

# Átfogó fokozatú továbbképző sugárvédelmi tanfolyam Semmelweis Egyetem

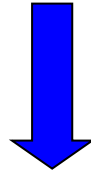
A természetes és mesterséges sugárterhelés forrásai. Dózis fogalmak, külső és belső sugárterhelés. Biológiai hatásfokok, determinisztikus és sztochasztikus hatás. Egészségügyi hatások megjelenési módjai és ellenük való védekezés lehetőségei. A sugárvédelem célja, alapelvei, szabályozás, nemzetközi alapelvek. A sugárveszélyes tevékenység végzésének legfontosabb személyi és tárgyi feltételei. A sugárvédelem munkahelyi szervei. A sugárvédelem hatósági rendszere, jogszabályok.

Taba Gabriella, SE Sugárvédelmi  
Szolgálat  
2025

# Miért kellenek dozimetriai fogalmak?\*

## A dozimetria célja, feladata

- Jelen sugárzási viszonyok (dózis)



***Időtartam:***

*napok, hetek, évek telhetnek el míg az ártalom jelentkezik*

- Ártalom, kockázat

Mivel a dózis fogalmakkal jellemezzünk az ártalom kialakulását ezért a legfontosabb megelőzés a jelenlegi sugárzási viszonyok jellemzése és mérése és a megtett védekezési intézkedések.

*Fontos feladat:* dózisviszonyok meghatározása jelenleg az ember, az élővilág környezetében, azért hogy szükség esetén **védekezéssel csökkentsük a dóziszárulékot**, hogy ne alakuljon ki elfogadhatatlan káros következmény.

- \* *Dr. Kanyár Béla előadásából*

# Milyen mennyiséggel jellemezzük a káros hatást?

- **Elvárás** a káros hatás, az ártalom „kvantitatív” jellemzésére, előrejelzése céljából **bevezetendő** mennyiséggel, a **dózissal szemben**:
    - a lehető legtöbb káros hatásnál alkalmazható legyen (akut, krónikus; szomatikus, genetikus; funkcionális, morfológiai; ember, állat, növény esetén,...),
    - egyértelmű definíciója és jól mérhető legyen,
    - kivitelezhető mérőeszköz hitelesítés és kalibrálás,
- Gyakorlati megjegyzés:** a kívánalmak csak korlátozottan teljesíthetők:

=> többféle dózisfogalom, dózismennyiség szükséges; átfedésekkel találkozunk, **de egy dózis fogalomba nem lehet mindent belesűríteni!**

# Milyen hatásokat kell jellemezni?

Ionizáló sugárzás esetén, dozimetriai szempontból két lényegesen különböző hatás:

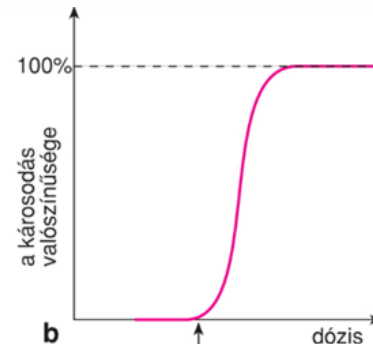
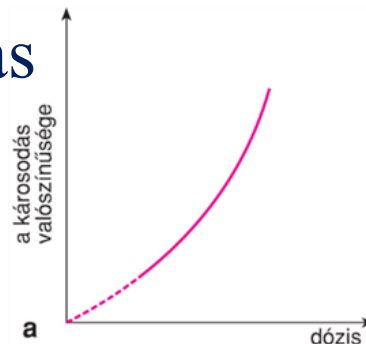
determinisztikus és sztochasztikus

- *Determinisztikus*: súlyosság arányos az expozícióval, dózissal (bőrpír, égés, hasmenés) *azonnali hatás*
- *Sztochasztikus*: gyakoriság arányos az expozícióval, dózissal. (kromoszóma aberráció)

*Később jelentkezik*

*Megjegyzések:*

- determinisztikus hatásnak létezik küszöb dózisa (ez alatt nem mutatható ki káros hatás),
- sok esetben szimultán mindkét hatás megfigyelhető



# Különböző dózis fogalmak meghatározásának módja

Fizikai értékek, amellyel az energia átvadást jellemezzük:  
Energia fluxus ( $\phi = \int j dA$ ), levegő kerma ( $K_a$ ), elnyelt  
dózis ( $D$  (J/kg)),

**Mérésen alapuló és**  
fantomokra visszavezetett  
értéke ICRU gömb  
segítségével modellezett  
energia átvadás mérünk!

- Dózis egyenérték  $H$
- Környezeti dózis egyen-  
érték, ICRU gömb,  
 $H^*(d) = f \cdot K_a$
- Személyi dózis egyenérték,  
 $H_p(d)$  (pl.  $H_p(10)$  30x30x15  
ICRU plexi fantom-ban mért  
dózis 10mm mélyen )
- Írány függő dózis  
egyenérték  $H'(d, \Omega)$  (valami  
írányból val. mélységben  
elnyelt dózissból mért.

Mérjük

Számolunk

Ismert paraméterek alapján  
**számított értékek** amelyet az  
ICRP kiadványokban lévő  
modellezett számértékek  
segítségével számolunk ki!

Mind a két módszer  
feltételezi hogy az  
energia hatást egy  
referencia ember  
szenvedte el

- Szövetben elnyelt dózis  $D_t$
- Szöveti Egyenérték dózis,  $H_T$
- Effektív dózis  $E$

ICRP által meghatározott  
referencia ember (ICRP  
23, ICRP 100( emésztés.r), ICRP  
130x(légzés.r), ICRP 110( nő/férfi  
voxel), ICRP 103 módosított.par),  
ICRP 133  
(absz.frakciók), ICRP107(bomlási  
paraméterek), stb.....

# Energia áramlás jellemzői

**Az adott testben leadott energia okozza a káros biológiai hatást**

Energia Fluens: Kis térfogatelem A keresztmetszetén  
áthaladó részecskék  
(fotonok) N száma:  $\Phi(dE/dA)$  ( $m^{-2}$ )

Energia fluxus sűrűség: ENERGY FLUX DENSITY:  
Egy térben egy gömb felületén egy idő egységni idő  
alatt belépő összes részecske energiájának összege  
osztva a gömb keresztmetszetével (**1.9 tétel**)

$$\Phi_j = \int_A j dA$$

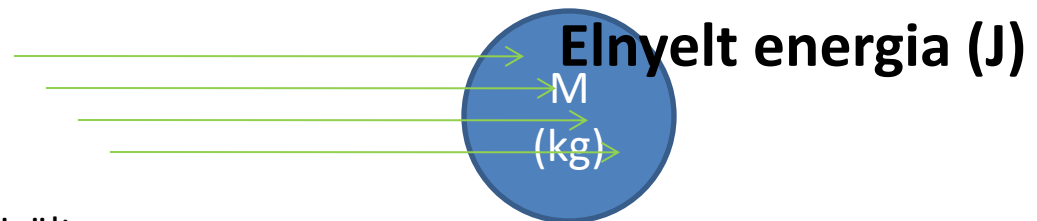
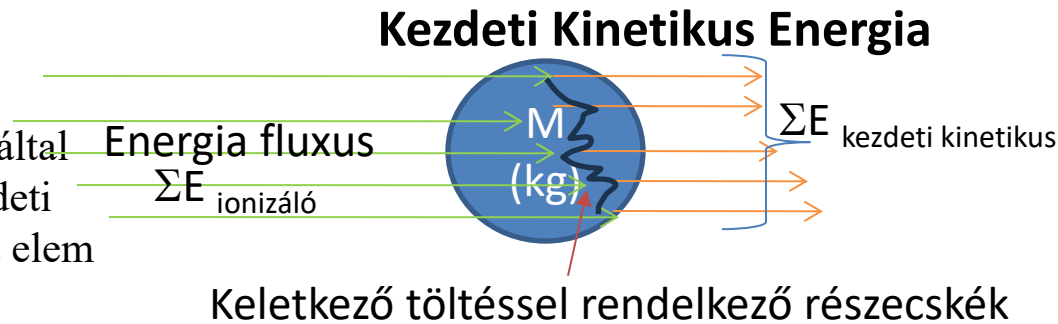
KERMA: KINETIC ENERGIE RELEASED IN

MATTER: adott anyag megfelelően kicsi  
térfogatelemében közvetve ionizáló részecskék által  
felszabadított valamennyi töltött részecske kezdeti  
kinetikus energiájának összege osztva a térfogat elem  
tömegével,

**Elnyelt dózis:** bármely ionizáló sugárzás által  
besugárzott térfogat elem elnyelt energiája osztva a  
térfogat elem tömegével (**1.10 tétel**)

A  $\Delta V$  térfogatelemben található töltéssel bíró  
részecskék kezdeti  
összegezett  $\Delta E$  mozgási energiájának és a  
térfogatelem  $\Delta m$  tömegének a hányadosa a közölt  
dózis vagy kerma, K:

$$K = \Delta E / \Delta m$$



$$E_{\text{elnyelt}} = \Sigma E_{\text{ionizáló}} - \Sigma E_{\text{kezdeti kinetikus}}$$

## **Az elnyelt dózis és a mértékegysége**

Az elnyelt dózis (a jele: D) bármely ionizáló sugárzásra vonatkozóan egyenlő a besugárzott anyag térfogatelemében elnyelt  $\Delta E$  energiának és a térfogatelem  $\Delta m$  tömegének a hányadosával:

$$D = \Delta E / \Delta m$$

Az elnyelt dózis mértékegysége a gray (a jele: Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

**Megjegyzés: A sugárzási tér egy kiválasztott P pontja körül bármely kis környezetben, ahol az energiafolyam egyébként homogénnek tekinthető, az eltérő rendszámú elemekből összetett**

**és azonos tömegű anyagokban különböző mértékű az egyazon időtartam alatt elnyelt dózis.**

**Ezért az „elnyelt dózis” fizikai mennyisége csak akkor válik egyértelművé, ha megnevezzük a**

**besugárzott anyagot is.** Például: a vízben elnyelt dózis  $D_{\text{víz}} = 5 \text{ Gy}$ . Mind elméletileg, mind gyakorlatilag indokolt a további, finomított megkülönböztetés. Így pl. a vízben lévő levegőbuborékokra:

víz közegben  $D_{\text{levegőben elnyelt}} = 0,5 \text{ Gy}$ .

Gyakorlati okok miatt az emberi testszövetekre vonatkozó elnyelt dózis mérése közvetett úton

történik, ún. fantomanyagok alkalmazásával (lásd ISO 4037 3 kötet).

Az elnyelt dózisteljesítmény az egységnyi időtartamra számított elnyelt dózis; mértékegysége:

Gy/s a gyakorlatban használatos még a Gy/h, Gy/min.

**(Mérésügyi Hivatal: HE 60-2014 SUGÁRVÉDELMI ÉS ORVOSI DÓZISMÉRŐK kiadványa)**

A levegőben a levegőrészecskékkel közölt dózis jele K (vagy kerma) és mértékegysége  
A besugárzott anyag térfogatelemében az eredeti töltés nélküli ionizáló részecskék behatolásuk és áthatolásuk során a közeget alkotó részecskékkel kölcsönhatásokba lépnek, amely kölcsönhatások folyamánként azok egy részét az atomi és/vagy molekuláris kötéseikből kiszakítják, majd az ezáltal immár töltött részek további számottevő kinetikus energiával folytatják útjukat. (A levegőt alkotó tipikusan kis rendszámú elemek esetében a számottevő energiájú részecskék teljes energiáján belül közel 100 % ennek a kinetikus energiának a részaránya.) A  $\Delta V$  térfogatelemben található töltéssel bíró részecskék kezdeti összegezett  $\Delta E$  mozgási energiájának és a térfogatelem  $\Delta m$  tömegének a hányadosa a közölt dózis vagy kerma, K:

$$K = \Delta E / \Delta m$$

A levegőben a közölt dózis mértékegysége a gray (rövidítve: Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Megjegyzés: Az eredeti fotonok által a molekuláris és az atomi kötésekből kiszabadított töltött részecskék kezdeti összes mozgási energiájának a nagyobb része az ütközések során ionpárok keltésére fordítódik, egy kisebb töredéke viszont fékezési röntgensugárzássá alakul át. A levegőben közölt dózist ennek megfelelően két komponens összegeként értelmezzük:

$$K = K_{\text{ütközési}} + K_{\text{sugárzási}}$$

A hitelesítési gyakorlatban, ha a fotonenergia kisebb, mint 0,5 MeV, a  $K \cong K_{\text{ütközési}}$  közelítést alkalmazhatjuk.

**(Mérésügyi Hivatal: HE 60-2014 SUGÁRVÉDELMI ÉS ORVOSI DÓZISMÉRŐK kiadványa)**



# 8.1.1. Operatív dozimetriai mennyiségek

Mennyiség	Egység	Alkalmazási terület
ALAPVETŐ FIZIKAI MENNYISÉGEK		
Levegőkerma, $K_a$	Gy	Referenciamennyiség, foton
Fluens, $\Phi$	$m^{-2}$	Referenciamennyiség, neutron
Elyelt dózis, D	Gy	Referenciamennyiség, elektron
OPERATÍV MENNYISÉGEK (dózisegyenérték)		
Személyi $\sim$ , $H_p(d)$	Sv	Egyéni ellenőrzés
Környezeti $\sim$ , $H^*(d)$	Sv	Környezet, áthatoló sugárzás
Írányfüggő $\sim$ , $H'(d, \Omega)$	Sv	Környezet, nem áthatoló sug.
Elsődleges korlátozó és sugárvédelmi célú mennyiségek		
Szövetben elnyelt dózis, $D_T$	Gy	Dóziskorlátozás
Szöveti egyenérték dózis, $H_T$	Sv	Dóziskorlátozás
Effektív dózis, E	Sv	Dóziskorlátozás
Kollektív effektív dózis, S	$man \cdot Sv$	Optimálás

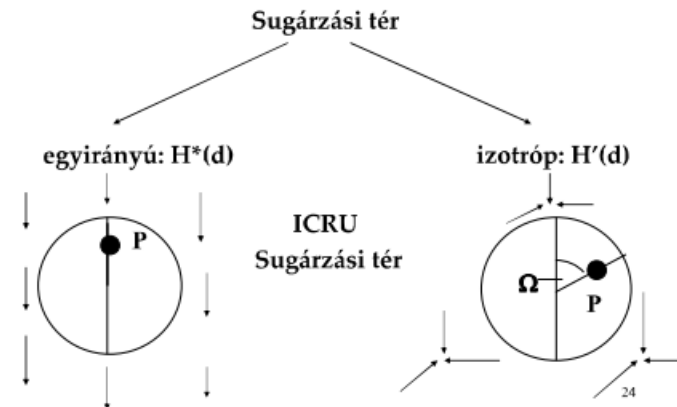
		egész test	szemlencse	bőr
szabályozás ICRP 116		Effektív dózis (E) $E = \sum_T W_T \sum_R W_R D_{T,R}$	Egyenérték dózis szem: Behrens modell, ICRP 116 annex F $H_{szem} = \sum_R W_R D_{szem,R}$	Egyenérték dózis bőr, 10x10x10 kocka 1 cm <sup>2</sup> felületére vonatkozik 50-100mikrom mélységben ICRP 116 Annex G $H_{bőr} = \sum_R W_R D_{bőr,R}$
Gyakorlati (MÉRT dózisok) ICRU 95	Terület ellenőrzés	Környezeti dózis $H^* = h_{E,max} \times \phi$ , $h_{E,max} = E_{max}/\phi$ voxel fantomok, AP,PA, RLA,LLAT,ROT, irány függő	Stilizált szem modell Írány szembeni elnyelt dózis teljes szemlencsére elnyelt dózis, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) \times \phi$	Írány szembeni elnyelt dózis bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) \times \phi$
	Személyek ellenőrzése	Környezeti dózis $H_p = h_E \times \phi$ , $h_{E,max} = E_{max}/\phi$ voxel fantomok, jobb bal átlag ,180 ROT	Személyi elnyelt dózis teljes szemlencsére elnyelt dózis, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) \times \phi$	Személyi elnyelt dózis helyi bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) \times \phi$

Környezeti dózisegyenérték (1)

Mit kell tudni a gyakorlati dózisegyenérték mennyiségeknek?

-Ha ember nélkül, a terület ellenőrzése a cél a sugárzási tér egy adott pontjában legyen értelmezhető.

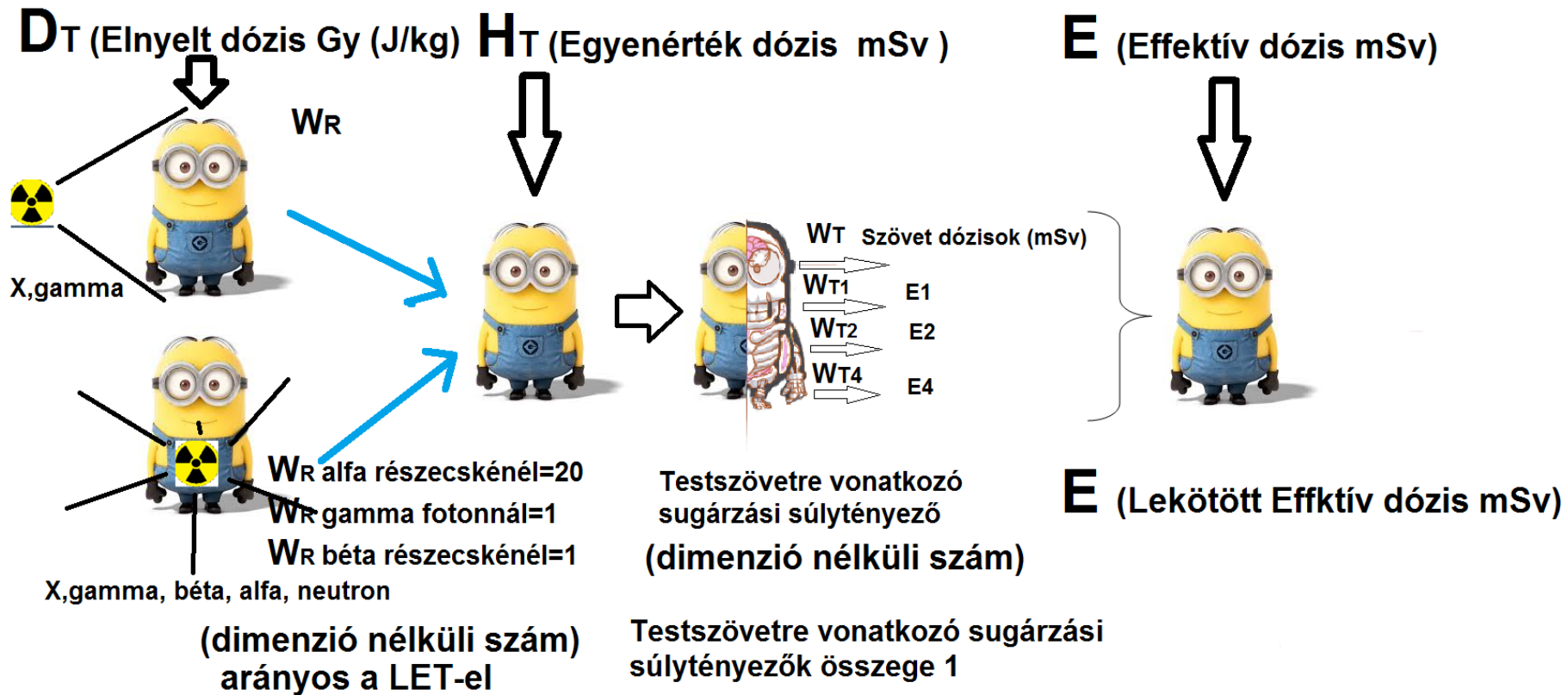
A személyi dozimetria céljára az emberrel együtt, annak egy pontján legyen értelmezhető.



# Mi a probléma a jelenlegi $H^*(d)$ , $H_p(d)$ $H'(d,W)$ gyakorlati dózisegyenérték mennyiségekkel?

1. Nem lett primer etalonjuk. Nincs ICRU gömb a valóságban! Csak elméleti számításoknál használták!
2. A fantomok csak a 10, 3, 0.07 mm mélységeiben lettek definiálva. (valóság nem ez)
3. A referencia értékeik a fluens vagy kerma értékből vákuumban számított konverziós tényezőkkel, (H) elektronegyensúlyt feltételezve lettek meghatározva. (vákuum nem a valóság)
4. H értékei csak foton, elektron (ICRU 47) és neutron (ICRU 57) sugárzásokra publikáltak.
5. Nincs bizonytalanságuk? (ISO 4037-2019)

# Számítási módszer: Négy fontos lépés



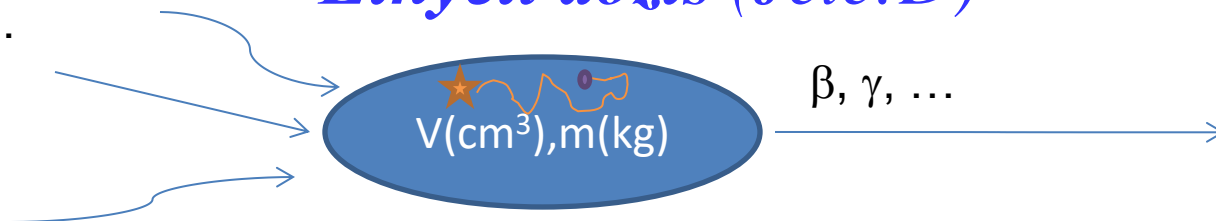
Energia abszorpció->Energia uniformizálás->Biológiai érzékenysége az adott szövetnek->az egész testre vonatkozó hatás

# 1

## Dózisfogalmak, - mennyiségek és egységek a sugárvédelemben

### *Elnyelt dózis (Jele: D)*

$\alpha, \beta, \gamma, n, \dots$



$$D = \varepsilon / m,$$

Bármely sugárzásra, bármely anyagra  
(élettelen, élő,...)

- ahol  $\varepsilon$  : a  $V$  térfogat  $m$  tömegében elnyelt energia (J).
- Mértékegysége **gray**; jele **Gy**, és **1 Gy = 1 J/kg**. (ez lehet nem ionizáló is)
- (Régi egysége a *rad*, 1 Gy = 100 rad.)
- A sugárvédelmi gyakorlatban használjuk a "**szervdózis**" fogalmát, mely egy szövetben vagy szervben az átlagos elnyelt dózis.
- **Dózisteljesítmény**: dózis időegységre eső hányada:
- egysége Gy/s, nGy/h, ... Pl.Ht: 100-200nGy/h

## 2 Ha azt szeretnénk, hogy az dozimetriai mennyiség tartalmazza a sugárzás típusával kapcsolatos ártalom ki alakulásának hatását:

*Egyenérték dózis (Jele:  $H_T$ )*

Csak élő rendszerben, szervre, szövetre használjuk!

- Káros hatás: Függ a sugárzás típusától, energiájától

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}, \text{ (számolt érték!)}$$

ahol:

$W_R$ : a sugárzás fajtájára, minőségére jellemző súlytényező, dimenzió nélküli szám

$D_{T,R}$ : a T szövetben, az R típusú sugárzásból eredő elnyelt dózis.

**T**: gonádok, tüdő, máj, bőrszövet, csontvelő,...

**R**:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ , n, p, ion, ... - sugárzás.

# 2

## Egyenérték dózis ( $H_T$ ) jellemzése

**Mértékegysége:** sievert, Sv,  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$ .

- A  $W_R$  értékét a  $\gamma$ -sugárzásra, definíciószerűen 1-nek vesszük és a többi sugárzást ehhez viszonyítjuk.

*A sugárzási súlytényező ( $W_R$ ) jellemzése:*

- arányos az úthossz menti fajlagos ionizációval, a **Lineáris Energia Transzfer (LET)** értékkel (a LET egysége:  $\text{eV} \cdot \text{nm}^{-1}$ ).

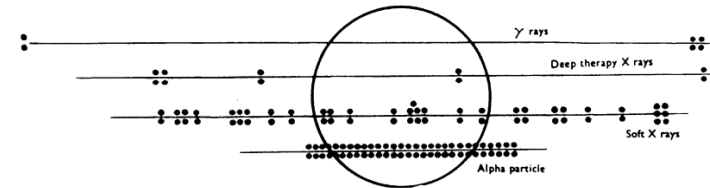


Figure 9.1. Separation of ion clusters in relation to the size of a biological target. (Reproduced from Gray, 1946, *Br. Med. Bull.*, by permission of the author.)

- szerepe hasonló mint korábban a Q sug. minőségi tényezőnek, ill. RBE-nek (Relatív Biol. Effektivitás)
- **RBE**: relatív biológiai hatékonyság: a sugárzási súlytényezőnek megfelelő mennyiség, dózismérés során ma is használatos, a biológiai hatás jellemzésére (pl. epidemiológiában). (Cs-137 forráshoz viszonyítva)

# 2

## Többféle sugárzás esetén:

- A T testszövetben többféle sugárzásból eredő szöveti egyenérték dózis

$$H_T = \sum H_{R,T}$$

**3. melléklet a 487/2015. (XII. 30.) Korm. Rendelet alapján:**

### 1. Sugárzási súlytényezők

	High LET	Low LET	
particles	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ p \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} e^- \\ \beta^- \\ \beta^+ \end{array} \right\}$	"electrons"
		$\left\{ \begin{array}{l} \gamma \text{ ray} \\ x \text{ ray} \end{array} \right\}$	electromagnetic radiation

A sugárzás típusa	wR	LET értékek (eV.nM <sup>-1</sup> )
Fotonok	1	0,2-3,5
Elektronok és müonok	1	0,2-1,1
Protonok és töltött pionok	2	-
Alfa-részecskék, hasadványok, nehézionok	20	130
Neutronok, $E_n \leq 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]2/6}$	Energia függő
Neutronok, $1 \text{ MeV} < E_n \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]2/6}$	Energia függő
Neutronok, $E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04E_n)]2/6}$	Energia függő



2

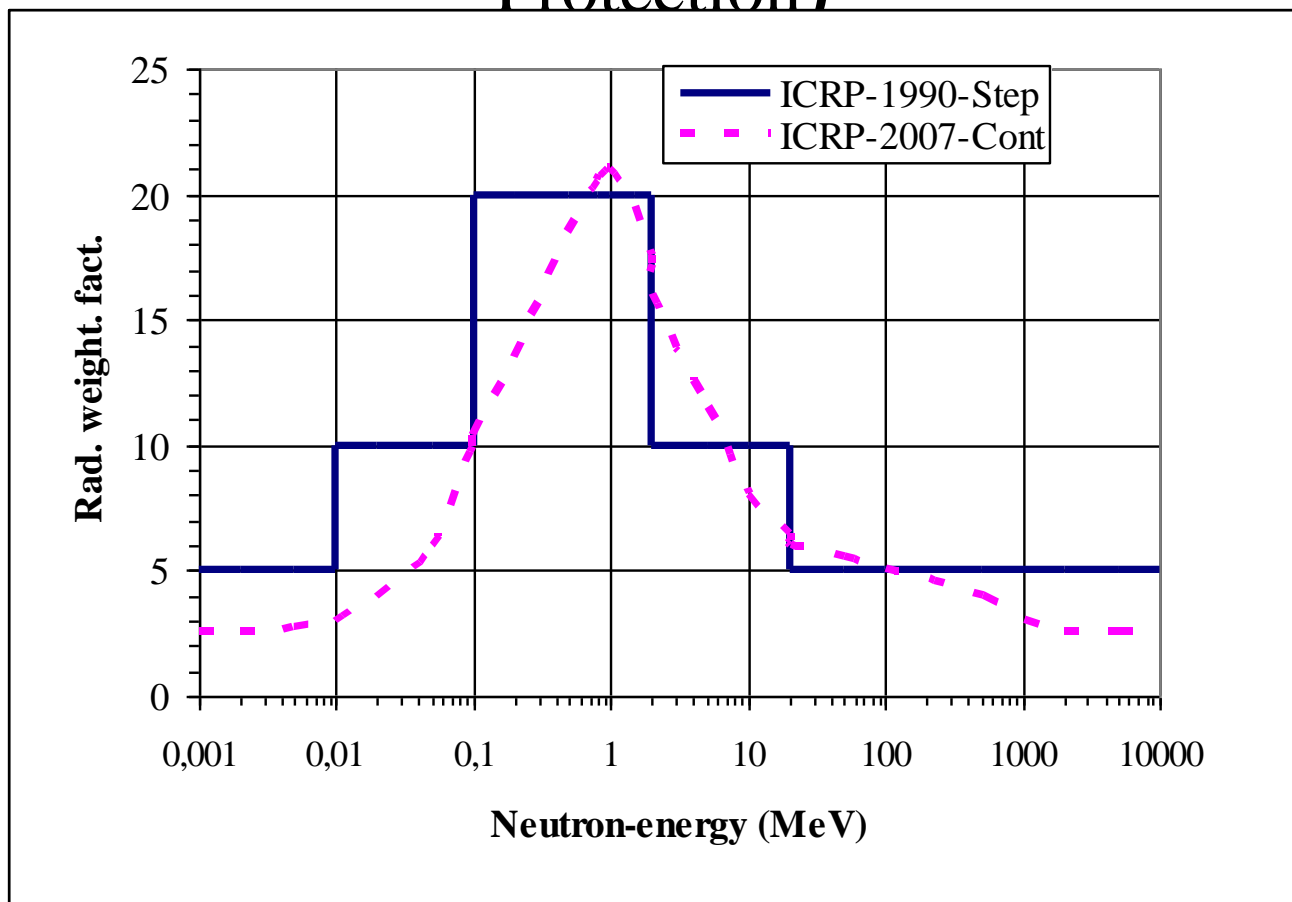
## Egyenérték dózis meghatározásra

- Valaki a következő besugárzásokat szenvedte el: 0.1Gy röntgen foton, 0.05Gy gyors neutron, 0.2Gy alfa részecske mi az egyen érték dózis?

Sugárzás típusa	D(Gy)	$W_R$	EqD (Sv)
Röntgen foton	0,1Gy*	1=	0,1
Gyors neutron	0,05Gy*	20=	1,0
Alfa részecske	0,2Gy*	20=	4,0
		Összesen $\Sigma$	5,1Sv

## 2

# Sugárzási súlytényező ( $w_R$ ) **neutronok** esetén (ICRP-2007) (International Committee on Radiological Protection)



Nemzetközi ajánlások között is van eltérés

Tételezzük fel hogy  $10^6$  db. Pu-239  
atom bomlik el egy májban 50 év alatt.

Mi a lekötött effektív dózis?

(Pu-239 5MeV alfa fotont bocsát ki bomlása során, máj  
tömege 1800g, konverziós tényező  $1,602 \times 10^{-13} \text{J/MeV}$ , máj  
szöveti szorzó tényezője 0,05)

- Elnyelt dózis  $DT = (10^6 * 5 \text{MeV} * 1,602 * 10^{-13}) / 1,8 \text{kg} =$   
0,445mikroGy

- Egyenérték dózis  $HT = 0,455 \text{ mikroGy} * 20 = 8,9 \text{ mikroSv}$

- Lekötött effektív dózis  $E = 8,9 * 0,05 = 0,45 \text{ mikroSv}$

### 3 Ha azt szeretnénk, hogy az dozimetriai mennyiség tartalmazza a besugárzott szövetben kialakult ártalom hatását:

- **Effektív dózis (Jele: E)**

Egész testre, sztochasztikus hatások jellemzésére használjuk!

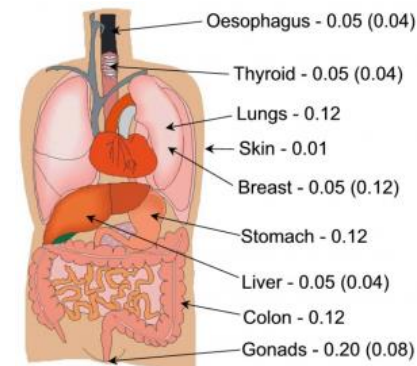
$$E = \sum_T W_T \cdot H_T , \quad (\text{számolt érték!})$$

- ahol  $W_T$  a szöveti súlyozó tényező (dimenzió nélküli).
- $W_T < 1$  és  $\sum_T W_T = 1$ .
- **Mértékegysége:** sievert, Sv.  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$ .
- A definíció alapján az effektív dózis megegyezik azzal az egésztestben egyenletes eloszlásban kapott dózissal, mely a késői sugárhatások (daganatos betegségek, öröklődő ártalmak stb.) ugyanakkora kockázatával jár mint a szövetek külön-külön besugárzásával kapott szöveti dózisok együttesen.
- Ezért egésztest dózis alatt rendszerint effektív dózist értünk.

### 3. melléklet a 487/2015. (XII. 30.) Korm. Rendelet alapján:

#### 1. Sugárzási súlytényezők

Testszövet	W <sub>T</sub>
Csontvelő	0,12
Vastagbél	0,12
Tüdő	0,12
Gyomor	0,12
Emlő	0,12
Egyéb szövetek (a)	0,12
Ivarmirigyek	0,08
Hólyag	0,04
Nyelőcső	0,04
Máj	0,04
Pajzsmirigy	0,04
Csontfelszín	0,01
Agy	0,01
Nyálmirigyek	0,01
Bőr	0,01



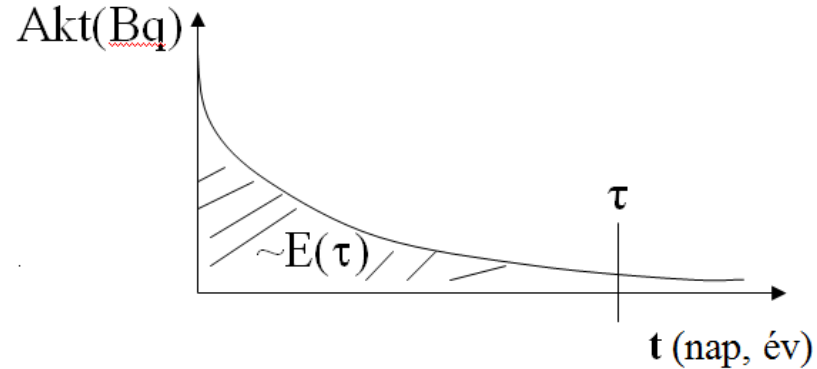
Tissue or organ	ICRP-1990/ IBSS-1996	ICRP-2007
Gonads	0.20	0.08
Bone marrow, red	0.12	0.12
Colon	0.12	0.12
Lung	0.12	0.12
Stomach	0.12	0.12
Bladder	0.05	0.04
Breast	0.05	0.12
Liver	0.05	0.04
Esophagus	0.05	0.04
Thyroid	0.05	0.04
Skin	0.01	0.01
Bone surface	0.01	0.01
Brain	-	0.01
Salivary glands	-	0.01
Remainder	0.05	0.12
Total	1.00	1.00

# 4 *Ha a testben bekerült és bomló izotópról van szó: Lekötött egyenérték és lekötött effektív dózis*

- Szervezetbe került radioaktív anyagtól!
- A  $\tau$  időtartamig összegezett (integrált) dózis:

$$E(\tau) = \int_{\text{teljesítmény}}(t) dt,$$

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt$$



- ahol:  $E_{\text{teljesítmény}}(t)$  a  $t$  időpontban a dózisteljesítmény.
- *Sugárvédelmi céllal:*
- Felnőtt:  $\tau = 50 \text{ év}$
- Gyermekeknél:  $70 \text{ év}$ .
- **Dózislekötés:**  $\tau = \infty$ .
- *ICRP kiadvánokban szereplő dózis állnók tartalmazzák az integrálási időszakra vonatkozó korrekciókat*

# Megjegyzések az effektív dózis használatához:

- embriónál, ahol nem beszélhetünk kialakult szövetekről, nem használható az effektív dózis, ott elnyelt dózist ( $D$ , egység: Gy) célszerű használni,
- determinisztikus hatás rendszerint egy-egy szövet esetén alakul ki, ezért ott sem az effektív dózis, hanem az elnyelt dózis ( $D$ , Gy), vagy az egyenérték dózis ( $H$ , Sv) használatos. (szem, kéz bőr dozimetria)
- OSSKI TLD: külső sugárterhelést okozó röntgen-fotonsugárzásból származó személyi dózisegyenérték,  $H_p(10)$  adat szolgál
- A dózis teljesítmény mérőkön  $H^*10$  környezeti dózis egyenérték olvasható le nem azonos a  $H_p(10)$  személyi dózissal

# Mekkora az elnyelt dózis, egyenérték dózis, effektív dózis?

T=60 min, pl: 1 kg test, nagyon le-egyszerűsített példa

Részecske típus				bomlás/perc	E(MeV)
	bomlás/perc	E(MeV)	$W_R$	m=65kg	
alfa	5,70E+05	3,7	20	t=1 óra	
béta	1,20E+06	0,7	1	$W_T$ gyomor	0,12
gamma	8,00E+04	2,8	1	MeV->J átváltás	1,60E-13

$$D_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV}) + (1,2E6 * (0,7 \text{ MeV})) + (8E4 * (2,8 \text{ MeV}))) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg})) / 1 = 2,0 \text{ J/kg} \sim \text{Gy}$$

$$H_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV} * 20) + (1,2E6 * 0,7 \text{ MeV} * 1) + (8E4 * 2,8 \text{ MeV} * 1)) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg})) / 1 = 4,15E-4 \text{ Sv}$$

$$E_t = 4,15E-4 * 0,12 = 4,9E-5 \text{ Sv} = 50 \mu\text{Sv}$$

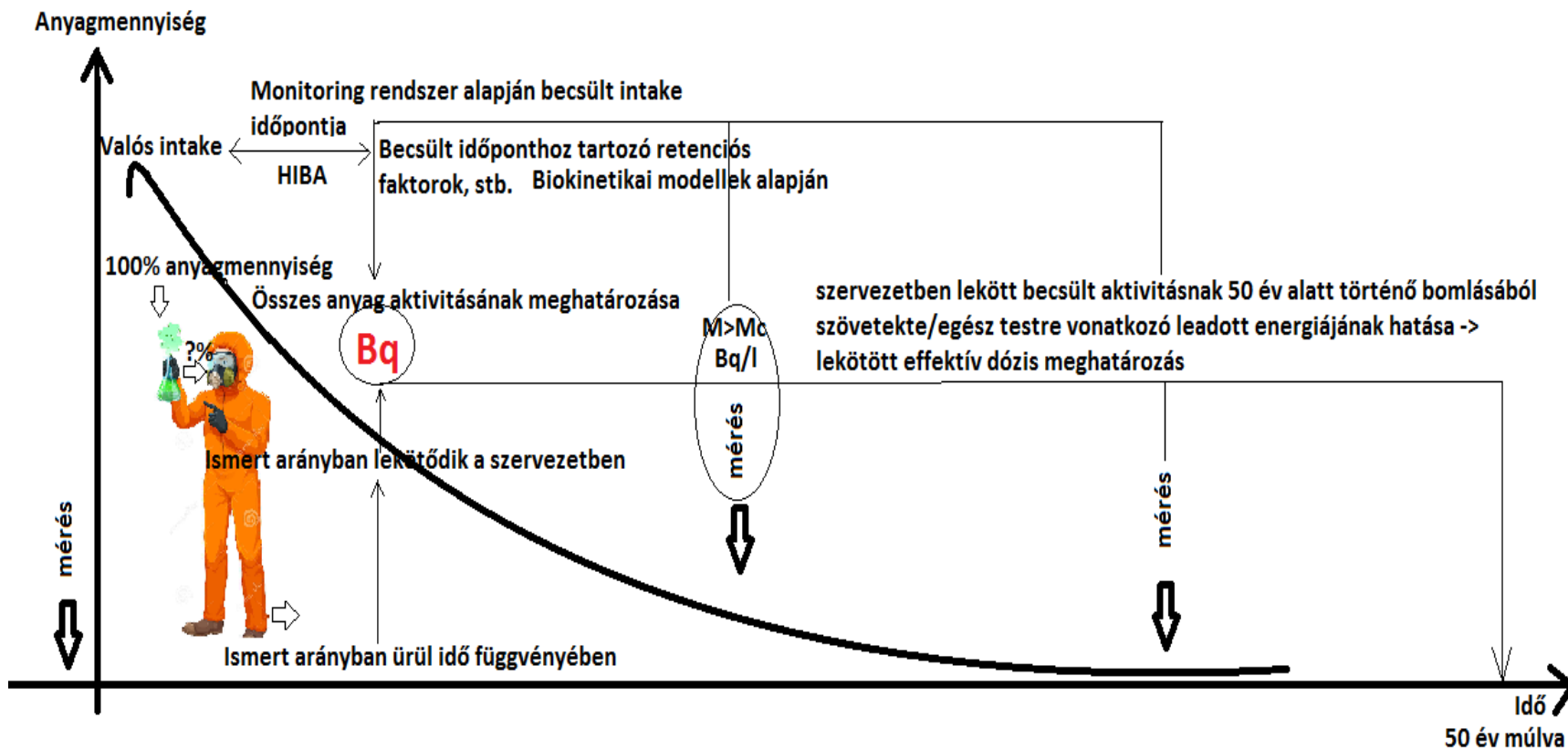
Ezt a gyakorlatban nem kell kiszámolnunk! Hanem az ICRP táblázatokban lévő dózis állandóval kell beszoroznunk a testbe jutó radioaktív anyagot!



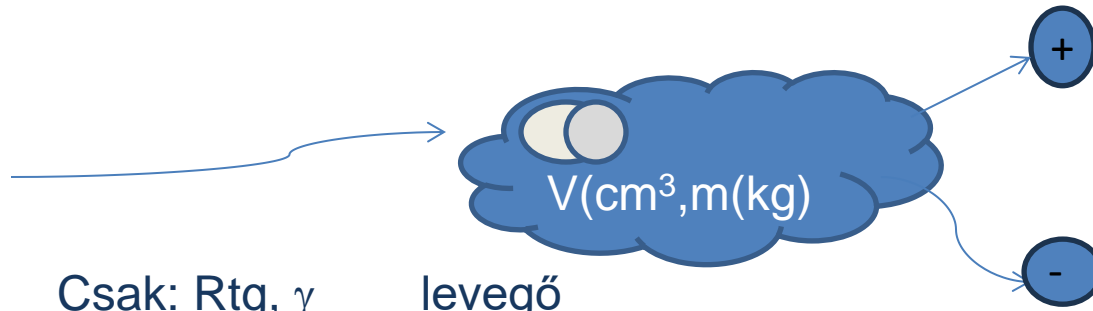
## 4

# A lekötött effektív dózis sematikus meghatározásának menete monitoring rendszeren belül

Ha a lekötött effektív dózis nagyobb mint 1mSv/év MONITORING rendszert kell alkalmazni a munkavállaló ellenőrzésére. (izotóp gyártás, pajzsmirigy terápia, atomerőmű)  
A monitoring rendszert az OIR, ICRP Ideas Gudline alapján kell összeállítani.



# Besugárzás, expozíció (besugárzási dózis)



- Csak: Rtg,  $\gamma$  levegő
- $X = Q / m$ ,  
ahol Q az m tömegű levegőben keltett elektromos töltések, ionok mennyisége.
- SI egysége:  $C \cdot kg^{-1}$  (C: coulomb), korábban a röntgen (**R**) volt és
- tömegegységben létrehozott töltéshordozók összes töltése
- (SI) = 1 C/kg, - 1 Röntgen (1 R) =  $2,58 \times 10^{-4}$  C/kg
- csak RTG/gamma fotonokra!
- csak levegőben!
- Lágy szövetekben 1 R-nek kb. 0,0088 Gy elnyelt dózis felel meg, csontszöveteknél ennél 20-30 %-kal nagyobb.

A röntgen sugárzás különböző energián történő test besugárzását ICRP táblázatokból vett korrekciós faktorokkal számoljuk át Gy-é és onnan a számítás hasonló mint a korábbi példákban. Van hogy mérésel határozzák meg a leadott energia mennyiséget.(gépekbe szerelt dózis mérők)

## *Közölt-dózis(kerma)*

- A közölt dózis, ill. a "*levegő-kerma dózis*" mennyiség elsősorban foton sugárzási tér jellemzésére használatos (a "kerma" angol mozaikszó: kinetic energy released to material), mértékegysége megegyezik az elnyelt dózis egységével, azaz  $\text{J.kg}^{-1}$ , ill. Gy.
- A közvetlen ionizáló töltetlen részecskék (foton, neutron) által keltett kezdeti kinetikus energiájának az összege a m tömegű anyagban.  $K = dE_{tr}/dm \Rightarrow K_a$  (Kerma a levegőben) *(ez kell a környezeti dózis egyenérték meghatározáshoz)* **(Ebből számítják a  $H^*(10)$  környezeti dózis egyenértéket, amit leolvassunk a műszerről)**
- Ez esetben a sugárzás által kiváltott részecskéknek a kezdeti kinetikus energiáját használjuk dózismennyiségként. ( $E_{közölt} < E_{elnyelt}$ )

## *Kollektív dózis (Jele: S)*

- Egy kollektíva, vagy akár a népesség egészének a sugárterhelése  $S =$  a sugárterhelést elszenvedett egyedek egyéni dózisának összege (ill. az átlagos érték szorozva az egyedek számával). „Társadalmi szempontból” fontos lehet.
- Mértékegysége: személy.Sv .



## Külső sugárterhelés pontos mérésének feltétele – Bragg-Gray elv

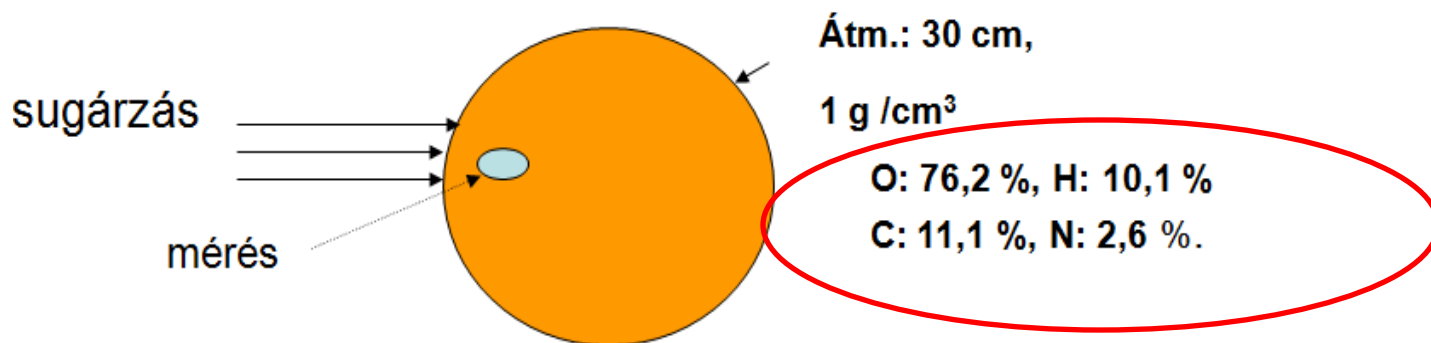
A detektort és a mérendő személyt azonos távolságba helyezve a sugárforrástól mindkettőt azonos energiafluxus éri – ekkor a két céltárgy dózisa csak a két abszorpciós együttható miatt különbözhet.

$$\frac{D_x}{D_m} = \frac{\Phi_{E,x}}{\Phi_{E,m}} \cdot \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_x}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_m} = f_m$$

Az abszorpciós együttható energiafüggése legyen azonos a detektorra és a testszövetre  
= szövetekvivalens detektor;  
„energiafüggetlenség” =  
azonos energiafüggés a két közegre

# Méréssel kapcsolatos megközelítés

- *Dózismérések reprodukálhatósága, kalibrálás,*
- ICRU (International Committee on Radiation Units and Measurements) **gömb/henger fantom:**



- ICRU gömb fantom különböző (d) mélységű helyén, akár különböző irányból, különböző típusú sugárzással végzett besugárzások mellett kapott dózis- ill. dózisteljesítmény értékekkel lehet kalibrálni, hitelesíteni a mérőeszközöket. Az így definiált mennyiségek a **dózisegyenértékek**, ezek egysége is Sv (ill. J.kg<sup>-1</sup>).
- Az emberi test (vagy az azt utánzó fantom) adott pontjára vonatkozó dózisegyenértékre, a sugárzás típusának és energiájának figyelembevételére épül.

- A területellenőrzésnél, akár munkahelyen is használatos a **környezeti dózisegyenérték - jele:  $H^*(d)$**  - amely a sugárzási tér egy adott pontjában elhelyezett ICRU-fantom  $d$  mélységében mért dózist jelenti, ha egyirányú a sugárzás, akkor a sugárzás irányával ellentétes oldalon. Erősen áthatoló ( $\gamma$ -) sugárzás esetén  $d=10$  mm, gyengén áthatoló ( $\beta$ -) sugárzásnál  $d=0,07$  mm .
- Mérőeszközöknél figyelni kell hogy  $H^*(10)$  környezeti dózisegyenértékben legyen hitelesíthető
- Közölt dózis a levegőben Ka-ból ( $Kerma=dE_{rt}/dm$ ) meghatározható f konverziós faktorra (MSZ14341:1991 sz.sz. 6 táblázata)  
A személyi ellenőrzés esetén ajánlott az un. ***személyi dózisegyenérték – jele  $H_p(d)$***  –  
 $d=10$  mm, lágy szövetekre jellemző dózis,  
 $d=3$  mm a szemlencse dózis,  
 $d=0,07$  mm a bőr dózis.



**Mérési módszerek szempontjából: Fizikai  
dozimetria/kémiai dozimetria/biológiai dozimetria**

# Környezeti dózis egyenérték felosztása sugárzási tér iránya szerint

- 1. egyirányú ( $H^*(10)$ ):

Az a dózis egyenérték amely az ICRU gömb  $d$  mélységében a dózis egyenértéknek megfelelő kiterjesztett és irányított sugárzási tért eredményezne az irányított nyalábbal ellentéte irányú gömbsugáron nézve. Nagy áthatoló képességű sugárzásnál  $d=10\text{mm}$ , kis áthatoló sugárzásnál  $d=0,07\text{mm}$  (ld. Szűrők a RAD EYE-on)

- 2. izotróp ( $H'(d)$ ) irány és mélység függő mérési pont: Az a dózis egyenérték amely az ICRU gömb  $d$  mélységében és meghatározott gömbsugáron a dózis egyenértéknek megfelelő kiterjesztett és irányított sugárzási tért eredményezne. Bőrre  $0,07\text{mm}$ , szemre  $3\text{mm}$ , testre  $10\text{mm}$

# Dózisfogalmak használatának kiterjesztéséről

Általában mondható, amennyiben **más élőlények** (non-human biota) esetén hasonló fogalmakat akarunk használni mint az embernél, akkor az eddig bevezetett  $W_R$ , és  $W_T$  súlytényező értékeket - különösen az utóbbit - módosítani kell. További nehézséget jelent, hogy a vizsgálandó dózistartomány sokkal nagyobb mint embernél, azaz a súlytényezők dózistól való függését mindenképpen figyelembe kell venni.

$$W_T^{\text{🐭}} \neq W_T^{\text{👶}}$$





# Ionizáló sugárzás hatása

- A sztochasztikus sugárhatás nominális károsodási együtthatói 1 Sv effektív dózis esetén, a dolgozókra és a teljes lakosságra külön-külön, az ICRP 103 2007-ben megjelent ajánlásai szerint. (0,005%/mSv, tehát 1mSv esetén 1:20000, 20mSv esetén 1:1000)

Populáció	Végzetes rosszindulatú daganat	Nem végzetes rosszindulatú daganat	Súlyos örökletes hatások	Összesen
Felnőtt dolgozók	0,041	0,008	0,01	0,042 korábban 0,056)
Teljes népesség	0,055	0,01	0,02	0,057 korábban 0,073)

# Sugaras kockázat

A kockázat (risk), mint számolt mennyiség:

$$\mathbf{R} = \mathbf{w} \cdot \mathbf{K} ,$$

ahol:

**w** : az esemény (expozíció) bekövetkezésének valószínűsége  
(max 1)

**K**: az eseménnyel (expozícióval) járó károsodás, ártalom súlyossága (max 1, mely halálesetet jelent).

## Példák

- a) ha az  $E=1$  Sv effektív dózisú akut expozíció bekövetkezésének valószínűsége 0,1 és a következmény súlyossága  $K=0,05$ , akkor a kockázat  $R=0,1 * 0,05 = 0,005$ .
- b) Ha a  $H=5$  Sv egyenérték dózisú pajzsmirigy expozíció bekövetkezésének valószínűsége 0,001 és az ebből eredő következmény súlyossága 0,0008, akkor a kockázat:  $K = 0,001 * 0,0008 = 8 \cdot 10^{-7}$ , „laborszlengben” 0,8 mikrorizikó.

A sugárvédelemben általában a  $\approx 10^{-7}$ -nél kisebb kockázattal járó eseményeket elhanyagoljuk, azok értékének pontosítása szükségtelen.

Esemény	K	w	R
CT felvétel közben valaki a szobában marad és 10mSv személyi egyenérték dózist szenved el.	(1Sv esetén 0,05) akkor 10mSv esetén $K=0,0005$	0,0001	$5 \times 10^{-8}$
Tűszűrásos baleset	$K=0,00001$	0,01	$1 \times 10^{-7}$
Tc-99m izotóp, 10MBq véráramba jutása, $eg=2 \times 10^{-11}$ , effektív dózis 0,0002Sv,			
I-123 izotóp belélegzése 1MBq (5mikron AMAD, F) $eg=1,1 \times 10^{-10}$ Sv/Bq esetén	$K=5 \times 10^{-7}$	0,001	$5 \times 10^{-10}$

## TUTORIAL 13: Radiation and cataract

### 5. Eye lens dose in interventional radiology





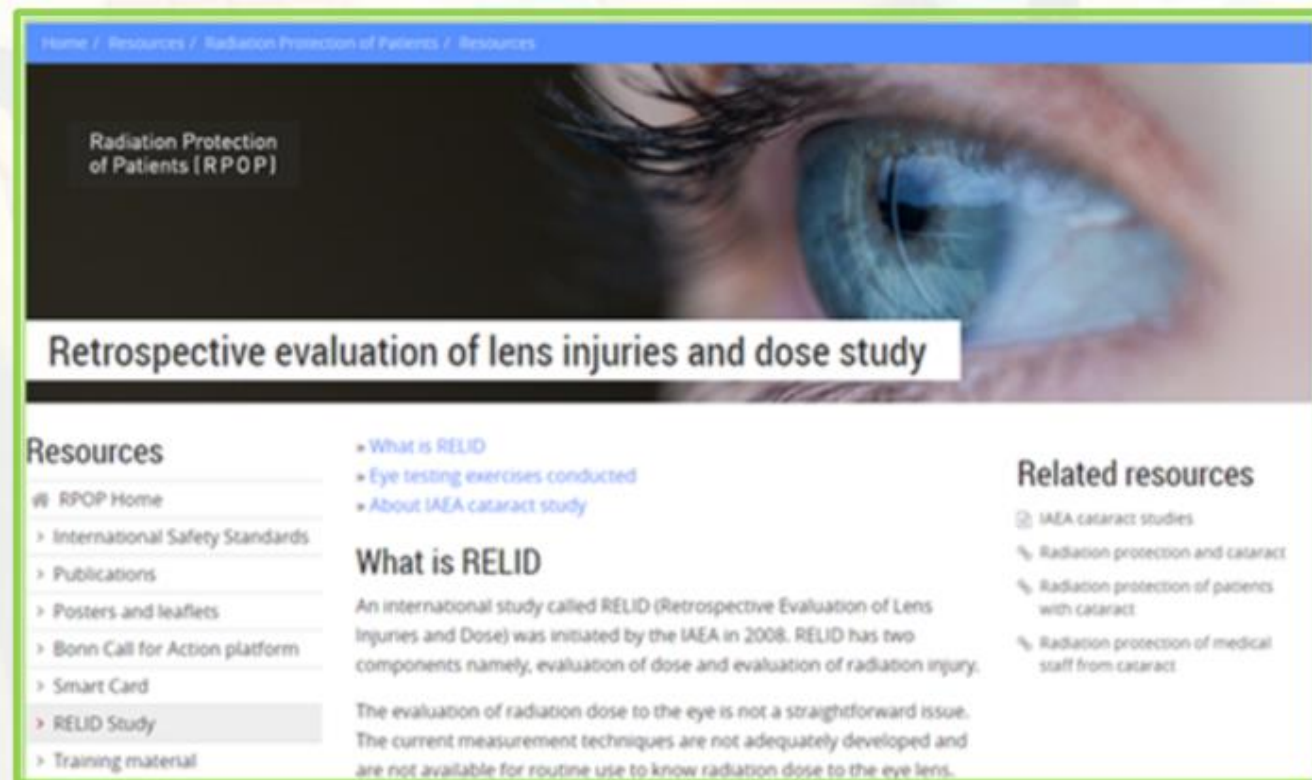
## TUTORIAL 13: Radiation and cataract

### 4. Cataract risk for radiology professionals

Opacities were found primarily among interventional cardiologists, but these findings may extend to interventional radiologists and other specialists, performing fluoroscopy guided interventional procedures, as well.

**One third to half**  
of the operators  
had lens opacities!

Opacities were  
found primarily  
among  
interventional  
cardiologists.



Home / Resources / Radiation Protection of Patients / Resources

Radiation Protection of Patients (RPOP)

### Retrospective evaluation of lens injuries and dose study

**Resources**

- RPOP Home
- International Safety Standards
- Publications
- Posters and leaflets
- Bonn Call for Action platform
- Smart Card
- RELID Study**
- Training material

**What is RELID**

- What is RELID
- Eye testing exercises conducted
- About IAEA cataract study

An international study called RELID (Retrospective Evaluation of Lens Injuries and Dose) was initiated by the IAEA in 2008. RELID has two components namely, evaluation of dose and evaluation of radiation injury.

The evaluation of radiation dose to the eye is not a straightforward issue. The current measurement techniques are not adequately developed and are not available for routine use to know radiation dose to the eye lens.

**Related resources**

- IAEA cataract studies
- Radiation protection and cataract
- Radiation protection of patients with cataract
- Radiation protection of medical staff from cataract

# Szem sugárérzékenysége (ICRP 118, ICRP116)

A lencse optikailag tiszta, érrendszeri szövet, amely táplálékot kap a környező vizes és üveges folyadékokból (Harding és Crabbe, 1984).

Anatómiája egyedülálló, az elülső, szaruhártya felé néző felületen egyetlen hámsejtréteg található, amely az alatta lévő lencse-rostsejtek progenitorait tartalmazza. (Horwitz és Jaffe, 1992).

A lencsét teljesen beborítja egy alapmembrán, amelyet „lencsekapszulának” neveznek. A lencse átlátszósága attól függ, hogy a lencseszál sejtjei megfelelően elkülönülnek-e az egyetlen réteg proliferáló részhalmazától a hámsejtek a lencse elülső felületén.

Az élet során a hámsejtek találhatók a lencse perifériáján, a csírázási zónában osztódnak és differenciálódnak érett lencse rostsejtek.

**Ezek a terminálisan differenciált sejtek nem tartalmaznak sejtmagot vagy mitokondriumot, és függenek a fedő hámsejtrétegtől tápanyagszállítás, energiatermelés és védelem a sértő anyagoktól.**

Míg ez a folyamat a pubertás alatt jelentősen lelassul, a lencse tovább növekszik egész életen át, végül megháromszorozódott a súlya (Kleiman és Worgul, 1994). Esedékes a lencse egyedi anatómiájához, a hámsejt integritásának megzavarásához réteg valószínűleg szürke-hályoghoz vezet.

A legkorábbi sugárzás által kiváltott lencseváltozás: az opálos csillogás vizualizálása a lencse hátsó kapszulán, réslámpás vizsgálattal (Worgul et al., 2007). Ezt kis vakuolák és diffúz pontszerű homályok megjelenése követi, amelyek a lencse hátsó varrata

Az NCRP és az ICRP által megfogalmazott szem-sugárvédelmi szabványok Az ICRP-k mind azon a feltételezésen alapulnak, hogy a sugárzási szürkehályog **determinisztikus**, és csak egy küszöbdózis túllépése esetén jelenik meg. Az észlelhető homályosságokhoz, ez az érték jelenleg 0,5-2 Gy akut expozíciónál, 5 Gy pedig krónikus expozíciónál (ICRP, 2007). A látássérülést okozó szürkehályog esetében az értékek magasabbak, dózissal 2 és 10 Gy közötti küszöbérték akut expozíció esetén, 8 Gy pedig krónikus esetén expozíciók körül helyezkednek el.

**A szem anatómiai szerkezete és a speciális sejt proliferációs tulajdonságai miatt nincs a teljes szemre sugárzási súlytényező! Valójában a szem minden anatómiailag különálló részére energia függéstől, iránytól és részecske típustól függ a szöveti súlytényező.**

ICRP 2013 Proceedings

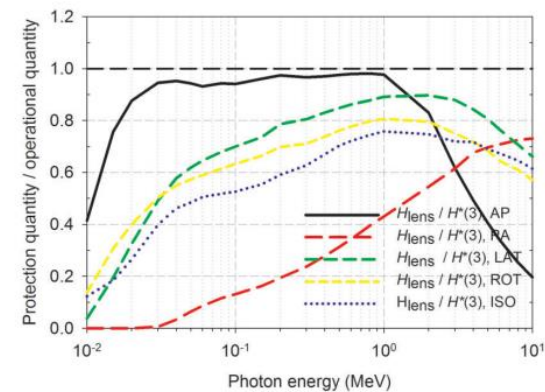
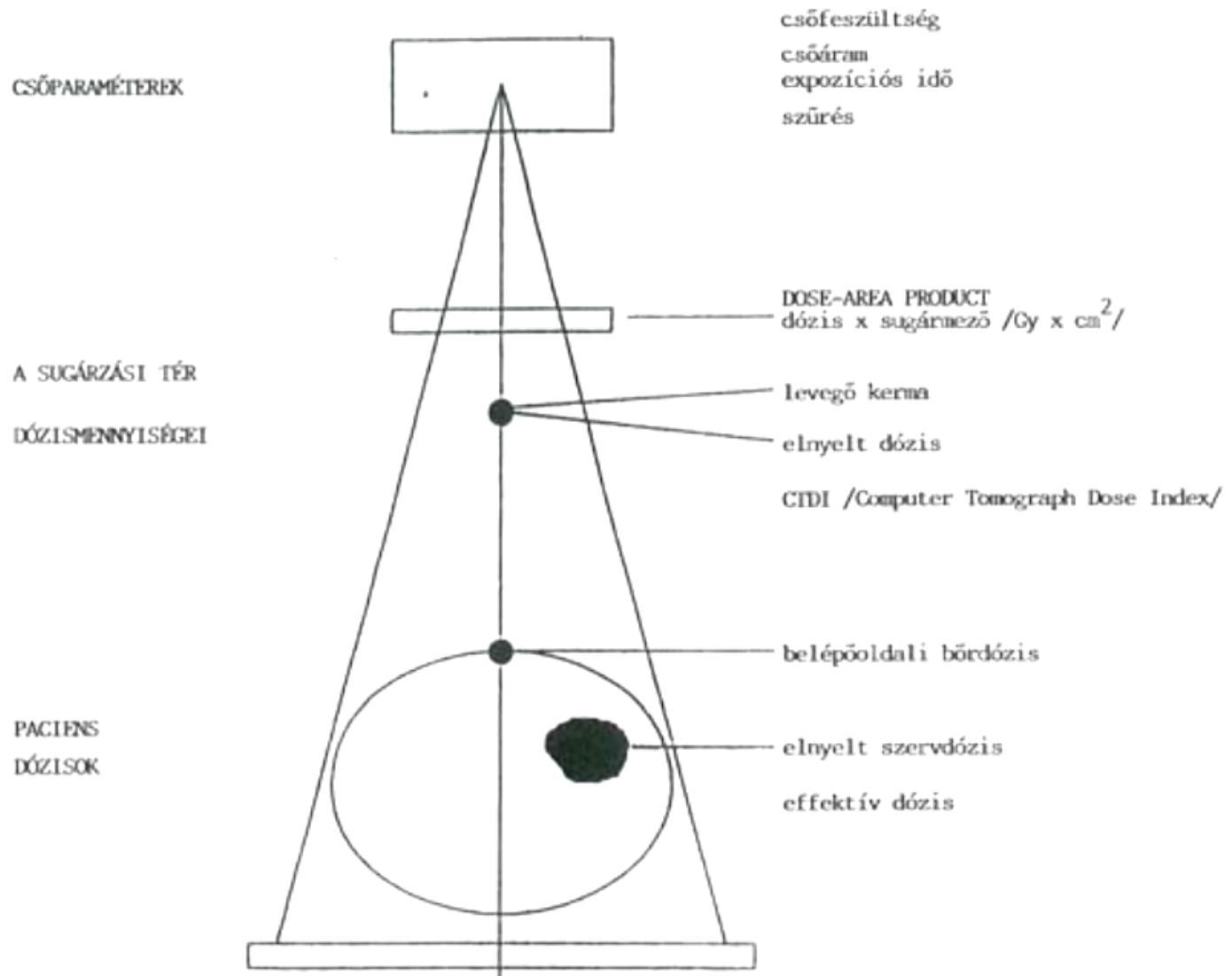


Fig. 14. Ratios of equivalent dose to the lens of the eye (Publication 116) for various exposure situations (AP, anterior-posterior; PA, posterior-anterior (PA); LAT, average of left and right lateral; ROT, rotational; ISO, isotropic) to the ambient dose equivalent at 3-mm depth  $H^*(3)$ , from Publication 74 for externally incident photons. Source: Fig. 5.8 of ICRP (2010).

# Páciensre vonatkozó dózis fogalmak

Gy



A röntgendiagnosztikai sugárterhelés jellemzésére használható mennyiségek

# Dózismennyiségek összehasonlítása

A sugárdózis mérésével, becslésével éppen arra kívánunk ismereteket szerezni, hogy mekkora hatás várható hetekkel, hónapokkal, esetleg évekkel később rosszindulatú daganat formájában, hogy a szükséges védelmi intézkedést, akár a gyógyítást a lehető legkorábban elkezdhessük.

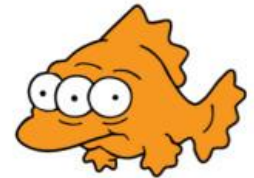
## SIMPSONS GUIDE TO RADIATION



**Bequerel [Bq]**  
How brightly your  
Cesium glows



**Gray [Gy]**  
How brightly  
Cesium will make  
you glow



**Sieverts [Sv]**  
How many extra  
eyes will you have  
after glowing?



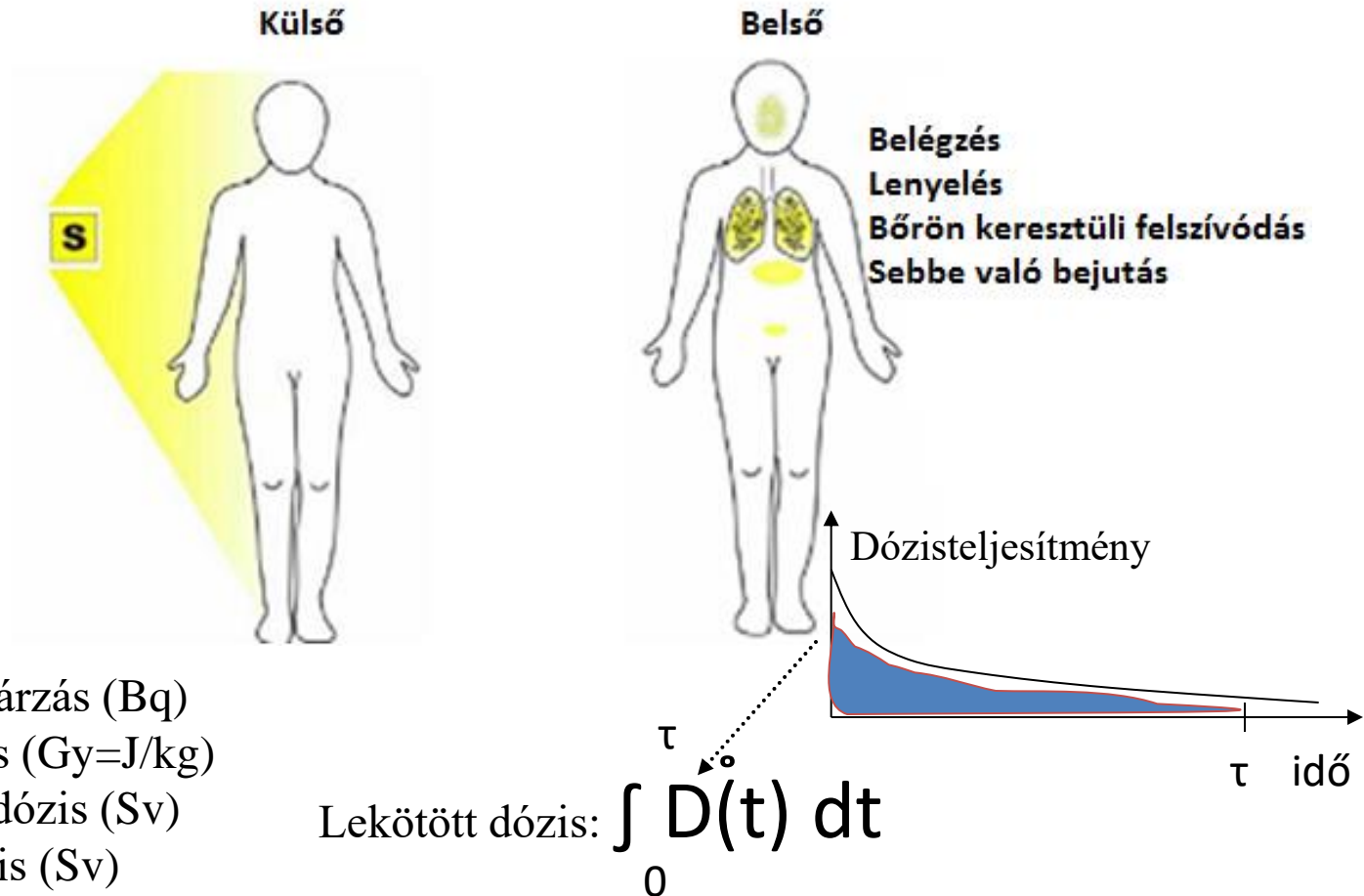
Megnevezés e és jele	Rövid meghatározása	Mértékegység	Érvényessége, megjegyzések
Elnyelt dózis, D	Sugárzás révén elnyelt energia osztva az elnyelő tömeggel	Gy ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Mindenfajta ionizáló (esetenként nem ionizáló) sugárzásra és mindenféle elnyelő anyagra (élettelenre is) értelmezhető. Egymagában nem jellemzi a biológiai hatás mértékét
Egyenérték dózis, $H_T$	Elnyelt dózis szorozva a sugárzás fajtájára jellemző súlytényezővel	Sv ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Elsősorban emberi szövetekre, szervekre, $\approx 1$ Sv dóziséig használható. Jellemző a szövetek, szervek biológiai, egészségkárosító hatására. Kiterjeszthető más élőlényekre is.
Effektív dózis, E	Egyenérték dózis és a szöveti súlytényezők szorzatának összege	Sv ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Emberi egésztestre, $\approx 1$ Sv dóziséig. A szöveti súlytényezők összege = 1. Megkötésekkel kiterjeszthető
Lekötött dózis	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, 70 ill. 50 év időtartamra integrálva	Gy, Sv	Csak belső dózisznál, értékét a radioaktív bomlás és a felszívódás ill. kiürülés sebessége határozza meg

Megnevezése és jele	Rövid meghatározása	Mértékegység	Érvényessége, megjegyzések
Környezeti dózisegyenérték, $H^*(d)$	ICRU-fantomban, különböző mélységben és irányban mért dózis	Sv	Terület- és munkahely ellenőrzésre, a $H_T$ és $E$ jellemzésére használt dózis
Személyi dózisegyenérték, $H_p(d)$	ICRU-fantomban, különböző mélységben és irányban mért dózis	Sv	Személyi sugárterhelésre, a $H_T$ és $E$ jellemzésére használt dózis
Besugárzási dózis	Levegőben keletkező elektromos töltés és tömeg hányadosa	R, röntgen( $1 R = 2,6 \cdot 10^{-4} C \cdot kg^{-1} \approx 0,009 Gy$ )	Csak $\gamma$ - ill. röntgen sugárzás és levegő elnyelő közeg esetén érvényes. Könnyen mérhető, de nem illeszkedik a SI-ba, ezért használata nem ajánlatos
Lekötött dózis	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, 70 ill. 50 év időtartamra integrálva	Gy, Sv	Csak belső dózissnál, értékét a radioaktív bomlás és a felszívódás ill. kiürülés sebessége határozza meg
Kollektív dózis, S	Több személyre, egy populáció egyéni dózisainak összege	személyGy, személySv	Sztocasztikus sugárhatásnál, néhány mSv-től néhány 100 mSv-ig használatos, társadalmi kockázat jellemzésére
Dózis-lekötés	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, $t=\infty$ -ig integrálva	Elsősorban személyGy ill. személySv	Egy hirtelen szennyeződést követően, több generációra kiterjedő kollektív dózis

# Sugárterhelések osztályozásának szempontjai

- Sugárforrás elhelyezkedése: külső, belső sugárzás (az emberi testhez viszonyítva)
- Sugárzás eredete, forrása: természetes, mesterséges
- Sugárzás fajtája:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, neutron, ....
- Sugárterhelés szabályozása, ellenőrzése (expozíciós fajták): tervezett, veszélyhelyzeti, meglévő
- Időtartam (akut: 1-2 nap alatt, krónikus: évek)
- **Exponált csoportok, személyek (expozíciós kategóriák):** foglalkozási, **lakossági**, orvosi, (bióták?)
- *Az elhatárolódás, kategorizálás, osztályozás több esetben nem egyértelmű!*

# Külső és belső sugárterhelés



Integrálási időtartam szabályozáshoz:  $\tau = 50$  év (felnőtt), 70 év (gyermek)

## Dózis értékek, példák

•Sugár forrás	•Dózis
<p>Természetes háttér éves átlagértéke hazánkban, egyéni dózis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ebből a Rn-leányelemek belégzése</li> <li>• (lekötött effektív dózis)</li> </ul>	<p>•2-3 mSv effektív dózis</p> <p>•1,0-1,5 mSv</p>
Egyéni dózis járulék a Paksi Atomerőműben dolgozóknál, éves átlag	•1,1 mSv effektív dózis
Ember félhalálos dózisa ( $LD_{50/30}$ ), akut terhelés $\gamma$ -sugárzástól	•4-5 Gy, elnyelt dózis
Orvosi, külső (elsősorban rtg diagn), éves	1,5 (0,1-5) mSv effektív dózis

# Dózis korlátok szintén a kockázati elemzésekből vannak levezetve

Jelenleg ICRP 118 korábban az ICRP 103 adott ajánlást az alkalmazásnál használatos dózis korlátozásra.

/ Effektív dózis (külső+belső) egész testre vonatkozó dózis korlát 20mSv/év  
munkavállalókra és lakosságra 1mSv.

~~487/2015 Korm.rendeletből:~~ helyett 2/2022 OAH rendelet

- A foglalkozási sugárterhelésre vonatkozó effektívdózis-korlát évi 20 mSv. Indokolt körülmények között az OAH egy-egy évben ennél nagyobb, de legfeljebb 50 mSv nagyságú effektív dózist is engedélyezhet, amennyiben bármely egymást követő öt évben – azokat az éveket is ideértve, amikor a korlátot meghaladták – az éves átlagos dózis nem haladja meg a 20 mSv értéket.

- Az effektívdózis-korlátok mellett az egyenértékdózisokra a következő korlátokat kell alkalmazni:

- a szemlencse egyenértékdózis korlátja évi 20 mSv,
- a bőrfelületre meghatározott egyenértékdózis korlátja évi 500 mSv, amely a bőrfelület tetszőleges 1 cm<sup>2</sup>-es területére számított átlagos dózissra vonatkozik, a sugárzásnak kitett teljes felület nagyságától függetlenül,
- a végtagok egyenértékdózis korlátja évi 500 mSv.

# Annals of the ICRP

## Annals of the ICRP

PUBLICATION 103

[←](#) [→](#) [↺](#) [icrp.org/page.asp?id=5](#)[Alkalmazások](#)[Kiemelt ügyfelek fel...](#)[WACOM login](#)[RADAR Exposure a...](#)[RADAR Home](#)[gyakorlatisugárvéd...](#)[Radioactive Quack...](#)[Radiation Prot](#)

ICRP PUBLICA

[NEWS](#)[WORK](#)[ORGANISATION](#)[SUPPORTERS](#)[ICRPAEDIA](#)

The Use of Effect  
Radiological Protection

Editor-in-  
C.H. CLEM

Associate  
H. FUJI

Authors on behalf

J.D. Harrison, M. Balonov, F. Bock  
P. Ortiz-Lopez, R. Smith-Bindman

PUBLISHED

The International Commission

by

[SAGE Publications]

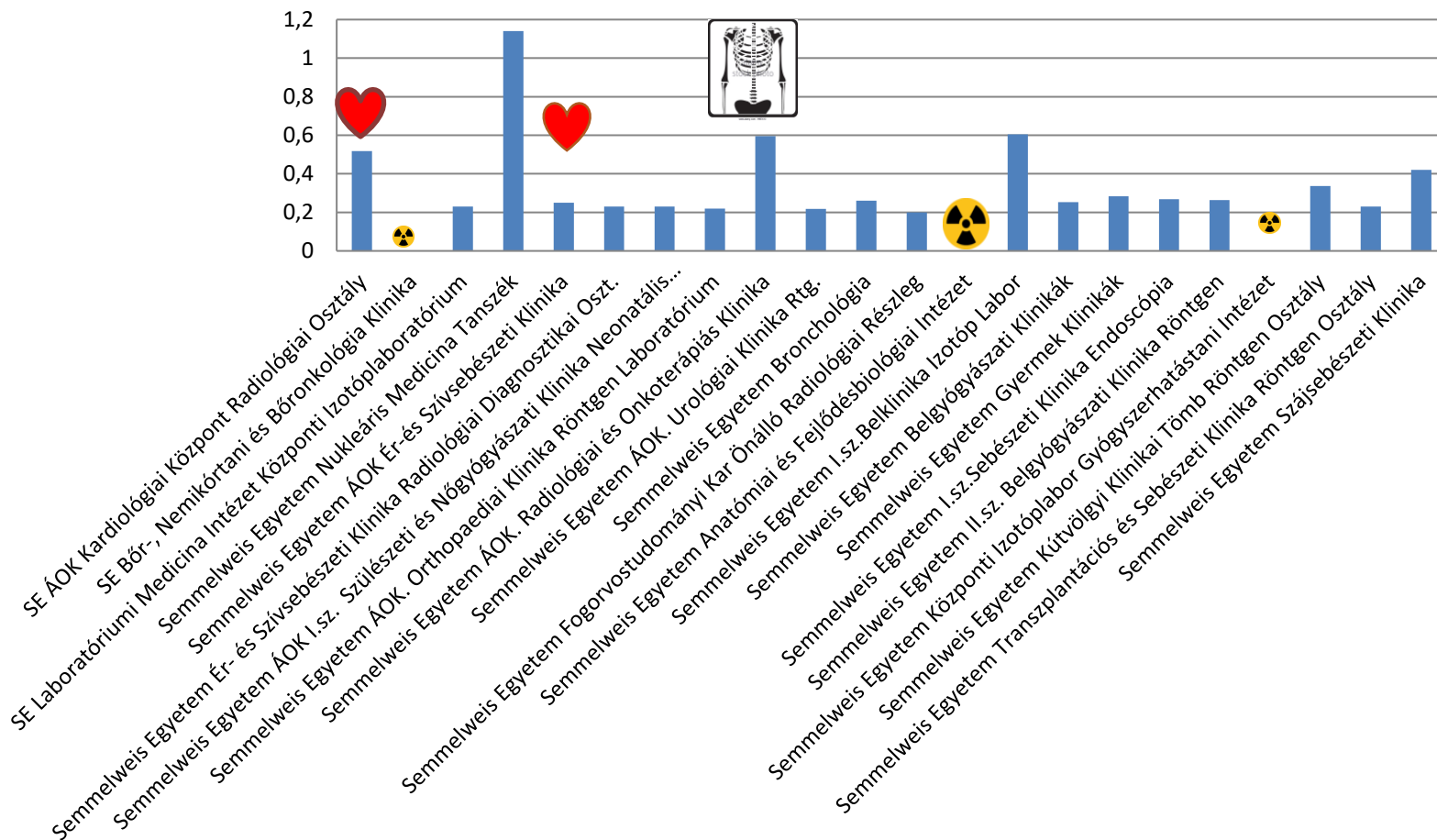
## Free to Download

Publication	Title
ICRP 2017 Proceedings	<a href="#">Proceedings of the Fourth International Symposium on the System of Radiological Protection</a>
ICRP Publication 139	<a href="#">Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures</a>
ICRP Publication 138	<a href="#">Ethical Foundations of the System of Radiological Protection</a>
ICRP Publication 137	<a href="#">Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3</a>
ICRP Publication 136	<a href="#">Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation</a>
ICRP Publication 135	<a href="#">Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging</a>
ICRP Fukushima Proceedings	<a href="#">Proceedings of the International Workshop on the Fukushima Dialogue Initiative</a>
ICRP Publication 134	<a href="#">Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2</a>
ICRP Publication 133	<a href="#">The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions</a>
ICRP Publication 132	<a href="#">Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation</a>
ICRP 2015 Proceedings	<a href="#">Proceedings of the Third International Symposium on the System of Radiological Protection</a>
ICRP Publication 131	<a href="#">Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis Aspects of Radiological Protection</a>

- <https://www.icrp.org/>

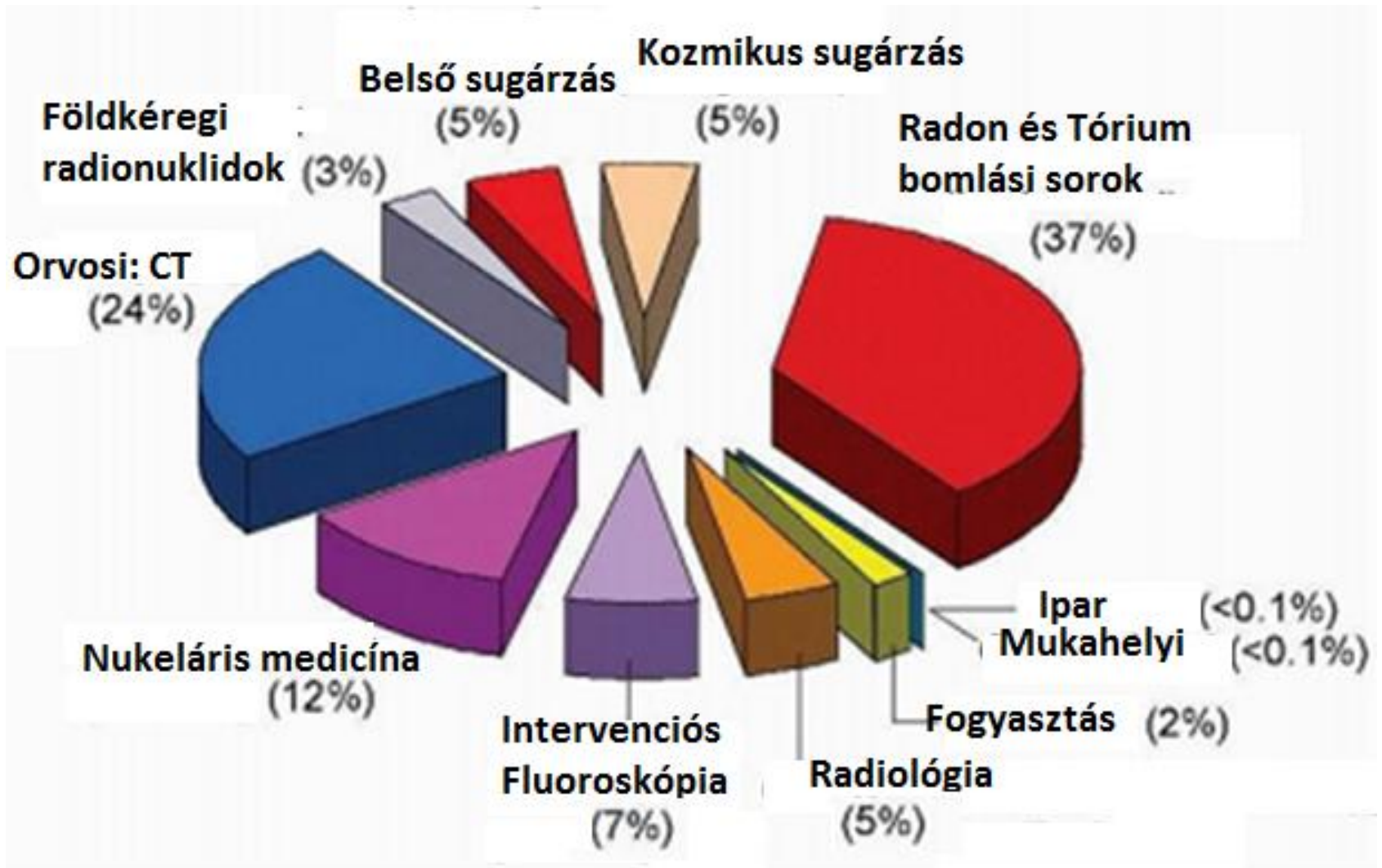
# Éves Effektív dózisok átlaga ionizáló sugárzást alkalmazó munkaterületekre leosztva

■ Éves effektív dózis átlag (mSv)





# NCRP tanulmány 160 USA Lakosság effektív dózis eloszlása sugár források szerint (2006)



# **DÓZISSZÁMÍTÁSOK**

## **(ismert izotóp, ismert aktivitás)**

### **Tipikus expozíciós útvonalak**

- 
- pontforrás
  - felszíni forrás (szennyezett talaj)
  - térfogati forrás (fél-végtelen felhő)

- 
- inhaláció
  - lenyelés

- 
- MIRD (Medical Internal Radiation Dose)  
forrásszerv - célszerv

# Dózis teljesítmény meghatározására vonatkozó számítási módszerek

Pontforrásra vonatkozó sugárzó anyag esetén:

$$D = \Gamma \cdot A \cdot t / r^2$$

ahol: D: Elnyelt dózis [ $\mu\text{Gy}$ ], t idő [h] alatt, r távolságban [m],  $\Gamma$  :  
külső- $\gamma$  dózisállandó [ $\mu\text{Gy.h}^{-1} / \text{GBq.m}^{-2}$ ], A: pontforrás aktivitása  
[GBq]

Pl. I-131 esetén:  $\Gamma = 50 [\mu\text{Gy.h}^{-1} / \text{GBq.m}^{-2}]$

Térfogati és felületi gamma –, ill. beta-sugárzástól (külső dózis  
levegőben, ill. felülettől)

$$S = K_{\gamma} \cdot C \cdot t$$

Ahol: S: effektív dózis, v. egyenérték dózis [Sv], C: radionuklid  
koncentráció [térfogati:  $\text{Bq.m}^{-3}$ ; felszíni:  $\text{Bq.m}^{-2}$ ],  $K_{\gamma}$  :külső  
gamma- (ill. beta) dózisegyüttható

[térfogati:  $(\text{Sv.m}^3)/(\text{Bq.s})$ ; felszíni:  $(\text{Sv.m}^2)/(\text{Bq.s})$ ], –a beta-sugárzás  
esetén bőrdózszt kell számolni ( $K_{\beta}$ )

A számításokhoz használható online elérhető

<http://www.radprocalculator.com/Gamma.aspx> dózis számoló  
program. Ez nem veszi figyelembe a fékezési rtg.-t és kicsit felül  
becsül a valóságban mért értékekhez.

# Pontforrás



$r(m)$

**D**

SL, MSSZ

- $D = \Gamma \cdot A \cdot t / r^2$
- ahol:
- D: Elnyelt dózis [ $\mu\text{Gy}$ ],  $t$  idő [h]alatt,
- $r$  távolságban [m]
- $\Gamma$  : külső- $\gamma$  dózisállandó [ $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} / \text{GBq} \cdot \text{m}^{-2}$ ]
- A: pontforrás aktivitása [GBq]

Pl. I-131 esetén:  $\Gamma = 50 [\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} / \text{GBq} \cdot \text{m}^{-2}]$

pontforrásra vonatkozva/levegőre I-131 esetén:

távolság (cm)	aktivitás (MBq)	elméleti dózis teljesítmény (mikroSv/h)
100	785	42,5

A legnagyobb használt aktivitások és tőlük 1m távolságban és 2 mm Pb védelem alatt mért dózis teljesítmény értékek.

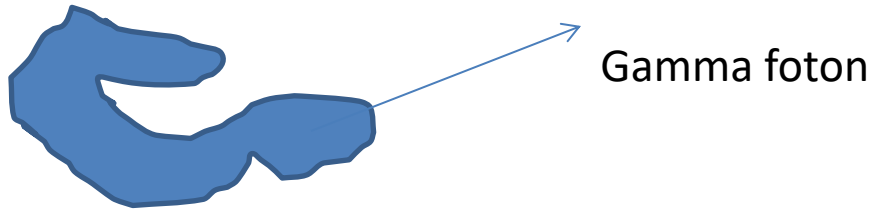
Számítás : $D_{\gamma} = (K_{\gamma} \cdot A) / l^2$ ,  $D_{\gamma}$  dózis teljesítmény ( $\mu\text{Sv/h}$ ),  $K_{\gamma}$  levegőre vonatkozó dózis állandó ( $\mu\text{Sv m}^2 / \text{GBq} \cdot \text{h}$ ),  $A$  aktivitás (GBq),  $l$  távolság (m),

Izotóp	maximális beadott aktivitás	1m távolságban mért dózis teljesítmény	2mm Pb védelem 1m távolságra számított dózis teljesítmény
Tc-99m	1GBq/beteg	15-20 $\mu\text{Sv/h}$	1 $\mu\text{Sv/h}$
Sm-153	2,5GBq/beteg	10-15 $\mu\text{Sv/h}$	1 $\mu\text{Sv/h}$
Y-90	400MBq/beteg	4-10 $\mu\text{Sv/h}$	0,5 $\mu\text{Sv/h}$
I-131	550MBq/beteg	20-25 $\mu\text{Sv/h}$	16 $\mu\text{Sv/h}$

# Felszíni és térfogati szennyeződés

- Térfogati és felületi gamma –, ill. beta-sugárzástól (külső dózis levegőben, ill. felülettől)

- $S = K_{\gamma} \cdot C \cdot t$



- S: effektív dózis, v. egyenérték dózis [Sv]
- C: radionuklid koncentráció [térfogati: Bq.m<sup>-3</sup>; felszíni: Bq.m<sup>-2</sup> ]
- $K_{\gamma}$  : külső gamma- (ill. béta) dózisegyüttható
- [térfogati: (Sv.m<sup>3</sup>)/(Bq.s); felszíni: (Sv.m<sup>2</sup>)/(Bq.s)]
- a beta-sugárzás esetén bőrdózist kell számolni ( $K_{\beta}$ )

# Belső sugárterhelés számítás vizeletből

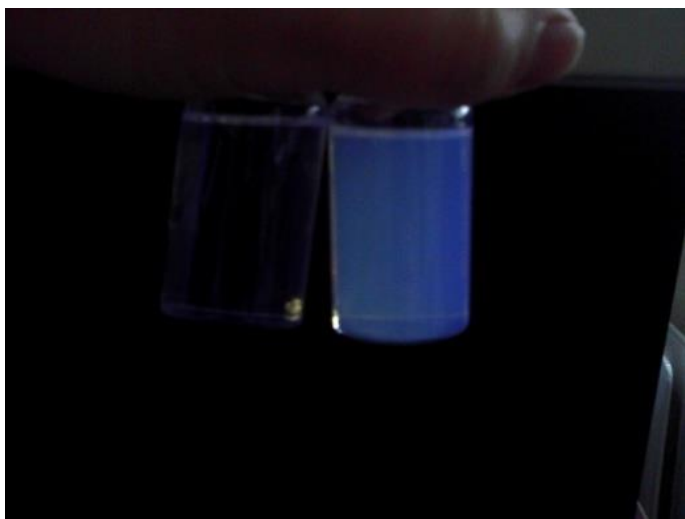
$$I_0(Bq) = \frac{a_t(Bq/l)}{f_t}$$

$$H_t(Sv) = I_0(Bq) \cdot e_{ff}(Sv/Bq)$$

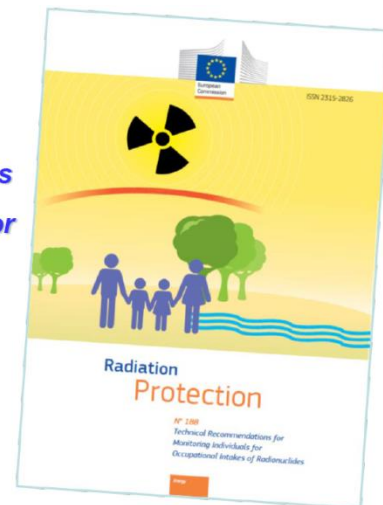
$a_t$  vizelet aktivitás koncentrációja t-napon;

$f_t$  t naphoz tartozó exrékciós hányados;

$e_{ff}$  effektív dózis koefficiens



*Technical Recommendations  
for Monitoring Individuals for  
Occupational Intakes of  
Radionuclides*



[ISO 20553:2006](#). Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material

[ISO 28218:2010](#). Performance criteria for radio-bioassay

[ISO 27048:2011](#). Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure

[ISO 16638-1:2015](#). Monitoring and internal dosimetry for specific materials. Part 1: Uranium

[ISO 16637:2016](#). Monitoring and internal dosimetry for staff exposed to medical radionuclides as unsealed sources

C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Bérard, A. Giussani, M.A. Lopez (2013). [IDEAS Guidelines](#) (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01

# Belső (inhal.+lenyelési) dózis

$$S = K \cdot A$$

ahol:

- S: effektív, vagy egyenérték dózis [Sv]
- A: belélegzett, ill. lenyelt aktivitás [Bq]
- $K_h$ ,  $K_l$ : inhalációs, ill. lenyelési dózisállandó [Sv/Bq],  
korfüggőek!

Amennyiben a belélegzett levegő, ill. a fogyasztott élelmiszer szennyezettsége ismert, akkor

- $A = C_l \cdot R_h \cdot t$  ( $C_l$ : levegő konc., Bq/m<sup>3</sup>,  $R_h$ : légzésteljes., m<sup>3</sup>/h)
- $A = C_f \cdot I_f \cdot t$  ( $C_f$ : élelm. akt.konc., Bq/kg,  $I_f$ : fogyasztás, kg/nap)
- t: ott-tartózkodás, ill. fogyasztás időtartama [h, ill. nap]

2013/59/EURATOM alapján EC RP 188 „Internal Dosimetric Service” ezt a tagországra bízta, nálunk 1mSv felett kötelező, nincsenek szakmai képzések, hiányos analitika.



# MATERIAL SAFETY DATA SHEET

## Farmakon használati utasításában Készülékek kézikönyvében

RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK (2002)

### Thallium - 201

Half life: 3.04 days  
Specific activity:  $7.90E+15 \text{ Bq.g}^{-1}$

**201Tl<sub>81</sub>**  
Risk group: 3  
Risk colour: Yellow

Main emissions (keV)						
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons	
	E	%	E	%	E	%
E1	71	47			16	10
E2	135	3			84	16
E3	167	10			153	3
% omitted	94.1				28	

Exemption levels	
Quantity (Bq)	$1E+06$
Concentration ( $\text{Bq.g}^{-1}$ )	$1E+02$

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A1 value	$1E+1$
IAEA ST1 A2 value	$4E+0$

**EXTERNAL EXPOSURE ( $\text{mSv.h}^{-1}$ ) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m<sup>-2</sup> (as appropriate)**

Point source (30 cm)	Infinite plane source	10 ml glass vial	Contact with 50 ml glass beaker	Contact with 5 ml plastic syringe
Betas, electrons (skin dose) 0.00E+0	Betas, electrons (skin) 10 cm 1.4E-03 1 m 0.0E+00			
	Photons (skin) 10 cm 1.6E-03 1 m 1.3E-03			
	Photons (deep dose) 10 cm 1.6E-03 1 m 1.3E-03			
Gammas, X rays (deep tissue dose) 1.97E-4		100 cm 1.85E-5	6.27E-2	2.85E-1

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

**CONTAMINATION**

Contamination skin dose ( $\text{mSv.h}^{-1}$ )	
Uniform deposit ( $1\text{ kBq.cm}^{-2}$ )	2.70E-1
0.05 ml droplet (1 kBq)	8.39E-3

Uniform deposit

Droplet

**SHIELDING (mm)**

Betas and electrons (Total absorption)	
Glass	0.2
Plastic	0.3

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)	
	$\frac{1}{2}$
Lead	<1
Steel	3

**INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS**

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE ( $\text{Sv.Bq}^{-1}$ )

Ingestion	Inhalation	
	1 µm	5 µm
All compounds	1.000 9.5E-11	F 4.7E-11 7.6E-11
		M 1.9E-11 2.9E-11
		S

Highest dose organ: Lungs 20 mSv AL<sub>ingestion</sub> 2.1E+08 (Bq) 20 mSv AL<sub>inhalation</sub> 2.6E+08 (Bq)

**MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)**

PHYSICOCHEMICAL STATE	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area	
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood
All compounds	0.01	1E+07	1E+08	3E+07	5E+08

### Technetium - 99m

Half life: 6.0 hours  
Specific activity:  $1.95E+17 \text{ Bq.g}^{-1}$

**99mTc<sub>43</sub>**

Risk group: 4  
Risk colour: Green

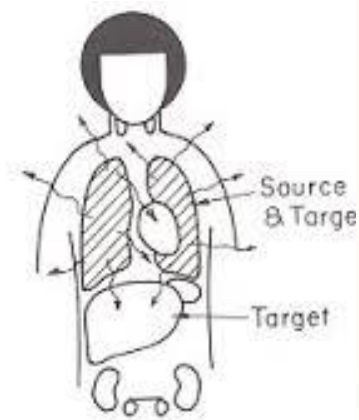
# MIRD-eljárás elve

## (Medical Internal Radiation Dose)

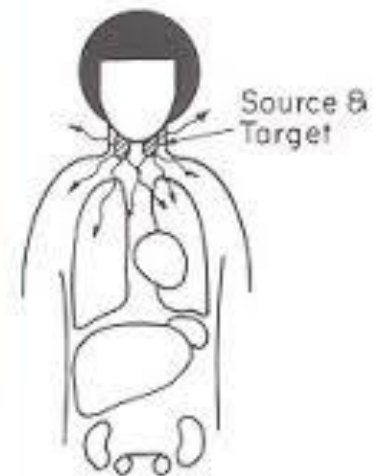
Ha egyik szervben van „A” aktivitás, az a másokban mekkora dózist ad?

Például:

- OLINDA
- DCAL
- ICRP adatbázisok



$^{133}\text{Xe}$  - Saline



$^{131}\text{I}$  - Iodide

Minden forrásszerv-célszerv, minden izotópra, emberi/szervi méretfüggő (standard man)!

# Gyakorlatban hol találkozunk a dozimetriai fogalmakkal?

## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

OSSKI TLD kiértékelő lapon

Éves jelentésekben

Programokban:

OLINDA,IMBA,IDEAS  
SYSTEM,MONDAL

Farmakon használati  
utasításában

Készülékek kézikönyvében

RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK (2002)

**Thallium - 201** **<sup>201</sup>Tl<sub>81</sub>**

Half life: 3.04 days  
Specific activity: 7.90E+15 Bq.g<sup>-1</sup>

Risk group: 3  
Risk colour: Yellow

Main emissions (keV)					
	Gamma or X	Beta (Emax)	Electrons	Alpha	
	E %	E %	E %	E %	
E1	71	47	16	10	
E2	135	3	84	16	
E3	167	10	153	3	
% omitted	94.1		28		

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+06
Concentration (Bq.g <sup>-1</sup> )	1E+02

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A <sub>1</sub> value	1E+1
IAEA ST1 A <sub>2</sub> value	4E+0

**EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h<sup>-1</sup>) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m<sup>-2</sup> (as appropriate)**

Point source (30 cm)	Infinite plane source	10 ml glass vial	Contact with 50 ml glass beaker	Contact with 5 ml plastic syringe
 Betas, electrons (skin dose) 0.00E+0 Gammas, X rays (deep tissue dose) 1.97E-4	 Betas, electrons (skin) 10 cm 1.4E-03 1 m 0.0E+00 Photons (skin) 10 cm 1.6E-03 1 m 1.3E-03 Photons (deep dose) 10 cm 1.6E-03 1 m 1.3E-03	 100 cm 1.85E-5	 6.27E-2	 2.85E-1

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

**CONTAMINATION**

Contamination skin dose (mSv.h <sup>-1</sup> )	
Uniform deposit (1kBq.cm <sup>-2</sup> )	2.70E-1
0.05 ml droplet (1 kBq)	8.39E-3

Uniform deposit

Droplet

\* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

Detection	
Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+
Gamma	+
X rays	++

Derived limits (Bq.cm <sup>-2</sup> )	
Removable contamination	2E+2
Fixed contamination	3E+2

**SHIELDING (mm)**

Betas and electrons (Total absorption)		
Glass	0.2	
Plastic	0.3	

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)		
	1/2	1/10
Lead	< 1	1
Steel	3	12

**INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS**

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq<sup>-1</sup>)

Ingestion	f <sub>1</sub>	Inhalation	1 µm	5 µm
All compounds	1.000	9.5E-11	F	4.7E-11 7.6E-11
			M	
			S	

highest dose organ Lungs 20 mSv ALI<sub>ingestion</sub> 2.1E+08 (Bq) 20 mSv ALI<sub>inhalation</sub> 2.6E+08 (Bq)

**MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)**

Subject to external exposure requirements which may be more restrictive

PHYSICOCHEMICAL STATE	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area	
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood
All compounds	0.01	1E+07	1E+08	4E+07	4E+08

Glove box 5E+08

Köszönöm a figyelmet

# **A SUGÁRTERHELÉS FAJTÁI ÉS SZINTJEI, LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS**

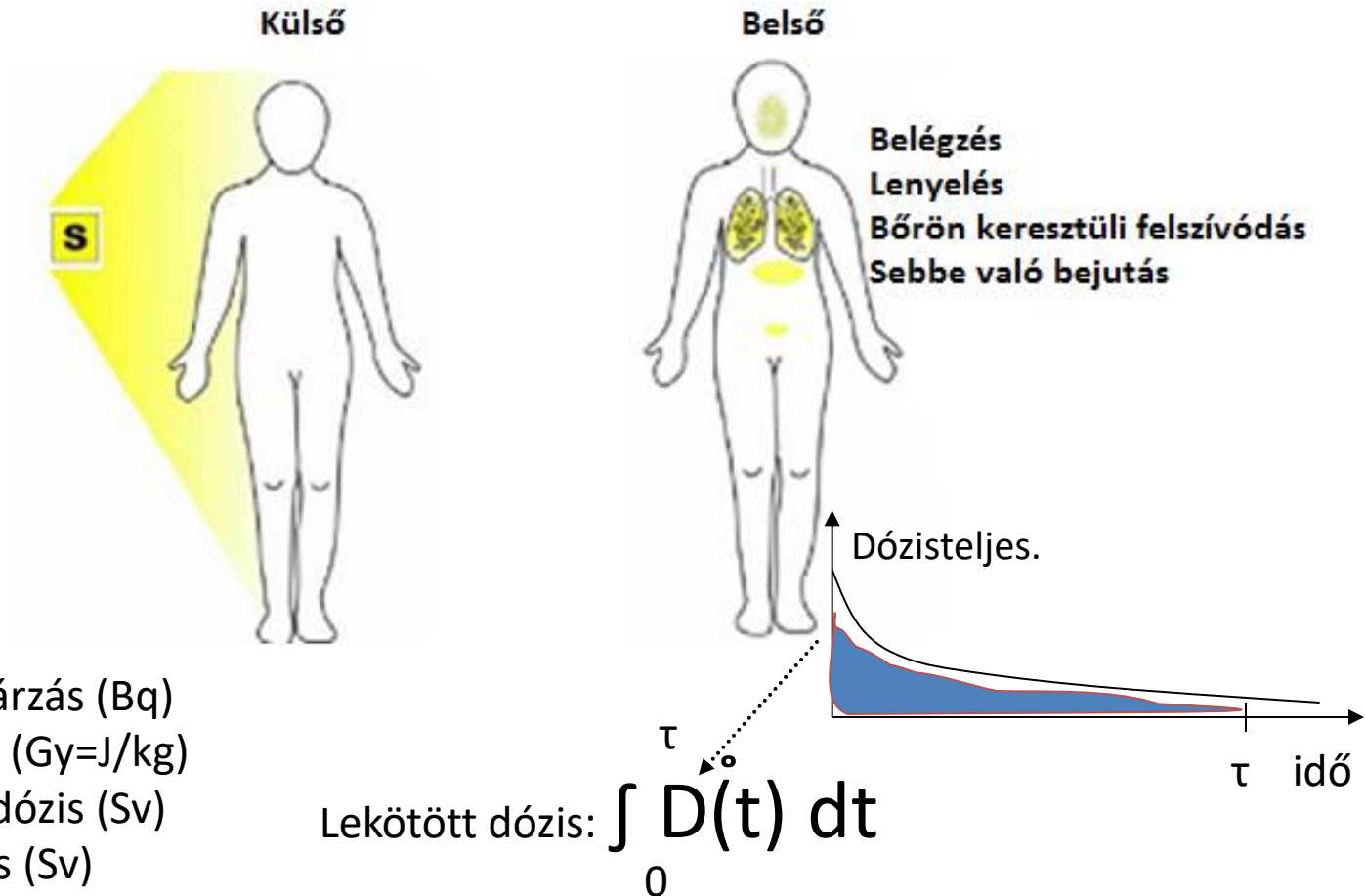
*Taba Gabriella ,SE Sugárvédelmi Szolgálat  
2022.06.07.*

# Sugárterhelések osztályozásának szempontjai

- Sugárforrás elhelyezkedése: külső, belső sugárzás (az emberi testhez viszonyítva)
- Sugárzás eredete, forrása: természetes, mesterséges
- Sugárzás fajtája:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, neutron, ....
- Sugárterhelés szabályozása, ellenőrzése (expozíciós fajták): tervezett, veszélyhelyzeti, meglévő
- Időtartam (akut: 1-2 nap alatt, krónikus: évek)
- **Exponált csoportok, személyek (expozíciós kategóriák):** foglalkozási, lakossági, orvosi, (bióták?)

*Az elhatárolódás, kategorizálás, osztályozás több esetben nem egyértelmű!*

# Külső és belső sugárterhelés



Integrálási időtartam szabályozáshoz:  $\tau = 50$  év (felnőtt),  $70$  év (gyermek)



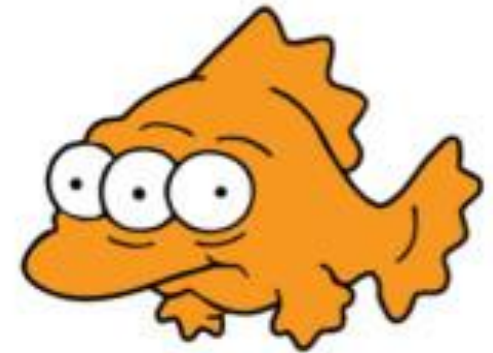
# SIMPSONS GUIDE TO RADIATION



**Bequerel [Bq]**  
How brightly your  
Cesium glows



**Gray [Gy]**  
How brightly  
Cesium will make  
you glow

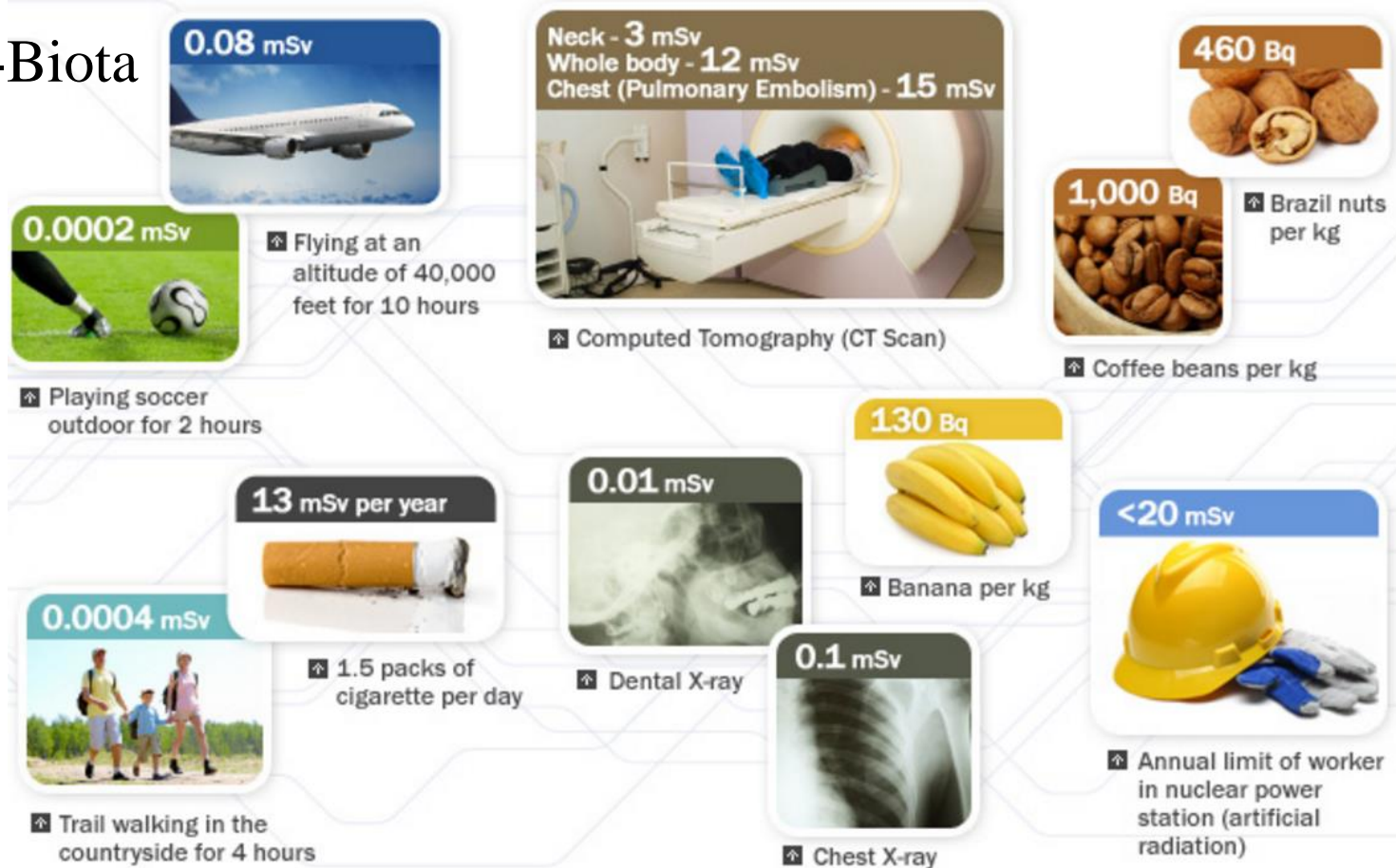


**Sieverts [Sv]**  
How many extra  
eyes will you have  
after glowing?



# Expozíciós Kategóriák

- Munkavállalóra vonatkozóan
- Lakosságra vonatkozóan
- Nem humán-Biota



# Lakossági sugárterhelés eredete, forrása, dózisa

- Természetes sugárterhelés

évi  $\approx 2,5$  mSv effektív dózis (külső + belső)



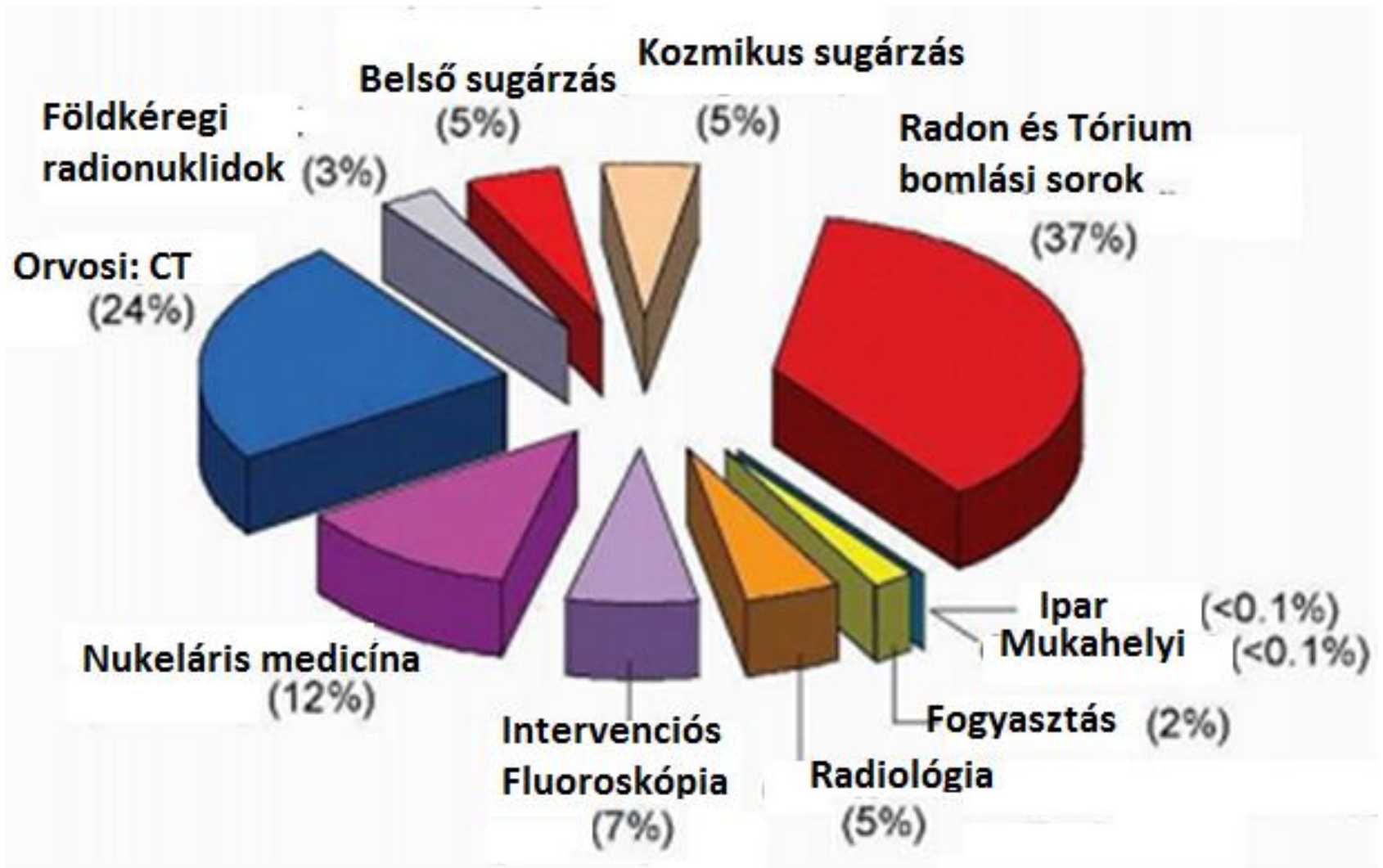
- Mesterséges sugárterhelés

évi  $\approx 1,7$  mSv effektív dózis (elsősorban külső, orvosi diagnosztika)



- Összehasonlítás kép munkavállalóknál:
- Éves dózis korlát 20mSv
- Éves dózis megszorítás 2mSv (40mikroSv/hét dolgozókra, 6mikroSv/hét lakosságra)
- Tervezési korlátozás 2mSv/év
- Kivizsgálási szintek: munkahelyi (2mSv), hatósági (6mSv), INES 2 (20mSv felett) nemzetközi bejelentés
- Egyetemen előforduló dózis járulékok: 1-0,2mSv

# NCRP tanulmány 160 USA Lakosság effektív dózis eloszlása sugár források szerint (2006)



# Természetes eredetű külső sugárzások

Kozmikus sugárzás

Kozmogén radionuklidok

Földkérgi radionuklidok

Primodiális radionuklidok

Szóló radionuklidok



15 km

10

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



10 km

5

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



Himalája

6,7 km

1

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$

Mexikóváros

2,3 km

0,1

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$

Tengerszint

0 km

0,03

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



# Magas természetes háttérű területek

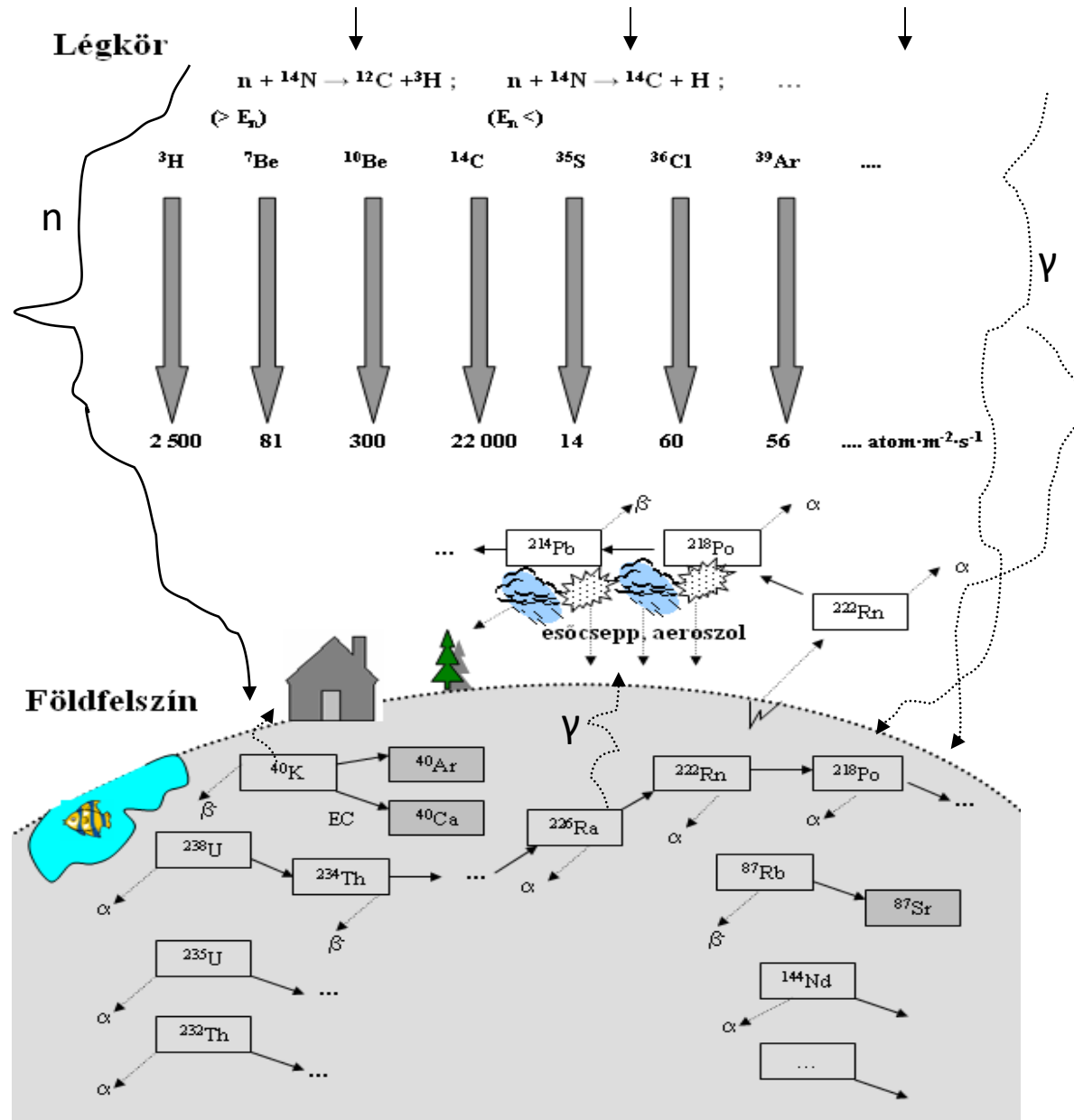


Ország	Terület	Terület jellege	Dózis teljesítmény (nGy/h)
Brazília	Guarapari	Monazit, vulkanikus kőzetek	90-90 000 (strandok)
Kína	Yangjiang	Monazit	370
Egyiptom	Nílus Delta	Monazit homok	20-400
Francia ország	Közép Dél-nyugat	Monazit homok Urán tartalmú kőzetek	20-400 10-10 000
India	Kerala és Madras	Monazit homok	200-4000
Irán	Ramsar Mahallat	Források	70-17 000 800-4000
Magyarország	Mecsek	MÉV rekultivált központi meddőhányója	250
Svájc	Tessin, Alpok	Gneiss vulkán, Ra-226 karszt	100-200

## Természetes: Kozmogén és földkérgi radionuklidok

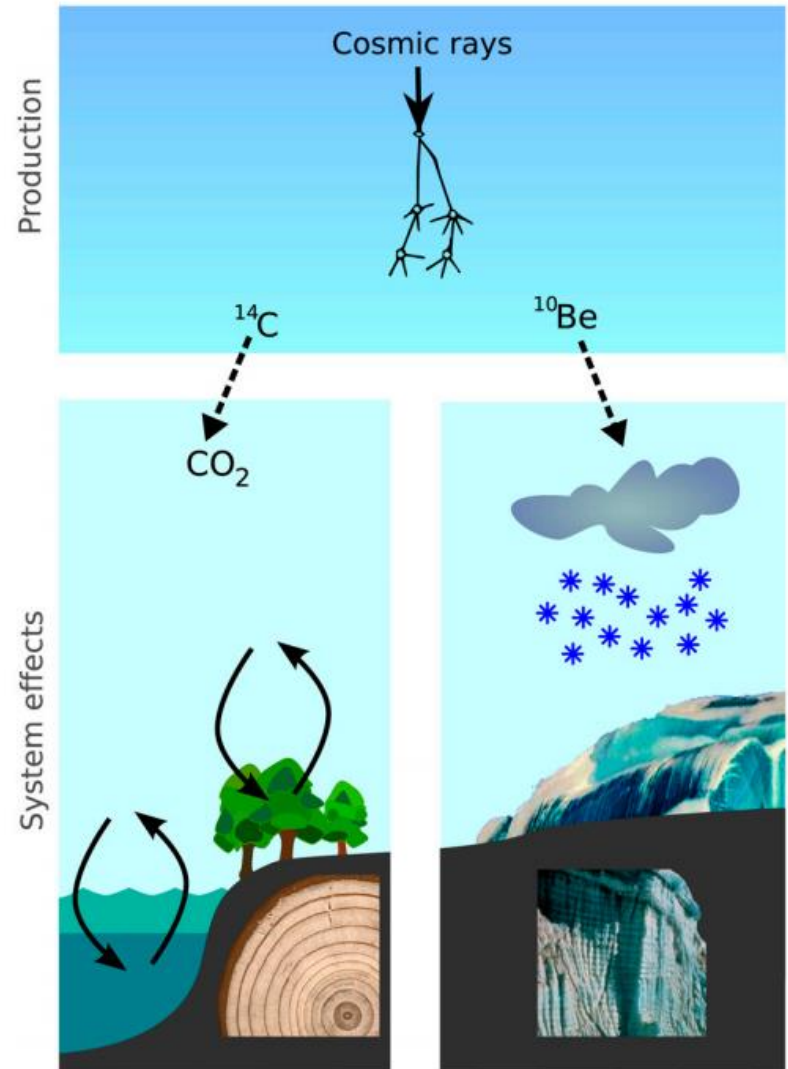
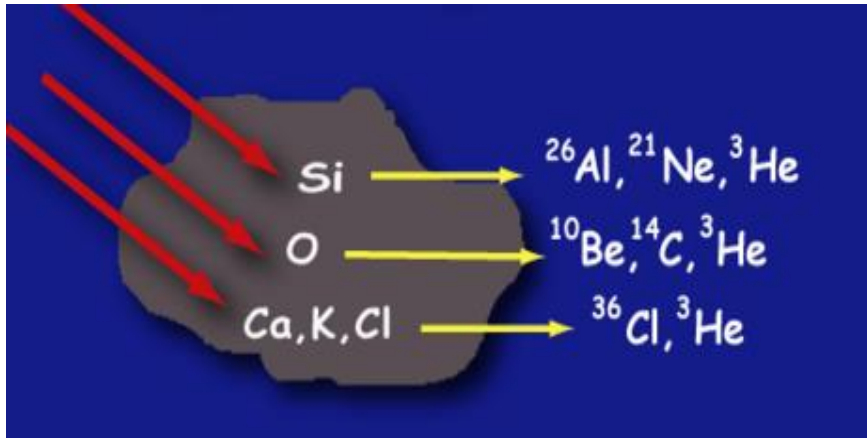
Univerzum (ionok,  $\alpha$ -,  $\beta$ -, n-, müon- ... sugárzás)

## Külső+Belső





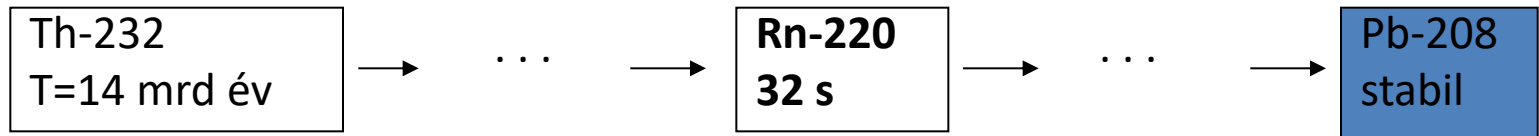
# Kozmogén izotópok keletkezése



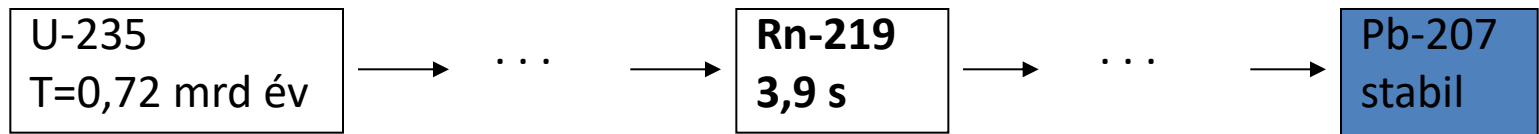
# A földkérgi sugárterhelést meghatározó **természetes radioaktív bomlássorok**

Primodiális nuklidok (Th,U sorok, szóló radionuklidok K-40,

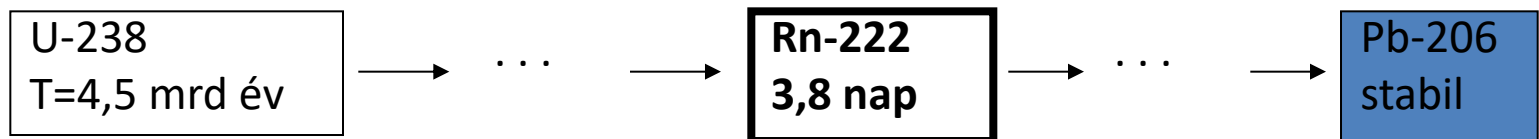
## Tórium sorozat



## Aktínium sorozat



## Urán sorozat



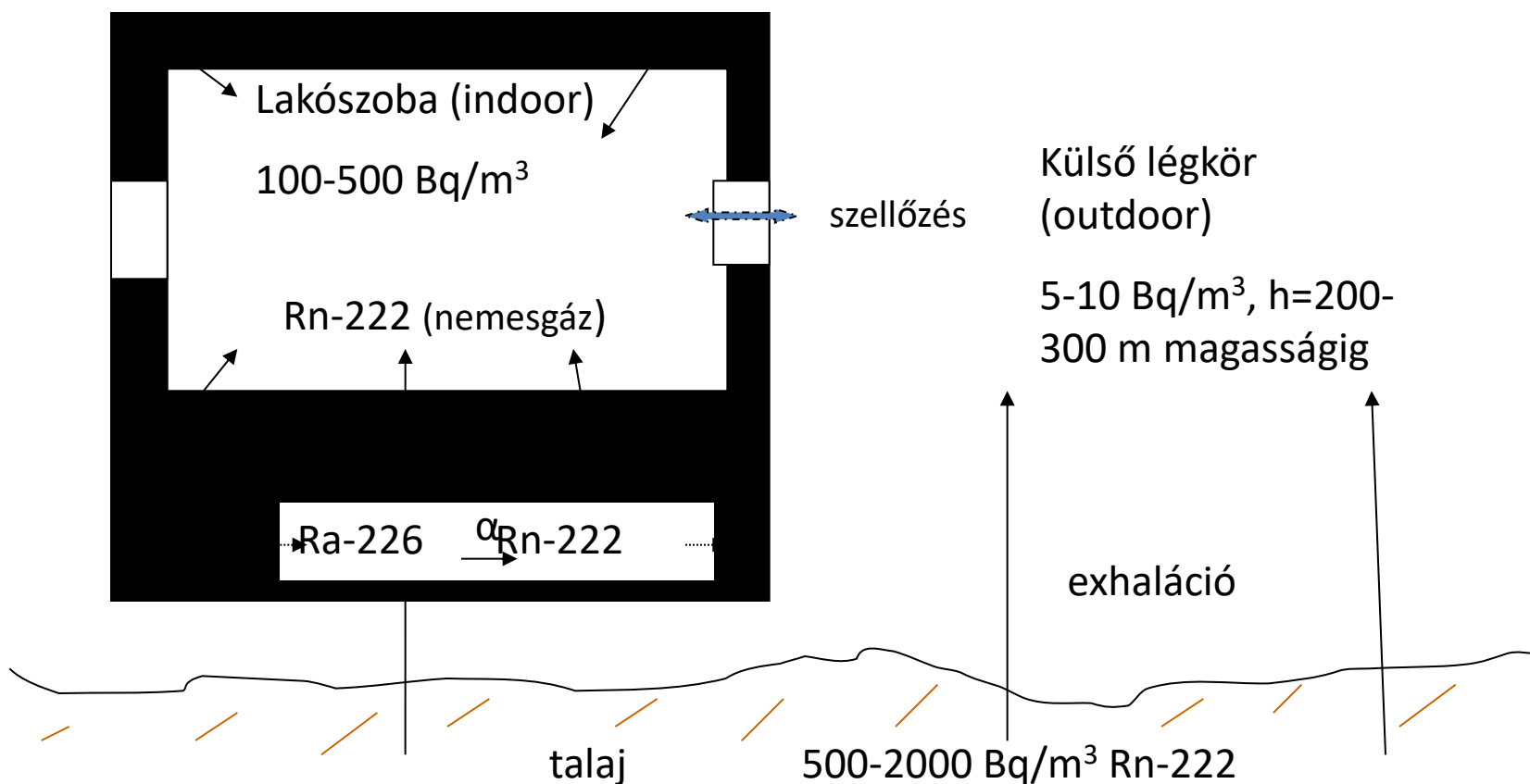
**Lényeges folyam.:** Rn-emanáció: a Rn nemesgáz a kristályrácsból kiszabadul a talajgázokba

Rn-exhaláció: a Rn a talajból kikerül a légkörbe.

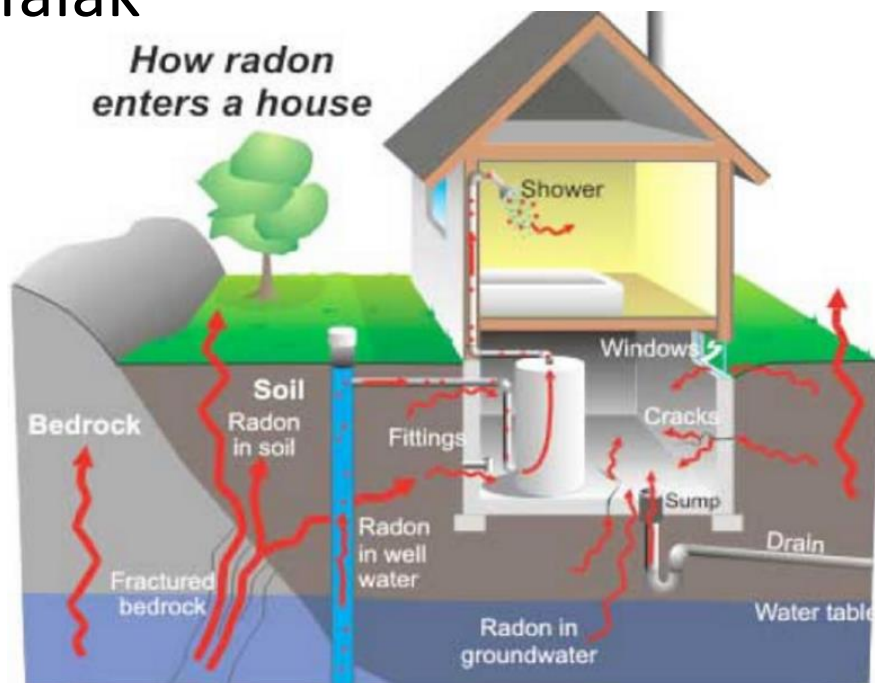


# Rn-222 koncentrációk

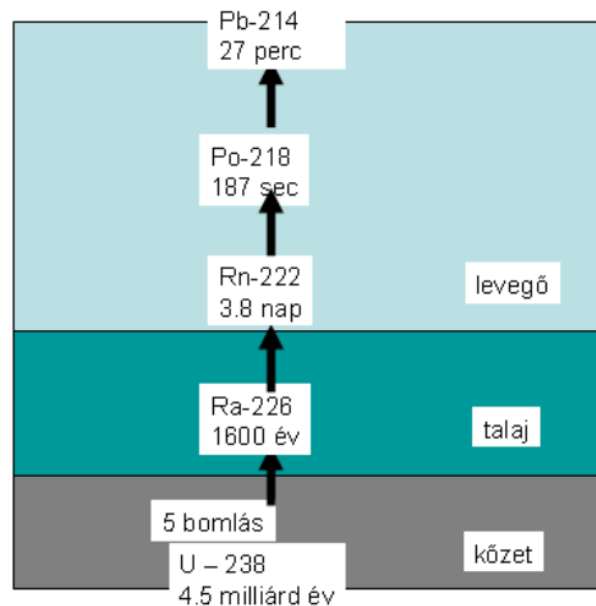
Különösen télen, amikor kicsi a szellőztetés, a lakótérben felgyülemlik a Rn-nemesgáz. Az emberek többsége életének kb. 80 %-ban zárt térben tartózkodik (dolgozik, szórakozik, alszik,...)



# Radon és leányelemei a lakóterekben (Rn-forrás: épületanyag, falak)



A  $^{222}\text{Rn}$



Átlagos környezeti koncentráció:  $5\text{--}15\text{ Bq/m}^3$

Átlagos beltéri koncentráció:  $39\text{ Bq/m}^3$

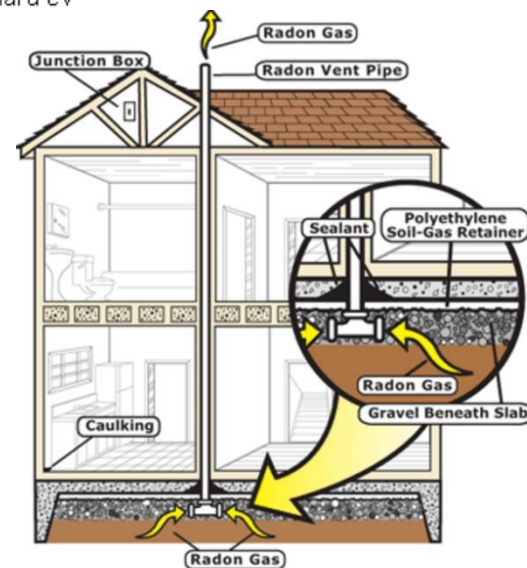
Beavatkozási szint:  $200\text{--}400\text{ Bq/m}^3$  (Ausztrália 200)

A tüdőrák kockázatnövekedése 16% per 100  $\text{Bq/m}^3$  radon koncentráció növekedés

A függvény lineáris, küszöbérték nélkül

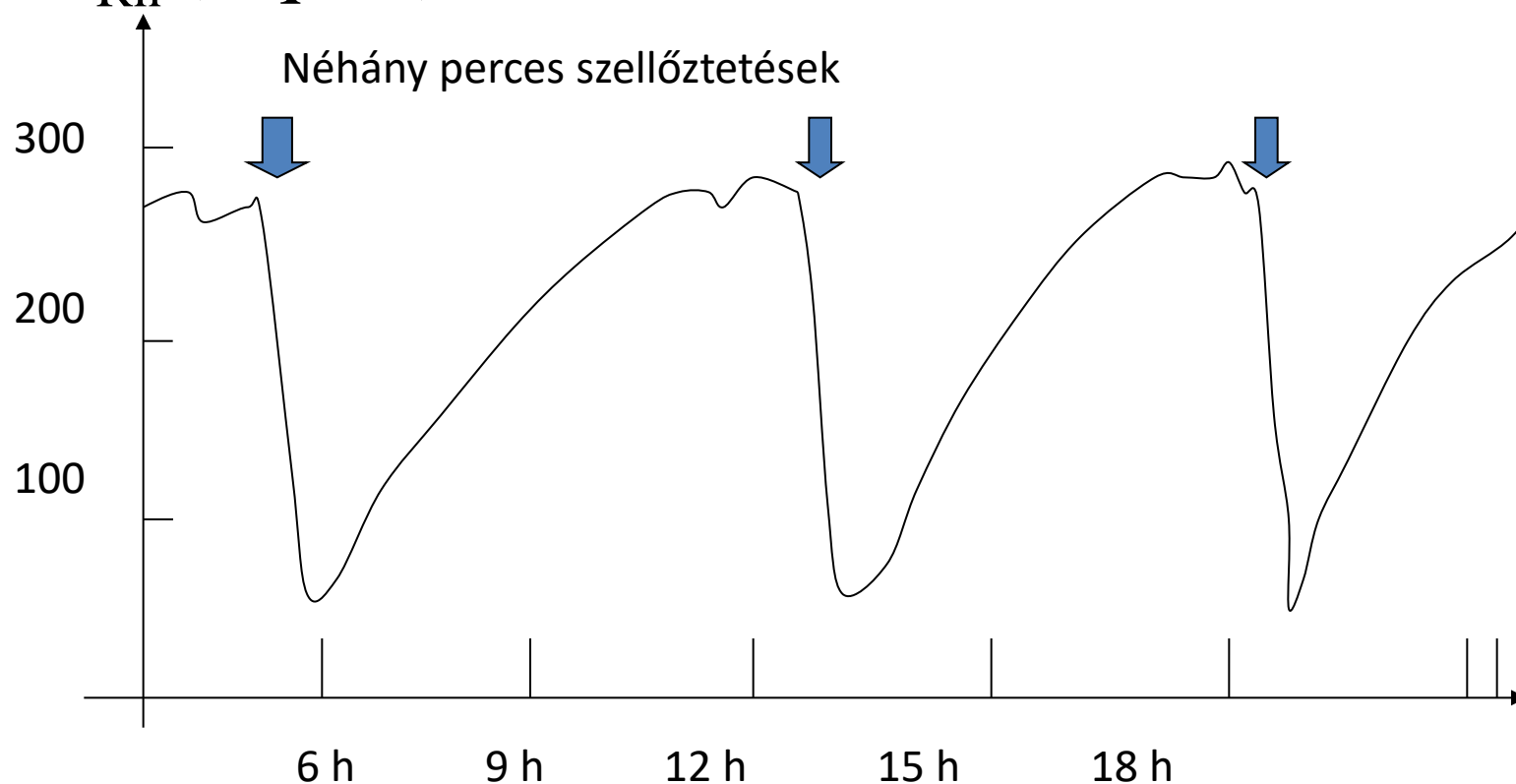
A dohányzás szinergikusan növeli a kockázatot

Az enyhe dohányzás is növeli a kockázatot a kis dózisok tartományában



# Rn-koncentráció változása 5-6 óránkénti, néhány perces szellőztetés esetén

- $C_{Rn}$  (Bq/m<sup>3</sup>)



# Mesterséges forrásokból eredő sugárterhelés

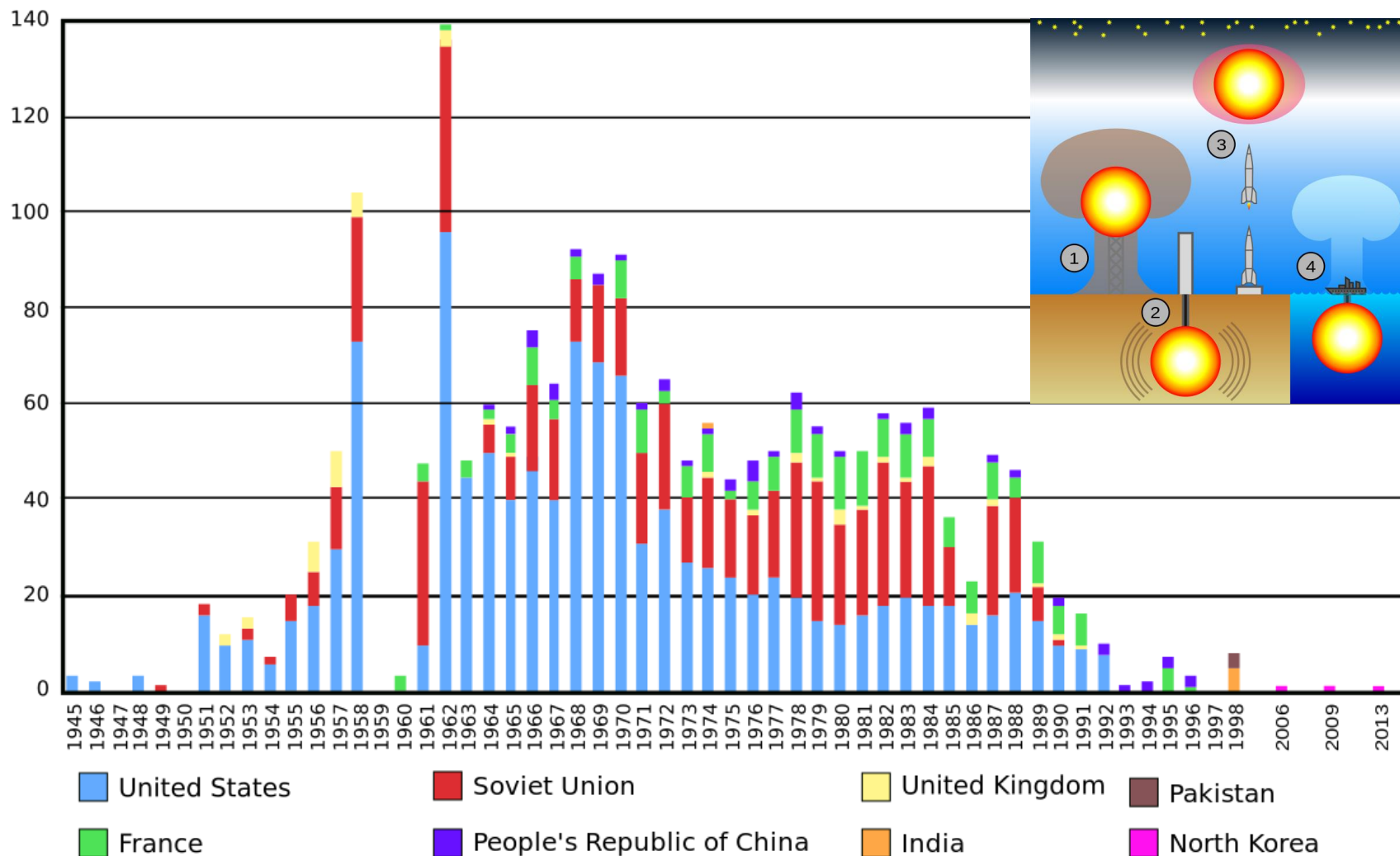
- orvosi sugárterhelés (mint páciens, rtg diagn.)
- atomerőművek, izotóplaboratóriumok környezetében a levegő, növényzet radionuklid koncentrációja
- radioakt. hull. tárolók környezetében a kutak, forrás vizek radionuklid tartalma
- Nukleáris kísérleti robbantások
- NORM anyagok
- Balesetek

Ezek a jelentősebb, mesterséges lakossági sugárterhelés járulék komponensek.

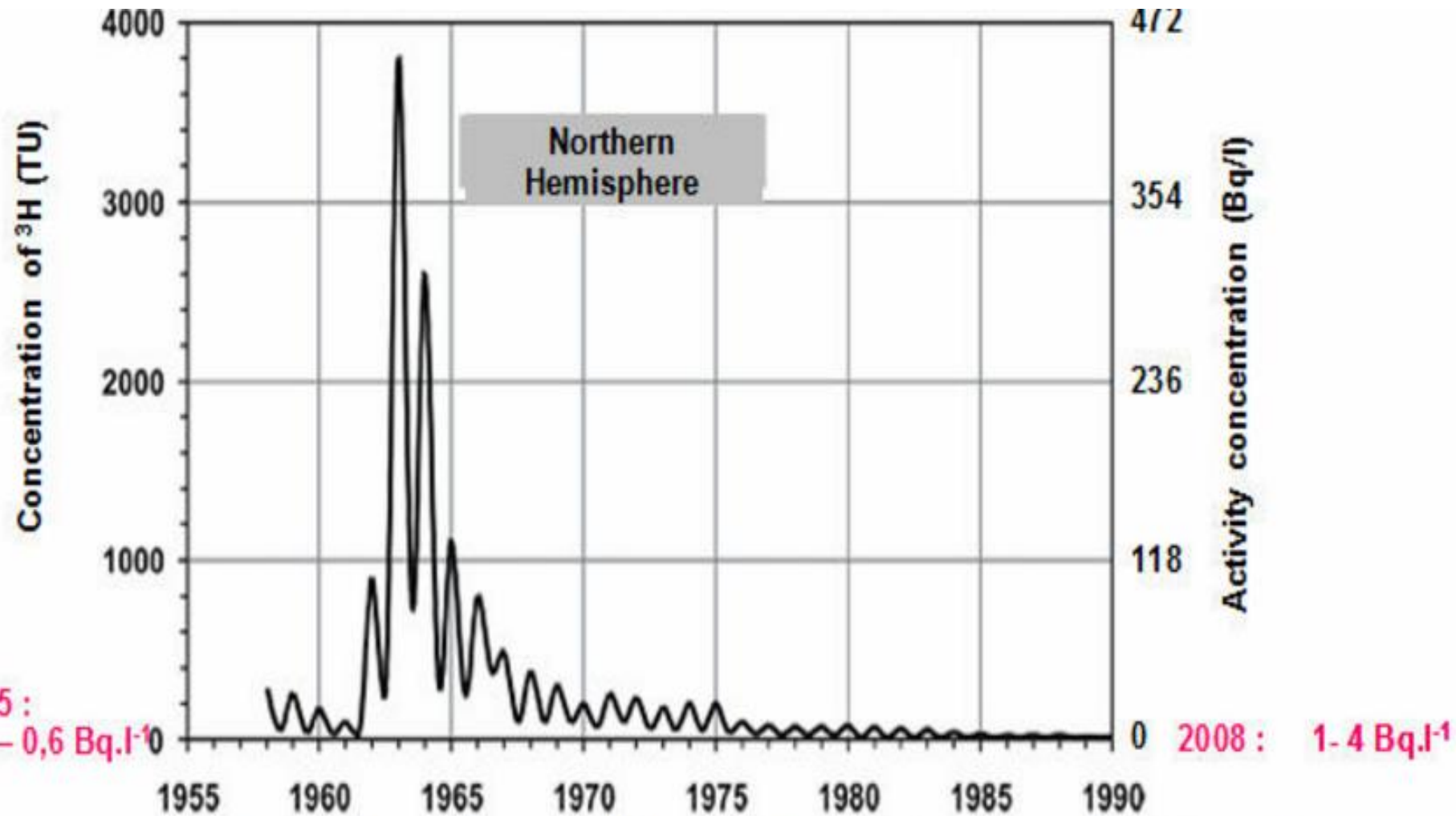
<b>Kibocsátási forrás</b>	<b>Ország</b>	<b>év</b>	<b>Összes aktivitás (Bq)</b>	<b>nuklidok</b>
Hirosima,Nagaszaki	Japán	1945	$4 \times 10^{16}$	Aktinidák, Xe-133, I-131, Sr-90, Cs-137,
Légköri robbantások	USA, USSR	1963-ig	$2 \times 10^{20}$	Fúziós,H-3,C-14,Cs-137, aktinidák
Windscale	UK	1975	$1 \times 10^{15}$	I-131
Chelyabinsk	USSR	1957	$8 \times 10^{16}$	Aktinidák ,Xe-133, I-131, Sr-90, Cs-137,
Csernoby1	USSR	1986	$2 \times 10^{18}$	Cs-137, I-131, Sr-90

# Nukleáris kísérleti robbantások száma

## Worldwide nuclear testing, 1945 - 2013

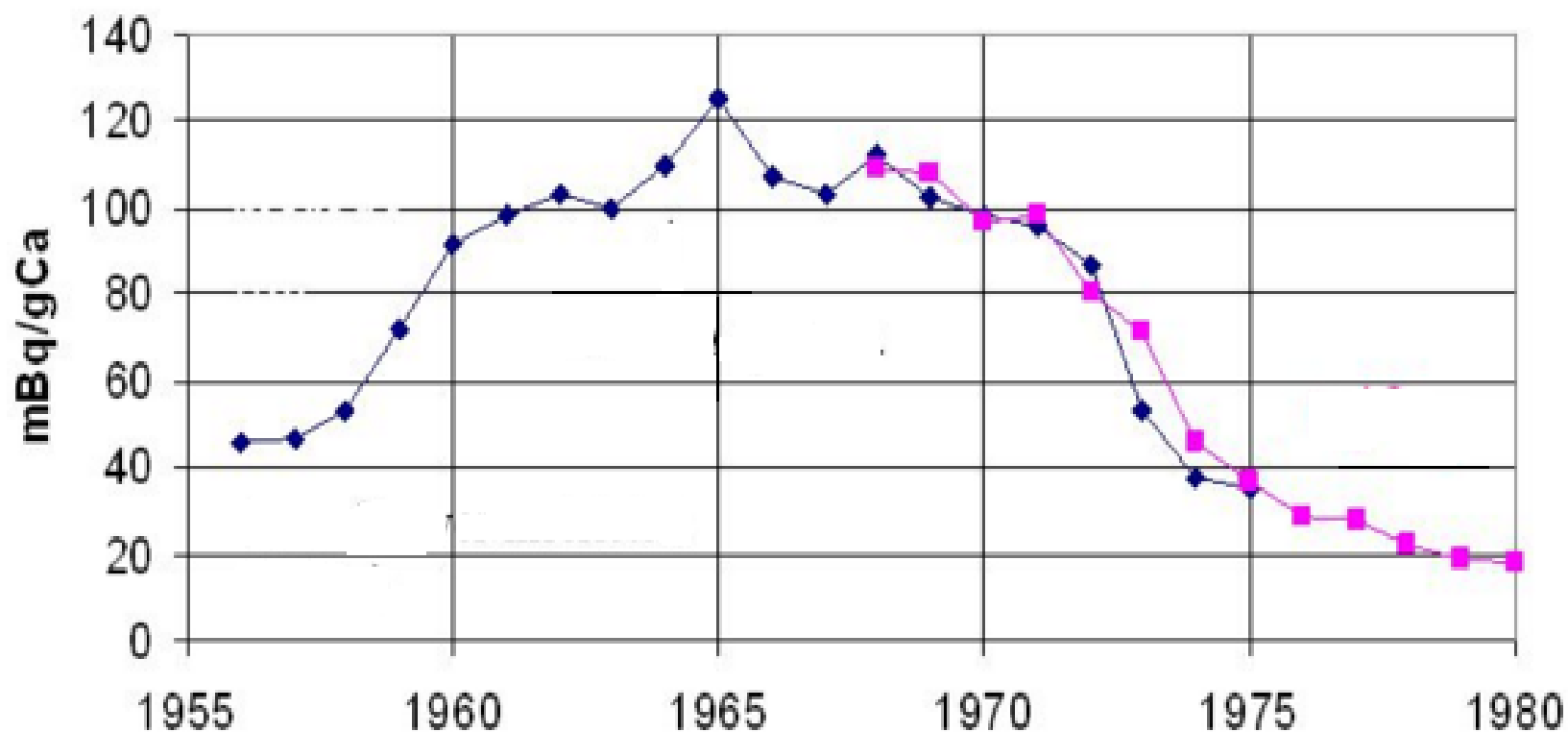


# Trícium felszíni aktivitás koncentráció változás



Smooth curve showing the average  $^3\text{H}$  concentrations in precipitation over the continental surface in the Northern hemisphere. *Source = IAEA Isotope hydrology, 2006*

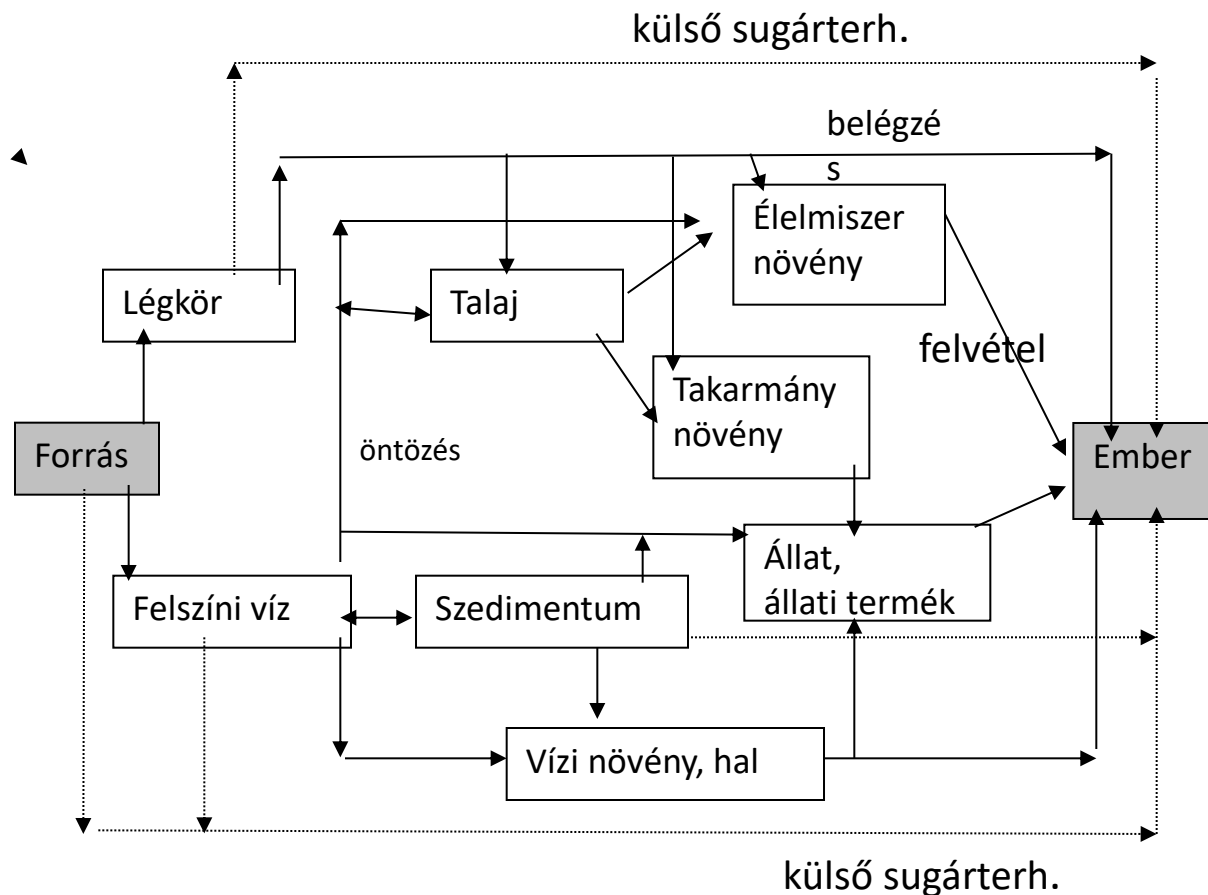
# Fogak és tejfogak Sr-90 aktivitás koncentráció változása



(Turai I.: Sugáreg. ismeretek, 1993)



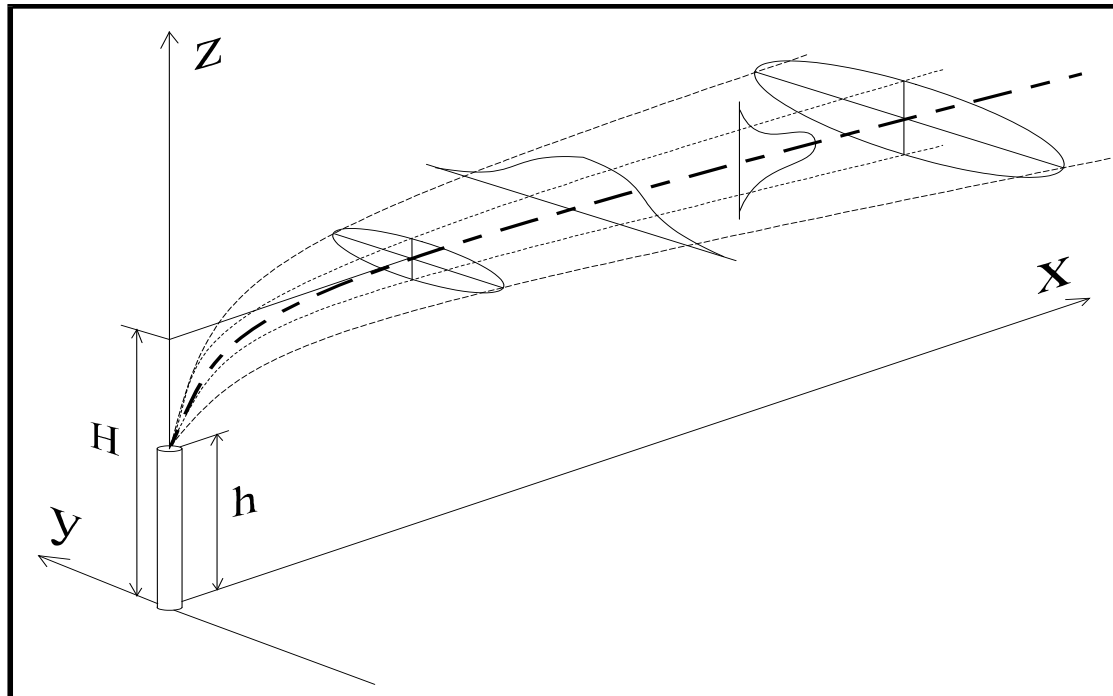
# Nukleáris üzemből, izotóplaboratóriumból kikerülő radioaktív anyag mozgása a környezetben: expozíciós útvonalak



- A radioaktív anyag migrációja a bioszférában és besugárzási útvonalak az ember esetén (*szaggyalott nyíl* a sugárzás, *folyamatos nyíl* a radioaktív anyag terjedését jelöli)

# Légköri terjedés nukleáris létesítmény (atomerőmű, izotóplaboratórium) környékén

- Normál üzem mellett a forrástól 2-3 km távolságban már rendszerint nem mérhető a szennyeződés, csak becsülhető a kibocsátásból és a meteorológiai adatokból (Gauss-féle terjedési modellek).



# TENORM anyagok

## Technológia révén módosított természetes radioaktív anyagok

- Szén tüzelésű erőművek
- Geotermikus energia termelés
- Foszfát műtrágya
- Építő anyagok
- Fogyasztási cikkek (üvegáruk, kerámia, festékek)
- Ipari hulladékok (iszap, hamu, por, vízkő)



## •Építőanyagok

Építőanyagok becsült átlagos radioaktív anyag tartalmát az alábbi táblázatban mutatjuk be:  
Építőanyagok radioaktivitása

Építőanyag	Urán		Tórium		K-40	
	ppm	mBq/g (pCi/g)	ppm	mBq/g (pCi/g)	ppm	mBq/g (pCi/g)
<b>Gránit</b>	4.7	63 (1.7)	2	8 (0.22)	4.0	1184 (32)
<b>Homokkő</b>	0.4 5	6 (0.2)	1.7	7 (0.19)	1.4	414 (11.2)
<b>Cement</b>	3.4	46 (1.2)	5.1	21 (0.57)	0.8	237 (6.4)
<b>Mészke (tömörített)</b>	2.3	31 (0.8)	2.1	8.5 (0.23)	0.3	89 (2.4)
<b>Homokkő (tömörített)</b>	0.8	11 (0.3)	2.1	8.5 (0.23)	1.3	385 (10.4)
<b>Száraz farostlemez</b>	1.0	14 (0.4)	3	12 (0.32)	0.3	89 (2.4)
<b>Gipsz melléktermék</b>	13.7	186 (5.0)	16.1	66 (1.78)	0.02	5.9 (0.2)
<b>Természetes gipsz</b>	1.1	15 (0.4)	1.8	7.4 (0.2)	0.5	148 (4)
<b>Fa</b>	-	-	-	-	11.3	3330 (90)
<b>Vályogtégla</b>	8.2	111 (3)	10.8	44 (1.2)	2.3	666 (18)

# Átlagos környezeti dózisszintek, a konfidencia intervallumokkal (természetes)

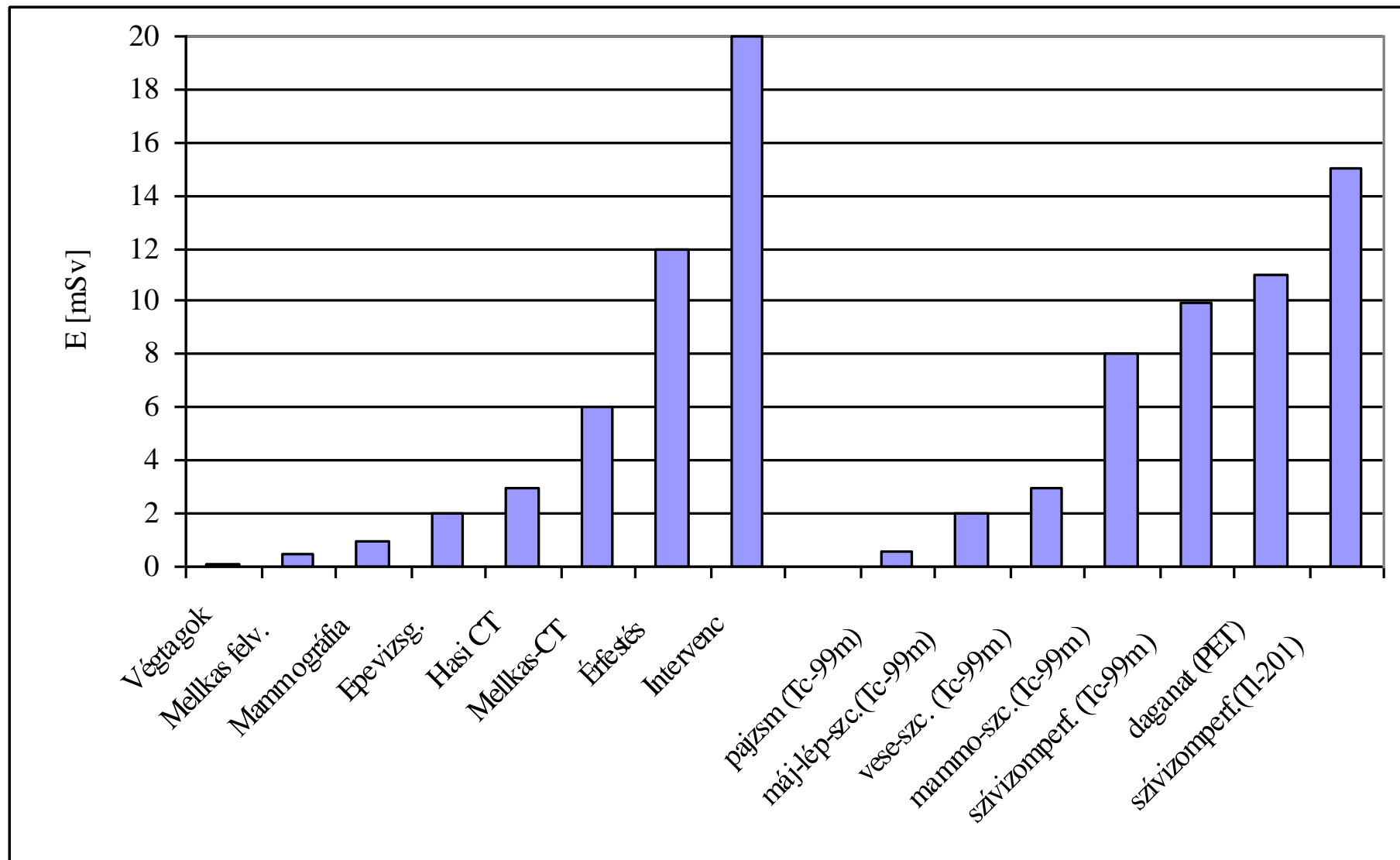
Forrás, komponensek	Átlagos dózis és intervallum (mSv)
Kozmikus, külső, effektív dózis, éves	0,38 (0,3-1,0)
Kozmogén radionuklidok belégzése, lenyelése (belső, lekötött effektív dózis), éves	0,012 (0,008 - 0,02)
Földkérgi, külső, effektív dózis, szabadban, éves lakóépületben, éves	0,45 (0,3-0,6) 0,55 (0,4-0,8)
Földkérgi, belső, lekötött eff. dózis (kivétel: Rn leányelemei), éves	0,27 (0,2-0,5)
Földkérgi, belső, lekötött eff. dózis, Rn és leányelemei, éves	1,2 (0,5-5,0)
Földkérgi, belső, lekötött egyenérték dózis tüdőre, Rn és leányelemei, év	10

# Átlagos környezeti dózisok (folytatás: **mesterséges** források)

Forrás, komponensek	Átlagos dózis és intervallum (mSv)
Orvosi, külső (elsősorban rtg diagn), effektív dózis, éves	1,5 (0,1-5)
Atomerőművek (1-5 km távolságban), éves	0,01 ( - 0,1)
Atombomba (Hirosima, Nagaszaki, városterületeken belül)	100-5000
Atomfegyver kísérletek, északi félteke	0,1-2
déli félteke	< 0,01
Csernobili baleset, effektív dózis	
r ≈ 30 km-es körön belül	1-20
Közép- és Nyugat Európa	0,1-2
Észak Amerika	0,01
Japán	0,01
déli félteke	< 0,01

SE rtg munkahelyeken a dolgozók (utóbbi 3 évben):  $\approx 0,5$  mSv / év  
 SE **fogászati** rtg munkahelyeken a dolgozók (u 3 év):  $< 0,3$  mSv / év  
 SE izotópos munkahelyeken a dolgozók (u 3 év):  $\approx 0,7$  mSv / év

# Orvosi sugárterhelések (eff.dózis per vizsgálat)



# Sugárterhelések mérése

- **Külső sugárzás mérése** (esetek közel 100 %-ban a fogorv. alkalmazásban)
  - képi diagnosztika, röntgen
  - sugárterápia ,
  - *rtg sugárzás*, energia:  $\approx 60$  keV (20-150 keV), ionizációs kamrával dózis, ill. dózisteljesítmény mérés , termoluminescens mérés (TLD),
- **Belső sugárterhelés-radioaktív izotóp**, (belélegzés, lenyelés, bőrön történő felszívódás, seb)
  - anyagcsere folyamatokból: lágy szövetek, csontok, vizelet (24 órás) széklet (48 órás), orr-száj váladék minta, (LSC, HpGe detektor, NaI det.)
  - fogminták radionuklid szennyeződése (kémiai mintafeldolgozás, majd mérés NaI (Tl), folyadék-szcintillációs stb. detektorral)
  - aktivációs elemzések,
  - $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugárzás, mint szennyeződés mérése dörzsmintában stb.



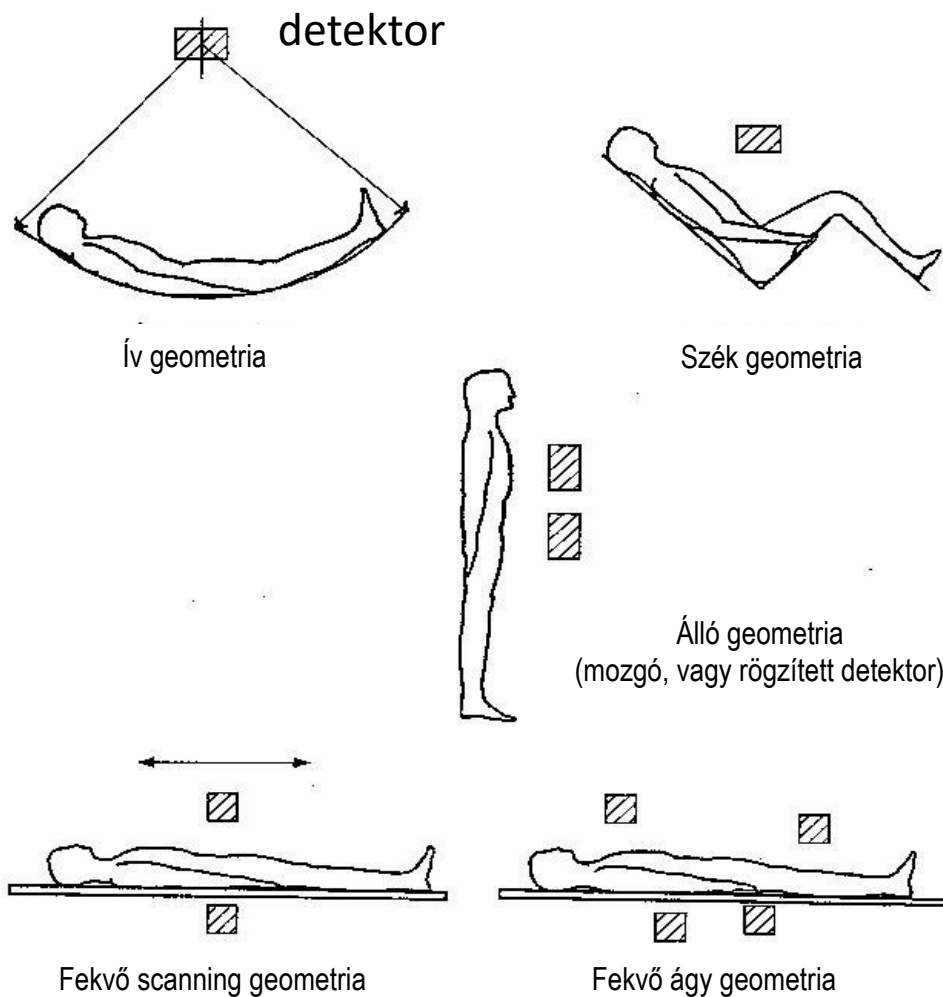
külső sugárterhelést okozó gamma- vagy röntgen-fotonsugárzásból származó *személyi dózisegyenérték*,  $H_p(10)$  (0,3mSv-től)

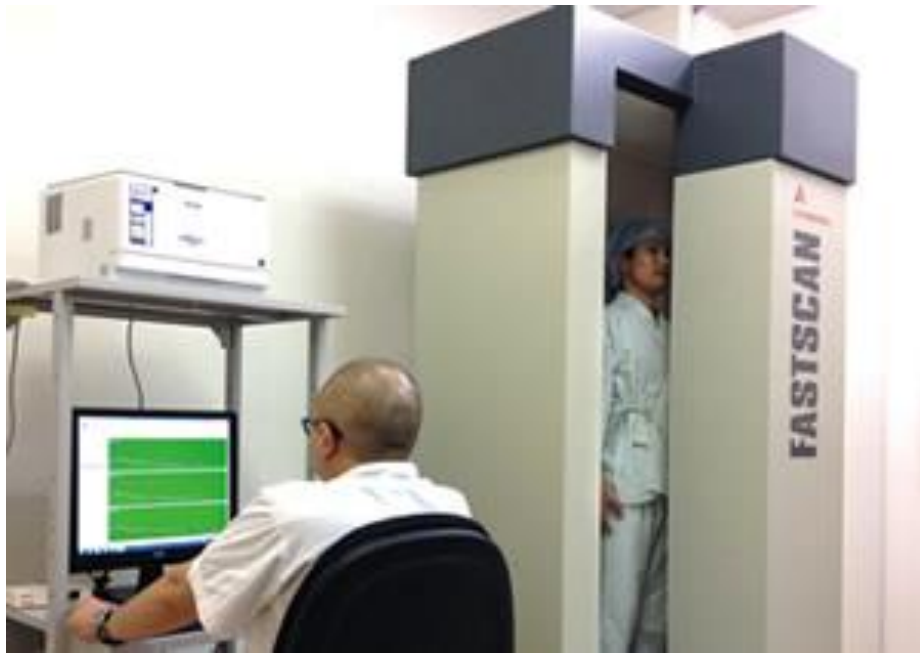


Egyetemen lehet belső ellenőrzésre TLD és dózis teljesítmény mérést igényelni



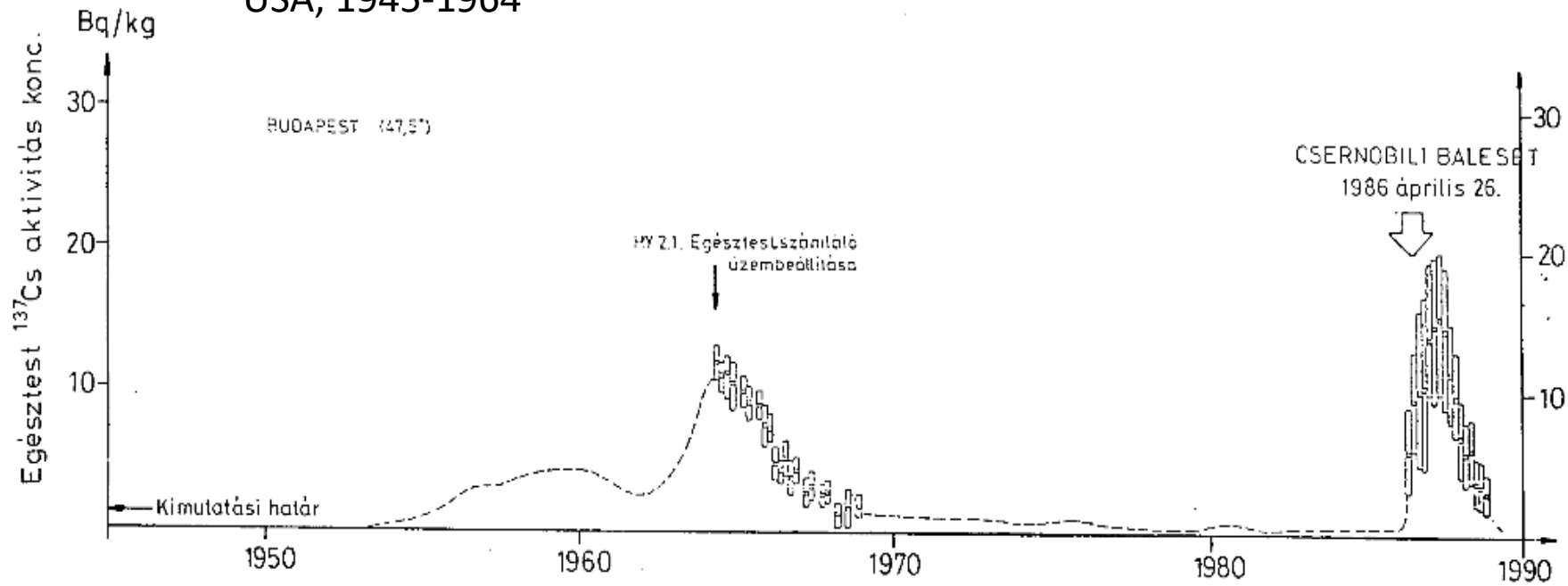
# Egésztest számláló, inkorporált radioizotóp kimutatására (mérési geometriák)



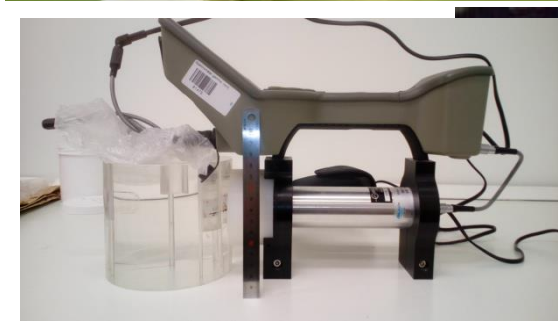


A Cs-137 megjelenése a fővárosi lakosságban (Andrási A., ... (KFKI) mérései). (A Cs-137 E=662 keV energiájú gamma-sugárzást bocsát ki, ami nagyrészt áthatol az emberi testen, azaz az emberbe, belégzéssel, étellel, vízzel bekerült radionuklid az emberi testen kívül is „jól” mérhető.)

Légtér atomfegyver kísérletek, SzU-USA, 1945-1964

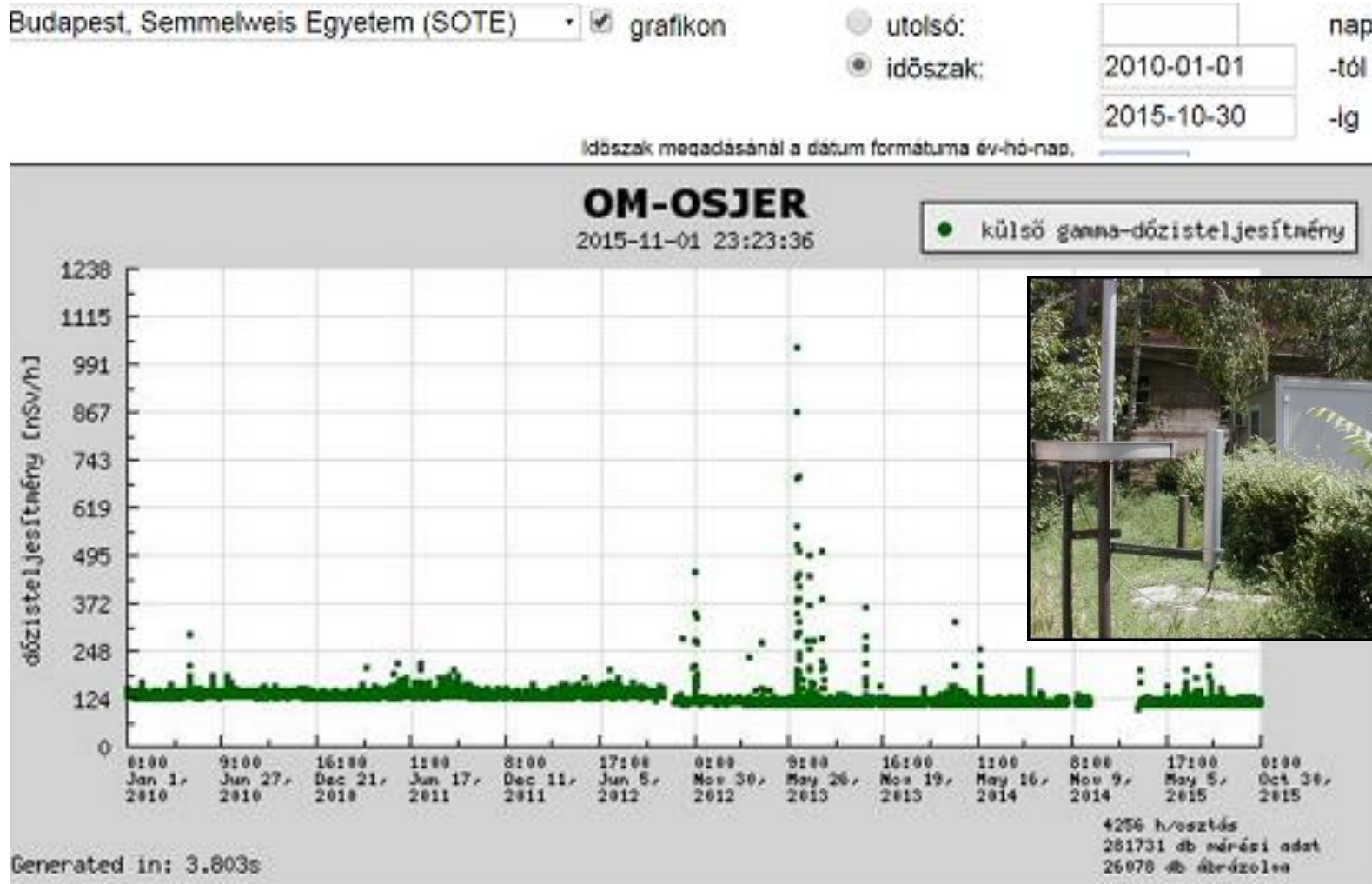






# Környezeti monitorozás

Folyamatos (néhány percenkénti) mérés, kb. 1 m magasságban, rendellenesség gyors észlelésére



„Esőcsúcsok”: megnőtt lemosódás a talajra, a levegőből

## ***Irodalom:***

*Nemzetközi Biztonsági Alapszabályzat: az ionizáló sugárzás elleni védelem és a sugárforrások biztonsága (fordítás 1996-ban, az eredeti kiadvány: IAEA Safety Series No. 115, Vienna, 1996)*

*Köteles Gy. (szerk): Sugáregészségtan. Medicina Könyvkiadó, Budapest 2002.*

*Kanyár B., Béres Cs., Somlai J., Szabó S. A.: Radioökológia és környezeti sugárvédelem. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004 (2. kiadás).*

*1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról. Magyar Közlöny 1996/112. szám (XII.18.) 6321-6334.*

*Az egészségügyi miniszter 16/2000 (VI.8.) EüM rendelete. Magyar Közlöny 2000/55. szám, 3204-3228.*

*A környezetvédelmi miniszter 15/2001. (VI.6.) KÖM rendelete. Magyar Közlöny, 2001/62. szám, 4004-4012.*

*EU Radiation Protection No. 136, 2004. European guidelines on radiation protection in dental radiology*

*ICRP Public. No 103, Pergamon P., New York, London, 2007.*

*Fehér I., Deme S. (szerk): Sugárvédelem. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010 (600 oldalas, 8 szerző).*

*Pátzay György Radiokémia IV. (BME)*



# Biztonság Kultúra

