

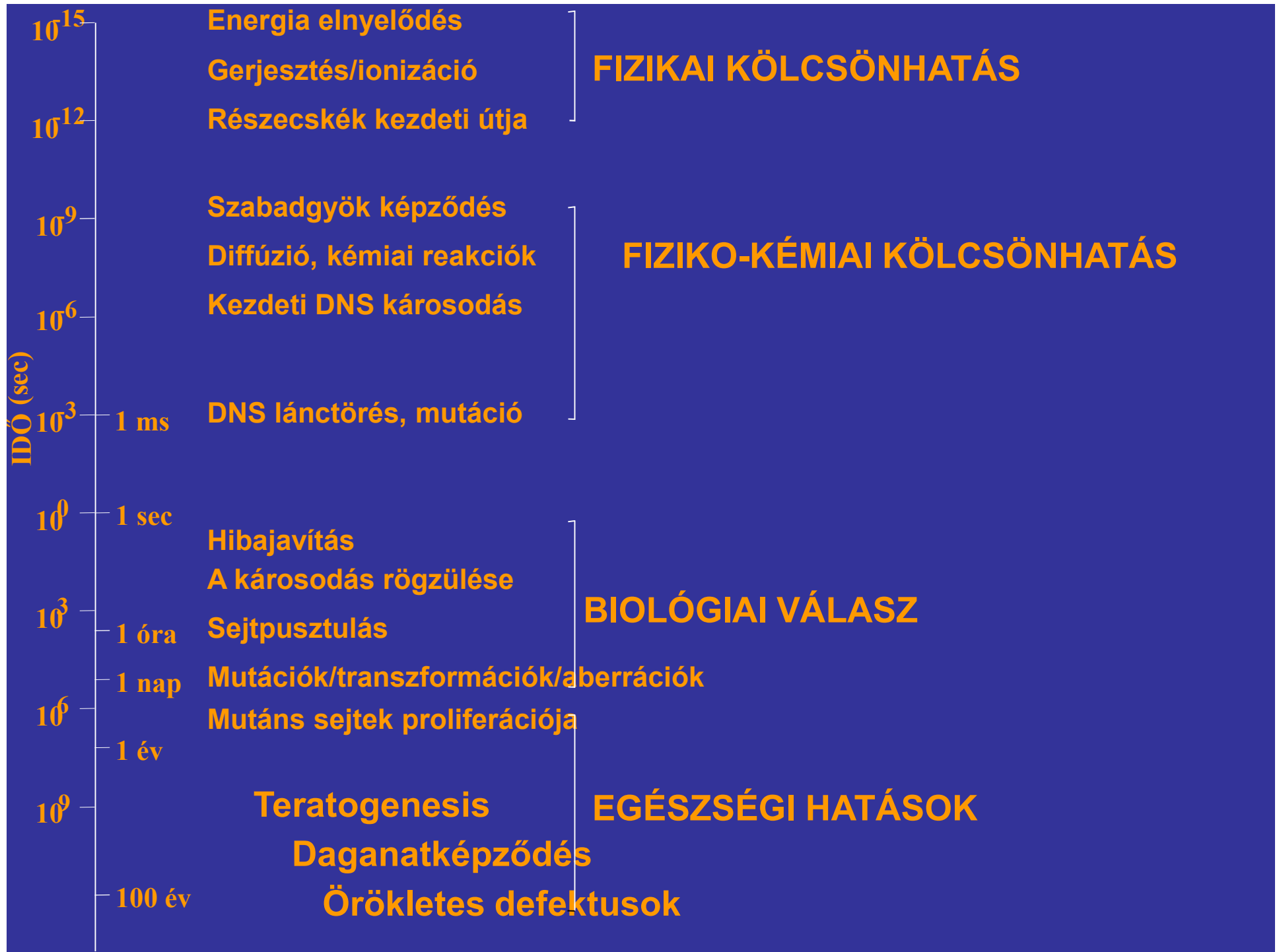
Sugárbiológia

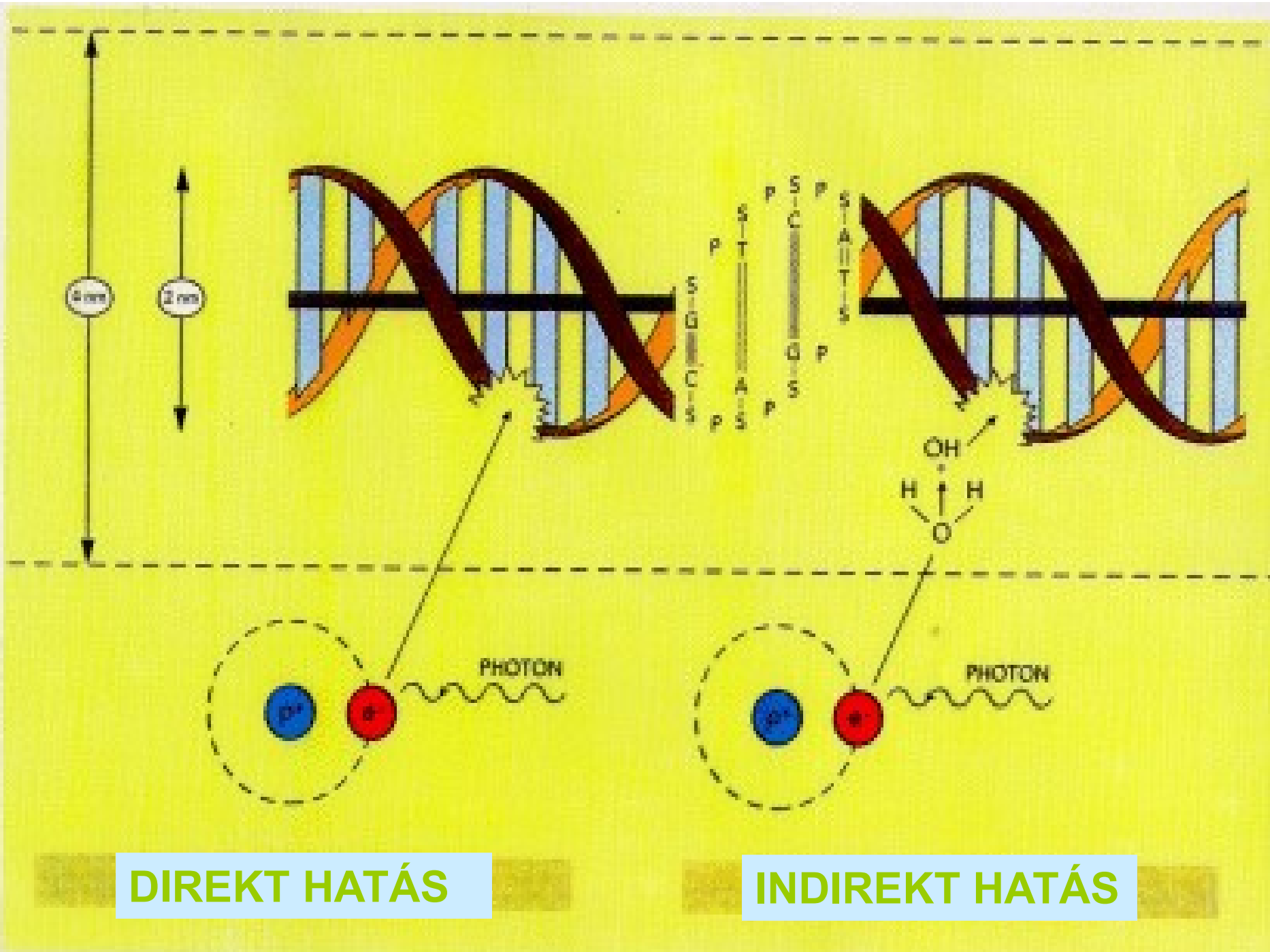
Dr. Voszka István
SE Biofizikai és Sugárbiológiai
Intézet



Grotthus (1815) - Draper (1845)

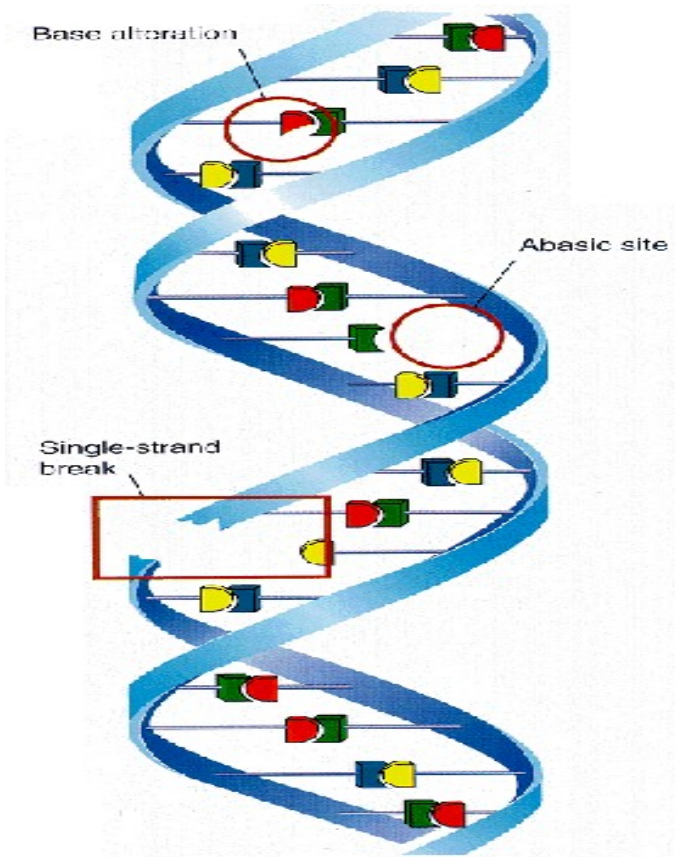
Csak az elnyelt sugárzás okozhat fizikai, vagy kémiai hatást a szövetekben
(és következményes biológiai hatást)





DIREKT HATÁS

INDIREKT HATÁS



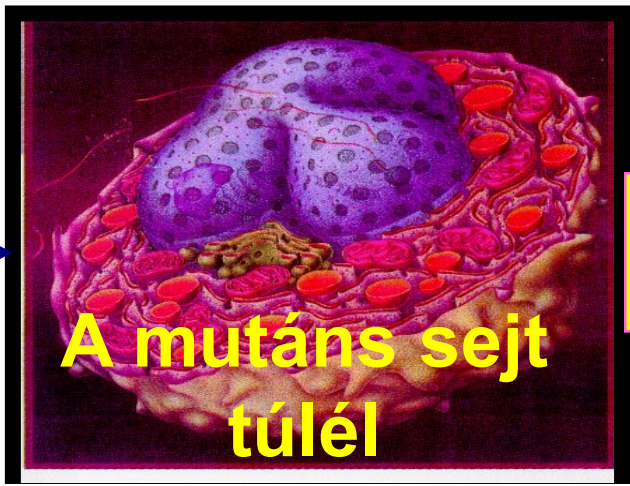
DNS mutáció



életképes sejt



életképtelen sejt



daganat ?

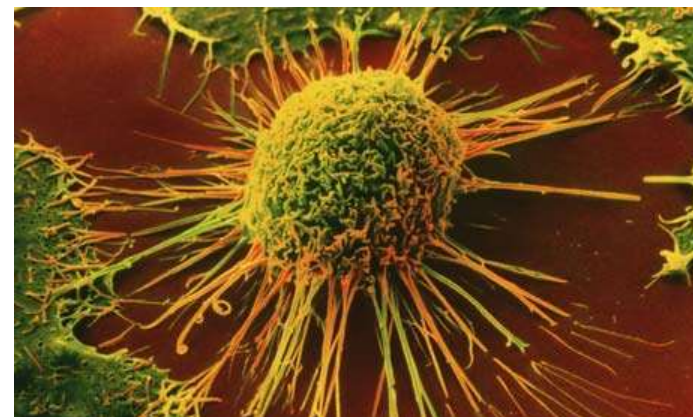
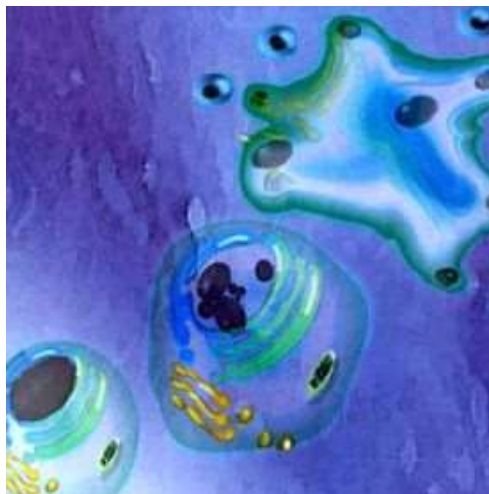
A sejt besugárzása után lehetséges kimenetelek

DNS károsodás

kijavított
károsodás

sejthalál
(necrosis vagy
apoptosis)

malignusan
transzformált
sejt



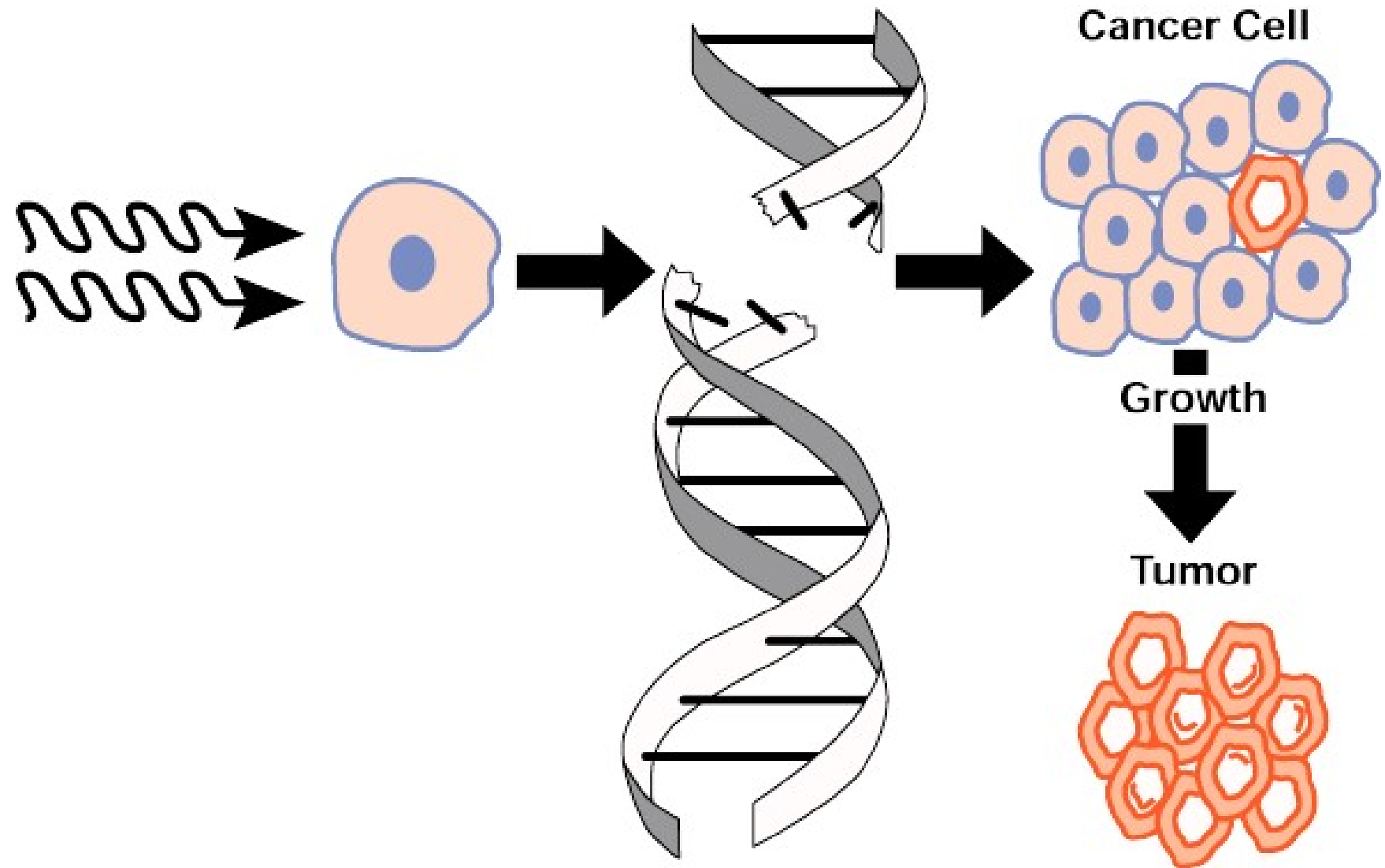


Figure 1. Development of cancer from mutation produced by ionizing radiation.

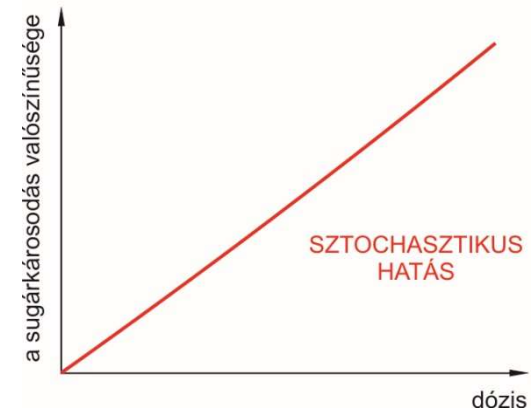
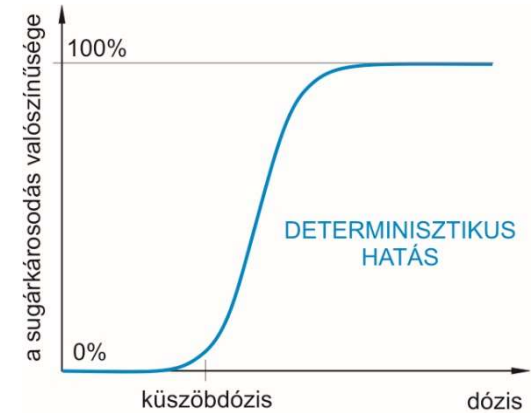
A sugárkárosodások fajtái

Determinisztikus

- Csak küszöbdózis felett
- A károsodás súlyossága arányos a dózissal (pl. bőrpír, sugárbetegség)
- Órákon, napokon belül

Sztochasztikus

- Nincs küszöbdózis
- A valószínűsége arányos a dózissal (pl. daganatkeletkezés)
- Évek, évtizedek alatt





Bergonié-Tribondeau törvény (1906) **(sugárérzékenységi törvény)**

(Jean A. Bergonié, francia radiológus, 1857-1925;
Louis F.A. Tribondeau, francia orvos, 1872-1918)

Egy szövet sugárérzékenysége a szövetben található differenciálatlan sejtek számától, a mitotikus aktivitásuktól és az aktív proliferáció időtartamától.

A szövetek sugárérzékenysége

magas	közepes	alacsony
csontvelő lép thymus nyirokcsomók gonádok szemlencse lymphocyták (kivétel a sugárérzékenységi törvény alól)	bőr Mezodermás szervek (máj, szív, tüdő...)	izom csont idegrendszer

A sugárérzékenységet (SÉ) befolyásoló tényezők

- Fizikai

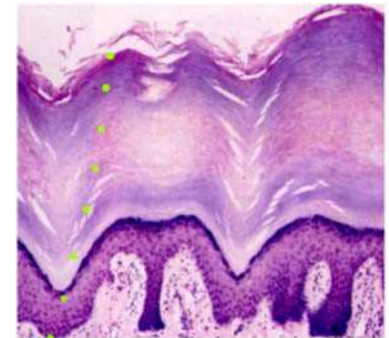
- LET (linear energy transfer): \uparrow SÉ
- Dózisteljesítmény: \uparrow SÉ

- Kémiai

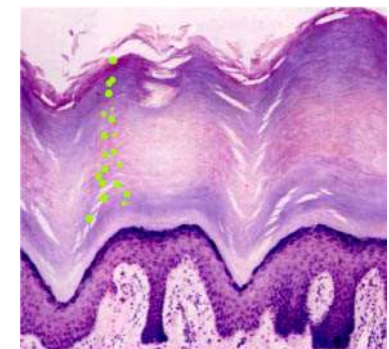
- Növelik: OXIGÉN, citosztatikumok.
- Csökkentik: kén (cys, cysteamine, glutation)

- Biológiai

- Sejtciklus státusz:
 - \uparrow SÉ: G2, M
 - \downarrow SÉ: S
- A károsodás kijavítása (a szubletális károsodás kijavítható pl. frakcionált dózis)



Specific ionization by X-rays or gamma rays

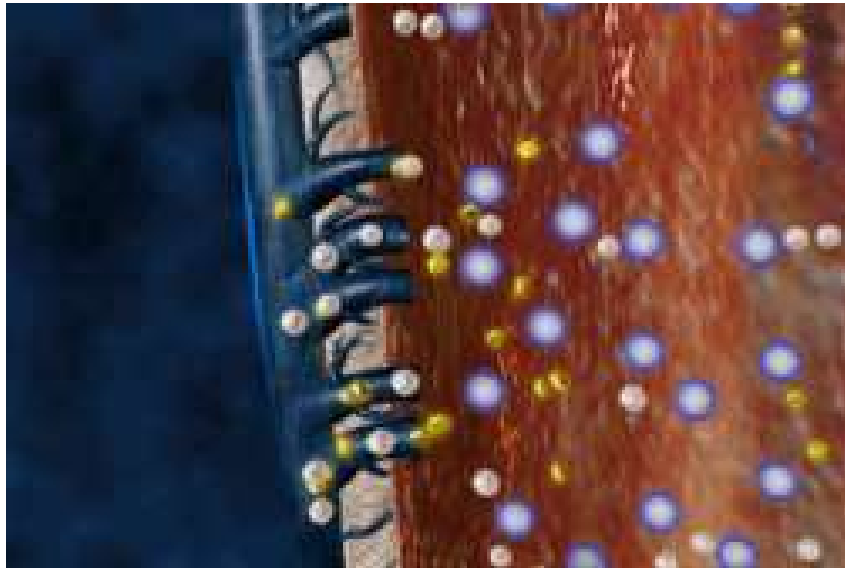


Specific ionization by alpha particles

Az akut sugárkárosodás jellemző szindrómái:

Csontvelői szindróma (hematológiai szindróma) rendszerint a teljes szindróma 0,7 és 10 Gy között jelentkezik, de enyhe tünetek már 0,3 Gy-től előfordulhatnak.

A betegek túlélési rátája a dózis növekedésével arányosan csökken. Az elsődleges halálok a csontvelő károsodás következtében fellépő fertőzés, illetve vérzés.

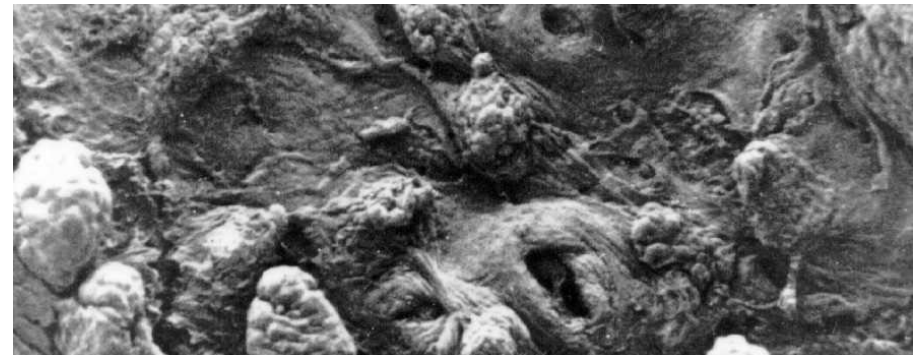
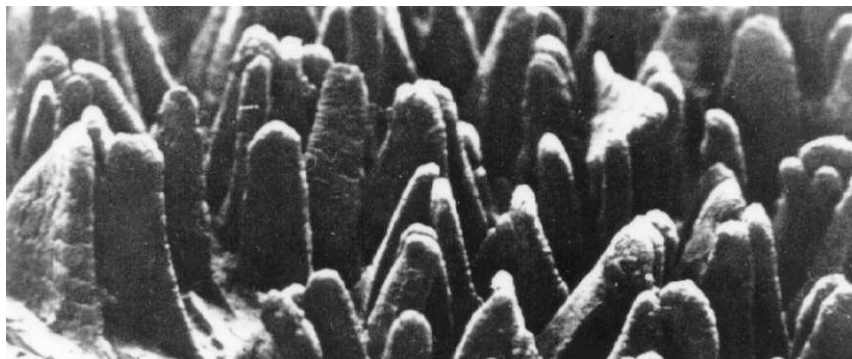


egészséges



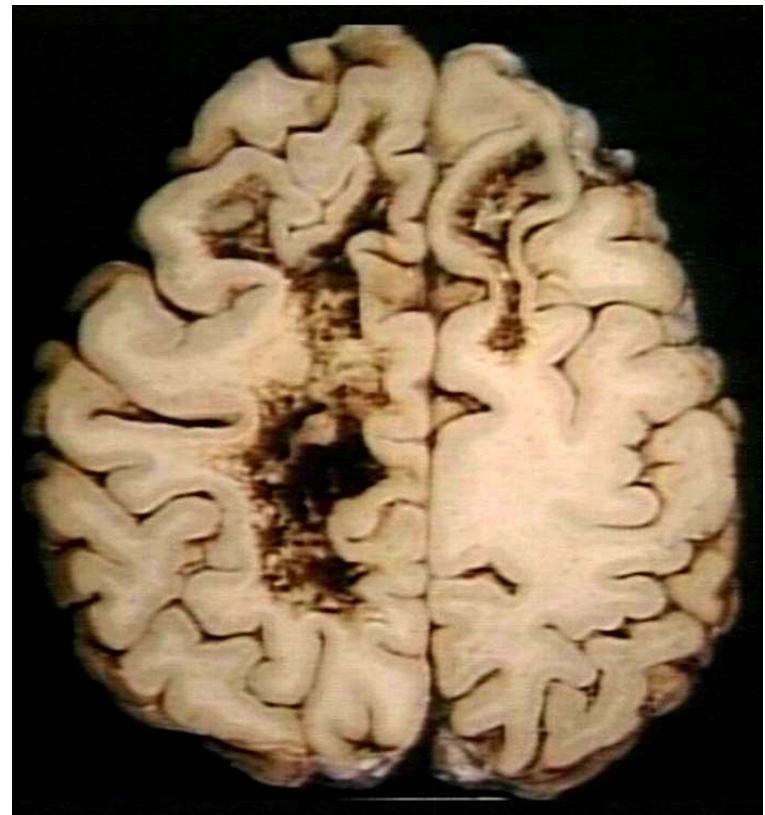
károsodott

Gastrointestinális szindróma: a teljes szindróma rendszerint 10 Gy felett jelentkezik, de egyes tünetek már 6 Gy-től előfordulhatnak. A túlélés valószínűsége nagyon kicsi. A gyomor-bél rendszerben bekövetkező irreverzibilis, destruktív változások általában dehidrációhoz és az elektrolit háztartás felborulásához vezetnek. A halál általában 2 héten belül bekövetkezik.



Kardiovaszkuláris/ központi idegrendszeri szindróma: a teljes szindróma rendszerint 50 Gy felett jelentkezik, de egyes tünetek már 20 Gy-től előfordulhatnak.

A halál 3 napon belül bekövetkezik. A halál valószínű oka keringés összeomlás illetve a megnövekedett koponyaűri folyadékmennyiség miatt létrejövő intracranialis nyomásnövekedés ödéma, vasculitis, vagy meningitis miatt.



Cutan sugár szindróma

A cutan sugár szindróma fogalma az utóbbi időben került bevezetésre a bőrben az akut sugárexpozíció következtében kialakuló komplex patológiai változások leírására. Az akut sugárbetegség rendszerint bőrkárosodással jár együtt. A bőr károsodása lehetséges az akut sugárbetegség tünetei nélkül is, főleg rövid idejű béta, vagy röntgen expozíció után. Előfordulhat a bőr, vagy a ruházat radioaktív kontaminációja után is.



Akut sugárdermatitis

6,5 órás helyi expozíció Iridium-192 sugárforrásból
(β , γ -sugárzó) kb. 0,9 TBq



2. nap: hólyagosodás, erythema



9. nap: kiterjedt erózió, gyulladás

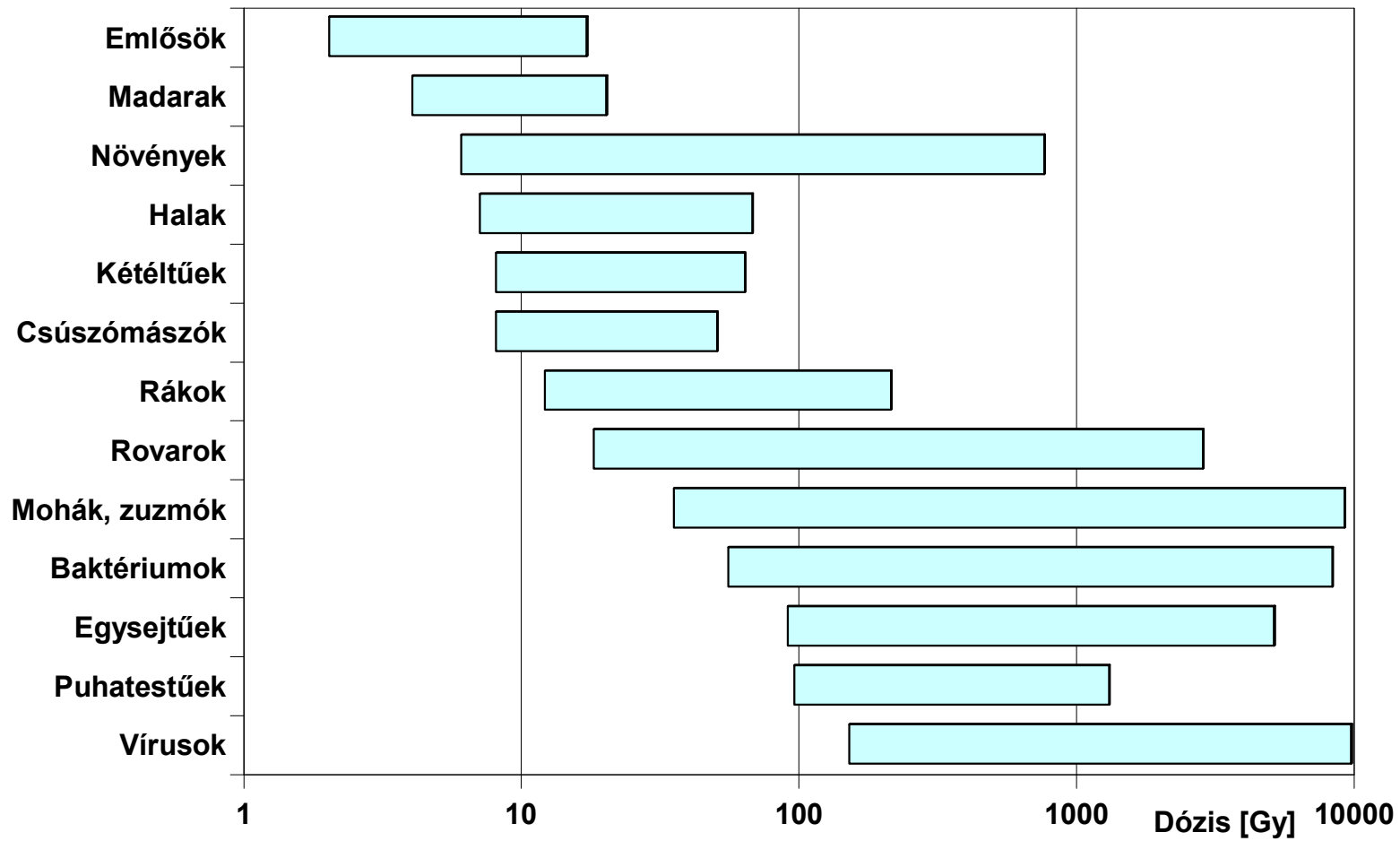
Turai e.a., BMJ 2004, 328: 568-572

Akut sugárbetegség

Nagy dózisú egésztest besugárzás hatásai

Hatás	Dózis (Sv)
Nincs megfigyelhető hatás	0- 0,25
Enyhe vérsejtszám csökkenés	0,25-1
Jelentős vérlemezke és fehérvérsejt szám csökkenés (átmeneti)	1-2
Súlyos vérsejt károsodás, émelygés, kopaszodás, vérzés, gyakran halál	2-5
Több, mint 80%-ban 2 hónapon belül halál	> 6

Félhalálos dózisek, akut besugárzás esetén



Tapasztalatok a hirosimai és nagaszaki atombomba támadás után

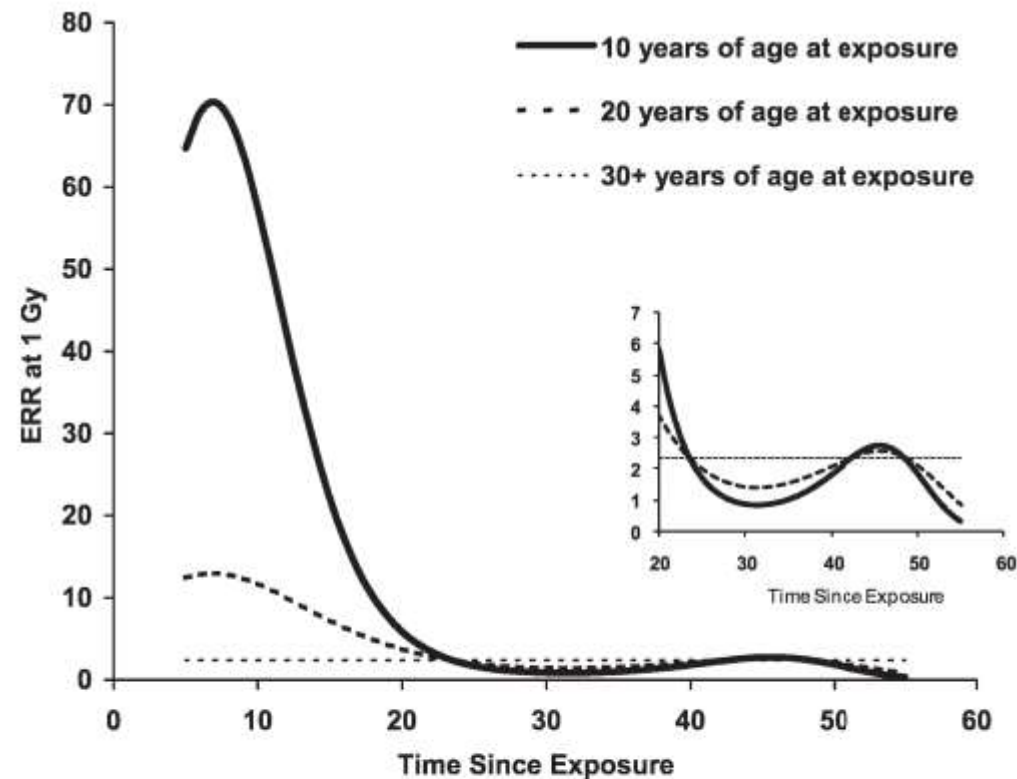
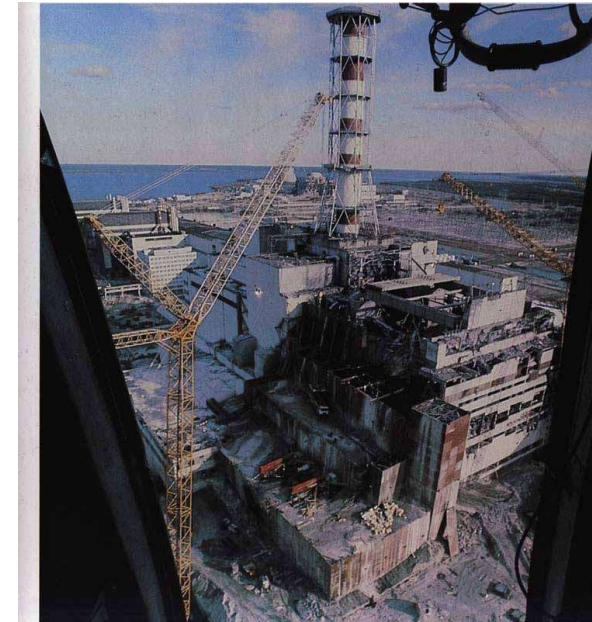
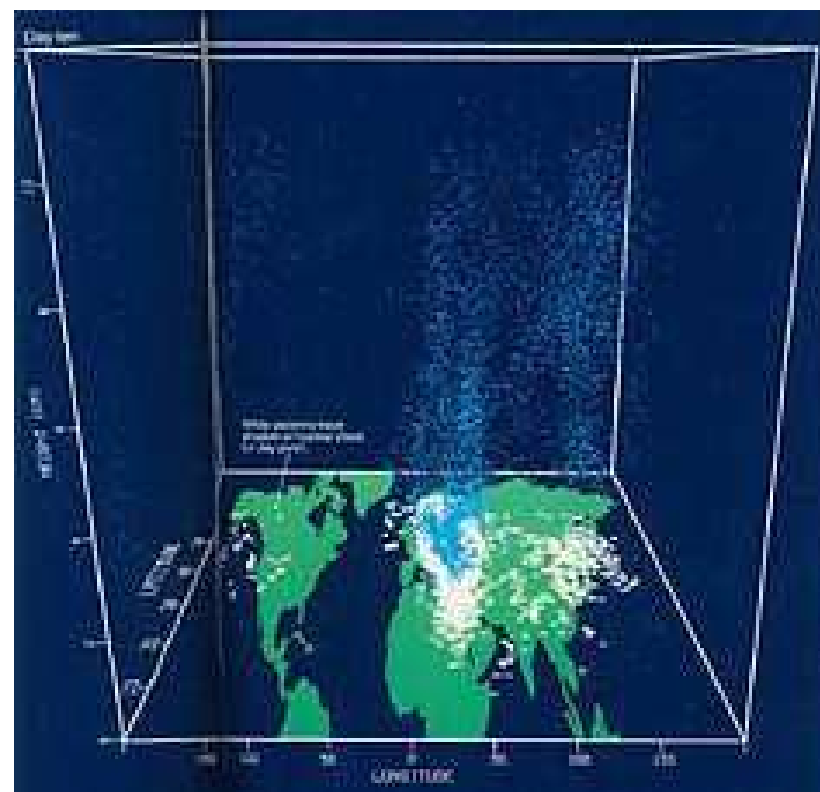
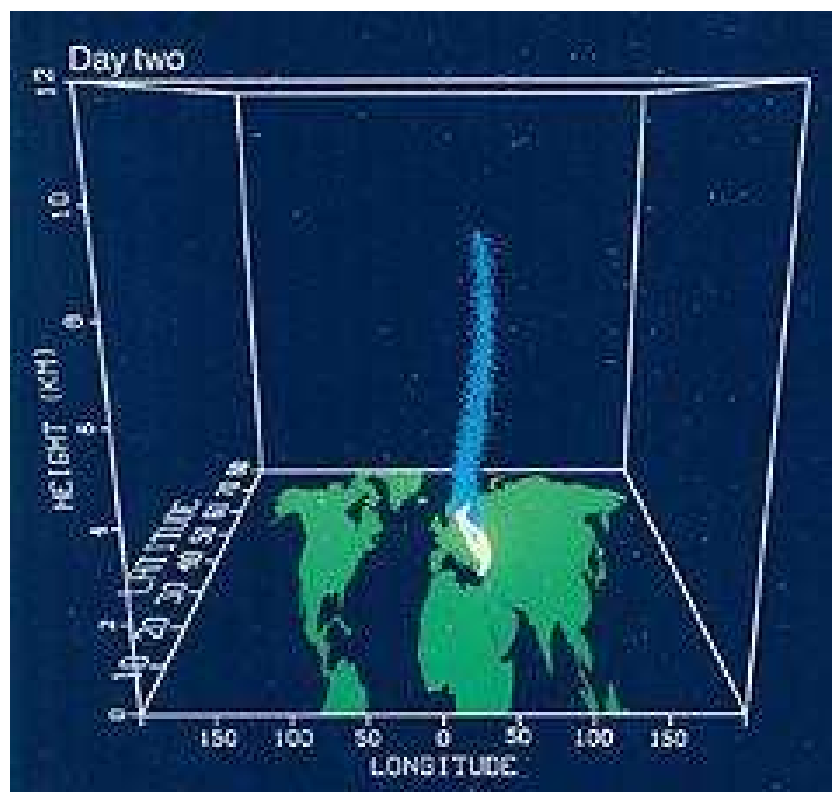


FIG. 1. Predicted city-averaged ERR at 1 Gy for leukemia (all types) as a function of age at exposure and time since exposure. Inset provides an expanded view of ERR estimates for the period 20 or more years after exposure.

A csernobili baleset (1986. 04. 26.)



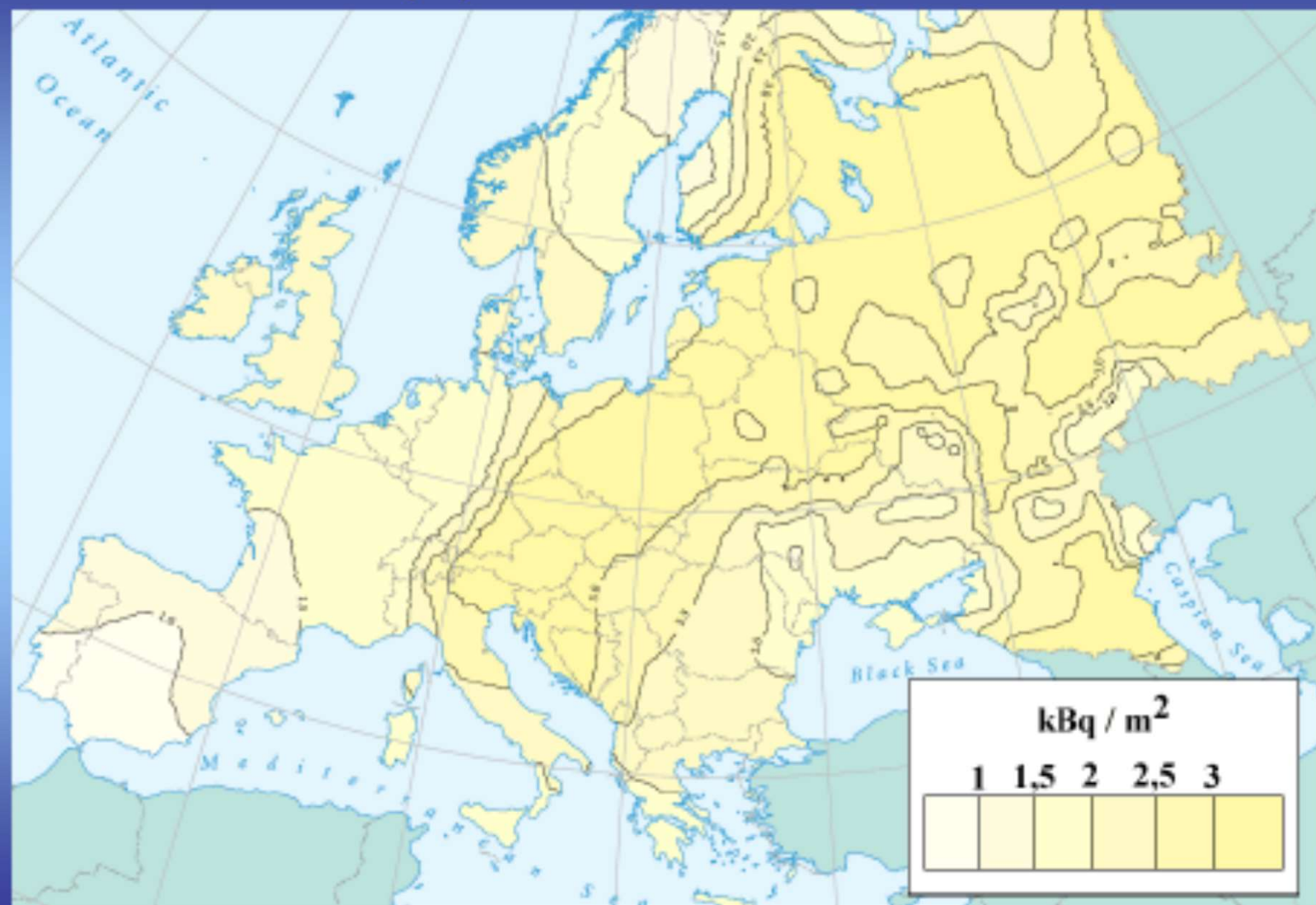
Légköri radioaktív kiáramlás a csernobili baleset után



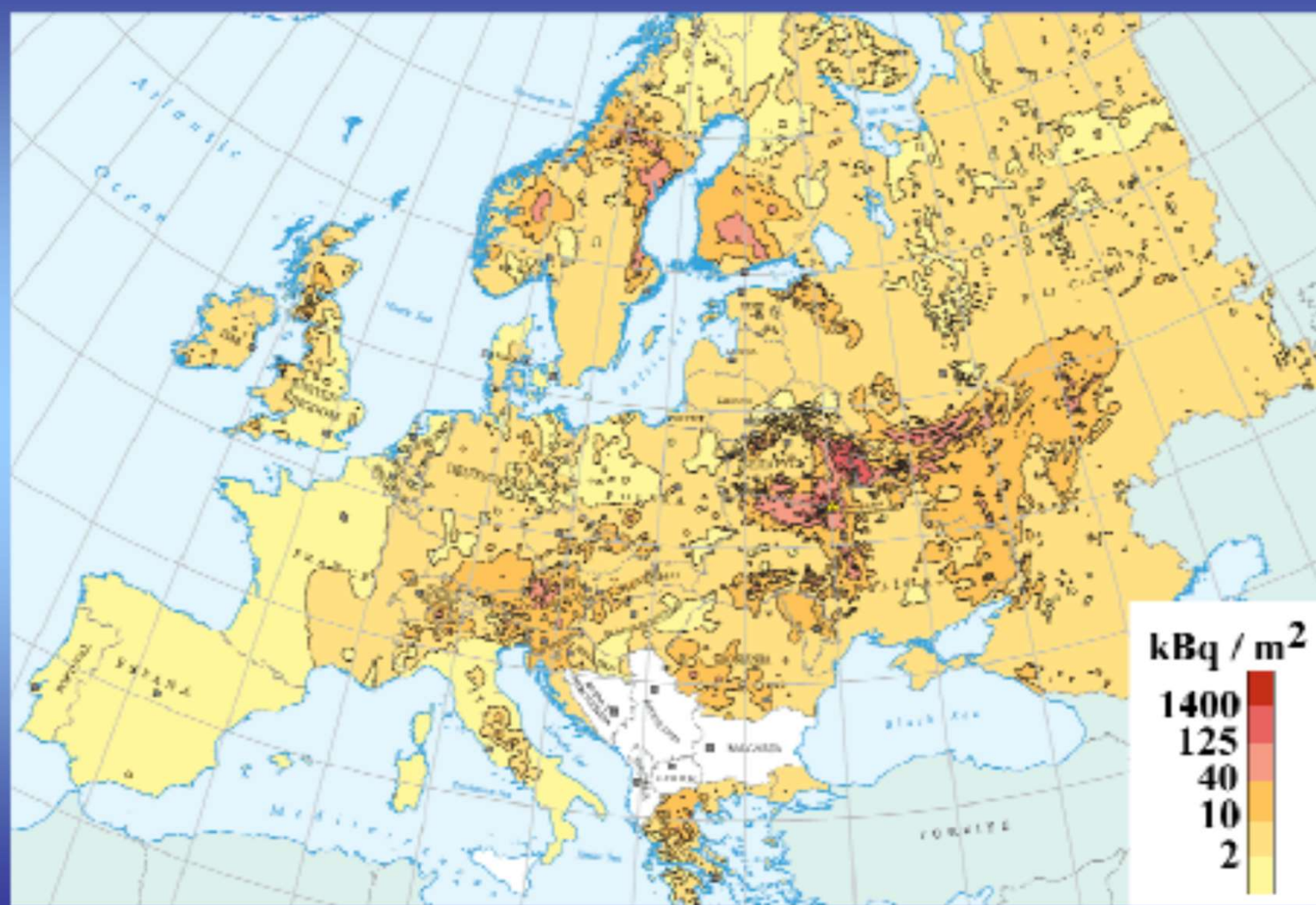
Légköri kibocsátások a csernobili baleset során

Nuklid	Felezési idő	Kibocsátás (%)	Aktivitás (PBq)
Xe-133	5.3 nap	100	6500
I-131	8.0 nap	50 - 60	~1760
Cs-134	2.0 év	20 - 40	~54
Cs-137	30.0 év	20 - 40	~85
Te-132	78.0 óra	25 - 60	~1150
Sr-89	52.0 nap	4 - 6	~115
Sr-90	28.0 év	4 - 6	~10
Ba-140	12.8 nap	4 - 6	~240
Zr-95	1.4 óra	3.5	196
Mo-99	67.0 óra	>3.5	>168
Ru-103	39.6 nap	>3.5	>168
Ru-106	1.0 év	>3.5	>73
Ce-141	33.0 nap	3.5	196
Ce-144	285.0 nap	3.5	~116
Np-239	2.4 nap	3.5	~95
Pu-238	86.0 év	3.5	0.035
Pu-239	24 400.0 év	3.5	0.03
Pu-240	6 580.0 év	3.5	0.042
Pu-241	13.2 év	3.5	~6
Cm-242	163.0 nap	3.5	~0.9

Európa, Cs-háttér Csernobil előtt



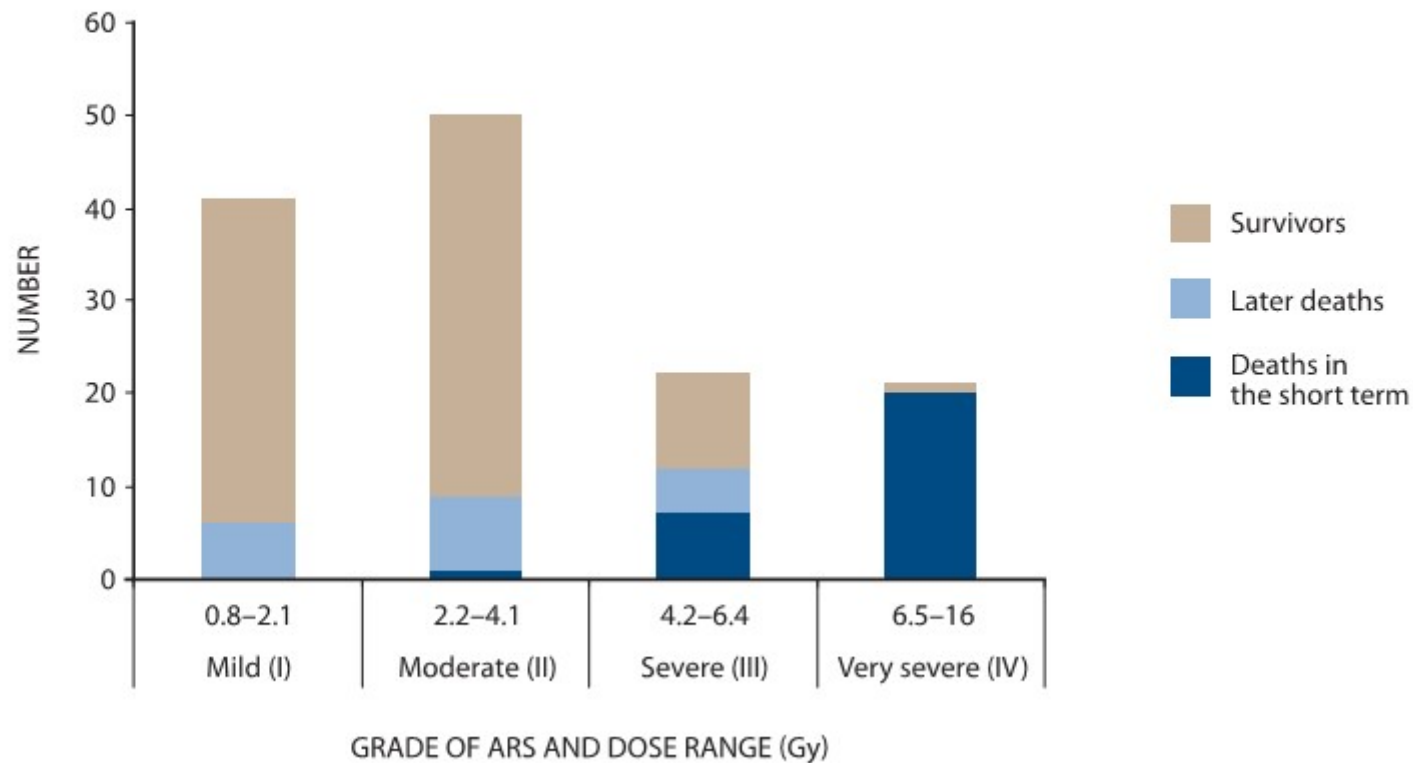
Európa, Cs-kihullás Csernobil után



A csernobili baleset következményei az akut sugárkárosodást szenvedett személyek esetében (1986 és 2004 közötti adatok)

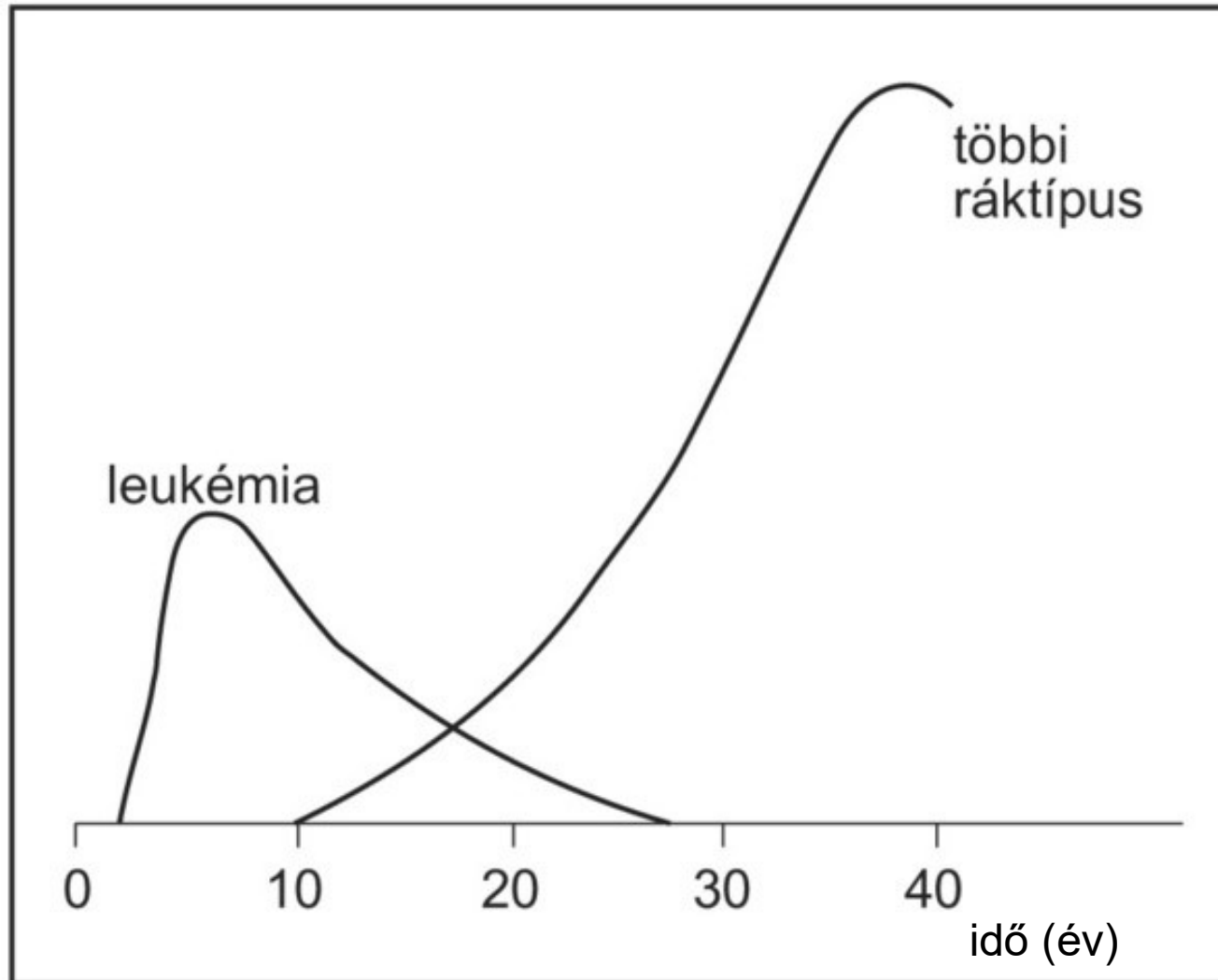
Figure VII. Outcome for patients with ARS

While the figure indicates the numbers of later deaths for each category of ARS, most of the cases are not attributable to radiation exposure



Késői sugárkárosodás

daganatkeletkezés



Gyermekkori pajzsmirigy carcinoma a csernobili régióban

Régió	esetszám	
	a baleset előtt	a baleset után
Belorusszia	(1977-1985) 7	(1986-1994) 390
Ukrajna	(1981-1985) 24	(1986-1995) 220
Oroszország (csak Brjanszk és Kaluga)		(1986-1995) 62

Az adatok morbiditást mutatnak, nem mortalitást.

A legnagyobb többlet 1993 után következett be.

A pajzsmirigy carcinoma jól kezelhető (>90%), de az itt előforduló esetek jelentős számban agresszív, papilláris típusú daganatok.



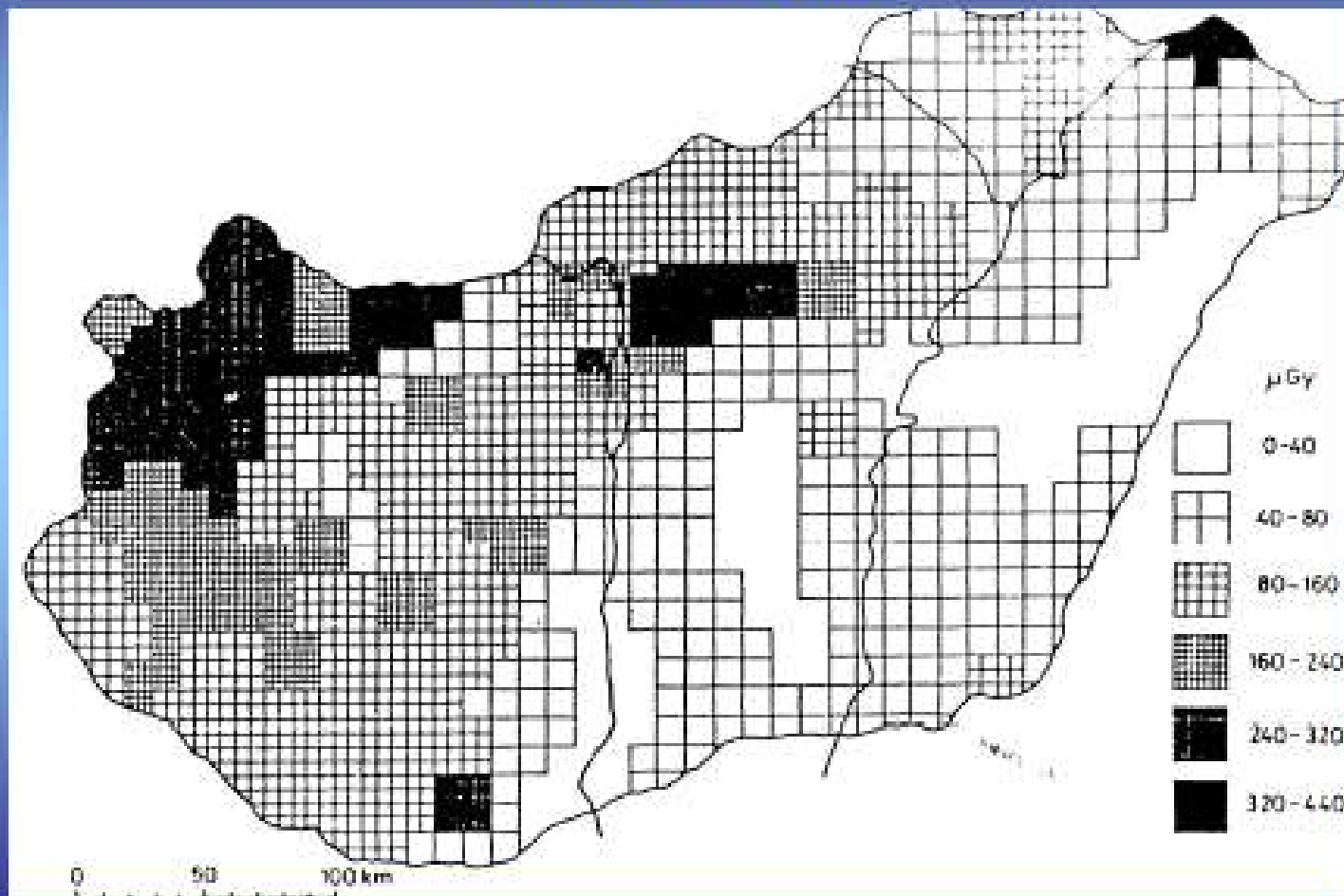
Hazánkban nem észlelték a daganatos megbetegedések számának a csernobili eredetű sugárterheléssel összefüggő növekedését.

Nem mutatható ki sem a gyermekkori pajzsmirigy-rák, sem a gyermekkori leukémiás megbetegedések számának emiatti növekedése.

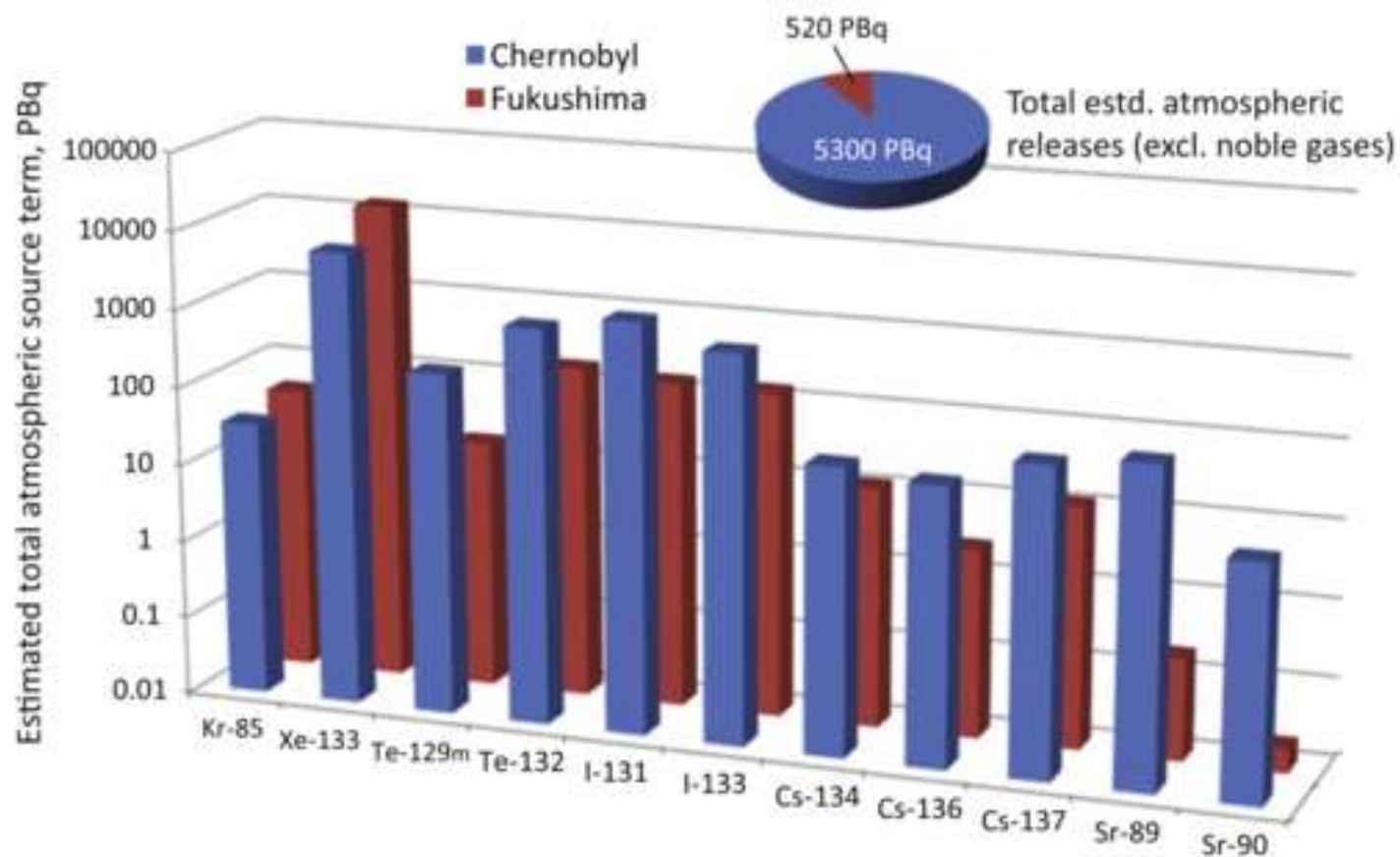
A csernobili baleset következményeként **az átlag magyar lakos várhatóan egész élete során összesen 0.23 mSv külső és 0.09 mSv belső terhelésből származó effektív egyenértékdózszt kap. Ez összesen 0.3-0.4 mSv-et jelent.** (Összehasonlításként: a természetes sugárzás miatt évente átlagosan 2-3 mSv dózis éri szervezetünket.) Európai viszonylatban ez egyébként a "középmezőnyt jelenti":

Jelenlegi tudásunk szerint tehát Magyarországon nem mutatható ki a csernobili atomerőműbaleset káros egészségügyi hatása.

Környezeti dózisteljesítmény növekedése 1986. április – július



A fukushimai és a csernobili radioaktív kibocsátás összehasonlítása



Fukushima

A Fukushima környékén azonnal végrehajtott kimenekítés és az élelmiszerek korai monitorozása lecsökkentette a lakosság terhelését, és a japán hatóságok ezzel megakadályozták a lakosság nagy besugárzását.

Robert Gale, a londoni Imperial College vendégprofesszora rámutatott, hogy habár csaknem húszezer ember halhatott meg a 2011. márciusi Tohoku földrengésben és az azt követő cunamiban, egyikük sem a Fukushima-Daiichi atomerőmű balesetének sugárzási következményei miatt. Gale bemutatta az atomerőmű közelében lakó 10000 ember által elszenvedett legnagyobb becsült dózisokat:

- 5800-an kevesebb mint 1 mSv (millisievert dózist kaptak),
- 4100-an kaptak 1-10 mSv dózist,
- 71-en 10-20 mSv között,
- ketten kaptak 20-23 mSv között.

A telephelyi dolgozók illetve elhárítók közül (összesen kb. 10700 ellenőrzött személy):

- 100-150 mSv: 81 fő
- 150-200 mSv: 14 fő
- 200-250 mSv: 2 fő
- 250 mSv felett: 6 fő (309-678 mSv)