
egységnyi úthosszon leadott energia ( $nE_{\text{ionpár/l}}$ )

## Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

$$H_T = w_R D_T$$

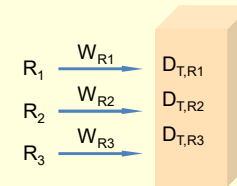


Alacsony LET  
Pl.  $\gamma$ , rtg

Magas LET  
pl.  $\alpha$ , proton

sugárzás	$w_R$
foton	1
elektron	1
neutron	5-20
proton	5
$\alpha$ -sugárzás	20

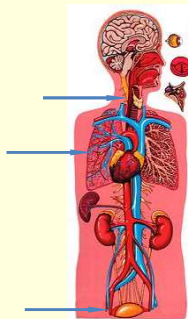
Többféle egyidejű sugárzás esetén az egyes sugárzások elnyelt dózisa súlyozottan adódnak össze.



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

## Effektív dózis (E)

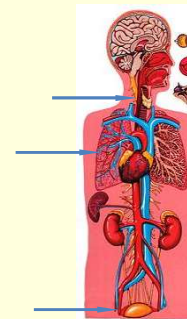
A szövetek eltérő érzékenységet megfelelő súlyozással vehetjük figyelembe.



$$E = \sum_T w_T H_T$$

$E$  mértékegysége: **Sievert (Sv)**

$$E = \sum_T w_T H_T$$



szövet	$w_T$	szövet	$w_T$
gonádok	0,2	emlő	0,05
vörös csontvelő	0,12	máj	0,05
vastagbél	0,12	nyelőcső	0,05
tüdő	0,12	pajzsmirigy	0,05
gyomor	0,12	bőr	0,01
hugyhólyag	0,05	csontfelszín	0,01

$$\sum_T w_T = 1$$

## Dózisteljesítmény

Egységnyi idő alatt elszennvedett dózis.

*Mértékegysége* változatos, a dózistól és az időtartamtól függ (pl. Gy/hónap, mSV/év stb.)

## Kollektív dózisok

Az emberek egy meghatározott csoportjában, meghatározott időre vonatkozóan összegzett dózismennyiségek.

## Kollektív dózisok

Az emberek egy meghatározott csoportjában, meghatározott időre vonatkozóan összegzett dózismennyiségek.

$$S = \sum_i N_i E_i$$

$N_i$  személy

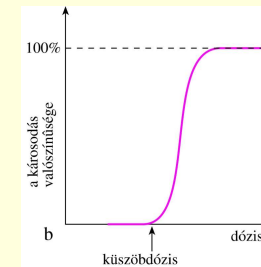
$E_i$  effektív dózist

## Sugárhatások típusai

*Determinisztikus hatás*

*Stochasztikus hatás*

## Determinisztikus hatás



**Küszöbdózis:** alatta nem lép fel.

**Gy**

**Küszöbdózis felett** a súlyosság arányos a dózissal.

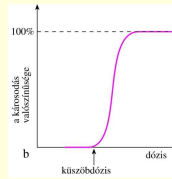
### Determinisztikus hatás

Küszöbdózis fölött a károsodás mértéke arányos a dózissal.

Rövid idővel a hatás után megjelenik.

Diagnosztikai eljárások kapcsán nem várható.

Pl. eritéma, hajhullás, katarakta, sejtek pusztulása, az egyed halála

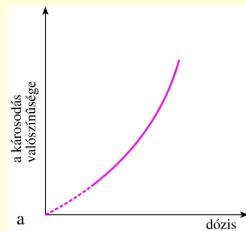


\*1% halálozás 60 nappal az esemény után

Dózis (Gy)	Biológiai hatás
0,15-0,2	A kimutatható sugársérülés küszöbdózisa.
0,5	Hematológiai módszerekkel kimutathatóság határa.
0,8	Az akut sugárbetegség küszöbdózisa
2,0	Minimális halálos dózis (LD1/60)*
4,0	Félhalálos dózis (LD50/60)
7,0	Minimális abszolút letális dózis LD99/60.

Mellkasi röntgenfelvétel: kb. 160  $\mu$ Gy a bőrben

### Stochasztikus hatás



Nincs küszöbdózis.

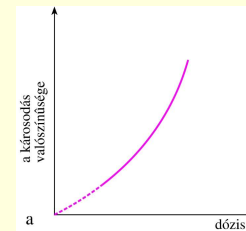
A károsodás bekövetkeztének **valószínűsége függ** a dózistól.

A károsodás bekövetkeztének **mértéke/súlyossága nem függ** a dózistól.

A károsodás megjelenése időben elhúzódó is lehet.

Pl. daganatok, magzati fejlődési rendellenességek

### Stochasztikus hatás



Sv

Az *egyenérték* ill. *effektív* dózis alapján **becsülhetjük** a stochasztikus sérülések **valószínűségét**.

Ezek tartománya a determinisztikus sérülések küszöbdózisai alatt van.

vizsgálat	becsült effektív dózis mSv
Mellkasi átvilágítás	0,04
Mellkasi CT	7,8
Koponya CT	1,8
Hasi átvilágítás	1,2
Hasi CT	7,6
Háti gerinc átvilágítás	1,0
Ágyéki gerinc átvilágítás	2,1
Vastagbél kontrasztanyag vizsgálata	8,7

### **Sugárterápia**

**Determinisztikus** hatások **kiváltása**. (pl. Daganatsejtek elpusztítása.) Stochasztikus mellékhatások lehetnek.

### **Sugárvédelem**

**Determinisztikus** hatások **kizárása**.  
Stochasztikus mellékhatások valószínűségének csökkentése.

Kapcsolódó fejezetek:

*Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika*

II. 4.

4.1

4.2

4.3

4.4

4.5

4.6

keretes: 184. 186.

*Gyakorlati jegyzet: Dozimetria*