

# Sugárvédelmi gyakorlatok

Tóth Bence

fizikus, 3. évfolyam

2006.03.23. csütörtök

beadva: 2005.04.06.

1 A mérés egyik felében előzőleg besugárzott filmek feketedését mértük ki. A IV. sorozat filmjeit sorban kimértük luxmérővel. Legelőször a dózist nem kapott fátyolfilm áteresztését mértük ki a különböző anyagok mögött, háromszor. Ebből a 9 számból meghatároztuk az  $I_0$  értékét, hiszen itt nem számít, melyik anyag mögött volt a film, mert sugárzás nem érte. Ezután végigmértük a többi filmet is. A mérési eredményeink táblázata:

Filmsz.	Dózis	Lux			E(KeV)
		PI	Du	SnPb	
359	0,00	850,00	867,00	859,00	0,00
359	0,00	855,00	865,00	848,00	0,00
359	0,00	855,00	867,00	851,00	0,00
359	0,00				0,00
359	0,00				0,00
360	0,40	787	779	786	1250,00
361	0,70	754	752	753	1250,00
362	1,10	699	691	710	1250,00
363	1,70	624	629	635	1250,00
364	3,20	516	488	465	1250,00
365	5,00	358	367	373	1250,00
366	9,40	181,1	190,5	186,0	1250,00
368	20,00	40,1	41,7	46,8	1250,00
369	26,00	16,24	18,69	25,8	1250,00
370	40,00	3,67	4,58	5,85	1250,00
466	0,75	96,5	237	837	21,00
460	0,75	31,6	47,7	785	38,00
450	0,75	61,5	77,1	719	64,00
446	2,00	17,36	17,95	501	92,00
438	2,00	144,2	141,3	502	123,00
369	26,00	16,24	18,69	25,8	1250,00
501		46,1	164,0	818,00	
486		39,6	38,5	365	
480		31,6	30,8	610	
474		137,5	151,5	390	

$$\bar{I}_0 = 857,44 \text{ lux}$$

$$s_{I_0} = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{0,i} - \bar{I}_0}{9 \cdot 8} = 6,11 \text{ lux}$$

Így az  $I_0$  értéke: **(857±6) lux**

Ez 0,7%, ami egész jó érték.

Ennek segítségével a feketedés (S) a következő módon számítható:

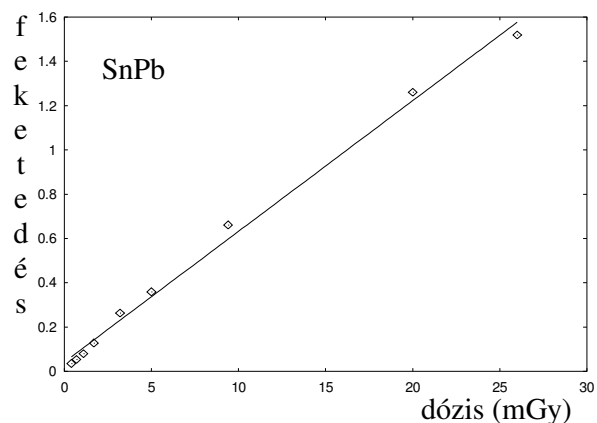
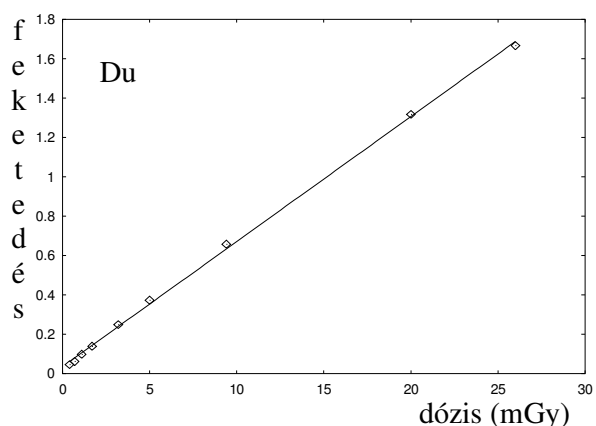
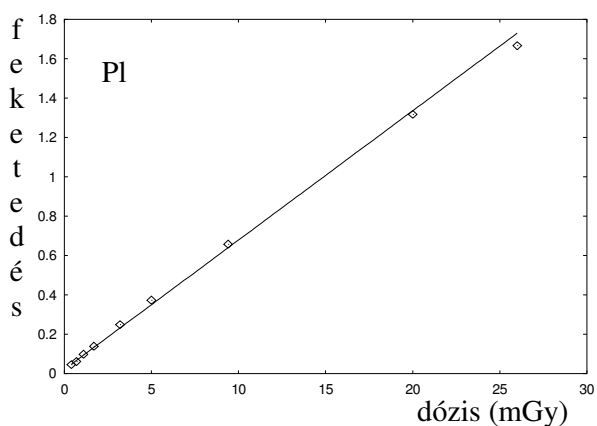
$$S = \lg \frac{I_0}{I}$$

ahol I az adott filmdarabnak az áteresztése.

Ebből a feketedésértékek az dózissorozatra:

sorszám	Pl	Du	SnPb
360	0,0372	0,0417	0,0378
361	0,0558	0,0570	0,0564
362	0,0887	0,0937	0,0819
363	0,138	0,135	0,130
364	0,221	0,245	0,266
365	0,379	0,369	0,361
366	0,675	0,653	0,664
368	1,330	1,313	1,263
369	1,723	1,662	1,522
370	2,369	2,272	2,166

A dózis-feketedés kalibrációs egyenesek ( $a \cdot x + b$  alakot illesztve) mindhárom anyagra:



Minden esetben hagytam az utolsó pontot az „elgörbülő” egyenesek miatt, de többet nem, mert nem volt értelme, a meredekség értéke csak kicsit pontosodott, míg a tengelymetszet nagyon pontatlanná vált. A három egyenes paraméterei:

	Pl	Du	SnPb
$a(1/mGy)$	$0,0657 \pm 0,0007$	$0,0635 \pm 0,0007$	$0,059 \pm 0,002$
$b$	$0,022 \pm 0,008$	$0,036 \pm 0,008$	$0,04 \pm 0,02$

Ezek persze csak az illesztés hibái, a mérési hiba nincs benne.

Az energiasorozat feketedésértékei:

sorszám	Pl	Du	SnPb
466	0,949	0,558	0,0105
460	1,434	1,255	0,0383
450	1,144	1,0462	0,0765
446	1,694	1,679	0,233
438	0,774	0,783	0,233
369	1,723	1,662	1,522

Ebből számolható az előbb illesztett egyenesek segítségével a  $D^*$  értéke az egyes filmdarabokra, azaz hogy ekkora feketedés mekkora  $^{60}\text{Co}$  dózissal felel meg:

sorszám	Pl(mGy)	Du(mGy)	SnPb(mGy)	lgE („lg keV”)
466	14,105	8,228	<del>-0,500</del>	1,322
460	21,484	19,192	<del>-0,0282</del>	1,580
450	17,0827	15,908	0,618	1,806
446	25,444	25,876	3,277	1,964
438	11,450	11,765	3,263	2,0900
369	25,885	25,600	25,112	3,0970

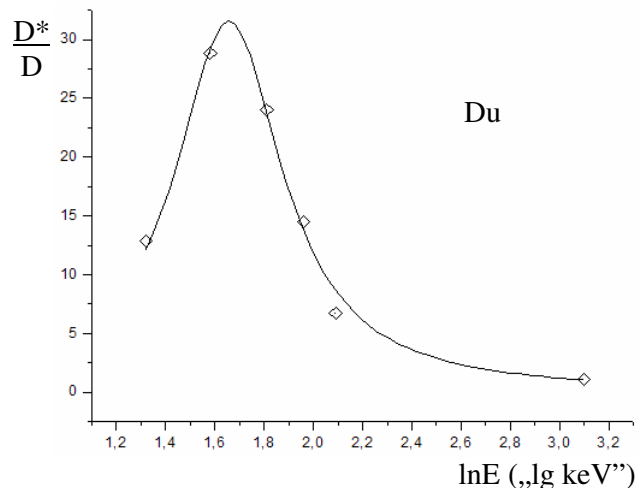
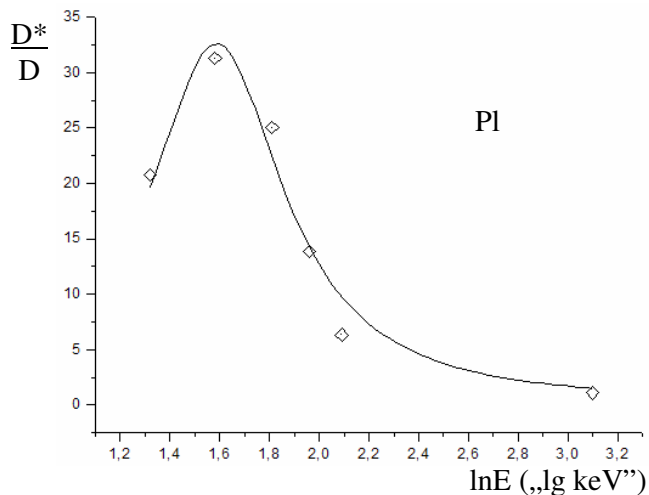
A két negatív érték a nemnulla tengelymetszet miatt született, ezeket elhagyom a további számolásból. Ezek alapján meghatározhatóak a  $D^*/D$  értékek minden filmre és anyagra:

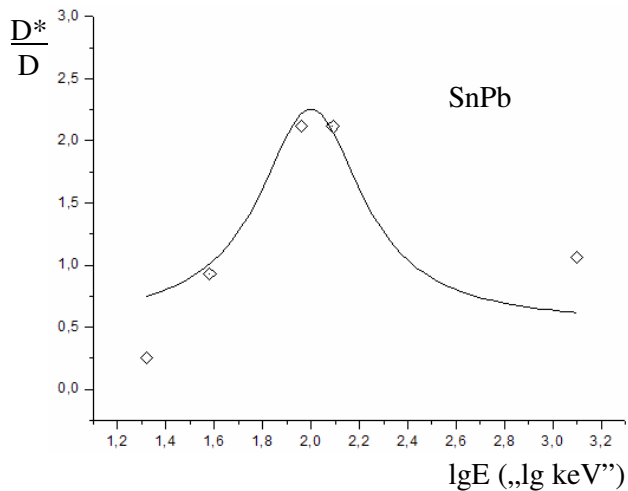
sorszám	$(D^*/D)_{\text{Pl}}$	$(D^*/D)_{\text{Du}}$	$(D^*/D)_{\text{SnPb}}$
466	18,806	10,970	-
460	28,646	25,589	-
450	22,777	21,211	0,824
446	12,722	12,938	1,639
438	5,725	5,882	1,631
369	0,996	0,985	0,966

Az energia logaritmusának függvényében ábrázolva a  $D^*/D$  értékeket, és rájuk az

$$y=y_0+\frac{2A}{\pi}\frac{w}{4(x-xc)^2+w^2}$$

egyenletű Lorentz-görbét illesztve:





Az illesztett görbék paraméterei:

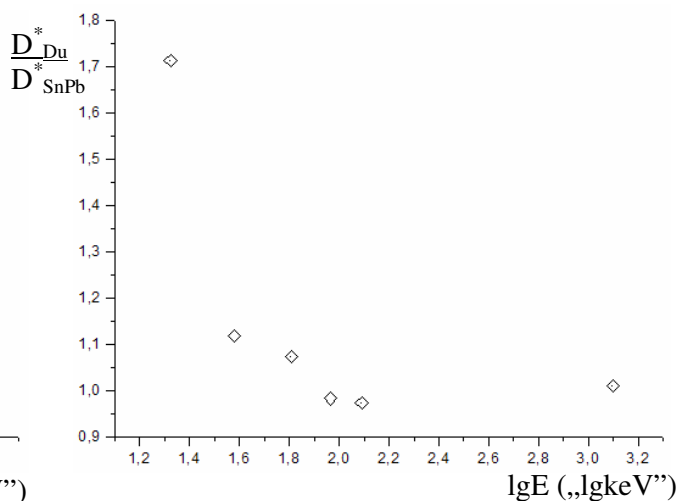
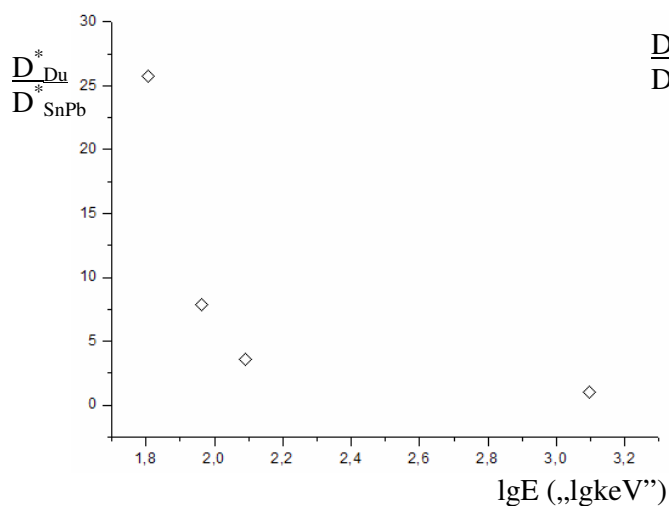
	Pl	Du	SnPb
y0	0±0	0±0	-4±7
xc	1,59±0,03	1,66±0,01	2,00±0,04
w	0,66±0,09	0,53±0,04	4±2
A	34±3	26±1	70±60

Látszik, hogy az ón-ólomra a gép nem igazán tudott illeszteni, ezért ott a lineáris interpolációt fogom használni, mert az ebben az esetben pontosabb.

Az ismert  $D^*$  értékekből képezhetőek a  $D^*_{Du}/D^*_{SnPb}$  és a  $D^*_{Pl}/D^*_{Du}$  értékek:

sorszám	$D^*_{Du}/D^*_{SnPb}$	$D^*_{Pl}/D^*_{Du}$
466	-	1,714
460	-	1,119
450	25,730	1,0738
446	7,895	0,983
438	3,606	0,973
369	1,0194	1,0111

Ezek az értékek az energia logaritmusának függvényében ábrázolva:



Akár mennyire hiperbolára illeszkedőnek tűnnek ezek a pontok, pontosabb eredményt kapunk, ha a pontok között lineárisan interpolálunk; ezt a módszert fogom alkalmazni.

Az ismeretlen filmek feketedései:

sorszám	PI	Du	SnPb
501	1,270	0,718	0,0205
486	1,336	1,348	0,371
480	1,434	1,445	0,148
474	0,795	0,753	0,342

A három dózis-feketedés egyenesekből meghatározható a  $D^*$  értéke mind a négy film mind a három anyag mögötti területére:

sorszám	PI(mGy)	Du(mGy)	SnPb(mGy)
501	18,988	10,746	0,135
486	19,993	20,657	5,142
480	21,484	22,184	1,955
474	11,764	11,288	4,731

Ezekből pedig már csak egy osztás kell a  $D^*_{Du}/D^*_{SnPb}$  és a  $D^*_{PI}/D^*_{Du}$  értékek megkapásához:

sorszám	$D^*_{Du}/D^*_{SnPb}$	$D^*_{PI}/D^*_{Du}$
501	79,576	1,767
486	4,0177	0,968
480	11,345	0,968
474	2,386	1,0422

Ezeket visszaírva a hiperbolának látszó ábrákba; azaz lineárisan interpolálva kapjuk az energiák logaritmusait, ezekből pedig magukat az energiákat, ezeket pedig kiátlagoltam. Az első oszlop a  $D^*_{Du}/D^*_{SnPb}$  ábrából, a második oszlop a  $D^*_{PI}/D^*_{Du}$  ábrából számolt értékek:

sorszám	$\lg E_{(1)}(, \lg \text{keV}''')$	$\lg E_{(2)}(, \lg \text{keV}''')$	$E_{(1)}(\text{keV})$	$E_{(2)}(\text{keV})$	$\bar{E}(\text{keV})$
<b>501</b>	1,330	1,300	21,385	19,948	20,667
<b>486</b>	2,0778	2,157	119,619	143,701	131,660
<b>480</b>	1,933	2,149	85,757	140,977	113,367
<b>474</b>	2,565	1,861	367,094	72,662	219,878

A durva módszerhez képest eléggé egybevágó az értékek.

Ezeket az értékeket beírva a Lorentz-görbék egyenletébe (illetve a harmadik esetben interpolálva) megkapjuk a  $D^*/D$  értékeket. Az első oszlophármas a  $\lg E(1)$ -ből, a második hármas a  $\lg E(2)$ -ből számolt  $D^*/D$ -k.

sorszám	$(D^*/D)_{PI1}$	$(D^*/D)_{Du1}$	$(D^*/D)_{SnPb1}$	$(D^*/D)_{PI2}$	$(D^*/D)_{Du2}$	$(D^*/D)_{SnPb2}$
501	20,260	12,642	<del>-1,636</del>	18,514	11,326	<del>-1,792</del>
486	10,113	9,0202	1,632	8,142	6,963	1,587
480	15,475	15,182	1,481	8,323	7,146	1,592
474	3,318	2,503	1,318	19,241	19,839	1,109

Ezekből pedig, mivel a  $D^*$ -okat ismerjük, meghatározhatóak a dózisértékek:

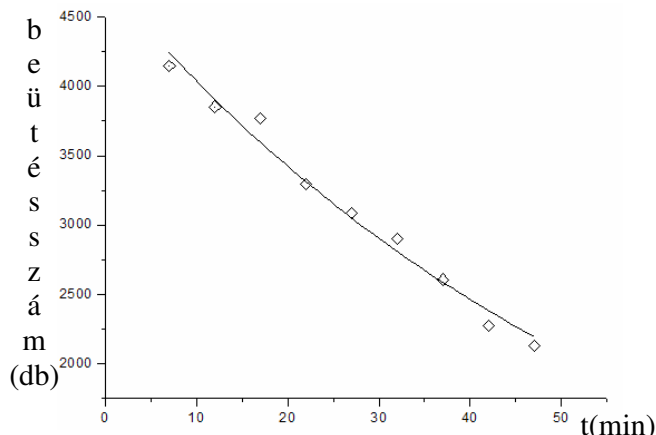
sorszám	$D_{P1(1)}$ (mGy)	$D_{Du(1)}$ (mGy)	$D_{SnPb(1)}$ (mGy)	$D_{P1(2)}$ (mGy)	$D_{Du(2)}$ (mGy)	$D_{SnPb(2)}$ (mGy)
501	0,937	0,850	-	1,0256	0,949	-
486	1,977	2,290	3,150	2,455	2,967	3,240
480	1,388	1,461	1,320	2,581	3,104	1,228
474	3,545	4,510	3,590	0,611	0,569	4,265

Véve a négy-hat érték átlagát:

sorszám	dózis(mGy)
<b>501</b>	<b>0,94</b>
<b>486</b>	<b>2,68</b>
<b>480</b>	<b>1,85</b>
<b>474</b>	<b>2,85</b>

2. A mérés második részét már a legelején elindítottuk: a levegő radontartalmának megméréséhez egy szűrőpapíron átszivattyúztuk a levegőt kötülbelül két órán át. A szivattyú teljesítményét a gyűjtés elején és végén mértük három-három percig. Ez alatt a számláló először 1276,68-ról 1277,41-re, másodszer 1277,41-ről 1278,12-re. Ebből kiszámolható, hogy 0,73, ill. 0,71 m<sup>3</sup> levegő ment át a papíron 3perc alatt, azaz átlagban egy óra alatt 14,4m<sup>3</sup>. A szivattyú leállítása után a mérés megkezdéséig 2 perc volt a hűlési idő, ezután pedig ötpercenként olvastuk le a szcintillációs mérőfejes alfa-számlálóról a beütésszámokat. Ezek az értékek az alábbi táblázatban találhatóak. Ezekből még le kell vonni a háttérét. A háttérét 10percig mértük, ez alatt 142 beütés jött. A mérőfejben levő kristály viszont csak 28,6mm aktív átmérővel rendelkezik, míg a mért folt a szűrőpapíron 43mm-es volt. Ennek megfelelően is korrigálni kellett a beütésszámokat:

eredeti	korrigált	beütésszám ötpercenként
2065	4506	4149
3972	8656	3853
5748	12509	3772
7488	16281	3293
9016	19574	3085
10452	22659	2902
11807	25561	2606
13031	28166	2276
14109	30442	2127
15121	32569	



A radon aktivitása a jegyzetben szereplő

$$A_{Rn} = 1,32 \cdot 10^8 \frac{I_M - I_H}{\mu e Q}$$

képletből határozható meg, ahol a membránszűrő  $\mu=0,98$  és az alfa-részecskék  $e=0,27$  hatásfokát ismerjük,  $Q$  szívássebességet kiszámoltuk: 14,4m<sup>3</sup>/h, az  $I_H$  háttérét pedig megmértük: 14,2imp/min

Az ötpercenkénti beütésszáma a következő exponenciálislist illesztettem:

$$N = a e^{-t/b}$$

ahol

$$a = (4800 \pm 100) \text{ imp/min}$$

$$b = 61 \pm 3$$

Ebből visszszámolva  $t=0$ -ra a beütésszámot:  $I_M = a = 4800 \text{ imp/min}$ . Mindent tudunk a radon aktivitásának kiszámolásához:

$$\underline{A_{Rn}} = 1,32 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{4800 - 14,2}{0,98 \cdot 0,27 \cdot 14,1} = \underline{(1,69 \pm 0,06) \cdot 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3}$$

A felezési idő:

$$\tau = b \cdot \ln 2 = (42 \pm 2) \text{ min}$$

$$k = 1/b = 0,016 \pm 0,0008$$

$$\delta k = 0,05$$

$$\delta a = 0,02$$

$$\delta N_0 = \delta a + \delta(1 - \exp(-5 \cdot k)) = \delta a + 1 / (1 - \exp(-5 \cdot k)) \cdot \Delta(\exp(-5 \cdot k)) \approx \delta a + 5 \cdot (\exp(-5 \cdot k)) / (1 - \exp(-5 \cdot k)) \cdot \Delta k \approx 0,07$$

$$\delta A_{Rn} = \delta Q + (\Delta I_M + \Delta I_H) / (I_M - I_H) = 0,04$$

Ez az aktivitás a sugárveszélyes helyen dolgozóknak megengedett  $1,11 \cdot 10^{-3}$ -nak a százada, tehát a népességre vetítve a határon van.