

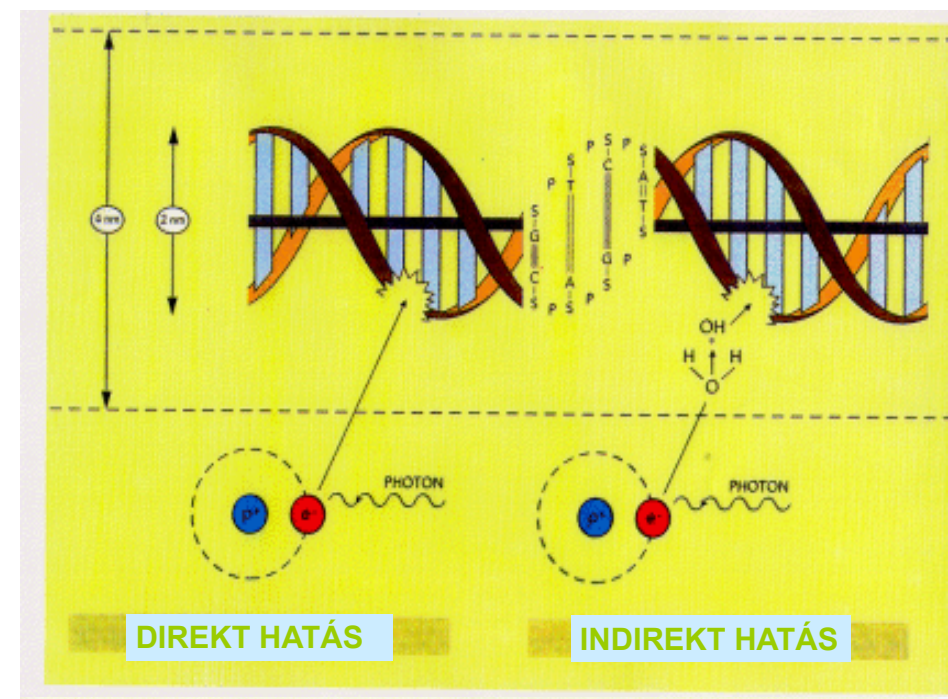
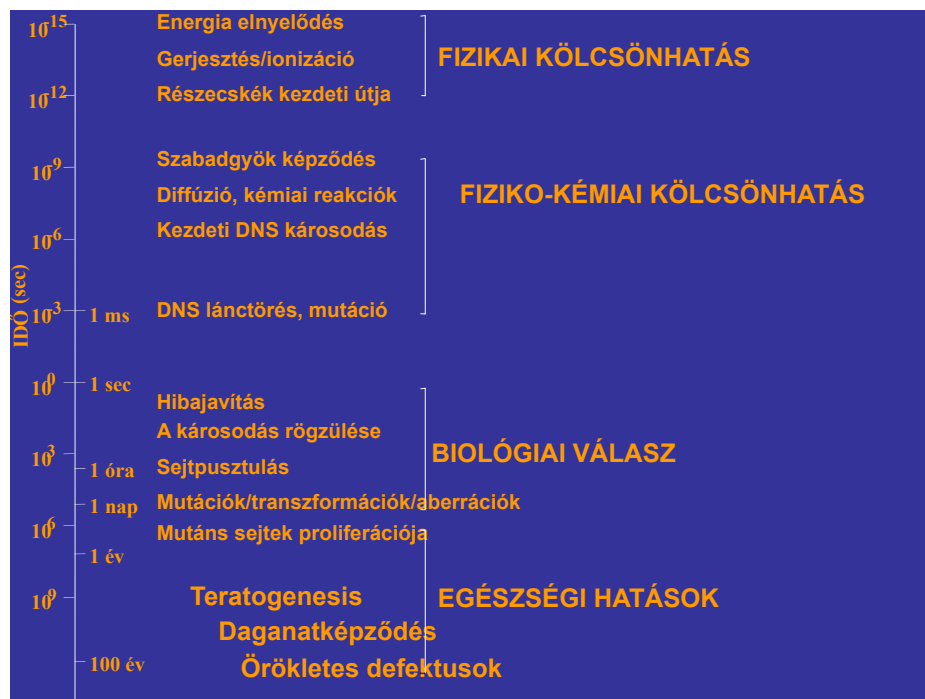
# Az ionizáló sugárzás biológiai egészségkárosító hatásai. Sugárbiológia

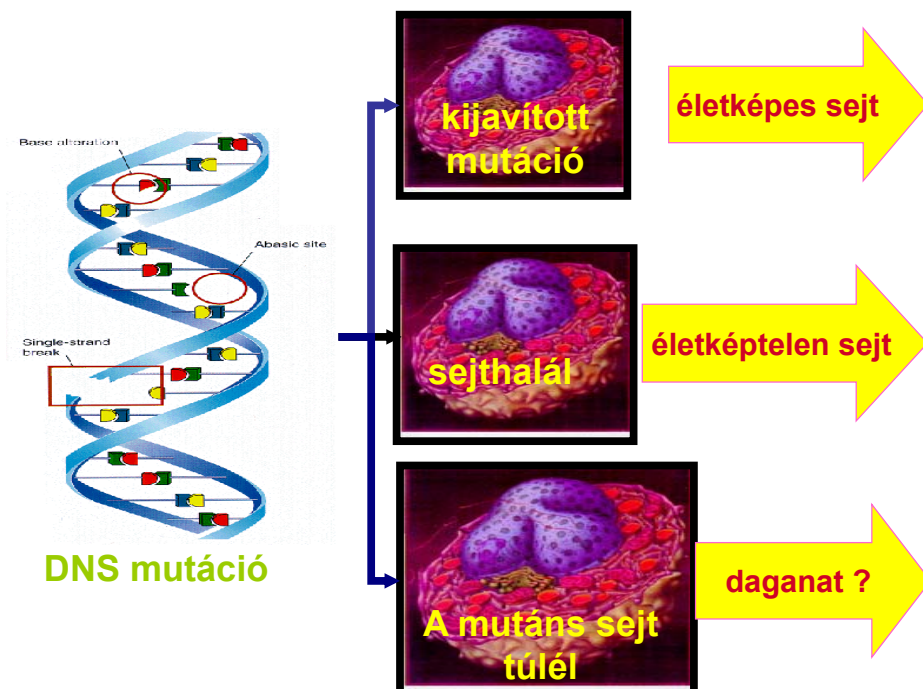
Dr. Voszka István  
SE Biofizikai és Sugárbiológiai  
Intézet



**Grotthus (1815) - Draper (1845)**

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





A sejt besugárzása után lehetséges kimenetek

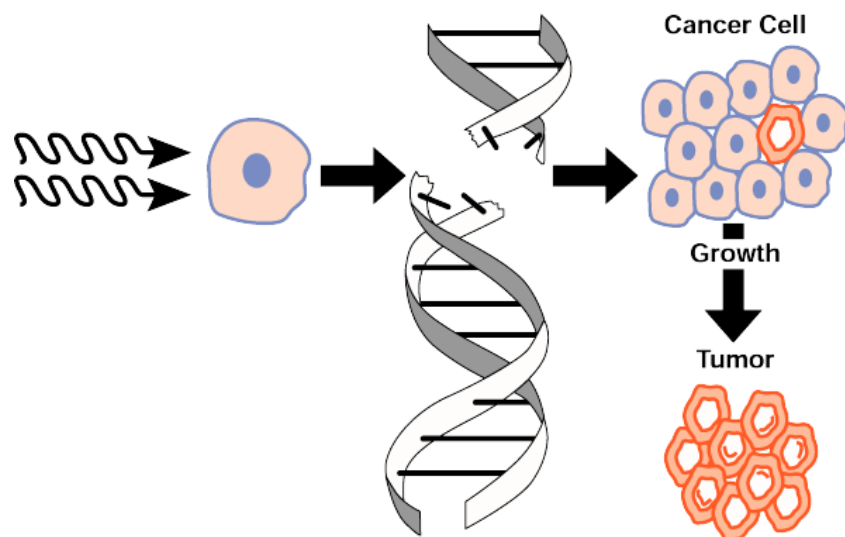
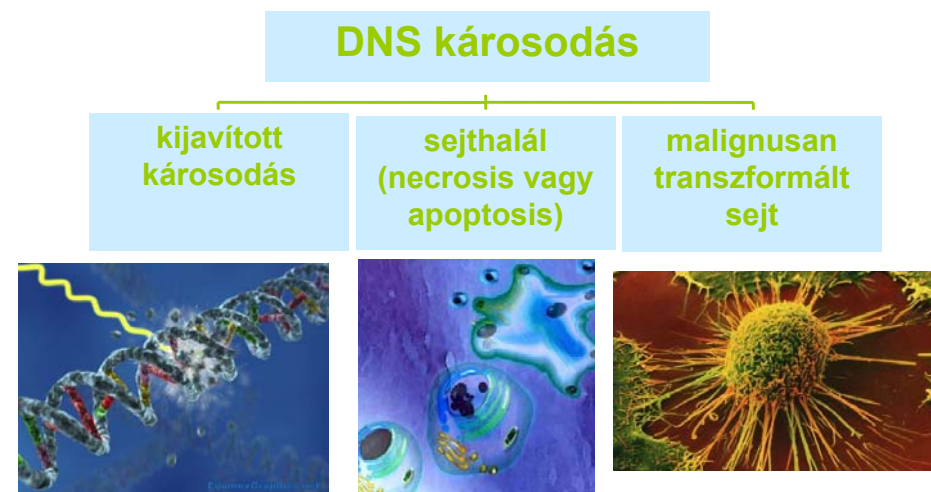
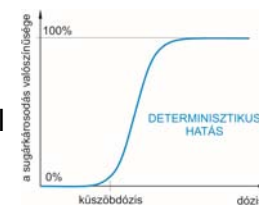


Figure 1. Development of cancer from mutation produced by ionizing radiation.

## A sugárkárosodások fajtái

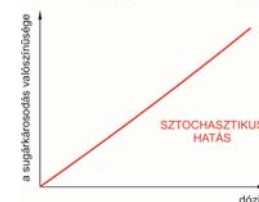
### Determinisztikus

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



### Sztokhasztikus

- Nincs küszöbdózis
- A valószínűsége arányos a dózissal (pl. daganatkeletkezés)





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

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

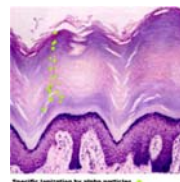
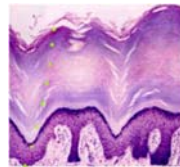
Egy szövet sugárérzékenysége a szövetben található differenciálatlan sejtek számától, a mitotikus aktivitásuktól és az aktív proliferáció időtartamától.

## A szövetek sugárérzékenysége

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

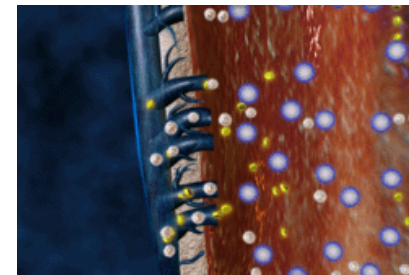
## A sugárérzékenységet (SÉ) befolyásoló tényezők

- **Fizikai**
  - LET (linear energy transfer):  $\uparrow$  SÉ
  - Dózisteljesítmény:  $\uparrow$  SÉ
- **Kémiai**
  - Növelik: OXIGÉN, citosztatikumok.
  - Csökkentik: kén (cys, cysteamine...)
- **Biológiai**
  - Sejtciklus státusz:
    - $\uparrow$  RS: G2, M
    - $\downarrow$  RS: S
  - A károsodás kijavítása (a szubletális károsodás kijavítható pl. frakcionált dózis)

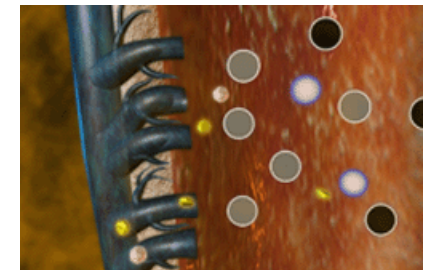


## Az akut sugárkárosodás jellemző szindrómái:

**Csontvelői szindróma** (hematológiai szindróma) rendszerint a teljes szindróma 0,7 és 10 Gy között jelentkezik, de enyhe tünetek már 0,3 Gy-tól előfordulhatnak. A betegek túlélési rátája a dózis növekedésével arányosan csökken. Az elsődleges halál a csontvelő károsodás következtében fellépő fertőzés, illetve vérzés.



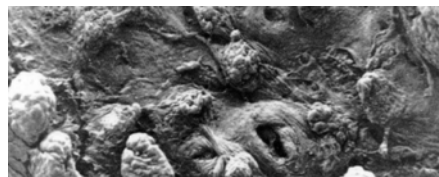
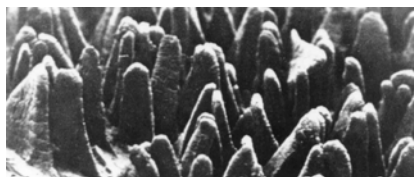
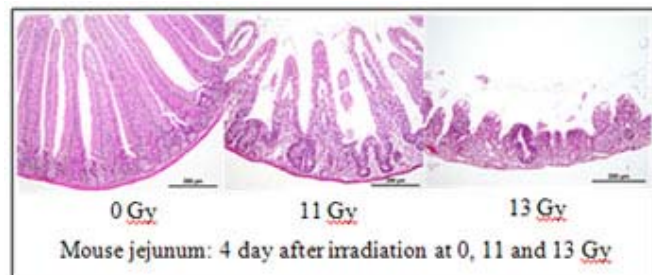
egészséges



károsodott

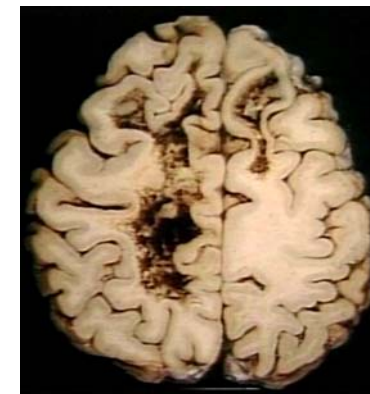


**Gastrointestinális szindróma:** a teljes szindróma rendszerint 10 Gy felett jelentkezik, de egyes tünetek már 6 Gy-től előfordulhatnak. A túlélés valószínűsége nagyon kicsi. A gyomor-bél rendszerben bekövetkező irreverzibilis, destruktív változások általában dehidrációhoz és az elektrolit háztartás 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. Legvalószínűbb oka keringés összeomlás, illetve ödéma, vasculitis, vagy meningitis okozta koponyaűri nyomásfokozódás.



### 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  
( $\beta, \gamma$ -sugárzó) kb. 0,9 TBq



2. nap: hólyagosodás, erythema

9. nap: kiterjedt erózió, gyulladás

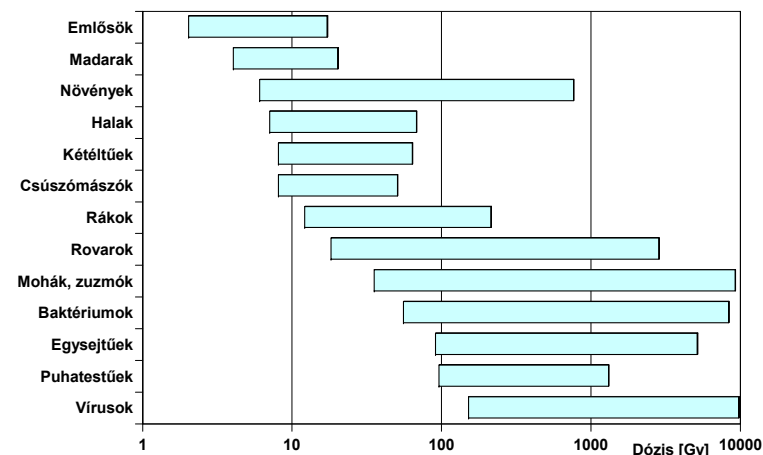
Turai e.a., *BMJ* 2004, 328: 568-572

## 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 dózisok, akut besugárzás esetén



## Tapasztalatok a hirosimai és nagaszaki atombomba támadás után

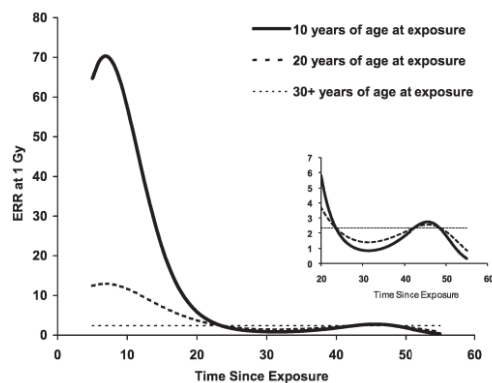
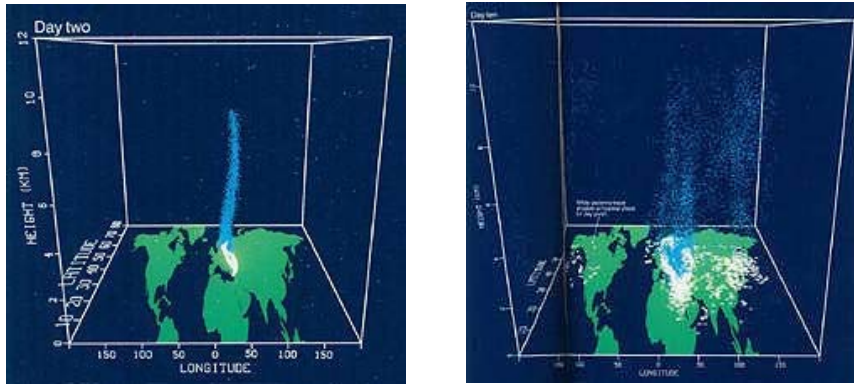


FIG. 1. Predicted city-averaged ERR at 1 Gy for leukemia (all types) as a function of age at exposure and time since exposure. Inset provides an expanded view of ERR estimates for the period 20 or more years after exposure.

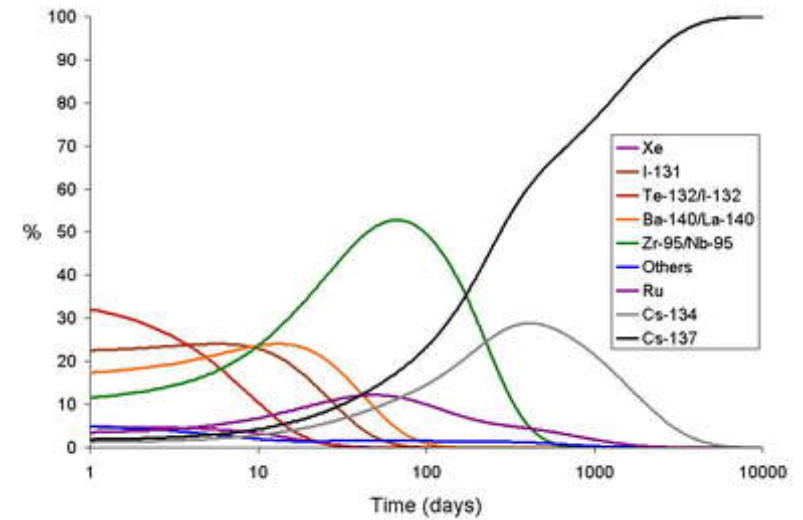
## A csernobili baleset (1986. 04. 26.)



## Légköri radioaktív kiáramlás a csernobili baleset után



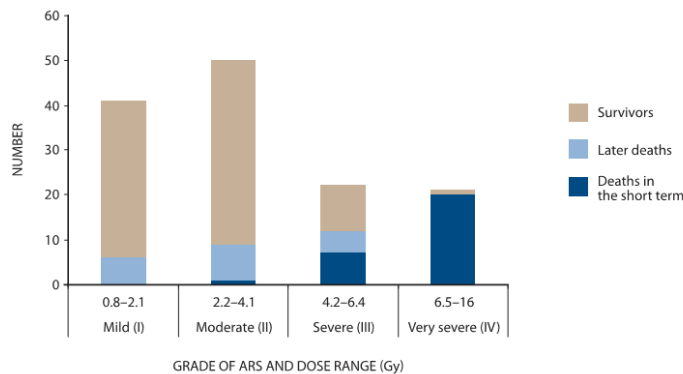
A légszennyezést okozó radionuklidok aránya az idő függvényében a csernobili baleset után



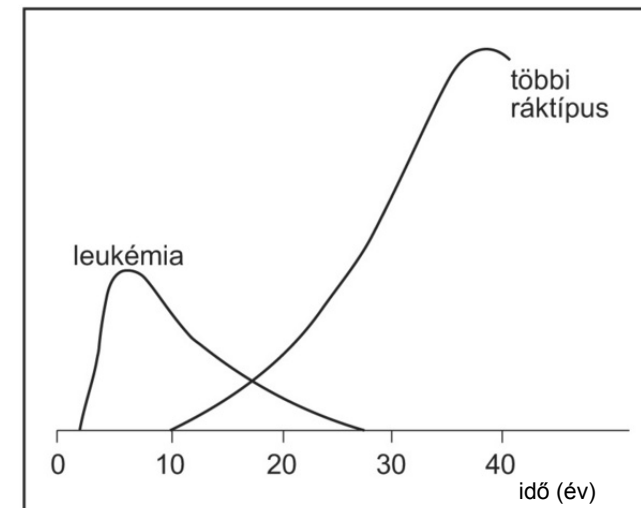
## A csernobili baleset következményei az akut sugárkárosodást szenvedett személyek esetében (1986 és 2004 közötti adatok)

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



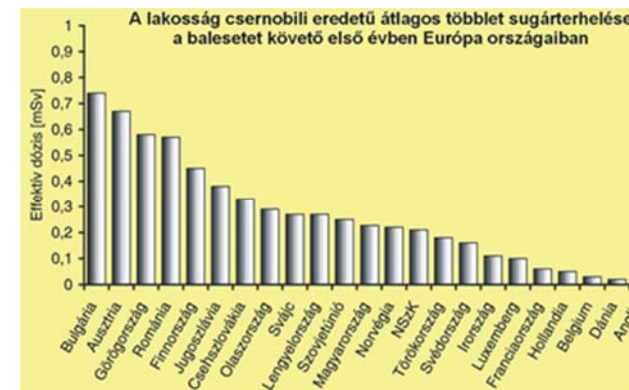
## Késői sugárkárosodás daganatkeletkezés



# 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.



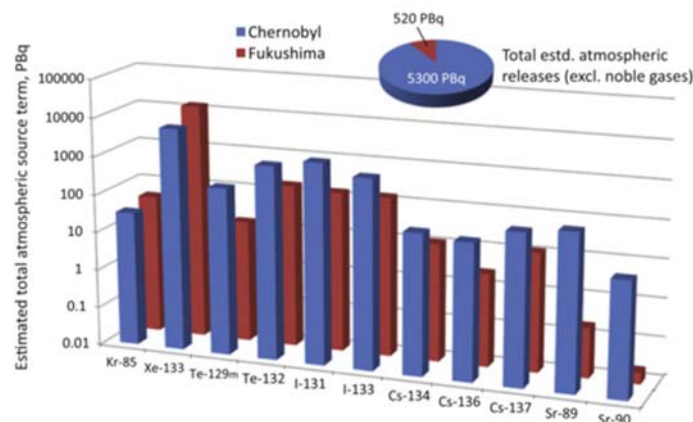
Hazánkban nem észlelték a daganatos megbetegedések számának a csernobili eredetű sugárterheléssel összefüggő növekedését.

Nem mutatható ki sem a gyermekkori pajzsmirigyrák, 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 egyenértékű dózist 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.**

## 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 elszennvedett 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)