

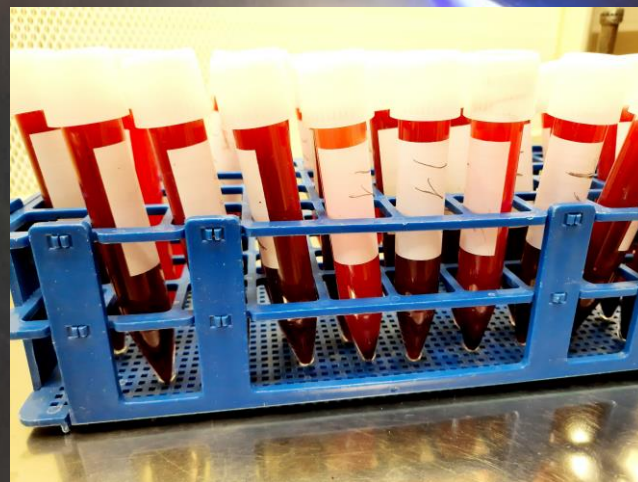


Foton és neutron sugárzási terek biodozimetriai hatása az emberi szervezetre

Cservenák I.¹, Horváth A.³, Milecz Mitykó R.³ Farkas Gy.²

NNGYK ¹, OOI ², BME NTI ³

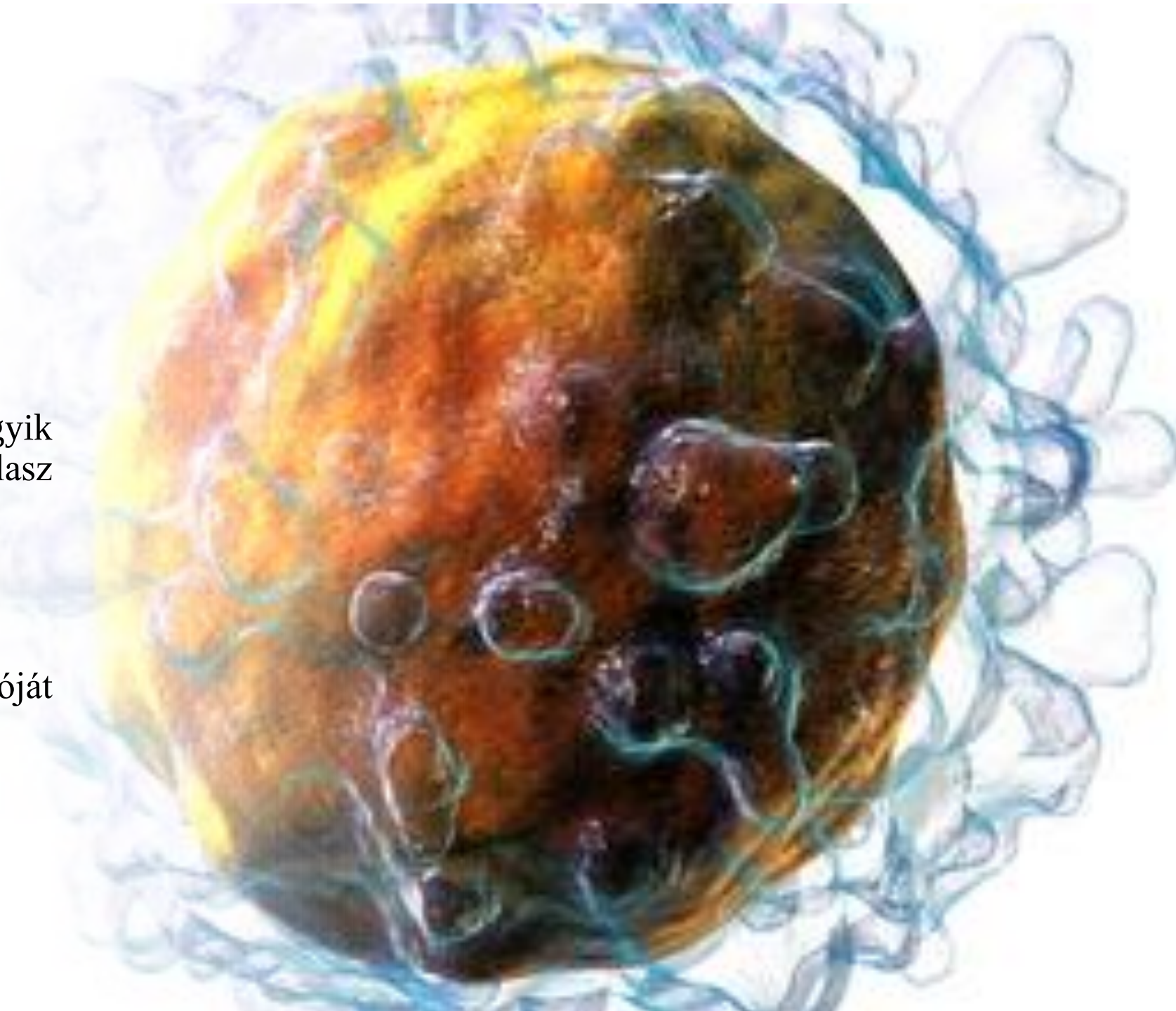
**2024.04.16 -18 XLIX Sugárvédelmi Továbbképző
Tanfolyam Szeged**



Lymfociták?

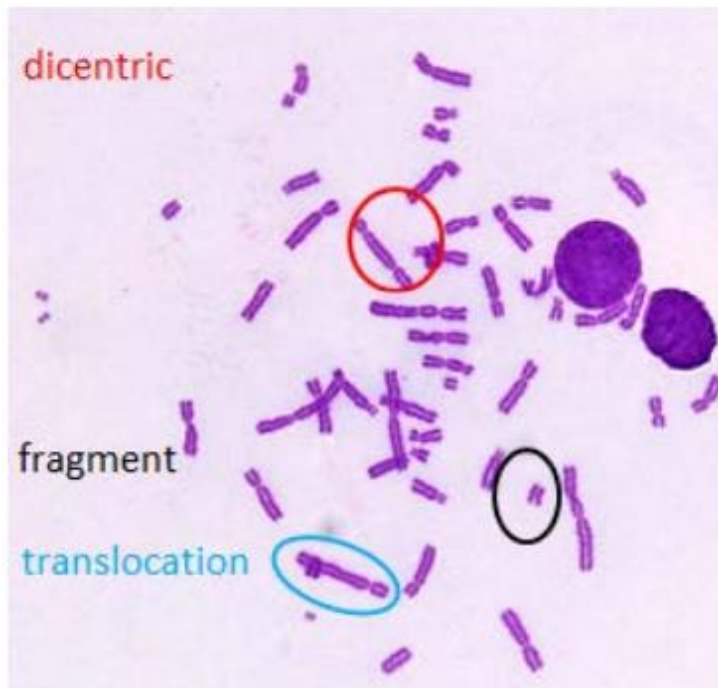
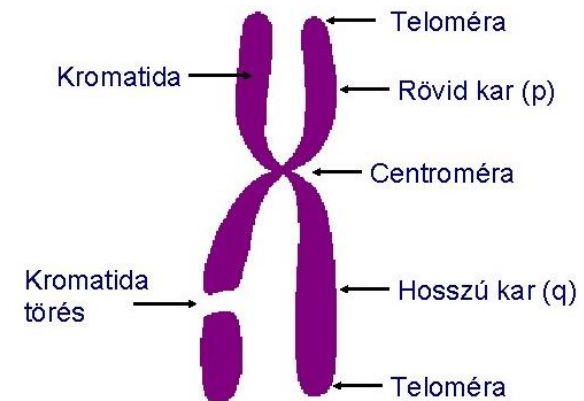
Miért is fontosak?

- T-sejtek a fehér vérséjtek egyik alcsoportja (sejtes immunválasz működése)
- B-sejtek (természetes ölósejtek)
- Könnyen tenyészthetőek
- Az egész test expozícióját reprezentálják.



DNS károsodások típusai

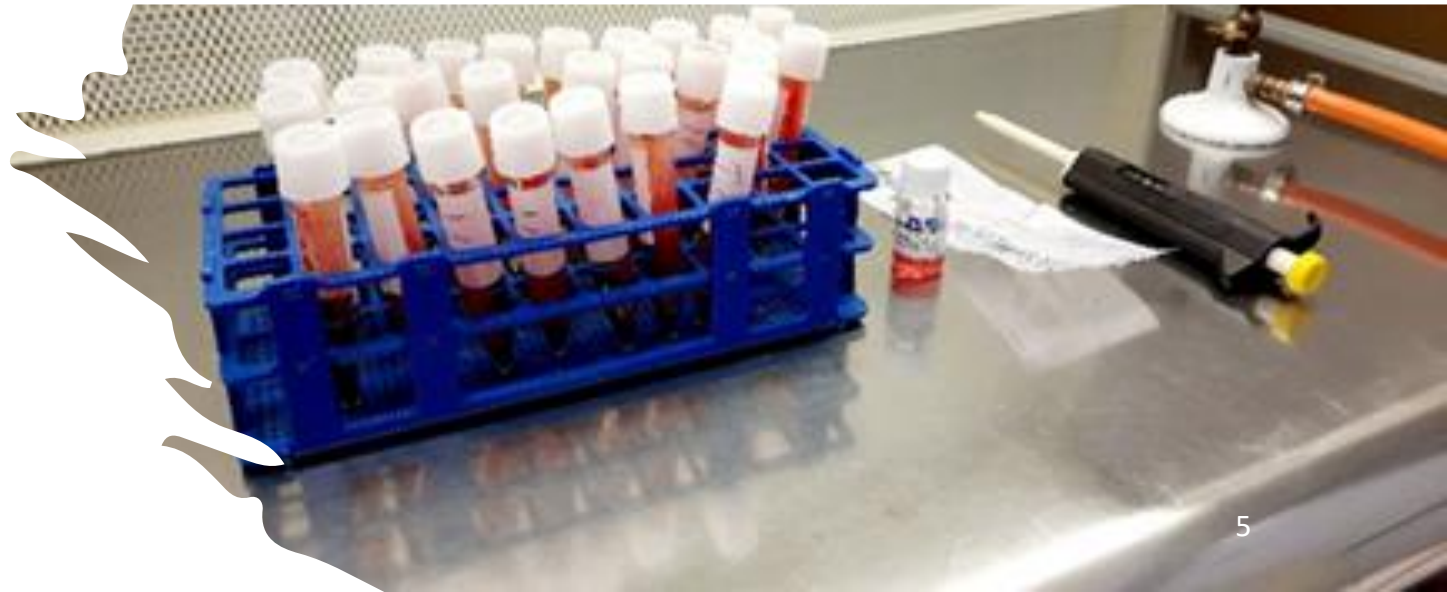
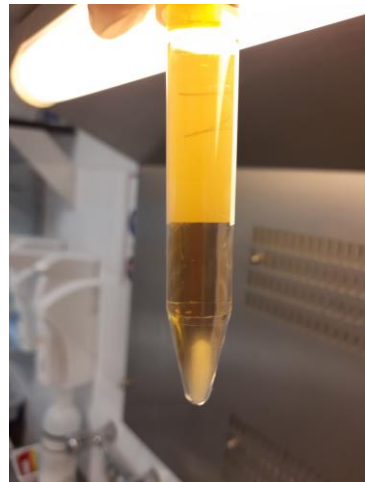
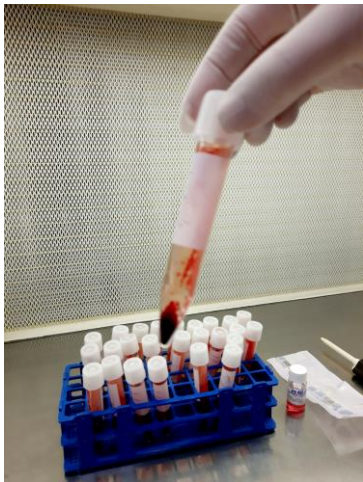
- **Kromoszóma típusú:** mindkét kromatida azonos szinten sérül, az aberráció már a sejtosztódás G1 szakaszában létrejött
- **Kromatida típusú:** csak az egyik kromatida sérül. Az aberráció a kromoszómát G2 szakaszban érinti
- **Szubkromatida típusú:** a kromatida csak kis részét érinti



Forrás: en.wikipedia.org/wiki/DNA

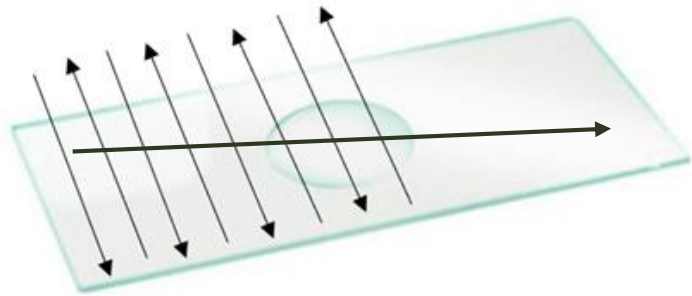
Limfociták tenyésztése

- T-limfociták mitogénnel pl. phytohemagglutininnel osztódásra készíthetők.
- 9 ml RPMI tápoldathoz 200 μ l Phytohemagglutinin-t adtunk és 800 μ l vizsgálandó vért.
- A mintákat 37 °C-os inkubátorba helyezzük, 45 ° -os döntött állapotban (inkubálási idő 52 óra).
- 50. órában a mintákhoz hozzáadunk 100 μ l Colcemidet., összerázás - inkubálás.



Minták feldolgozása

- a minták feldolgozása a centrifugálással kezdődik, 8 percen keresztül, 2000 rpm-en.
- 37 C ° -os hipotonizáló **KCl oldatot** (kromoszómák megduzzadjanak), 3 lépésben, majd inkubálás **15 perc 37°-on.**
- Újból centrifugálás, légszívózás, felúszó eltávolítás, leülepedett csapadék felverése.
- néhány csepp metanol-ecetsavat csepegtettünk a tenyésztéshez szintén 3 lépésben.
- előtt a mintát megfelelően homogenizálni kell
- Száradás után 3% Giemsa-val megfestettük a kenetet.

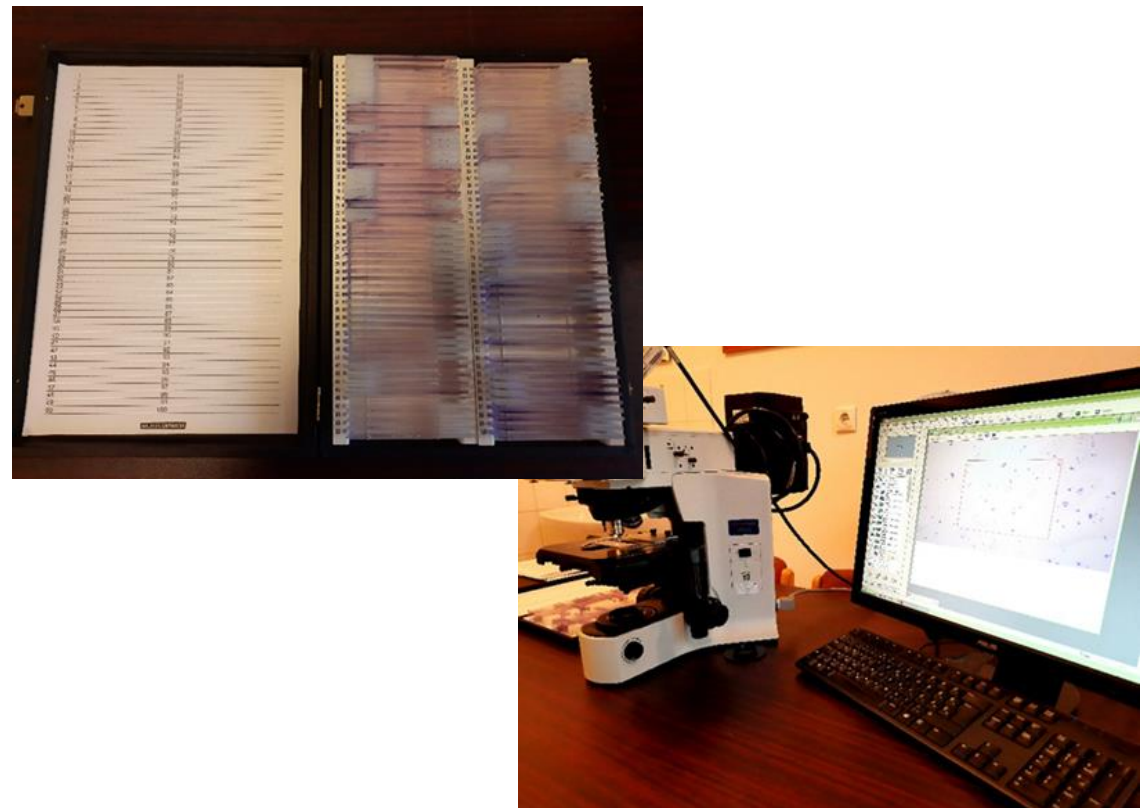


Mit vizsgáltunk?

- metafázisos osztódásban lévő sejtek kromoszóma aberrációit
- 100 sejtet vizsgálunk a nem sugaras munkahelyen dolgozóknál és 200-at a sugárveszélyes munkahelyen dolgozóknál.

Értékelés

- Az osztódásokat fotomikroszkóp segítségével 100-as nagyításon azonosítjuk, majd 1000-es nagyításban értékeljük a kromoszómaaberrációkat.
- Mindig centromérákat és nem kromoszómákat számoltunk.
- kísérlethez Olympus BX41 típusú fénymikroszkópot és a rajta futó Cell ^ F kiértékelő szoftvert használtunk

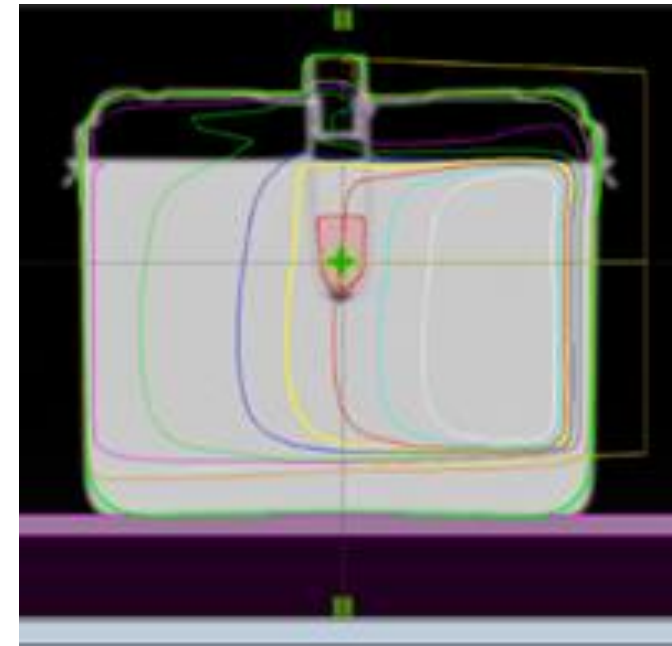
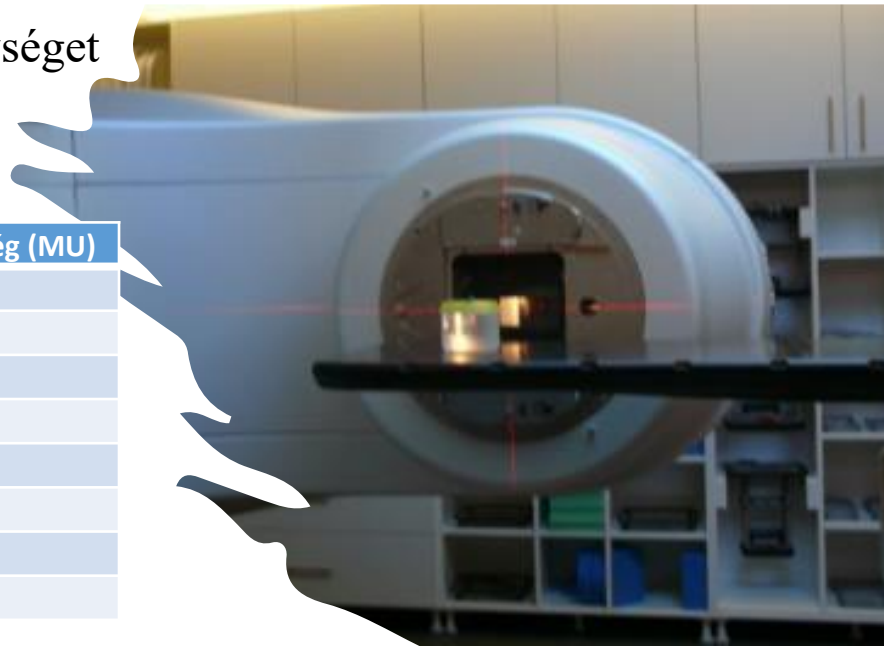
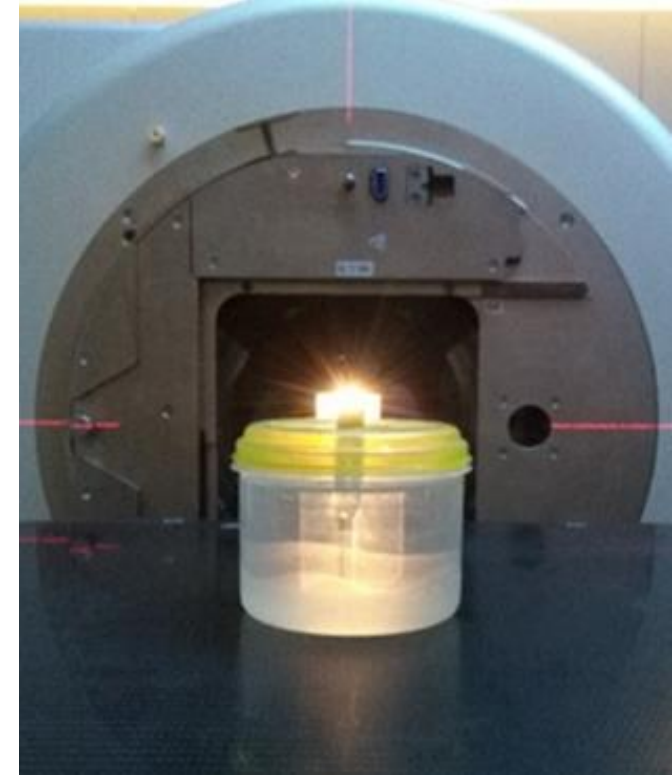
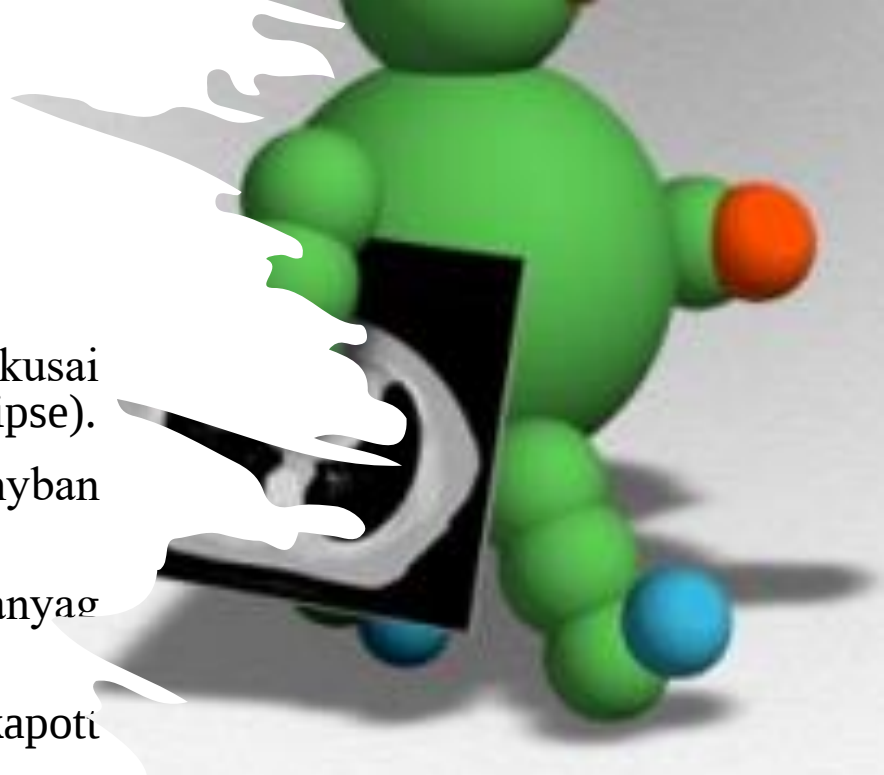


Minták besugárzása lineáris gyorsítóval

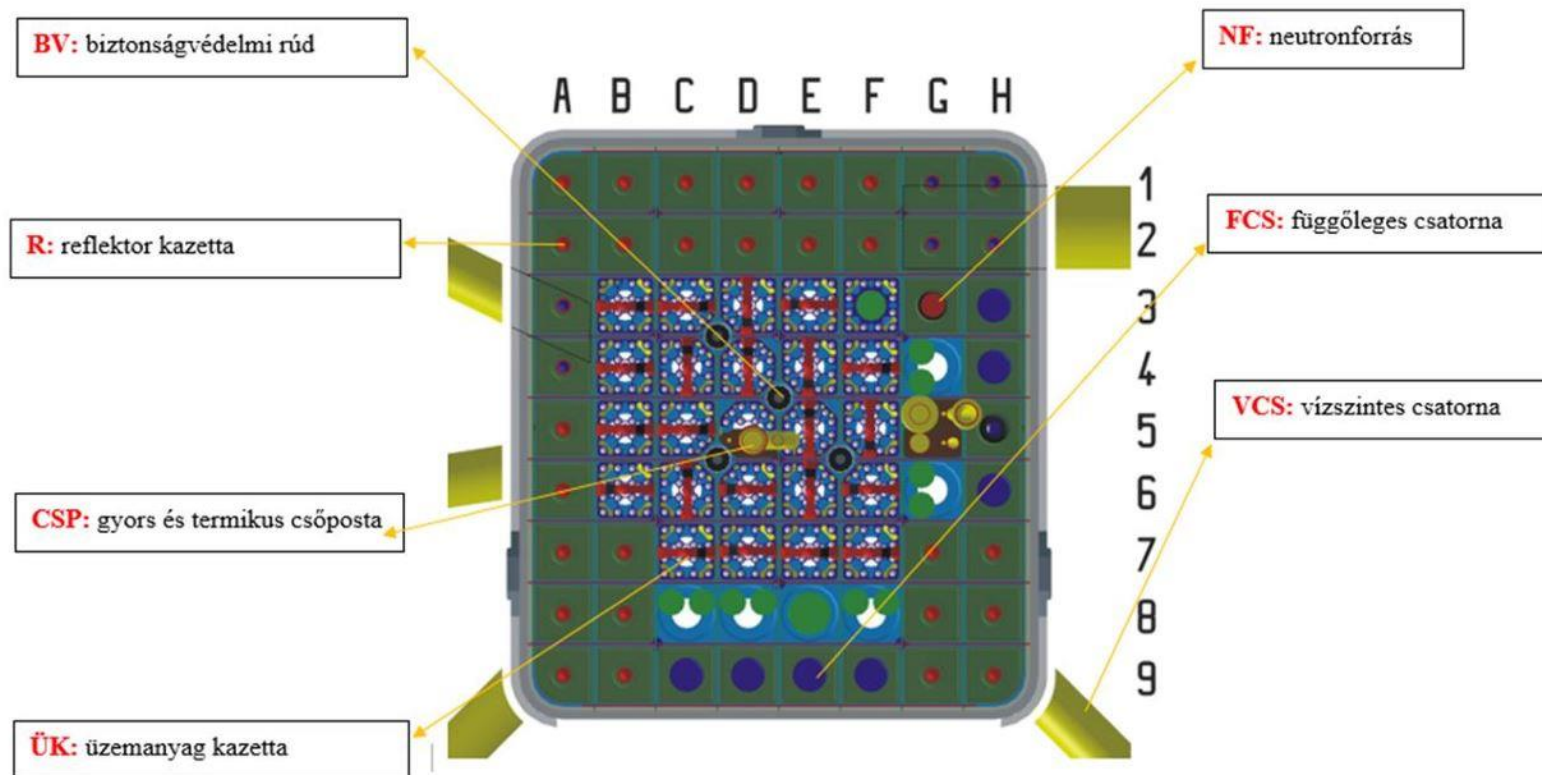
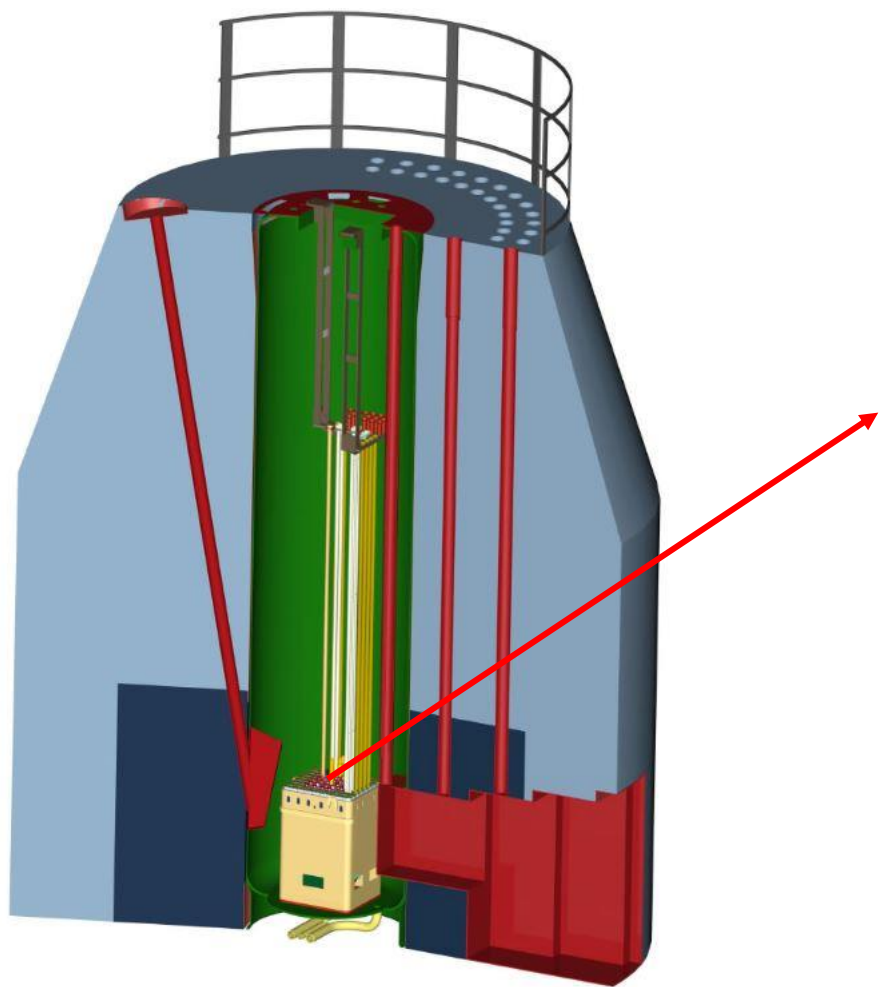
- Besugárzáshoz az OOI sugárfizikusai elkészítették a besugárzási tervet (Varian Eclipse).
- A besugárzási dózist 0-8 Gy tartományban határoztuk meg.
- A vérminta egy „speciálisan” kialakított műanyag fantomban lett besugárzva.
- A vérminta egészséges, sugárkezelést nem kapó alanytól származik.
- a besugárzási idő jellemzésére a monitoregységet (MU) használjuk.

Gy	Monitoregység (MU)
0,5	56
1	112
2	224
3	336
4	448
5	560
6	672
8	896

Gy	Monitoregység (MU)
0,5	52
1	104
2	209
3	313
4	417
5	522
6	626
8	834



Reaktor zóna



- 100 kW maximális teljesítményű
- Medence típusú oktató- és kutatóreaktor.
- Hűtőközege és moderátora **könnyűvíz**
- Reflektora víz és grafit.
- Reaktortartály: 10 mm vastag Al készült hengeres tartály
- öt vízszintes csatorna, 1 besugárzó alagút

Csőposta rendszer

Pneumatikus csőrendszer „CSŐPOSTA” IFO

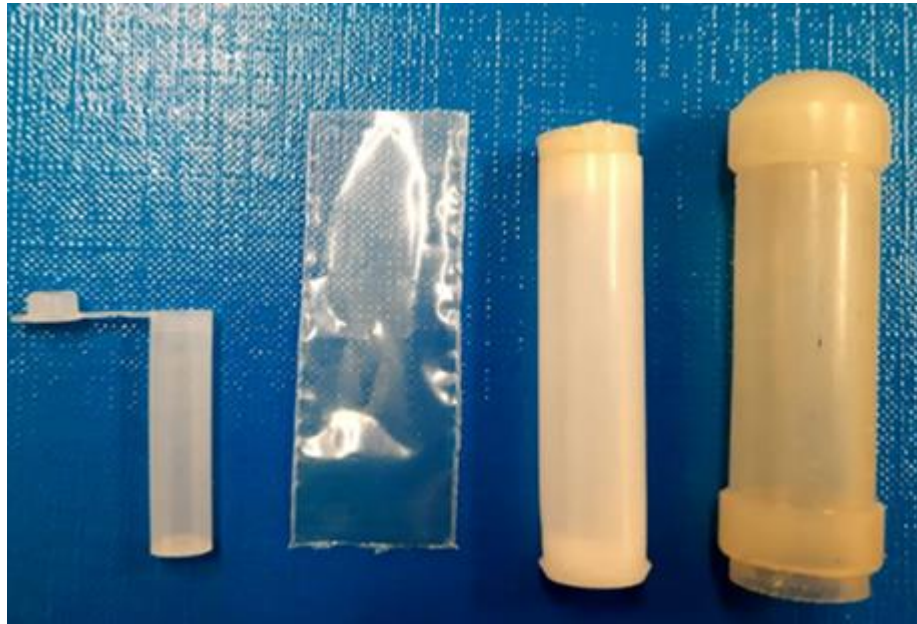
- A pályacső átmérője 25 mm · 2 mm, belső átmérője 21 mm polietilén cső. Mindkét ágon toldás mentesen és egy-egy darabból került kiépítésre. A pályacsőben polietilénből készült besugárzó hordozó tokba csomagolva halad a minta.
- A pneumatikus szelepek működését 4,2 - 4,5 bár nyomású sűrített levegő biztosítja.

Besugárzási idő (MIN)	2 s
Besugárzási idő (MAX)	2 óra
Időmérés bizonytalansága	0,1 s
Mintatömeg (MAX)	30 g
Reaktivitás bevitel (MAX)	16 cent
Szállítási idő (MAX)	3 s



Besugárzó ág	Funkció	Indító-Fogadó állomás	Szállítási célállomás
A	Besugárzás „GYORS”	A 109	Zóna D-5 pozíció
B	Besugárzás „TERMIKUS”	B 109	Zóna G-5 pozíció

Csőposta tok előkészítése besugárzáshoz



Műanyag típusa	Súly	Dózisteljesítmény	Besugárzás után
HDPE Unipetrol Liten MB 87	0,17061 g	1,7 $\mu\text{SV/h}$	fajlagosan kisebb dózisteljesítmény
HDPE TVK Tipelin FS 340-03	0,26853 g	300 nSv/h	sárgul, gázképződés, hosszú $T_{1/2}$
HDPE TVL BA 550-13	0,26890 g	700 nSv/h	jó lehet
PS Edistir N-1840	0,29464 g	400 nSv/h	hosszú $T_{1/2}$
PA	0,13654 g	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	sárgul, jelentős gázképződés
PP Tipplen	0,27068 g	10 $\mu\text{Sv/h}$	túl nagy dózisteljesítmény
PC	0,22894 g	2,7 $\mu\text{Sv/h}$	nagyon sárgul, gázképződés
PI Vespel 100	0,21632 g	700 nSv/h	rideg, nagyon kemény (törik)
Régi tok (külső belső)	8,72295 g	1,6 $\mu\text{Sv/h}$	túl sok minden van benne

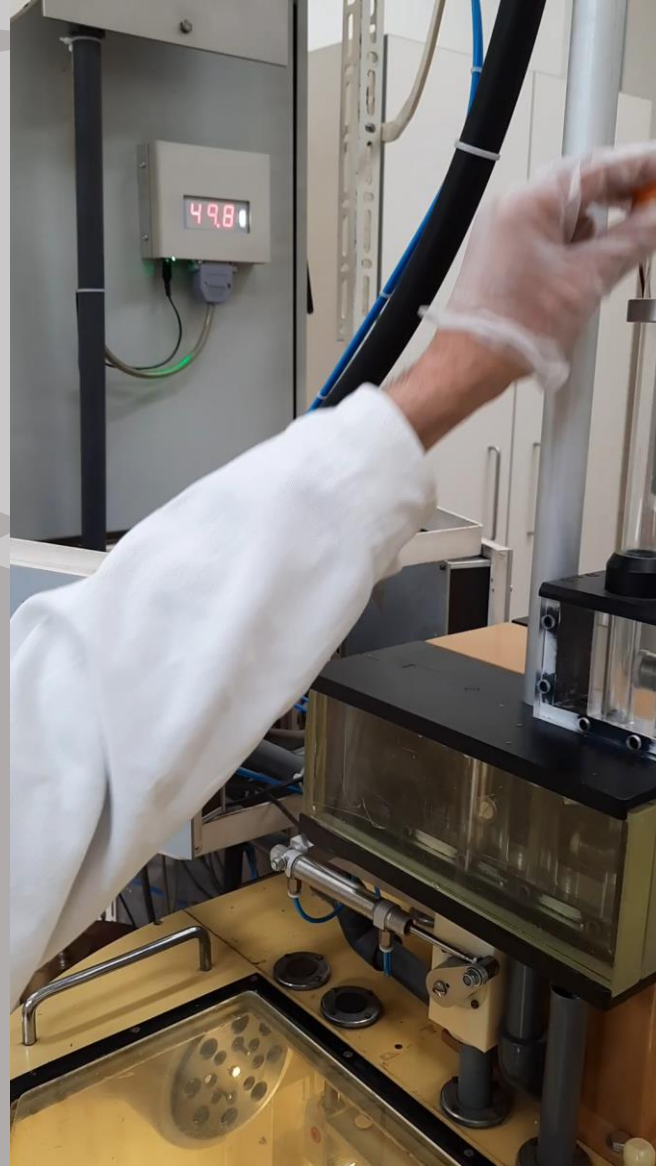
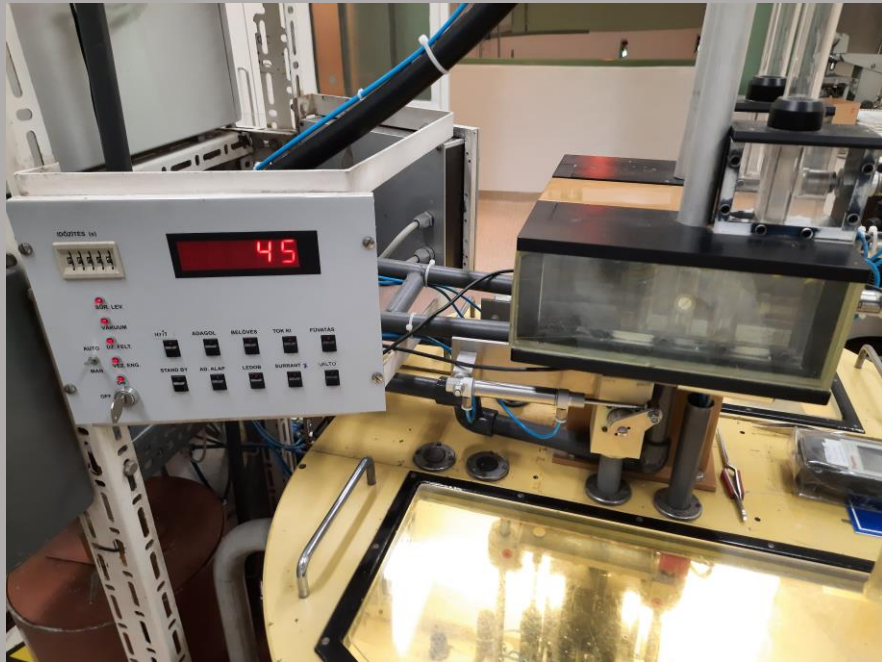


Reaktor biztonsági intézkedések

Minták előkészítése

- a belső tokon belül is található volt egy steril tok (emiat dupla minta mennyiséggel kellett dolgoznunk)
- a steril belső tokot műanyag fóliával „légmentesen” zártuk

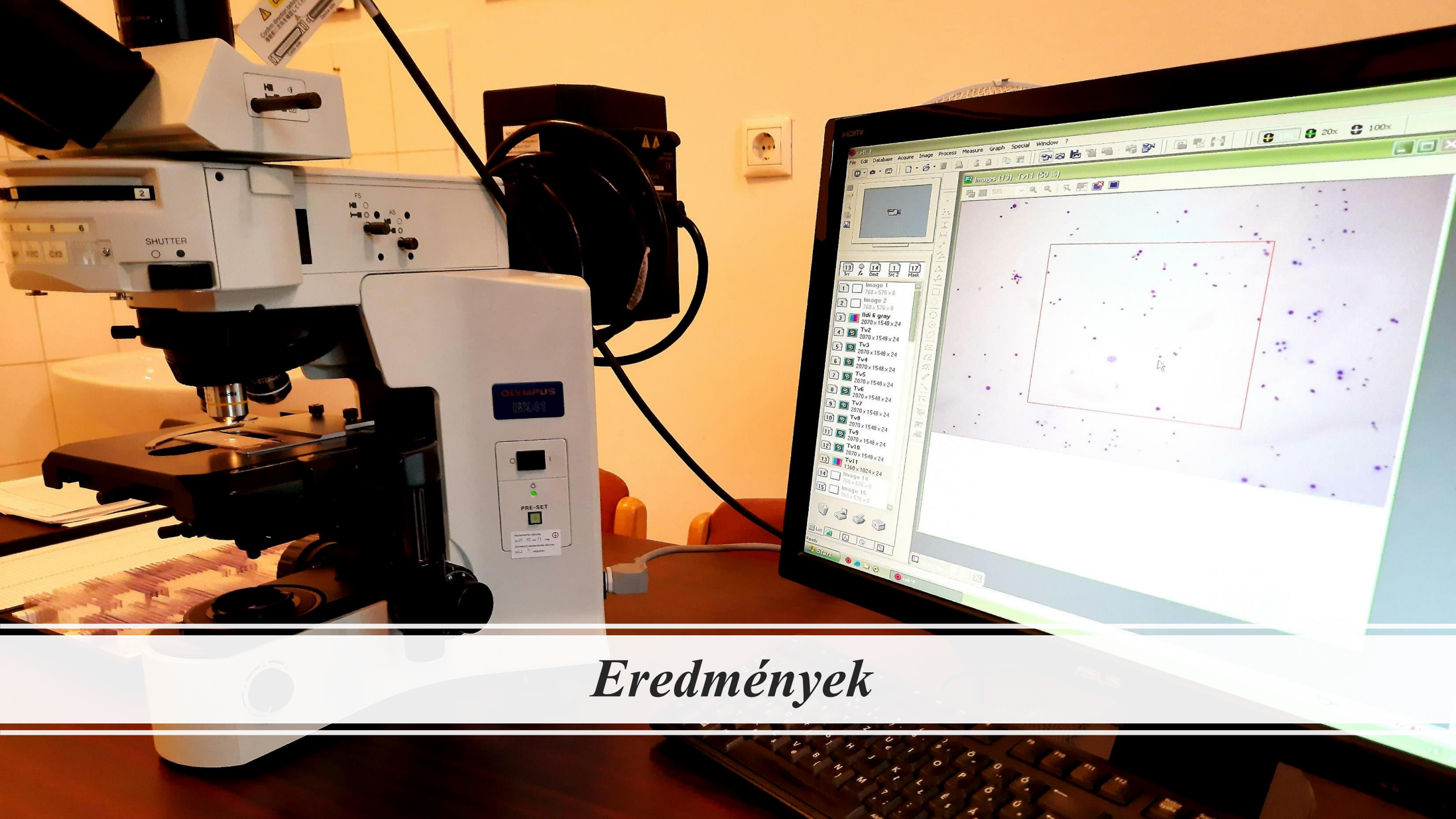
Minták besugárzása



Besugárzás (Pu-239-Be)



Száma	Nuklid	Ered Akt [GBq]	EredAkt Dátuma	Eltelt idő [év]	Jelenlegi Akt [GBq]	n/sec jelenleg	fluxus r távolságra
311	Pu-239-Be	3,7	1964.11.18	57,48	3,69389	9,98E+04	3,18E+02



Eredmények

Eredmények gyorsítóval való besugárzás után

- alacsony energiákon **0,5 Gy és 3 Gy** között inkább a **törések** jellemzőek a kromoszómák között.
- a magasabb energiákon **3-6 Gy** között jelennek meg a **dicentrikus** és **ring** kromoszómaaberrációk. Az ilyen típusú aberrációkból következtethetünk az elnyelt dózisokra.
- **8 Gy felett** a kromoszómák károsodása már annyira nagy, hogy igazán nem érdemes az aberrációkat értékelnünk.



Kromoszóma törés



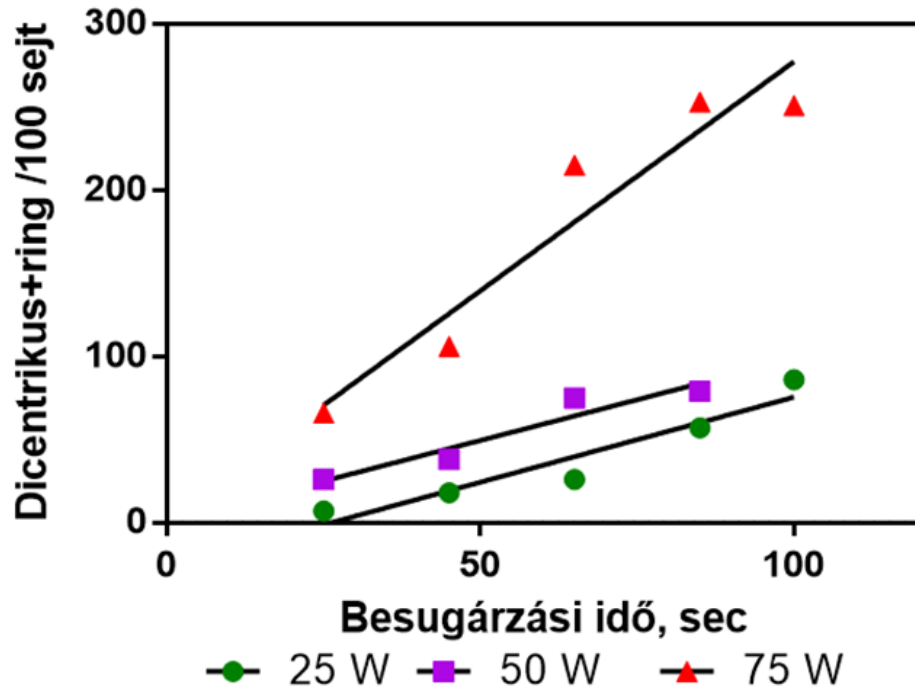
Dicentrikus



Ring kromoszóma



Eredmények reaktor besugárzással



- a kromoszómaaberrációk a besugárzási idővel (ennek megfelelően a dózissal), ill. a reaktor teljesítménnyel (25-75 W) arányosan nőnek.
(ez mindegyik aberráció típusra vonatkozik)
- Legmagasabb a **dicentrikus kromoszómák száma**, majd a kromoszóma **törések** következnek, aztán a **kromatid törések**, **ring kromoszómák** és **transzlokációk** következnek.
- A dicentrikus és ring kromoszómák sugárspecifikusak.



Transzlokáció



Ring kromoszóma



Kromatid törés



Kromoszóma törés

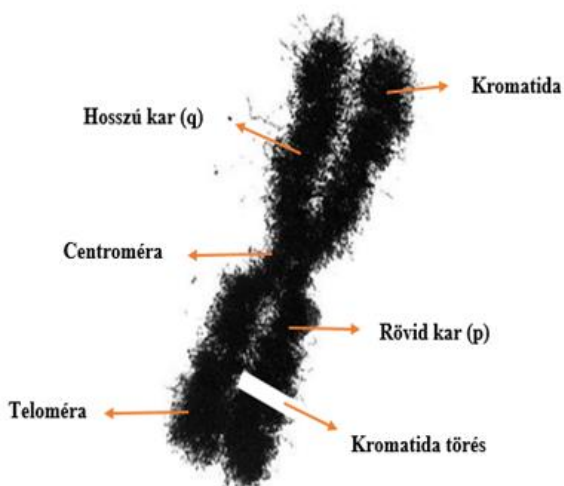


Dicentrikus



Eredmények Pu-(239)-Be forrás besugárzással

- Pu-239-Be besugárzás hatására a limfocitákban keletkező kromoszómaaberrációkat is mértük
- A vizsgálat célja: a kis dózisok hatására keletkező kromoszómaaberrációk megfigyelése.
- A kis energiájú sugárzás esetén is nőtt a besugárzási idővel ill. a dózissal a kromoszómaaberrációk száma.
- A **kromatid törések száma nagyobb** volt, mint a kromoszóma fragmenteké.
- **Dicentrikus** ill. **ring kromoszómát**, amelyek igazán sugárspecifikusak, és nagyobb dózisok hatására keletkeznek, **nem találtunk**.



Besugárzási idő (min)	Szerkezeti kromoszómaaberrációk /100 sejt (2. táblázat)						
	Kromatid törés	Kromoszóma törés	Di-centrikus	Ring	Transz-lokáció	Össz. aberráció	Aberráns sejt
5 min	2	0	0	0	0	2	2
10 min	2	0	0	0	0	2	2
15 min	1	0	0	0	0	1	1
20 min	3	1	0	0	0	4	4
25 min	1	0	0	0	1	2	2
30 min	4	1	0	0	0	5	5
35 min	5	3	0	0	0	8	7

Összefoglalás

- Fékezési röntgensugárzásnál összehasonlítottunk 2 féle energiát (6 és 10 MV FFF) és 3 féle dózisteljesítményt (400, 600 és 1400 MU/percet). Megállapítottuk, hogy minél kisebb az energia és minél nagyobb a dózisteljesítmény, annál nagyobb a biológiai hatás.
- Az oktatóreaktor segítségével besugározott vérminták neutron eredményeit, valamint Pu-239-Be neutronforrással végzett besugárzási eredményeinél megállapítottuk, hogy lineráisan nőnek a kromoszóma aberrációk a reaktor teljesítménnyel.
- Miért hasznos ez a munka? Miért csináltuk?





Köszönöm a figyelmet!