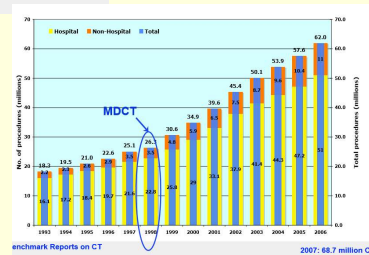
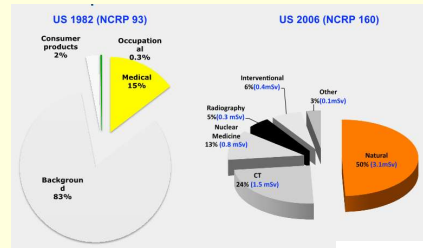
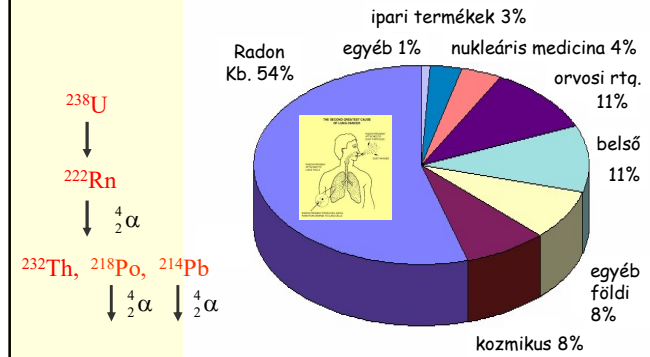


A becsült átlagos évi dózis természetes és mesterséges forrásokból 3.6 mSv.



A terhelés megoszlása a források között



Kockázati tényezők összehasonlítása

a várható átlagos élettartam csökkenése napokban

házasztárs nélküli élet (férfiaknak)	3500
dohányzás (1 csomag naponta)	2250
házasztárs nélküli élet (nőknek)	1600
szénbányász munkakör	1100
25% túlsúly	777
alkoholizmus	365
építőmunklás munkakör	227
közlekedés motorkerékpárral	207
1 mSv/év effektív dózis 70 éven át	10
kávézás	6

Orvosi tevékenység

- Laboratóriumi alkalmazás – radioaktív nyomjelzők
- Képalkotó eljárások
- Sugárterápia

Minden alkalmazás sugárterheléssel jár!

*A várható előny és a kockázat
mérlegelése fontos!*

Sugárvédelem

A sugárvédelem célkitűzései:

biztosítani, hogy az ionizáló sugárzás alkalmazásával kapcsolatban determinisztikus hatások ne léphessenek föl

sugárveszélyes tevékenységet folytató személyek foglalkozási kockázata ne legyen nagyobb, mint az egyéb foglalkozási ártalmak kockázata (10^{-4} eset/év)

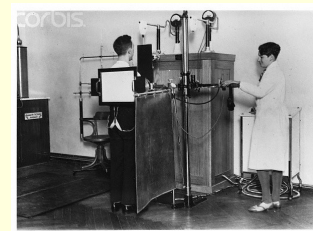
a lakosság sugárterhelésből adódó kockázata ne haladja meg az egyéb civilizációs ártalmakból eredő kockázatot (10^{-5} eset/év).

A sugárvédelem alapelvei

- **Indokoltság** – az ionizáló sugárzás alkalmazásának *hasznosnak* kell lennie: az alkalmazás kockázata kisebb, mint az alkalmazás elhagyásának kockázata
- **Optimálás** – az alkalmazás által okozott dózis az észszerűen elérhető legkisebb legyen – *tervezési dózis* – ALARA
- **Korlátozás** – a tervezés révén a személyek dózisa az átlag körüli *eloszlást* mutat, a valószínű kimenetek nem léphetik túl a biztonságot adó *egyéni* dóziskorlátot

Foglalkozással összefüggő

A dózist olyan alacsonyra csökkenteni, hogy a kockázat mértéke „elfogadható” legyen.

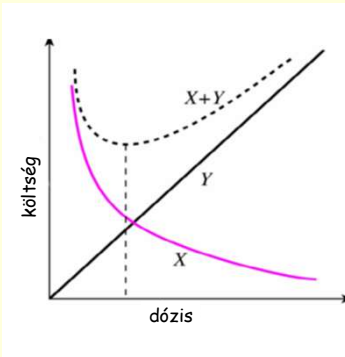


***Teljes sugárvédelem
nincs!***

Sugárvédelmi szabályok dóziskorlátokat írnak elő.

ALARA-elv

As Low As Reasonably Achievable

*X : sugárvédelmi kiadások**Y : sugárkárosodás kezelésének költségei***Optimum a minimum***Foglalkozással összefüggő*

Sugárvédelmi dóziskorlátok

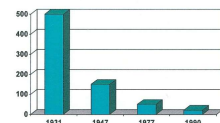
	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték-dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték-dózis (végtag/bőr)	500	50



* 5 éves átlagban évi 20 mSv, feltéve, hogy egy évben sem haladja meg az 50 mSv-et.

Sugárvédelmi dóziskorlátok

A foglalkozási egésztest dóziskorlátok (mSv/év) változása (ICRP ajánlás)

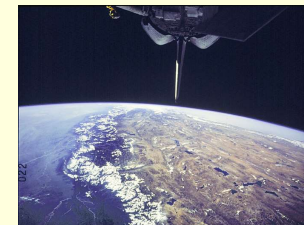
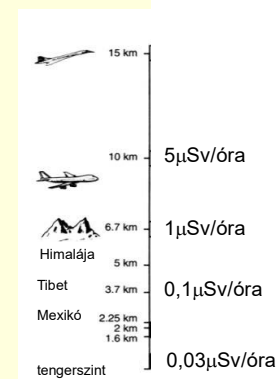


*International Commission on Radiological Protection

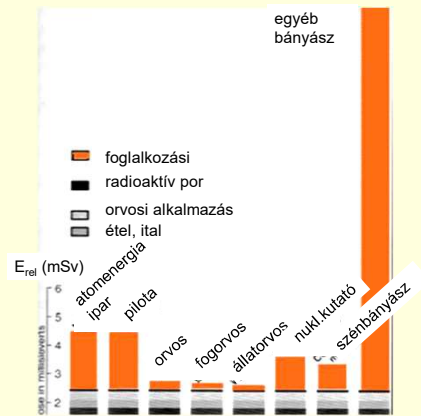
	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték-dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték-dózis (végtag/bőr)	500	50

* 5 éves átlagban évi 20 mSv, feltéve, hogy egy évben sem haladja meg az 50 mSv-et.

A kozmikus sugárzásból származó dózisteljesítmény változása a tengerszint feletti magassággal



Különböző foglalkozásokkal járó relatív dózisterhelés



Dozismérés

fizikai jel változása ~ elnyelt dózis

Sugárzásdetektorok - Dózismérő eszközök

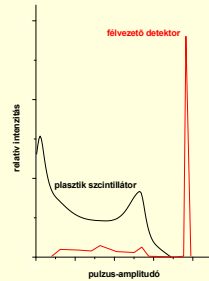
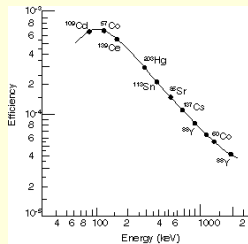
- Mit? α^{++} p^+ (n) β γ ν
 - Milyen energiáját?
 - Mennyit?
 - Milyen pontosan?
-

Dózis- és dózisteljesítmény-mérők fajtái

- * elektronikus működésű detektorok – az elnyelt sugárzási energia közvetlenül szabad töltéshordozókat hoz létre
gáztöltésű detektorok – utólagos és azonnali kiértékelésre is alkalmasak
- szcintillációs detektorok** – szerves kristály és folyadék
- félvezető detektorok** – szilícium, germánium
- * kémiai dózismérők – a válaszjel kialakításához vegyi folyamat vezet el
FILM – utólagos kiértékelés
- * szilárdtest-dózismérők – kristályok fizikai tulajdonságait használják ki
termolumineszcens detektor – TLD (LiF, CaF₂, BeO, Al₂O₃)

A detektorok jellemzői

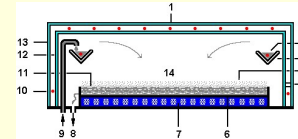
- információ
 - nyom, energia, szám
- reakcióidő
 - 100 ps-től néhány ms-ig
- hatásfok



- érzékenység
- válaszfüggvény
- háttér
 - árnyékolás: aktív, passzív

Egyszerű részecske**detektorok**

• ionizációs (kód-)kamra



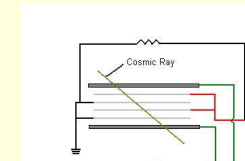
- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| 1- fűtés, ion kivonás | 6- fekete fém alaplap | 11- alkohol |
| 2- fűtés | 7- hűtés | 12- belső üvegfal |
| 3- alkohol csatorna | 8- alkohol visszafolyás | 13- külső üvegfal |
| 4- töltöttség gáz | 9- alkohol bevitel | 14- alkoholgáz |
| 5- nyílás forrásnak | 10- fűtés | |

• szikrakamra

- nagyfeszültségű vezeték

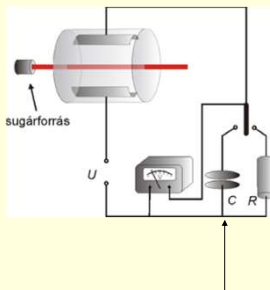
• buborékkamra

- folyadék (H₂, Ar, Xe) a forráspont körül
- hűtés/fűtés ciklusok



Elektronikus működésű detektorok

Gázionizációs detektorok - Ionizációs kamra



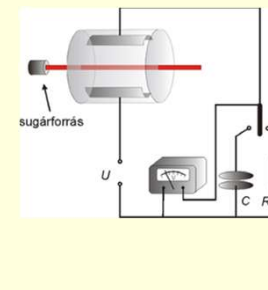
Dózismérés: a kondenzátoron felhalmozódik a keletkezett töltés.

A kondenzátor feszültsége a dózissal arányos.

$$U = \frac{Q}{C}$$

Mérés a kondenzátoron keresztül

Ionizációs kamra



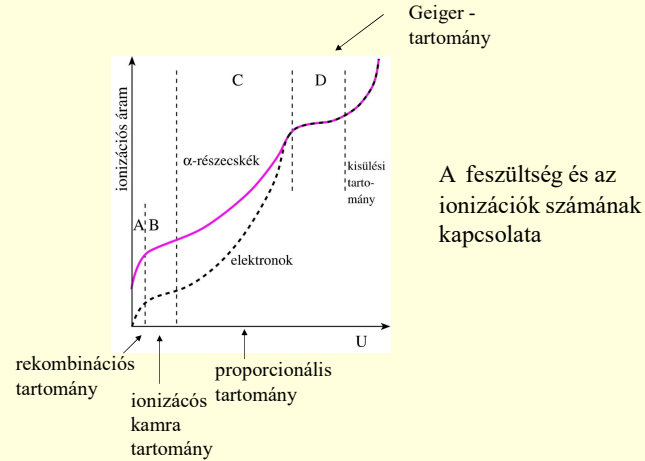
Dózisteljesítmény mérése: az időegység alatt keletkezett töltés mennyisége = áramerősség.

Az ellenálláson mért feszültség a dózisteljesítménnyel arányos.

$$U = \frac{QR}{t}$$

Mérés az ellenálláson keresztül

Ionizációs kamra



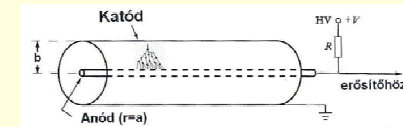
Ionizációs kamra – Geiger-Müller számláló

- Nemesgáz töltés
- Nagy gyorsító feszültség



Lavinaszerű ionizáció

áramimpulzus



Áramimpulzus száma ~ ionizáló részecske száma

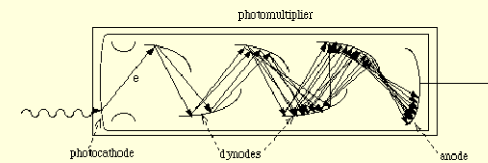
Szcintillációs detektorok



- folyadékszcintillátorok
 - fénykibocsátó molekulák oldata
 - oldatok többnyire előre keverték
 - először az oldat, majd a szcintillátor molekulái gerjesztődnek
 - végül fénykibocsátás
- plasztik szcintillátorok
 - szilárd oldatok
- szervesetlen kristályok
 - a kristályrács nyeli el az energiát
 - szennyező atomok → energiaszintek a tiltott sávban

Szcintillációs detektorok

- szcintillátor → sugárzásból látható fény
- fény nem jó → mérhető elektromos jel kell
- megoldás: fotoelektromos effektus, majd elektronok sokszorozása
- anódelektronok = áram „elektronikus trükk”: mérhető feszültséggel



Félvezető detektorok

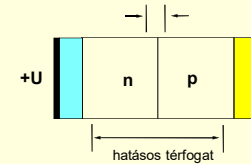


$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$

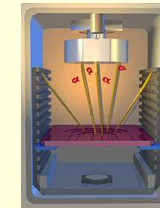
$$\sigma \approx e \frac{\Delta E}{2kT}$$

Fajlagos vezetőképesség

Félvezető detektorok



- *n-p* diódák
 - ionizáció / vezetési elektronok
- kis energia: Si(Li)
- nagy energia: HPGe



- töltött részecskék: surface barrier detektorok
 - nem *n/p*, hanem fém/*n*
 - többnyire szilícium
 - jó hatásfok

Egyéni dózismérő eszközök

Kémiai dózismérés - Filmдозимéter



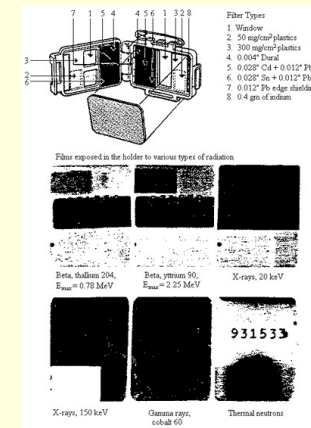
A feketedés mértéke függ a sugárzás fajtájától, energiájától, az abszorbens vastagságától, anyagától.



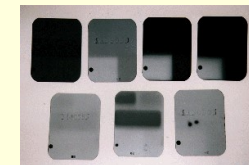
A fotófilm megfeketedésén alapuló eszközök.
A feketedési rajzolat alapján értékelhető.



Filmдозимéter



A feketedés mértéke függ a sugárzás fajtájától, energiájától, az abszorbens vastagságától, anyagától..



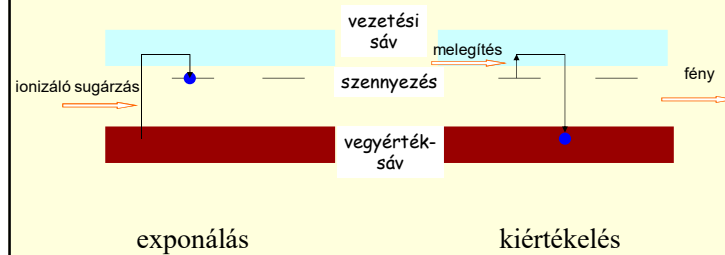
doses measured down to 10 μSv.

Szilárdtest detektorok

Termolumineszcens dózismérő



Jellegzetes sávszerkezetű anyagok



Dózisszámolás

Csak a γ -sugárzással kapcsolatos dózist veszi figyelembe

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

Λ : a forrás aktivitása

t: az expozíció ideje

r: forrástól mért távolság

K_{γ} : dóziskonstans
izotópra jellemző arányossági tényező

izotóp	γ -energia (MeV)	K_{γ}
^{24}Na	2,754; 1,369	444
$^{52/59}\text{Fe}$	0,5; 1,3; 1,1	160
^{60}Co	1,33; 1,17	305
^{131}I	0,364; 0,08; 0,723	54
^{137}Cs	0,661	80

75 MBq ^{24}Na izotóptól 30 cm távolságban dolgozunk. Milyen vastag ólomfalat kell alkalmaznunk, hogy helyünkön 15 mGy_{lev}/h értékre csökkenjen a dózisteljesítmény?

$$\left(\frac{D}{t}\right)_0 = K_{\gamma} \frac{\Lambda}{r^2} \quad \left(\frac{D}{t}\right)_0 = 444 \frac{75 \cdot 10^{-3}}{0,3^2} = 370 [\mu\text{Gy} / \text{h}]$$

$$\left(\frac{D}{t}\right) = \left(\frac{D}{t}\right)_0 e^{-\mu_m x} \quad x = 5,7 \text{ cm}$$

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