

TK 156.458

KFKI-1985-33



PÁLFALVI J.
HORVÁTH E.

(n, α) MAGREAKCIÓN ALAPULÓ
SZILÁRDTEST NYOMDETEKTOROKBÓL FELÉPÍTETT
SZEMÉLYI ALBEDO NEUTRON DOZIMÉTER
HITELESÍTÉSE FANTOMON KÜLÖNFÉLE
NEUTRONFORRÁSOK FELHASZNÁLÁSÁVAL
OKKFT 7.2.21

Hungarian Academy of Sciences

**CENTRAL
RESEARCH
INSTITUTE FOR
PHYSICS**

BUDAPEST

10/10/17

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

(n, α) MAGREAKCIÓN ALAPULÓ SZILÁRDTEST NYOMDETEKTOROKBÓL
FELÉPÍTETT SZEMÉLYI ALBEDO NEUTRON DOZIMÉTER
HITELESÍTÉSE FANTOMON KÜLÖNFÉLE NEUTRONFORRÁSOK
FELHASZNÁLÁSÁVAL
OKKFT 7.2.21

PÁLFALVI J., HORVÁTH E.*

Központi Fizikai Kutató Intézet
1525 Budapest 114, Pf.49

*Paksi Atomerőmű Vállalat, 7030 Paks, Pf. 71

KIVONAT

Szilárdtest nyomdetektorokon alapuló neutron albedo doziméter hitelesítését végeztük el elliptikus fantomon különféle neutronforrások (pl. ^{252}Cf , Pu-Be, Am-Be) felhasználásával az ISO és NBS szabványok utmutatásai alapján. A detektorok érzékenység adatait táblázatokba foglalva közöljük.

АННОТАЦИЯ

С использованием эллиптического фантома с различными нейтронными источниками (например, ^{252}Cf , Pu-Be, Am-Be), пользуясь руководствами ISO и NBS, проведена калибровка нейтронного альbedo дозиметра, основывающегося на твердотельных трековых детекторах. Данные по чувствительности детекторов даются в форме таблиц.

ABSTRACT

The combined effect of the incident and albedo neutrons on the response of several fission and (n, α) track detectors was investigated. The averaged responses calculated and measured for different neutron sources are summarized in tables. The relative values to the D₂O moderated Californium source are illustrated on a figure. The design of a new multi-element albedo track dosimeter is outlined.

1. BEVEZETÉS

Az előző évek során kidolgoztunk egy (n, α) reakción alapuló detektor rendszert, melynek neutron érzékenységét számításokkal meghatároztuk monoenergiás neutronokra [1, 2]. A számításokat kísérletileg is ellenőriztük - felhasználva különféle neutron forrásokat - arra az egyszerű esetre, amikor a detektor minden szóróközegtől távol helyezkedik el [2, 3]. Neutron érzékenység számításokat végeztünk olyan esetekre is, amikor a detektorok illetve több detektorból álló rendszer emberszerű fantomra van rögzítve [4, 5].

Ebben a riportban körvonalazott munka közvetlen folytatása az 1982-ben elkezdett és fent vázolt vizsgálatoknak, melynek során a fantomra helyezett detektorok neutron érzékenységét kísérleti úton is megvizsgáltuk. Ehhez a munkához egyrészt felhasználtuk azokat a korábban fantomon besugárzott detektorokat, amelyek eddig nem kerültek kiértékelésre illetve új besugárzásokat végeztünk radioaktív neutron források felhasználásával [6], illetve az Oak Ridge-i /USA/ HPR reaktornál.

A kísérleti munkákhoz felhasználtunk más típusú referencia detektorokat is - elsősorban hasadási nyomdetektorokat. Ezek érzékenységét számításokkal és mérésekkel is meghatároztuk [6, 7].

Végezetül beszámolunk a PAV-nál végzett előkísérleteinkről is. Ezek során a meglévő detektorokból többféle dozimétert állítottunk össze és elsősorban azt vizsgáltuk, hogy ezek a rendszerek a környezeti hatásokat hogyan viselik el. Ezen tapasztalatok alapján kívánjuk a dozimétereket úgy módosítani és újra megvizsgálni, hogy végsősoron egy olyan dozimétert nyerjünk, amelyet az erőműnél dolgozók rutinszerű használatba vehetnek.

2. A HITELESITÉSEK ÁLTALÁNOS KÖRÜLMÉNYEI

A nukleáris erőművek számának növekedése, valamint a gyorsítók és egyéb neutronforrások gyógyászati és más célú felhasználása nagymértékben növelte a neutrondozimetria jelentőségét. Ismeretes viszont, hogy bár több, különféle elv alapján működő neutrondoziméter van használatban, és az előrehaladás e téren az utóbbi mintegy tíz évben jelentősnek mondható, mégis igen sok a nyitott kérdés a neutrondozimetriában. Sem a munkahelyi, sem a baleseti neutron dózis-mérés nem mondható megoldott kérdésnek.

A neutrondoziméterek hitelesítési problémáival is csak viszonylag későn /1980/ kezdtek el foglalkozni nemzetközileg is elismert intézmények. Az első komoly tervezetet az Association Francaise de Normalisation /ISO/ bocsátotta ki 1982-ben [8] és ezt követte az USA vezető intézményének a National Bureau of Standards-nek /NBS/ ugyancsak 1982-es kiadványa, melyben részletesen ismertetik a szükséges hitelesítési eljárásokat [9].

Ezekből a leírásokból kitűnik, hogy a hitelesítésekhez elsődleges vagy legfeljebb másodlagos neutronforrás standard-okat javasolnak, mégpedig ^{252}Cf , 30 cm-es átmérőjű D_2O gömbbel körülvevett ^{252}Cf és Am-Be forrásokat. Javaslatot adnak azonban más típusú neutronforrás használatára is. A NAÜ felismerve azt a tényt, hogy a fent részletezett források elérhetősége sok intézet ill. ország részére nehezen biztosítható, ezért igen sok más típusú radioaktív, valamint reaktor neutronforrás adatait és spektrumát is közölte egy kiadványában [10].

A KFKI-ban egyik javasolt forrás sem állt rendelkezésre, de együttműködve az NBS-sel az általuk használt és elsődleges standard-nak minősített ^{252}Cf forrást

fel tudtuk használni. Ezen kívül a SVFO-n lévő Ra-Be forrást másodlagos standard-nak tekintettük. Hitelesítését /2,5%-os pontosságot garantálva/ az NDK-beli Deutsches Amt für Messwesen un Warenprüfung végezte.

Méréseink során a lehetőségekhez mérten próbáltuk az NBS által javasolt kivánalmakat kielégíteni ill. követtük a javasolt eljárásokat. Az NBS erre a célra kialakított laboratóriumában /Washington D.C./ végeztük a mérések egy részét, ill. a KFKI-ban egy ~ 4 m magas és 6 m x 6 m-es méretű teremben, ahol a neutron forrásokat kb. 1,5-2 m magasan függesztve tudtuk elhelyezni. A vízzel töltött, pelxi falú, elliptikus henger keresztmetszetű fantomot, melyre a detektorokat rögzítettük, egy sinen mozgó kocsira szerelt, aluminiumból készült és könnyen módosítható rácsszerkezetre raktuk. Így a besugárzás elrendezését könnyen tudtuk változtatni és egyben a falak és a padló szórását a minimumra csökkentettük.

A hitelesítési eljárás elvileg egyszerű: az ismert sugárzási térbe elhelyeztük a fantomot a detektorokkal és mértük a detektorok jelzését - vagyis meghatároztuk a neutron fluens - detektor jelzés konverziós tényezőt az adott neutron spektrumra.

Mivel ezek a konverziós tényezők erősen spektrum függőek, ezért célszerű minél több, különféle forrásra elvégezni a kalibrálást. Nem standardizált neutron források esetében úgy jártunk el, hogy először neutron spektrometriai módszerekkel meghatároztuk a sugárzási tér jellemző adatait /fluxus-sűrűség/ ezután a hitelesítendő detektort a tér bemért pontjába helyezve mértük a detektor jelzést, majd az előző eljárást követtük. Az egész eljárás végrehajtására kidolgozott számítógépes program rendszert az 1. ábrán szemléltetjük. A sémában felsorolt számítógépes programok és a

hozzájuk tartozó hatáskeresztmetszet, detektor érzékenység ill. dózis konverziós könyvtárak több éves fejlesztési munka eredményeként álltak össze egy hatásosan működő rendszerré.

Prágában a vizsgálatokat egy KGST Doziméter Összemérés keretében végeztük 9 különféle neutron spektrumra. 5 esetben azonban a sugárzási tér bizonytalansága ill. a mérések pontatlansága olyan mértékű volt, hogy közlésüktől itt eltekintünk.

Hasonló jellegű nemzetközi összemérést szervezett a NAÜ a Health Physics Research Reactor-nál /HPRR Oak Ridge, USA/, amelyet szintén felhasználtunk hitelesítési célokra is. A HPR reaktor elrendezése úgy változtatható, hogy 5 különféle spektrumú forrást lehet létrehozni védőrétegek kombinálásával /lásd a 2. ábrát/. Az összemérés alkalmával azonban csak a védelem nélküli /HPRR/, a 13 cm vastag vas /HPRR+Fe/, ill. a 20 cm-es beton /HPRR+beton/ védelemmel kiegészített reaktort használtuk.

Az 1. táblázatban felsoroljuk azokat a neutron forrásokat és intézményeket, amelyeket a hitelesítésekhez igénybe vettünk.

1. táblázat

No.	Neutron források	A források jelölése	A mérések helye
1.	^{252}Cf hasadási	Cf	NBS, Washington DC. USA
2.	D_2O moderált ^{252}Cf	Cf- D_2O	"
3.	20 cm-es polietilénnel moderált ^{252}Cf	Cf-PE	Csehszlovák Tud. Ak. Dozimetriai Kut. Int. Prága
4.	Am-Be	Am-Be	"
5.	20 cm-es polietilénnel moderált Am-Be	Am-Be-PE	"
6.	20 cm-es ólommal moderált Am-Be	Am-Be-Pb	"
7.	14 MeV (D,T)	14 MeV	ATOMKI, Debrecen
8.	$\bar{E}=6$ MeV U-120 ciklotron (D,Be)	U-120	Atommagkutató Intézet Rossendorf, NDK
9.	3,2 MeV (D,D)	3,2 MeV	Drezdai Műszaki Egyetem NDK
10.	Ra-Be	Ra-Be	KFKI SVFO
11.	Pu-Be	Pu-Be	"
12.	Könnyűvízes reaktor	LWR	Budapesti Műszaki Egyetem Tanreaktora

3. DETEKTOROK

Az alábbi típusú doziméterek hitelesítésével foglalkoztunk:

3.1. Hasadási nyomdetektorok

A hasadóanyag radiátor természetes izotóp összetételű, 99,945% tisztaságú uránium fólia volt /a Reactor Experiments Inc., USA gyártmánya/. A fólia vastagsága nagyobb, mint a hasadványtermékek hatótávolsága a fóliában. Detektor anyagnak Lexan fóliát /polikarbonát/ választottunk. Az alkalmazott maratási körülmények mellett /20% KOH, 60 °C, 45 perc/ a hasadványtermékek regisztrációs hatásfoka 82% [7] ebben az anyagban. A nyomok számlálásához projekciós mikroszkópot használtunk.

3.2. (n, α) radiátoros nyomdetektorok /LR/

Detektor anyagnak LR115 II típusú cellulóz-nitrátot használtunk standardizált maratási eljárással /2,5n NaOH, 60 °C/. Mivel az alfa-részecskék nyomainak regisztrációs hatásfoka függ a detektor anyag kezdeti és a maradék réteg-vastagságától, ezért maratási idő helyett ezt a 2 adatot kell figyelembe venni, ami a detektorok vastagságmérését igényli a maratás előtt és után is /lásd részletesen [2]-ben/. Kísérleteink során gondos válogatással [3] elértük, hogy a kezdő réteg vastagság 12 μ m és a lemaratás utáni vastagság 3 μ m legyen. Vizsgálataink nagy részében /lásd 1. táblázat/ 3 típusú radiátor anyagot használtunk /részletes összetétel [2]-ben/:

- LiF szinterelt tabletta, 148 mg/cm² vastag /MTS-N, lengyel/
- Li₂B₄O₇ szinterelt tabletta, 158 mg/cm² vastag /RNL, Dánia/

- B_4C pasztikba keverve, lemez formába öntve, 1006 mg/cm^2 vastag /BNL, Anglia/

Rutin célokra, nagy számú doziméter esetén az utóbbi 2 féle radiátor elérhetősége korlátozottá vált, ezért már a HPRR besugárzásoknál, majd a Ra-Be és Pu-Be forrásoknál is használtunk természetes izotóp összetételű bór radiátort is /BNL/, amely a Kodak-Pathé cégtől könnyen beszerezhető. A maratás után keletkező ún. átmaratott nyomokat /v. lyukakat/ egy VIDIMET IIA típusú, félautomatikus képanalizátorral számláltuk [11].

3.3. (n, α) radiátoros nyomdetektorok /CR/

Egy új, nagyobb érzékenységu detektor anyagot kezdtünk el vizsgálni /CR/, amelyik a környezeti hatásokkal /hőmérséklet, páratartalom/ szemben ellenállóbb, mint az LR115II. Ez egy CR-39 nevü anyag /allildiglikol-karbonát/, mely többféle vastagságban rendelhető. Az általunk használt $100 \mu\text{m}$ vastag fólia jele: PM-555-100, gyártója a Pershore cég Angliában. (n, α) radiátorként BNL anyagot használtunk. A CR-39 maratását 6N NaOH -ban, 60°C -on végeztük 4 órán át. Itt nem részletezett vizsgálataink szerint a $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ reakcióból származó $\sim 1,5 \text{ MeV}$ -nél kisebb energiájú, a detektorra izotróp szögeloszlásban eső alfa részecskékre a detektálási határfok 70% a VIDIMET IIA képanalizátorral. A kalibrációt csak Ra-Be és Pu-Be forrásokra végeztük.

3.4. A detektorok összeállítása

A hitelesítés és a használat során is a detektorokat nagy hidrogéntartalmú tárgyra /fantom, emberi test/ rögzítjük, így a detektort mindkét oldaláról érik termikus és intermedier energiájú neutronok, melyekre nagy az érzékenysége.

A 3. ábrán felül vázolt elrendezéssel mód van arra, hogy külön meghatározzuk a termikus F_t és az intermedier F_i neutron fluenst is, ugyanis a Cd szűrővel fedett detektor jelzése /a nyomsűrűség: T_{Cd} / csak az intermedier fluenssel arányos: $T_{Cd} \sim F_i$, vagy ha külön tekintjük a bal oldalról /forrás felől, $F_i^{inc.}$ /, illetve a jobb oldalról /fantom felől, $F_i^{refl.}$ / jövő neutronokat írhatjuk, hogy $T_{Cd} \sim a_1 F_i^{inc.} + a_2 F_i^{refl.}$. Itt a_1 és a_2 a reakcióban keletkező α részek szögeloszlásától, végső soron a neutronok irányától és energiájától függő tényezők, /korábban kimutattuk, hogy 100 keV-nél kisebb neutron energiákra $a_1 = a_2$, lásd [3]./

A szűrő nélkül használt detektor jelzésére T a következő összefüggést használhatjuk:

$$T \sim a_1 F_i^{inc.} + a_2 F_i^{refl.} + a_3 F_t^{inc.} + F_t^{refl.}/.$$

Abban az esetben, amikor a konverter anyag vékony $< 5 \text{ mg/cm}^2$, vagyis amikor a neutron abszorpció magában a konverterben elhanyagolható, akkor a detektor alaprétegére helyezett konverterek elhagyhatók, mert ezeknek csak az a szerepük, hogy biztosítsák a mindkét oldalról beeső neutronok azonos abszorpcióját.

A fentiekben a T_{Cd} és T értékek már korrigált adatok, vagyis a természetes háttér és a gyorsneutronok által közvetlenül keltett nyomok [12] levonása utáni nyomsűrűségek. A levonandó nyomsűrűséget a detektor konverterrel nem fedett részén mérjük.

A hitelesítő mérések során egy adott neutron forrásra és detektorra a $T_{Cd} = k \cdot F_{tot}^{inc.}$ összefüggéssel definiálható és a neutron spektrumra, valamint a detektorra együttesen jellemző k mennyiséget tudjuk meghatározni. Itt $F_{tot}^{inc.}$ a forrásból eredő 0,5 eV-nál nagyobb energiájú neutronok fluensét jelenti. Ezt a fenti meg-

fontolások alapján számolni is lehet és célszerűség-
ből meg is tettük [4, 7], hogy ezzel elősegítsük a
kísérleti munkát. Ezen kívül egy kellően jó számítási
módszer segítséget jelent új detektorok, illetve több
detektorból álló doziméter megtervezéséhez és össze-
állításához is - ezért a kalibrálásokkal a matematikai
eljárást is ellenőriztük.

3.5. Azokban az esetekben, amikor nem elsődleges vagy
másodlagos standard forrásokkal dolgoztunk a k
kalibrációs tényezőt csak a tér más detektorokkal
történő bemérése után határoztuk meg /1. az 1. táb-
lázatból: 7, 9, 11, 12 eseteket/, illetve elfo-
gadtuk más intézetek mérési adatait /1. táblázat-
ból: 3, 4, 5, 6, 8/.

Ezen mérések során használtunk kén és arany ak-
tivációs, valamint $^{232}\text{Th} + \text{Lexan}$ és $^{238}\text{U} + \text{Lexan}$ ha-
sadóanyag szilárdtest nyomdetektorokat is, ki-
értékelésüket az 1. ábrán vázolt séma szerint vé-
geztük.

3.6. A Prágai és az Oak Ridge-i összemérések alkalmával
a 3. ábrán alul vázolt albedo dozimétert is hasz-
náltuk. Az itt T_2 -vel jelzett adat megfelel a felső
ábrához definiált T_{cd} mennyiségnek. Ez a doziméter
már több mennyiség meghatározását teszi lehetővé
és megfelelő kiértékelési eljárással neutrondozi-
metriai célokra kellő pontossággal, a neutron
spektrum ismerete nélkül szolgáltat dózis adatokat
is /részletesebben lásd [6]-ban/.

3.7. A Paksi mérések során az 1. blokknál a 4. ábrán a-val és b-vel jelölt detektor kombinációkat használtuk fel a termikus és intermedier neutronok fluxusának mérésére. A 2. blokknál történt méréseknél a b és c típusú doziméterek szerepeltek.

4. A HITELESÍTÉS EREDMÉNYEI

Az előzőekben k-val jelölt un. kalibrációs tényezőt az elvégzett számítások és mérések alapján táblázatokba rendezve közöljük. Azokban az esetekben, amikor a mérések teljes bizonytalanságát becsülni tudtuk, ezeket is megadjuk. A számított értékektől való eltéréseket vizsgáljuk és amennyiben és ahol lehetséges /akár a számítások, akár a mérések során/ az okokat a jövőben figyelembe vesszük. A 2. táblázatban szerepelnek mindazok a források, amelyeket az 1. táblázatban részleteztünk. A 3. táblázatban összefoglaljuk a HPRR-nál végzett hitelesítések eredményeit, majd a 4. táblázatban a legújabb méréseket a Pu-Be és Ra-Be forrásoknál.

Minden esetben a k tényező azt a nyomsűrűséget jelenti nyom/cm^2 egységben, amely a fantomra helyezett és Cd-mal burkolt detektoron mérhető $10^{10} \text{ n}/\text{cm}^2$ nagyságú neutron fluens esetén /ez lenne a fluens a detektor helyén ha sem a detektor sem a fantom nem lenne ott/.

2. táblázat /Sz: számított, M: mért/

forrás		nat. U	LiF	Li ₂ B ₄ O ₇	B ₄ C
1. Cf	Sz	6,29·10 ⁴	2,30·10 ⁴	6,41·10 ⁴	2,52·10 ⁵
	M	/6,7±0,8/·10 ⁴	/2,6±0,4/·10 ⁴	/6,9±0,8/·10 ⁴	-
2. Cf-D20	Sz	1,31·10 ⁵	8,21·10 ⁴	2,22·10 ⁵	7,96·10 ⁵
	M	/1,0±0,2/·10 ⁵	/7,6±0,9/·10 ⁴	/1,8±0,3/·10 ⁵	-
3. Cf-PE	Sz	1,02·10 ⁵	7,98·10 ⁴	2,03·10 ⁵	8,11·10 ⁵
	M	1,3·10 ⁵	8,8·10 ⁴	2,4·10 ⁵	8,8·10 ⁵
4. Am-Be	Sz	8,13·10 ⁴	9,88·10 ³	2,41·10 ⁴	8,30·10 ⁴
	M	8,8·10 ⁴	1,2·10 ⁴	2,9·10 ⁴	1,1·10 ⁵
5. Am-Be PE	Sz	1,36·10 ⁵	6,36·10 ⁴	1,61·10 ⁵	5,42·10 ⁵
	M	1,7·10 ⁵	7,1·10 ⁴	1,9·10 ⁵	7,0·10 ⁵
6. Am-Be Pb	Sz	7,62·10 ⁴	2,41·10 ⁴	4,93·10 ⁴	1,64·10 ⁵
	M	8,6·10 ⁴	3,1·10 ⁴	6,2·10 ⁴	2,0·10 ⁵
7. 14 MeV	Sz	1,44·10 ⁵	3,00·10 ³	8,10·10 ³	3,40·10 ⁴
	M	/1,2±0,2/·10 ⁵	/2,6±0,6/·10 ³	/7,0±0,9/·10 ³	/3,1±0,2/·10 ⁴
8. U-120	Sz	5,12·10 ⁴	8,14·10 ³	1,91·10 ⁴	8,21·10 ⁴
	M	6,8·10 ⁴	9,2·10 ³	2,3·10 ⁴	-
9. 3,2 MeV	Sz	7,29·10 ⁴	1,00·10 ⁴	2,70·10 ⁴	1,10·10 ⁵
	M	8,5·10 ⁴	1,4·10 ⁴	3,1·10 ⁴	-
10. Ra-Be	Sz	7,76·10 ⁴	9,07·10 ³	2,23·10 ⁴	7,11·10 ⁴
	M	/7,0±1,0/·10 ⁴	/8,1±1,0/·10 ³	1,9·10 ⁴	-
11. Pu-Be	Sz	8,16·10 ⁴	1,08·10 ⁴	2,71·10 ⁴	9,55·10 ⁴
	M	/8,9±0,8/·10 ⁴	/1,3±0,3/·10 ⁴	/2,9±0,4/·10 ⁴	/1,2±0,2/·10 ⁵
12. LWR	Sz	1,92·10 ⁵	8,92·10 ⁴	2,10·10 ⁵	6,40·10 ⁵
	M	/2,1±0,3/·10 ⁵	/9,3±0,8/·10 ⁴	/2,4±0,3/·10 ⁵	5,3·10 ⁵

3. táblázat /Sz: számított, M: mért/

Forrás		nat. U	LiF	BN1
HPRR	Sz	$6,95 \cdot 10^4$	$4,25 \cdot 10^4$	$4,07 \cdot 10^5$
	M	$6,1 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^5$
HPRR + Fe	Sz	$6,71 \cdot 10^4$	$5,08 \cdot 10^4$	$4,95 \cdot 10^5$
	M	$6,1 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^5$
HPRR + beton	Sz	$1,28 \cdot 10^5$	$1,02 \cdot 10^5$	$8,76 \cdot 10^5$
	M	$1,5 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$9,7 \cdot 10^5$
HPRR + plexi	Sz	$1,09 \cdot 10^5$	$7,99 \cdot 10^4$	$7,05 \cdot 10^5$
HPRR Fe+beton	Sz	$1,31 \cdot 10^5$	$1,05 \cdot 10^5$	$9,09 \cdot 10^5$

4. táblázat /Sz: számított, M: mért/

Forrás		BN1 + LR115 II	BN1 + CR-39
Pu-Be	Sz	$1,06 \cdot 10^5$	$3,91 \cdot 10^5$
	M	$9,3 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^5$
Ra-Be	Sz	$1,11 \cdot 10^5$	$4,09 \cdot 10^5$
	M	$/9,4 \pm 0,4/ \cdot 10^4$	$/3,3 \pm 0,5/ \cdot 10^5$

5. DOZIMÉTER JELZÉSEK ÉRTELMEZÉSE

Dozimetriai szempontból fontos mennyiség az emberben /v. fantomban/ a dózisegyenérték maximális értéke /dózisegyenérték index/. Célszerű tehát ismerni, hogy a különféle típusú detektorok jelzései milyen kapcsolatba hozhatók ezzel a mennyiséggel.

A. dózisegyenérték index függ a neutron spektrumtól, vagy másként kifejezve, ugyanakkora fluens esetén a spektrum alakja határozza meg a dózisegyenérték indexet. Ez az érték 10^{10} n/cm² fluens esetén kb. 1-4 Sv között változik. A doziméterek jelzései is spektrumfüggők. Ideális az olyan detektor lenne, amelynek a jelzése lineárisan változna az ugyanakkora fluenshez tartozó dózisegyenérték indexszel. Amint az az 5. ábrán megfigyelhető, a feltüntetett 6 detektorból csak a CR-39 típusú nyomdetektor /speciális un. elektrokémiai maratóssal módszerrel, ECE, értékelve/ látszik kielégíteni a kívánalmakat kellő érzékenységgel. Megfelelően kombinált (n, α) reakción ill. proton meglökésen alapuló radiátorokkal /mint pl. a BN1 illetve 2-3 mm vastag polietilén/ az érzékenység még tovább fokozható és esetleg a görbe simábbá tehető. Ilyen irányú vizsgálatainkat tovább folytatjuk. Fontos lenne ennek az anyagnak a használatba vétele azért is, mert a magas hőmérsékletet és páratartalmat /80 °C, 90%/ jobban türi, mint az eddig használt LR115 II típusú detektorok.

6. MÉRÉSEK A PAV-NÁL

A mérések célja elsősorban az volt, hogy megvizsgáljuk ezek a detektorok illetve a belőlük összeállított doziméterek alkalmasak-e az atomerőmű egyes helyiségeiben hosszú idejű integrális mérésekre, illetve az ott dolgozók személyi doziméterének felépítésére.

6.1. 1. blokk, reaktor fedél, 301-es helyiség

A 4. ábrán a-val és b-vel jelölt dozimétereket 2-2 db 20 ℓ-es polietilén falú tartályból összeállított, vízzel töltött fantomra rögzítettük - összesen 12 darabot. A fantomok az 5. sz. főkeringető szivattyú közelében helyezkedtek el. A detektorok besugárzása 1984. VIII. 6-án kezdődött. Az első sorozatot 167 óra múlva távolítottuk el /227735 MW·h/, a 2. sorozat besugárzási ideje 528 óra volt /708653 MW·h/.

A detektorok egy része a magas hőmérséklet miatt megsérült, azaz a szokásos maratási hőmérsékleten az érzékeny réteg gyakorlatilag lemaródott. A többi detektornál a hősérülés miatt a maratási időket és így a lemaratott rétegvastagságot nem lehetett előre beállítani, ez igen hosszadalmas kiértékelési eljárást, illetve az egyes mérések többszöri ismétlését igényelte. Végezetül meg kell jegyezni, hogy azoknak a detektoroknak a jelzései, amelyeknél kb. azonos érték volt várható 50-100 %-os eltéréseket is mutattak. Gyakorlatilag a mérések hibáját becsülni nem lehetett. A kiértékeléskor felhasználtuk a 6. ábrán PAV-val jelzett modell spektrumot, /melyet a SABINE-3 programmal számítottunk/ és az 1. ábrán szemléltetett eljárásokat.

Megállapítások:

1. A ^{232}Th -Lexan típusú, a gyorsneutronok mérésére szolgáló detektorok nem sérültek, de csak a háttér értéket mutatták - gyors neutron nem mutatható ki.

2. A 167 órás besugárzásnál detektált termikus neutron fluens értékek $1,2 \cdot 10^8 - 2,5 \cdot 10^8$ n/cm² között mozogtak.
3. Az intermedier fluens /0,5 eV - 100 keV/ 1/E neutron spektrumot feltételezve $2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^9$ n/cm² között változott.
4. Az 528 óra időtartamú besugárzásnál a termikus fluensre $2,8 \cdot 10^8 - 4,8 \cdot 10^8$ n/cm² értékek adódtak.
5. Az intermedier fluensre pedig $4,6 \cdot 10^9 - 6 \cdot 10^9$ n/cm².

6.2. 2. blokk, tartály alatti tér

A 4. ábrán b-vel ill. c-vel jelölt dozimétereket helyeztük el a fantomokon - összesen 6 darabot. A detektorok nem sérültek meg. Jól kiértékelhetők voltak az előzőekben ismertetett eljárásokkal. Megjegyzendő azonban, hogy a CR-39-es detektortól eltekintve a többi detektornál a nyomsűrűség mérés szórása a szokásosnál /3-5%/ lényegesen magasabb volt /~15%/. A PAV információja szerint a besugárzás időtartama mintegy 10-15 óra volt átlagosan 0,5%-os teljesítmény mellett. Egy Studsvik 2202D típusú műszer mérései alapján a neutron dózis mintegy 40 mSv-re tehető.

Saját méréseink alapján a következőket állapítjuk meg.

Megállapítások:

1. Termikus fluens: $1,9 \cdot 10^8$ /±20%/ n/cm²
2. Intermedier + gyors fluens: $1,8 \cdot 10^8$ /±30%/ n/cm²

A végső következtetésünk az, hogy a c típusú dozimétert kell tovább fejleszteni ahhoz, hogy a PAV-nál megbízható méréseket lehessen végezni. Ez az 1985. év feladata.

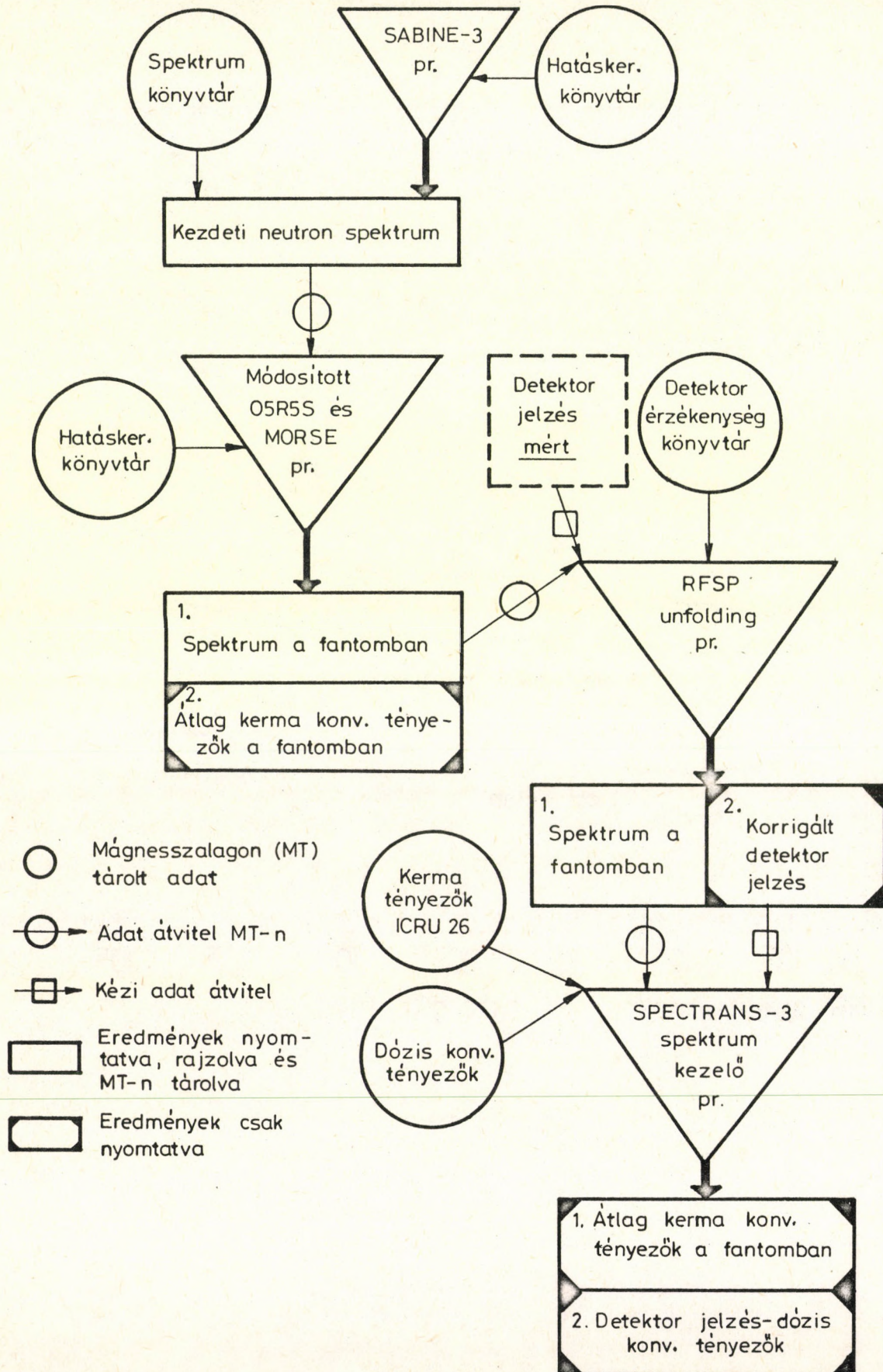
IRODALOM

- [1] Pálfalvi J., 1982., Neutron Sensitivity of LR115 SSNTD Using Different (n, α) Radiators, Nuclear Instruments and Methods, Vol. 203, pp. 451-457.
- [2] Pálfalvi J., 1983., (n, α) magreakción alapuló szilárdtest nyomdoziméter hatásfokának elméleti és kísérleti vizsgálata, KFKI-1983-46. /OKKFT 7.2.11./
- [3] Pálfalvi J., 1984., Neutron Sensitivity Measurements of LR115 Track Detector with Some (n, α) Converters, Nuclear Tracks, V. 9., pp. 47-57.
- [4] Pálfalvi J., 1982., Neutron Sensitivity Calculations for Simple Albedo Track Detectors, Nuclear Tracks, Vol. 6, pp. 185-188.
- [5] Pálfalvi J., 1984., (n, α) magreakción alapuló szilárdtest nyomdetektorokból felépített személyi albedo neutron doziméter jelzésének vizsgálata számítással, KFKI-1984-26. /OKKFT 7.2.15./
- [6] Pálfalvi J., 1984., Calibration of Fission and (n, α) Track Detectors on Phantom, Nuclear Tracks, V. 8, pp. 293-296.
- [7] Pálfalvi J., 1983., Neutron Response of Several Fission Track Detectors Worn on the Body, KFKI-1983-65.
- [8] ISO, 1982., Proposal for an ISO Standard, ISO/TC 85/SC 2/WG 2N 166.

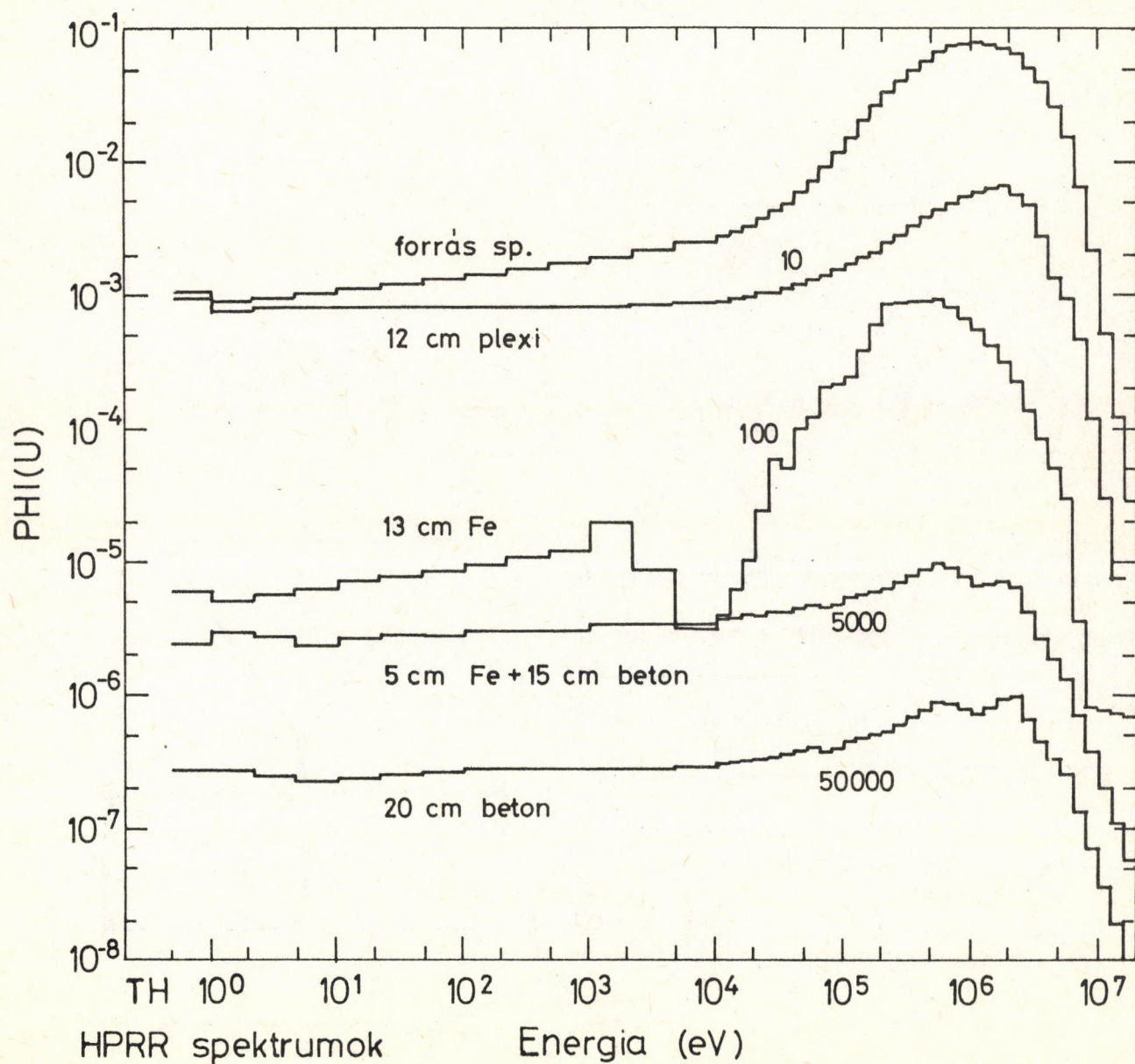
- [9] Schwartz R.B., Eisenhauer C.M., 1982., Procedures for Calibrating Neutron Personnel Dosimeters, NBS Special Publication No. 633.
- [10] Pálfalvi J., Griffith R.V., Madhvanath U., 1984., Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes, IAEA Technical Report Series, megjelenés alatt.
- [11] Pálfalvi J., Eördögh I., Verő B., 1980., Track Density Measurements Using a VIDIMET II A Type Image Analyser, Proc. 10th Int. Conf. on SSNTDs, 1979, Lyon, France.
- [12] Pálfalvi J., 1982., Baleseti dozimetriai célra használható radiátor nélküli szilárdtest-nyomdoziméter fejlesztés. KFKI-1982-43. /OKKFT 7.2.4. /

ÁBRASZÖVEGEK

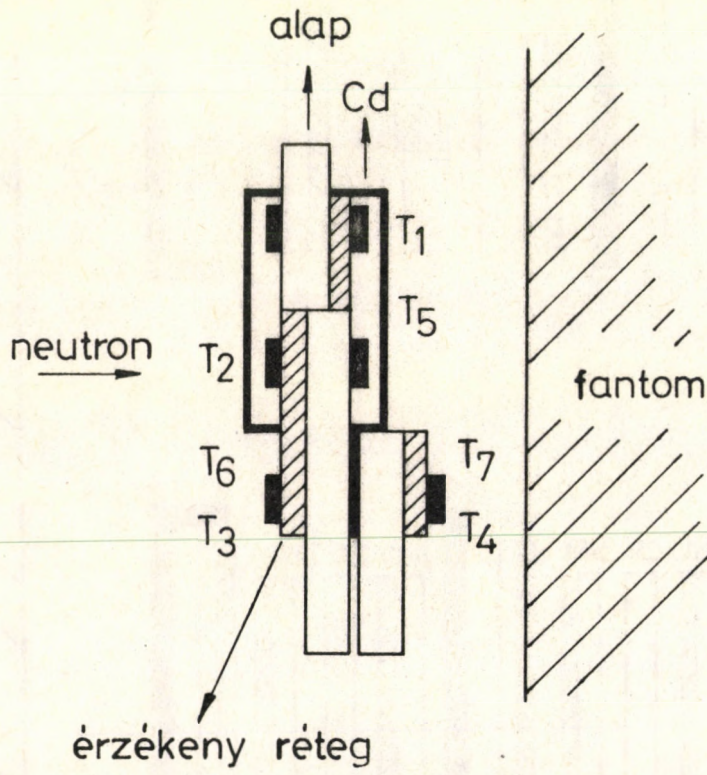
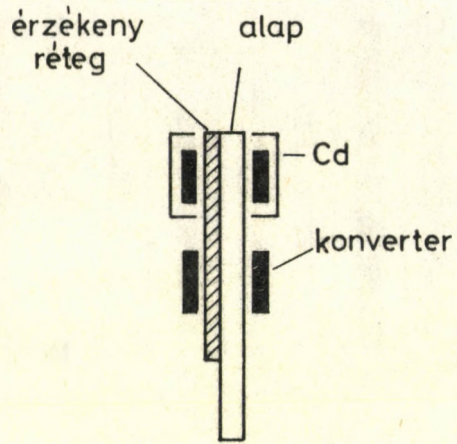
1. Neutron spektrum, detektor érzékenység és egyéb, dozimetriai szempontból fontos mennyiségek számítására ill. mérésének kiértékelésére használható számítógépes programrendszer.
2. Az Oak Ridge-i /USA/ HPR reaktor kifolyási spektrumi különféle védőrétegeken áthaladva.
3. A hitelesítésekhez és doziméter összemérésekhez használt detektorok vázlatos elrendezése.
4. A PAV 1. és 2. blokkjánál végzett neutron fluxus mérésekhez használt doziméterek vázlatos elrendezése.
5. Szilárdtest nyomdetektorok érzékenységének változása a neutron spektrumot jellemző dózisegységenérték index függvényében.
6. A PAV-nál végzett mérések kiértékeléséhez használt - a SABINE-3 programmal számolt - neutron spektrum és néhány, a hitelesítésekhez használt neutron forrás spektruma.



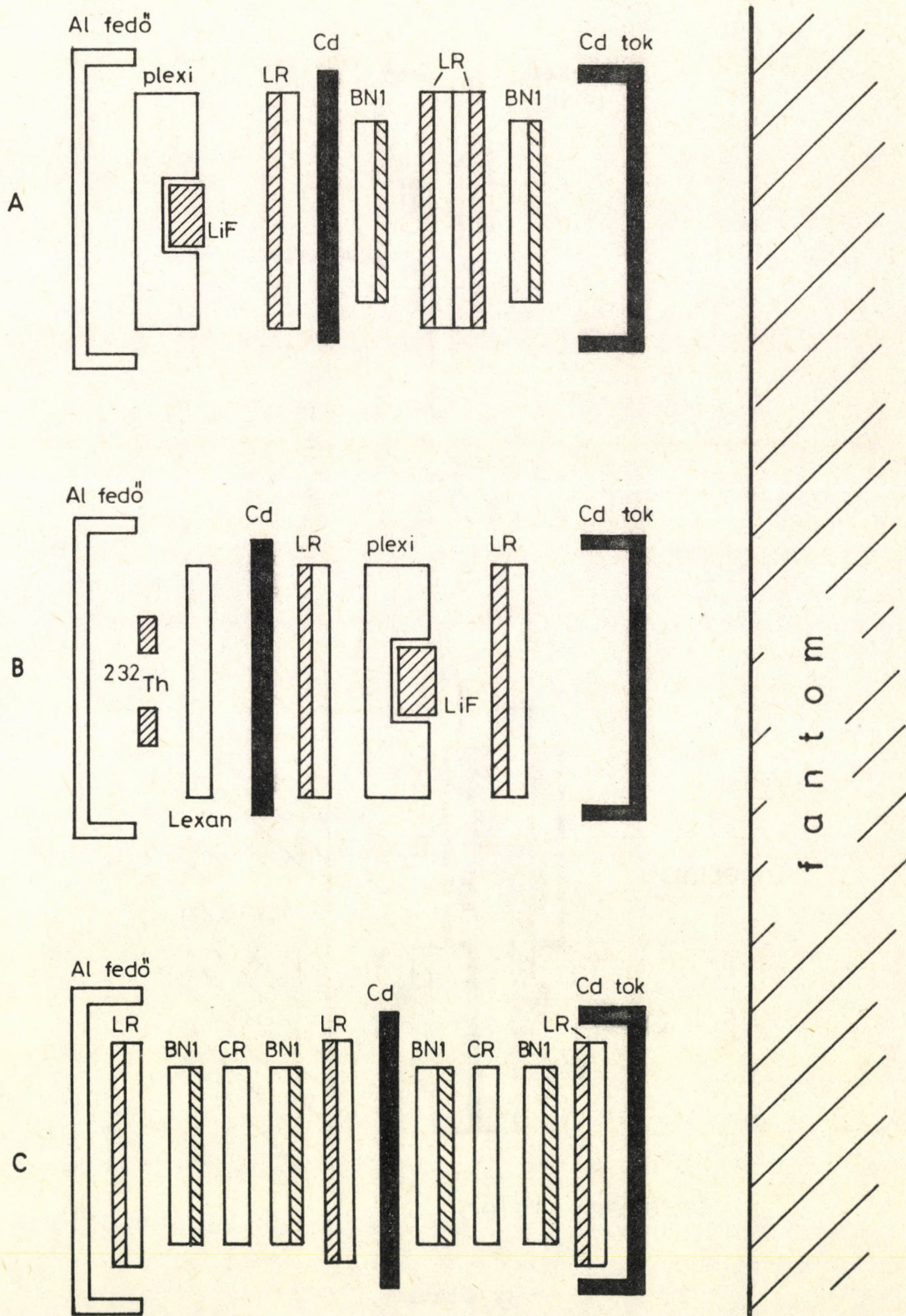
1. ábra



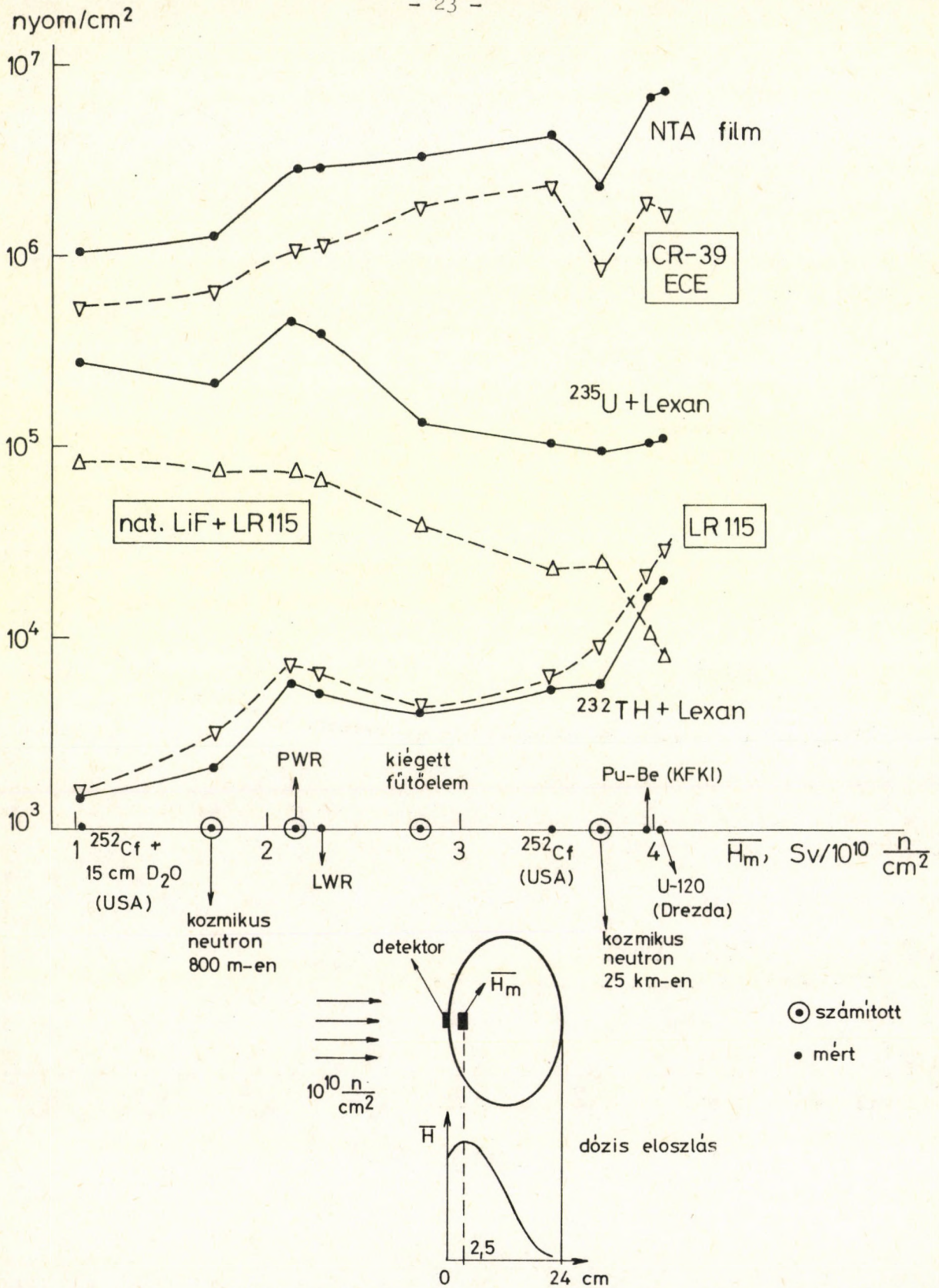
2. ábra



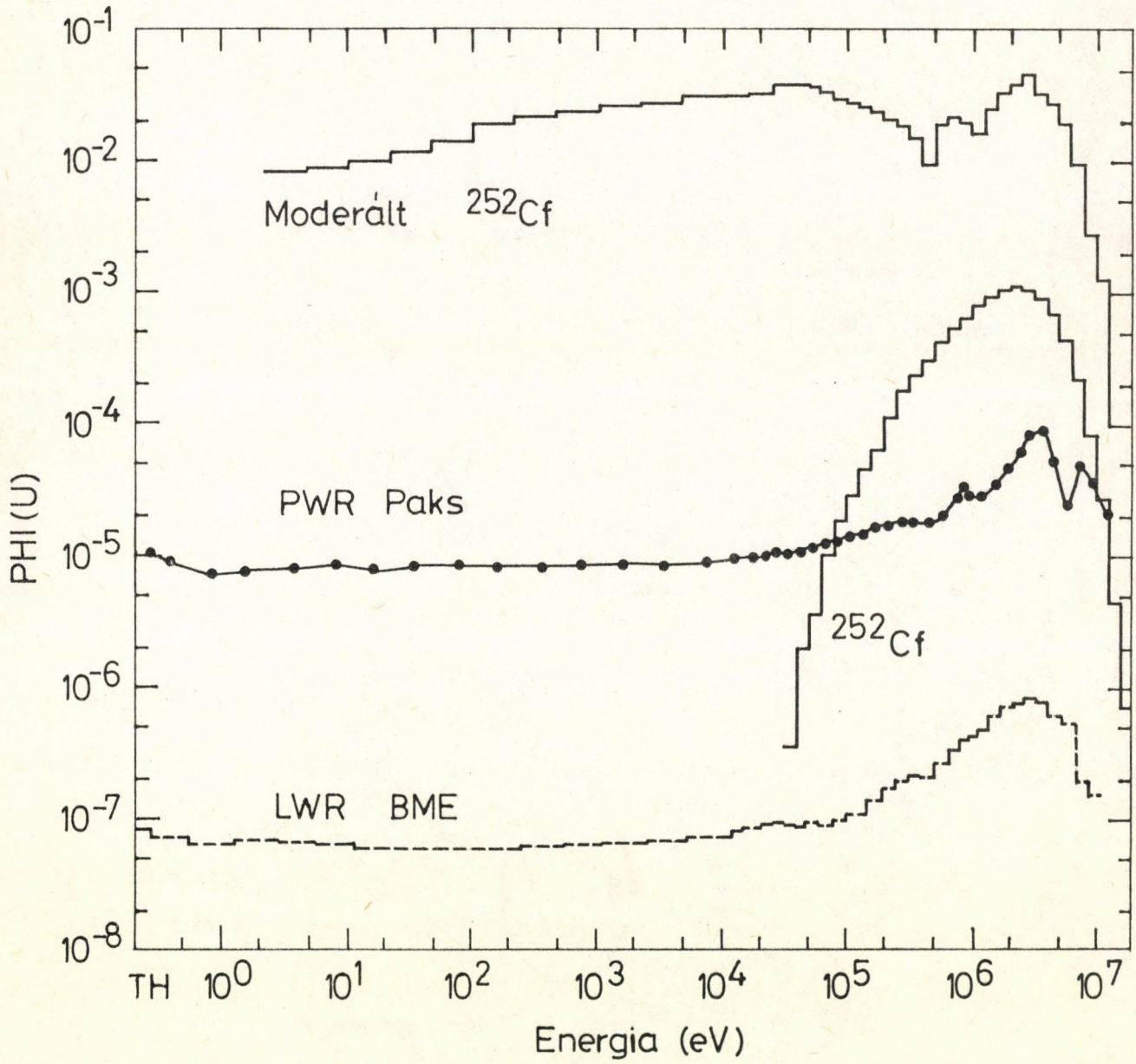
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900

65297



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Dajkó Gábor
Példányszám: 54 Törzsszám: 85-153
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Tőreki Béláné
Budapest, 1985. február hó