

Nagyintenzitású gamma sugárterek dozimetriája I.

az MTA IKI 50 éves évfordulója alkalmából

Stenger Vilmos

NAÜ szakértő (1974-1996), ny. műszaki igazgató

E két részes cikksorozatban röviden áttekintjük az elmúlt 40 évben a nagyintenzitású gamma sugárterek dozimetriája kapcsán az MTA Izotóp Kutatóintézetben elért legjelentősebb eredményeket. Úgy gondoljuk, hogy vizsgálataink eredményei sugárvédelmi szempontból is fontosak, elsősorban az üzemeltető szervezetek, operátorok, hatósági személyek kiképzése, továbbképzése; a potenciális sugárveszély felmérése, értékelése miatt. Közleményünkben felidézük a módszereink bemutatása, alkalmazása kapcsán tapasztalt hazai és külföldi elismerő észrevételeket, reakciókat.

Kutatásaink során gamma sugárterek félvezető mérés technikáját, besugárzási dózisteljesítmény, dózis rádiófrekvenciás-klórbenzolos mérését, sugárterek dózisteljesítmény eloszlásának és besugárzók sugárkezelési folyamatának számítógépes modellezését fejlesztettük ki. Nagy intenzitású gamma sugárterek és besugárzók komplex dozimetriáját hoztuk létre. Módszereinket számos országban ma is használják. A NAÜ (Nemzetközi Atomenergia Ügynökség) IDAS (International Dose Assistance Service) programjában tíz ország dozimetria módszerének összehasonlító mérése során a rádiófrekvenciás-klórbenzolos módszerünkkel a második helyezést értük el, és egy NAÜ közlés szerint e módszerünk a világban használt technológiai doziméterek közül a harmadik legelterjedtebb eszköz.

Egy kis kronológia

Az 1960-1989-es időszakban jöttek létre azok a gamma besugárzó készülékek és berendezések, amelyeket a megnövekedett új kutatás, új ipari alkalmazás igényelt világszerte [1]. Magyarország élenjár az élelmiszerek, mezőgazdasági termékek és műanyagok sugárkezelése, a magfizika és a sugárkémia kutatása terén is. Mintegy 25-30 hazai intézetben használtak főleg magyar gyártmányú önárnyékolt Gammacell, panoráma, vizes-aknás típusú kísérleti besugárzót, sugárkeretet. Három nagyaktivitású külföldi gyártmányú Gammacell és két darab mobil besugárzó is érkezett az országba. A fentiekben túl kezdetben nagyaktivitású szállító konténer, hat darab magyar gyártmányú kobalt ágyú, számos terápiás célú röntgengép, és a kísérleti reaktor forrófülkéi szolgálták a kutatásokat.

1967-ben helyeztük üzembe intézetünkben Európa egyik legnagyobb kísérleti Gamma Besugárzó Laboratóriumát (GBL), a nagyaktivitású források hazai átszerelését biztosító vizesaknával [2].



1. ábra: A gamma besugárzó laboratóriumot magában foglaló épület

1969-ben a KÉKI (Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet) létesítette Kőbányán Európa talán ma is legnagyobb élelmiszer besugárzó üzemét [3].

1976-ban a MEDICOR Művek debreceni orvosi műszerek gyárában helyeztük üzembe UNDP, NAÜ támogatással az ország legnagyobb sugársterilizáló üzemét [4].

1989 óta gyártunk exportra kísérleti és ipari besugárzó berendezéseket, nagyaktivitású Co-60 ipari forrásokat [5].

Mіндеzen létesítmények működtetése szükségessé tette a nagyintenzitású gamma sugárterek, besugárzók dozimetriájának létrehozását intézetünkben. A GBL létrehozása után mi végeztük a hazai és külföldi besugárzó berendezések forrásainak rendszeres cseréjét, rekonstrukcióját, dozimetriai bemérését és több esetben üzembe helyezésüket.

A gamma besugárzó laboratórium létesítése

Ahogy már említettük, 1967-ben helyeztük üzembe intézetünkben Európa egyik legnagyobb kísérleti gamma besugárzó laboratóriumát. A létesítmény létrehozásának kezdeményezői Dr. professzor Földiák Gábor igazgatóhelyettes és Dr. Hirling József kandidátus, intézeti főmérnök voltak. Földiák Gábor a sugárhatáskémiai kutatás, technológia, míg Hirling József az izotóp és sugártechnika, technológiai gépészet hazai szakértőjeként volt ismert. Mindkét szakterület világszerte feljutóban volt. A hazai igények szinte követelték a központi állami támogatást, e területek tudományos és műszaki háttérének biztosítását. Az építkezés tehát hamarosan megindult. Intézetünk az Országos Atomenergia Bizottság szakintézeteként az MTA

Központi Fizikai Kutató Intézetével közös területen működött. Az új, háromszintes, 23 helyiséget magában foglaló épület a terület 22-es számú építménye lett. Az épületkomplexum teljes vertikumú tervezését az Iparterv végezte, a technológiai terveket intézetünk készítette. Az épület kivitelezését a 32-es számú Állami Építőipari Vállalat végezte el 1,5 év alatt. A létesítmény sikeres inaktív műszaki átvételére 1967 decemberében került sor. Az 1. ábrán a 22-es számú épület, a 2. ábrán pedig a besugárzó helyiség és a forrásgeometria látható az emelőszerkezettel. A 3. ábrán látható a besugárzó vezérlőpultja.

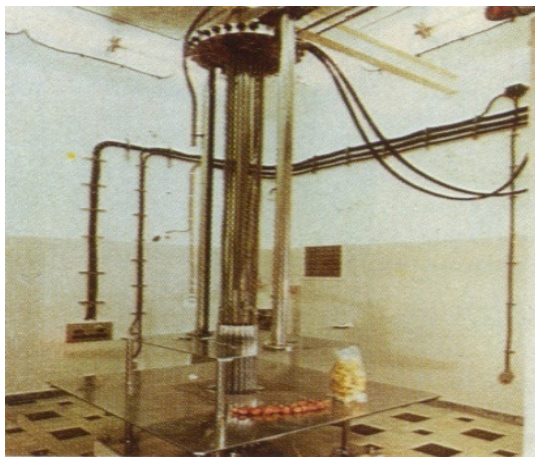
A besugárzó sugártechnikai gépészeti terveit a Szovjetuniótól vásároltuk, a berendezés elektromos, sugárbiztonsági tervei és sugárbiztonsági retesz rendszere hazai tervek voltak. A kivitelezés előtt és alatt is számos konzultációra került sor a Moszkvai Karpov Intézetben, ahol a K-120 típusjelzésű készülékeket fejlesztették ki, üzemeltették. Példaként a besugárzó kezelési utasítását említhetnénk, melyet innen kaptunk és fordítás után az AGROSTER és a MEDICOR ipari besugárzó berendezések kezelési utasításaiba is beépítettünk.

A gamma besugárzó laboratóriumot magában foglaló épület lefelé további két szinttel folytatódik. Az átszerelő vizesakna és a besugárzó helyiség sugárvédelmét részben a domboldal földárnyékolása biztosította.

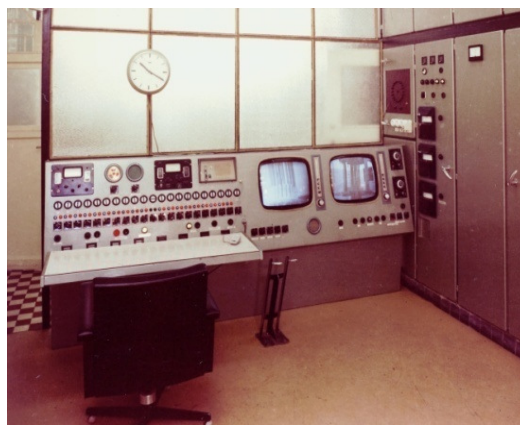
A gamma besugárzó laboratórium aktív üzembe helyezése

A sikeres inaktív üzembevétel után betöltöttük a 80db 46,25 TBq-es (1250 Ci), GIK-VII-es szovjet forrást. A forrásokat olyan csoportosításban szereltük a kazettákba, hogy a 20 kazetta aktivitása 1% eltérésen belül maradt. Ezt az általunk kifejlesztett szilícium félvezető detektorral a vizesaknában ellenőriztük. Ezen túl a források kazettába töltésénél a betöltés irányát és a források darabszámát is ellenőriznünk kellett. Előfordult, hogy egy forrás mellément, és nem a kazettába. Ezt is félvezető mérés technikával észleltük (ld. 4. ábra).

A besugárzó sugárterének a kimérését négy különféle geometria közepén kezdtük. A I, II, III, IV geometriáknál rendre 20, 14, 8, 4 Gy/s (kb. 7, 5, 3, 1,5 MR/h) maximális dózisteljesítményt tapasztaltunk. Ezeket a méréseket félvezető dózisteljesítmény- és kémiai dózismérővel végeztük. A kémiai doziméterek közül a Cérium-szulfátos, valamint a Fricke féle dozimétert használtuk [1].



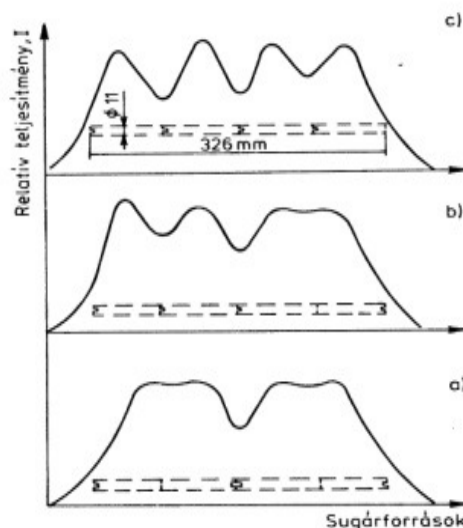
2. ábra: A gamma besugárzó laboratórium besugárzó helyisége és a forrásgeometria az emelőszerkezettel



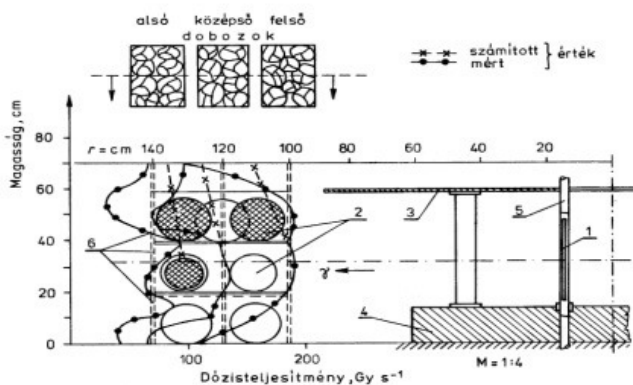
3. ábra: A gamma besugárzó laboratórium vezérlőpultja

A forráskoszorúkon túli tér használhatóságát rontotta a nagy rozsdamentes acélból készült asztal (ld. 5. ábra), ahol a dózisteljesítmény eloszlása látható egy káposzta besugárzásakor. Így csak kisméretű egységdobozos termékek sugárkezelése kerülhetett sorra, fél-üzemi kísérletek, ipari sugártechnológiák modellezése gyakorlatilag lehetetlen volt.

További nehézséget okozott a rendkívül deformált sugárter dozimetriai kimérése is (ld. 5. ábra). A források betöltését követő 3 hónap elteltével még csak egy forrásgeometriára, annak is csak az asztal feletti térben volt a sugárter kimérve az $Y=0$ cm, $X=0-200$ cm, $Z=0$ cm vonal mentén. Ugyanakkor intézetek álltak sorba, hogy kutatásaikat elindítsák, vállalatok a termékeiket akarták sugárkezelteni, kórházak jelentkeztek, hogy a sugársterilizáció előnyeit kipróbálják, vagyis szinte minden kutatási terület, iparág sürgetően jelentkezett. Szerencsére a besugárzóter dózisteljesítmény-eloszlásának a gyors meghatározását számítógépes programokkal szinte heteken belül meg tudtuk oldani [6]. Ahhoz azonban, hogy a teljes, kb. 32 m³ térfogatban tudjunk dolgozni, el kellett bontani a 2. ábrán is látható nagyméretű és tömegű asztalt.



4. ábra: A dózisteljesítmény változása négy sugárforráselemet tartalmazó kazetta mentén (szovjet VII. típus). a) a sugárforrások varrata váltakozó irányú elrendezésnél, b) a sugárforrások varrata vegyes irányú elrendezésnél, c) a sugárforrások varrata egyirányú elrendezésnél



5. ábra: A dózisteljesítmény eloszlása káposzta besugárzásakor (1. sugárforrás, 2. káposzta, 3. fémasztal, 4. sugárforrás-tároló, 5. sugárforrás-határoló cső, 6. fadóboz)

Az asztal elbontása után, a sugártér eloszlásának az ábrázolásával láthatóvá vált a tér hasznosításának lehetősége. A kezdeti elrendezés esetén kapott függőlegesen koszinuszos dóziseloszlás profilt a mintatartók megfelelő áthelyezésével és elforgatásával sikerült egyenletessé tenni, és így három koncentrikus gyűrű mentén elhelyezett termék besugárzásánál 21% határfokot és 1,25 dózishányadost elérni. Ez nagyon közel van az ipari besugárzók technológiai besugárzási paramétereire, a 10-39%-os határfokhoz és a 1,2-1,3 dózishányadoshoz. Általában egy kiválasztott kör mentén dolgoztunk a termékre megengedett paraméterek biztosítása mellett. Nagysűrűségű termékek kezelésénél (800-1000 kg/m³), csak 180 fokos forgatást végeztünk a besugárzási idő felénél, ekkor a dózishányados a megengedett 2-es értékre adódott. Ezt a forrásoktól legtávolabbi térrészben tudtuk elérni.

Az így kialakított térrel és besugárzási technológiával sikerült kereskedelmi méretű egységdobozokban (ld. 6. ábra) a sugárkezelést megvalósítani, úgy hogy a termék dóziseloszlása az ipari berendezésekben megvalósítható homogenitással lett egyenértékű, és így azok közvetlenül forgalomba kerülhettek. A 7. és 8. ábrák a tér hasznosításának ékes példáit, vetőmák és burgonyabesugárzást mutatnak. 3000-5000 kg burgonyát, hagymát tudunk így óránként besugárzni. Ezek a meggyőző alkalmazott-tudományos szolgáltatásaink készítették elő a hazai ipari sugártechnológiák későbbi bevezetését. Mindemellett szolgáltuk a hazai és külföldi alap- és alkalmazott-kutatások széles körét is.



6. ábra: Doziméterek elhelyezése az egységdobozokon.



7. ábra: Vetőmák besugárzása.

Műszeres kémiai dozimetria

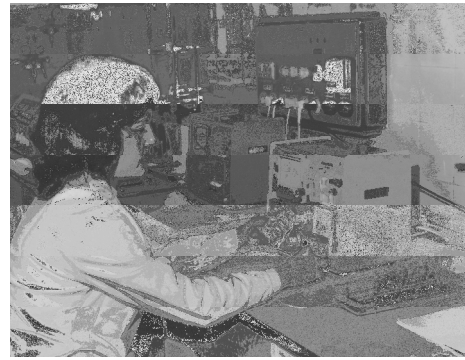
A sugársterilizációs dózismérés, ennek bizonylatolása, a mérési eredmény tartós tárolása, mint igény eredményezte a rádiófrekvenciás klórbenzolos dózismérési módszerünk bevezetését. A klórbenzolos doziméter feltalálója Dr. Igor Dvornik horvát sugárkémikus volt. A zárt, gravírozással számozott üvegampullákba töltött doziméteroldatból sósav képződik sugárzás hatására. A sósav mennyisége arányos a besugárzási dózissal. Ezt a sósav mennyiséget méri a Pungor féle „oszilló-titrátor” (ld. 9. ábra). Kezdetben fel kellett nyitnunk az ampullákat és ampullánként két párhuzamos sósav titrálási eredmény alapján határoztuk meg a dózist. Ez a módszer azonban igencsak lassúnak bizonyult, ráadásul a doziméter felnyitása a dózis tárolást, bizonylatolást is kizárta. Márpedig a sugársterilizációs eljárás a dózis bizonylatolást 5 éves tárolási időig igényelte. Az általunk bevezetett zártampullás módszer 1-50 kGy (0.1-5 Mrad) dózis tartományban használható, és a dózis információt gyakorlatilag örökre tárolja. Ékes bizonyíték erre, hogy ma már 40 éves dozimétereink vannak tárolva. Talán ez a módszerünk hozta számunkra a legnagyobb hazai és nemzetközi elismerést. Egy NAÜ közlemény szerint módszerünk a harmadik legelterjedtebb módszer a világban alkalmazott módszerek közül. Három hazai és számtalan külföldi gamma besugárzónál alkalmazzák már 40 éve [7, 8], hazai, illetve külföldi eladásra 300.000 db dozimétert készítettünk az elmúlt 40 év alatt. A kiértékelést könnyítendő új számítógépes kiértékelő módszert dolgoztunk ki, melyet Romániában és Kubában is bevezettek, alkalmaznak. A PC-be helyezhető kártya, a kalibrációt és kiértékelést biztosító program Halmavánszki János munkatársunk műve.



8. ábra: Burgonya besugárzása.

Összefoglalás

E cikksorozat első részében röviden áttekintettük intézetünk stratégiai szempontból igen fontos beruházását, a gamma besugárzó laboratórium tervezését, építését és az ott több mint 40 éve folyó munkát. Kitértünk továbbá a klórbenzolos dózismérés hazai fejlesztési eredményeinek rövid ismertetésére. A cikksorozat második részében a félvezetős mérés technika bevezetésére, a számítástechnikai módszerek meghonosítására és alkalmazásuk bemutatására fókuszálunk.



9. ábra: Klórbenzolos doziméter kiértékelés közben

Irodalomjegyzék

- [1] Földiák G., Stenger V., *Kísérleti és ipari gamma-besugárzó berendezések és alkalmazásuk*, Az Atomenergia és Magkutató Újabb Eredményei 2, Akadémiai Kiadó, Budapest, (1983)
- [2] Hirling J., Stenger V., *Tapasztalatok nagyaktivitású kísérleti gamma besugárzó berendezéssel*, Energia és Atomtechnika, 16, 140, (1969)
- [3] Hirling J., *Kísérleti élelmiszerbesugárzó létesítmény*, Atomtechnikai Tájékoztató, 9/10, 293, (1969)
- [4] Darócziné Molnár E., Hegyesi S., Stenger V., Sipos M., *A MEDICOR Művekben felépült, ipari sugársterilizáló berendezés üzemeltetési tapasztalatai*, Izotóptechnika, 20, 423, (1977)
- [5] Stenger V., Budai G., Mangliár F., Beir M., Falvi L., László L., Tyukodi L., Horváth I., Szántó A., Gáspár I., Maróti L., Veres Á., *Production of Co-60 Industrial Sources in Nuclear Power Plant, Synthesis and Applications of Isotopically Labelled Compounds*, 1995-215-18, (Eds. J. Allen & R. Voges), John Wiley and Sons, Chichester, UK., ISBN 0-471-95143-9, (1994).
- [6] Fejes P., Horváth Zs., Stenger V., *The calculation of the Relative Irradiation Dose Rate of a High-Power Gamma-Source by Digital Computer*, Isotopenpraxis 6/3, 98, (1970)
- [7] Stenger V., *Unified Control Method in Dosimetry for High-Activity Irradiation Facilities in Hungary Technical Report Series No.205*, IAEA, Vienna, 81, (1981)
- [8] Stenger V., Torday Zs., Horváth I., Falvi L., Papp Z., *Long Term Experiences in Using Ethanol Chlorobenzene Dosimeter System*, International Symposium on High Dose Dosimetry for Radiation Processing, IAEA Vienna, 5-9 November (1990).