



Bagi Lajos¹, Balázs-Rudasy Edina², Cseke-Fábián Rozália Teréz³, Demkó Richárd², Garan Marcell¹, Glavatszkih Nándor², Homoki Zsolt², Nagy Viktória⁴, Kerekes Irén³, Kohári György⁵, Koller Tamás², Kovács Gábor⁶, Kövending Kónyi Júlia², Lóránt Györgyné⁴, Orosz Péter⁴, Osváth Szabolcs², Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna⁷, Rell Péter², Sándor Flórián⁶, Stellerné Kókény Virág³, Szabó Sándor⁶, Szarkáné Németh Ágnes², Szigeti Ágnes², Törökné Apró Erika⁵, Vörös Anita⁷, Weisz Tibor²

■ ¹ Borsod-Abaúj-Zemplén Vármegyei Kormányhivatal ² Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (NNGYK) ³ Tolna Vármegyei Kormányhivatal

■ ⁴ Hajdú-Bihar Vármegyei Kormányhivatal ⁵ Csongrád-Csanád Vármegyei Kormányhivatal ⁶ Budapest Főváros Kormányhivatala ⁷ Győr-Moson-Sopron Vármegyei Kormányhivatal
| osvath.szabolcs@nngyk.gov.hu

Az Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) tevékenységének rövid bemutatása

Bevezetés

A radioaktivitás a természet része. Környezetünkben számos radionuklid (vagy „radioaktív izotóp” – bár ebben az esetben ez kissé pontatlan megnevezés) megtalálható. Az ún. *terresztriális* radionuklidok a Föld keletkezése óta jelen vannak a földkéregben (pl. ⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U), vagy ezek bomlása során keletkeznek (pl. ²²²Rn, ²²⁶Ra). Az ún. *kozmozgón* radionuklidok folyamatosan keletkeznek a felső légkörben a világűrbeli érkező sugárzások hatására.

A második világháború óta mesterséges eredetű radionuklidok is kerültek a környezetbe (pl. hasadási termékek: ⁹⁰Sr, jódiotópok, céziumizotópok; aktivációs termékek: transzuránok), elsősorban atombomba-robbantási kísérletek és nukleáris létesítmények balesetei következtében. Ezek közül a ¹³⁷Cs mennyiségét szokás a leggyakrabban vizsgálni, ugyanis maghasadás során nagy hozammal keletkezik, 30 év körüli felezési ideje miatt sokáig jelen marad, és méréstechnikailag sem jelent komoly kihívást. Ezzel szemben a ⁹⁰Sr mennyiségéről (noha szinte ugyanakkora a hasadási hozama és a felezési ideje) sokkal kevesebb adat áll rendelkezésre, mert a mérését csak radiokémiai elválasztást követően lehet elvégezni.

A környezetünkben jelen lévő természetes és mesterséges eredetű radioaktivitás figyelemmel kísérése állami feladat; amint azt – egyebek mellett – az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó „Euratom” szerződés [1] 35. cikke és az Európai Bizottság 2000/473/Euratom ajánlása [2] is előírja. Ennek a tevékenységnek a keretrendszeréről, az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) működtetéséről jogszabály (489/2015. Korm. r. [3]) rendelkezik. Az OKSER adatainak a zöme a három nagy ellenőrző adatszolgáltató központtól származik. Ezek: a Környezetvédelmi Regionális Mérőközpontok, a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) és a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (NNGYK) szakmai irányítása alatt álló Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH). Ez utóbbinak jogszabályban (8/2002. EüM r. [4]) rögzített egyik célja megbecsülni azt a *dózisterhelést*, ami a hazai lakosságot a környezetben, továbbá az élelmiszerekben lévő természetes és mesterséges eredetű radioaktivitás miatt éri.

Az ERMAH az NNGYK Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztálya, valamint a fővárosi és 5 vidéki kormányhivatal ERMAH-

laboratóriumaiból áll. Az országos tisztifőorvos által jóváhagyott éves vizsgálati programnak megfelelően mérjük a kültéri gamma-dózisteljesítményt, valamint környezeti és élelmiszermintákat

1. táblázat. Az ERMAH vizsgálati programjának váza

Környezeti közeg	Mintavétel gyakorisága	Vizsgálatok
Aeroszol	Napi / heti	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Kihullás („fall-out”)	Havi	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Folyóvíz		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Állóvíz	Negyedéves	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Talaj		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Fű (széna)		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Környezeti háttérsugárzás	Napi / heti	Gamma-dózisteljesítmény
Élelmiszer		
Hús (hal)	Havi	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Gabona, kenyér		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Tej, tejtermékek		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria, Sr-90
Zöldségek, gyümölcsök	Negyedéves	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Tojás		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Ivóvíz		Összes-alfa, összes-béta, gamma-spektrometria, H-3, Sr-90, Rn-220
Menü („vegyes étrend”)		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria, Sr-90



veszünk, melyekből fizikai és kémiai előkészítés után határozzuk meg egyes radionuklidok (vagy radionuklid-csoportok) aktivitáskoncentrációit (**1. táblázat**). Az ország teljes lefedettségét biztosítandó a kormányhivatalok szervezetében működő ERMAH-laborok a saját vármegyékük mellett 1–4 szomszédos vármegyében is felelősek a terepi mintavételekért (talaj, fű, állóvíz, folyóvíz, ivóvíz: **1. ábra**).



1. ábra. A kormányhivatali ERMAH-laboratóriumok székhelyei [fehér zászló] és illetékességi területei [rózsaszín: Borsod-Abaúj-Zemplén Vm.-i Kh., zöld: Budapest Főváros Kh.-a, drapp: Csongrád-Csanád Vm.-i Kh., sárga: Győr-Ménfőcsanak Vm.-i Kh., türkiz: Hajdú-Bihar Vm.-i Kh., szürke: Tolna Vm.-i Kh.], továbbá a felszínvíz-mintavételi pontok elhelyezkedése [piros: folyóvíz; fekete: állóvíz]

Környezeti dózisteljesítmény

Más – folyamatos üzemű – mérőhálózatokhoz (pl. a Katasztrófavédeleméhez vagy az egyetemek Országos Sugárzásfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszeréhez, OSJER-éhez) és számos létesítményhez (pl. nukleáris létesítményekhez, radioaktív hulladékok tárolóihoz) hasonlóan az ERMAH-ban is mérjük a *külső gamma-dózisteljesítményt*. Jelenleg ez csak kézi műszerekkel, jellemzően heti vagy napi gyakorisággal történik. A szokásos mért értékek hazánkban 55 és 180 nSv/h közé esnek. 2026-ban a rendszer az NNGYK telephelyén (a budapesti Nagyvárad tér mellett) kiegészül egy hálózatra kapcsolt, folyamatos működésű mérőegységgel.

Minta-előkészítés, nukleáris mérési technikák

A mintatípusok részletes tárgyalása előtt ismertetjük azokat az előkészítési és mérési technikákat, melyekkel az analízist végezzük.

A vízminták ^3H -aktivitáskoncentrációját desztillációs tisztítás után folyadékszcintillációs (LSC) technikával mérjük.

A többi radionuklid méréséhez a folyadékmintákat bepárlás, a szilárd mintákat szárítás után általában elhamvasztjuk. Gázáramlásos detektorral határozzuk meg a hamu összes béta-aktivitáskoncentrációját. Ez túlnyomórészt a természetes ^{40}K -tól származik, így az összes béta- és a ^{40}K aktivitáskoncentrációk összevetése a mérések belső minőség-ellenőrzését szolgálja.

Nagy tisztaságú félvezető- (HPGe) detektoros spektrométerrel vesszük fel a minták gamma-spektrumát. Ebből a ^{40}K mellett minden minta esetében meghatározzuk a ^{137}Cs (és egyes esetekben a ^{134}Cs) aktivitáskoncentrációját, illetve kimutatási határát.

A legfontosabb Ca-forrásunkat jelentő tejből, tejtermékekből (sajt, túró, tejföl) és a vegyes élelmiszerből a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációját is meghatározzuk. Ez közvetett módon történik: a

^{90}Sr bomlástermékét, az ^{90}Y -ot tömény salétromsavas közegből tributil-foszfátba (TBP) extraháljuk, majd oxalátos leválasztás után mérjük. (Ez a módszer ma már klasszikusnak számít, és megérett a kiváltásra.)

Környezeti minták

A környezeti minták közül a legfontosabb az *aeroszol*. Baleseti vagy nem tervezett környezeti kibocsátás esetén ugyanis a radioaktív szennyezés a légköri mozgások közvetítésével terjed a leggyorsabban és a legnagyobb távolságra. Az aeroszol mintázása normál időszakban is folyamatos, az összes béta-aktivitás napi mérése és a heti mintaképzést követő gamma-spektrometriai mérés mellett. Jelenleg a hálózatban öt egyforma, közepes légforgalmú, 150 m³/h teljesítményű aeroszol-mintavevő üzemel (Budapestben kettő, Győrött, Szekszárdon és Miskolcon egy-egy), így a mintavételi pontok – hazánkban egyedülálló módon – nagyjából lefedik az egész országot. A minták nagy tisztaságú félvezető- (HPGe) detektorral felvett gamma-spektrumában mindig található 1000–10 000 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ kozmogén ^7Be és 100–1200 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ természetes ^{210}Pb . Ugyanakkor a mesterséges eredetű ^{131}I , ^{134}Cs és ^{137}Cs mennyisége többnyire kisebb a kimutatási határnál (ami 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ környékén van). Néhány hónapja tesztüzemben működik az NNGYK telephelyén egy nagy légforgalmú, 400 m³/h teljesítményű aeroszol-mintavevő. Ezzel – azonos mintavételi és mérési gyakorlat mellett – már a 0,3–0,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ aktivitáskoncentrációk is kimutathatóvá válnak. (Más megfogalmazásban: a nagyobb térfogatáram ugyanazt az aktivitáskoncentrációt rövidebb idejű mintagyűjtéssel is mérhetővé teszi – ami baleseti helyzetben gyorsabb reagálást tesz lehetővé.)

A *kihullási* (fallout) minták gyűjtése folyamatosan, a mintaképzés havonta történik. Ezekben a csapadékvíz ^3H -aktivitáskoncentrációjának jellemző értékei a kimutatási határtól (2 Bq/l-től) 8 Bq/l-ig terjednek. A levegőből kiülepedő és kimosódó összes béta-radioaktivitás ülepedési fluxusa tipikusan 5–30 Bq/(m²×30 nap), míg a ^{137}Cs -é legfeljebb 0,5 Bq/(m²×30 nap).

A kihullást közvetett módon, *talajminták* vizsgálatán keresztül is ellenőrizzük. A mintákat bolygatatlan területekről (pl. erdőn, mezőn, de nem mezőgazdasági művelés alatt álló területen) vesszük, mert egy esetleges friss szennyezés ezekből mutatható ki megbízhatóbban. A mért radioaktivitások széles határok között fordulnak elő (pl. 400–700 Bq/kg összes-béta), ami elsősorban a talajképző kőzetek változatosságával (az azokban lévő természetes radionuklidok változatos koncentrációival) magyarázható; a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja jellemzően 2–70 Bq/kg. A talajminták mellett *fűminták* (esetleg széna) is szerepelnek a vizsgálati programban.

A *felszíni vizek* vizsgálata során a kormányhivatalokban működő ERMAH-laboratóriumok vármegyénként egy-egy folyóvízből havonta és egy-egy állóvízből negyedévente vesznek mintát, majd azoknak az összes béta-aktivitáskoncentrációját határozzák meg. Az NNGYK a Dunát 6 ponton monitorozza (Gönyű, Észak-Budapest, Budafok, Paks, a Paksi Atomerőmű V2 melegági csatornája és Mohács), továbbá referenciaképpen a Szelidi-tó vizét vizsgálja (**1. ábra**). Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az összes béta-aktivitáskoncentráció (jellemzően 50–250 mBq/l) zöme a ^{40}K -tól (jellemzően 50–150 mBq/l) származik. A vizsgált mesterséges eredetű radionuklidok (^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs) aktivitáskoncentrációi általában nem érik el a 10 mBq/l-t.

Az országos vizsgálati programot néhány regionális alprogram egészíti ki, amelyek az ún. *kiemelt létesítmények*hez kapcsolódnak.



In-situ gamma-spektrometriás vizsgálat



Víz minta vétele

Ilyenek a radioaktív hulladék-tárolók Püspökszilágyon és Bataapáiban, továbbá a nukleáris létesítmények, így a kutatóreaktor Csilébércen, az oktatóreaktor a budapesti Műgyetemen, az atomerőművek Pakson és Mohiban. (Ez utóbbi Szlovákiában van, de 80 km sugarú környezete átnyúlik a Visegrádi-hegységbe és a Börzsönybe.) Ezek a létesítmények maguk is monitorozzák a környezetüket, de az üzemeltetőtől független vizsgálatok is elengedhetetlenek.

Élelmiszer minták

Mivel az ERMAH egyik fő célja a lakosság dózisterhelésének a becslése, ezért – az érzékeny átlagfogyasztót modellezve – az *élelmiszer mintákat* kiskereskedelmi forgalomból vásároljuk, többnyire a legolcsóbb (éppen akciós) terméket választva.

A vizsgált élelmiszerfélék: cereáliák (búza dara, rizs, kukorica-pehely, zabpehely), kenyér (esetleg kifli vagy zsömlé), tej és tejtermékek (sajt, túró, tejföl), hús (baromfi, sertés, marha, hal), tojás, szezonális zöldség és gyümölcs, ásványvíz, ivóvíz. (Jogi szempontból csak a csapvíz ivóvíz, az ásványvíz nem az.) Tudomásunk szerint hazánkban csak az ERMAH vizsgál „vegyes élelmiszer”-mintákat (azaz fogyasztásra kész ebédmenüt). Ezeket kifizetésből, menzáról, ételfutártól szerezzük be. Az NNGYK tervei között szerepel a mintavétel kiterjesztése további élelmiszerekre, például vadhúsokra, húskészítményekre (parizer, virsli, kolbász), gombára, bébiételekre.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a legtöbb élelmiszerféleségekben az összes béta-aktivitáskonzentráció 10 és

100 Bq/kg közé esik (az élelmiszer K-tartalmától függően). A ^{137}Cs jelenléte az élelmiszer mintáknak durván a felében mutatható ki. A kimutatási határ számos tényezőtől függ (ilyen pl. a minta hamutartalma és a mérés időtartama), de általában a 100 mBq/kg nagyságrendjébe esik. Hasonlót mondhatunk a ^{90}Sr -ról is azzal a kiegészítéssel, hogy (a kémiai feldolgozás veszteségeinek függvényében) a kimutatási határ még szélesebb tartományban változhat.

Befejezés

Noha az ERMAH-nak nem elsődleges feladata a korai riasztás, radiológiai és nukleáris veszélyhelyzet esetén az ERMAH-laboratóriumoknak folyamatos üzemben kell biztosítaniuk a környezetet radiológiai ellenőrzését. Számos mintatípushoz kapcsolódik ún. *jelentési szint*. (Az az aktivitáskonzentráció, aminek a túllépését haladéktalanul tudatni kell a szakmai irányítóval.) A legtöbb jelentési szintje az összes béta-, a ^{137}Cs - és a ^{90}Sr -aktivitáskonzentrációnak van. Fontos rögzítenünk, hogy az alkalmazott vizsgálati technikák megfelelő tartalékkal alkalmasak a jelentési szinteknél kisebb aktivitáskonzentrációk kimutatására.

Példaként említhető a tejben lévő ^{137}Cs vizsgálata. Többnapos szárítást, bepárlást és hamvasztást követően 60 000 s (kb. 16,7 h) mérési idővel mintegy 0,01 Bq/l-es kimutatási határ érhető el. Időszükében, a nyers minta 20 000 s-os (kb. 5,5 h-s) mérésével a kimutatási határ kb. 0,1 Bq/l. Ez nyilvánvalóan kedvezőtlenebb az előbbinél, ám még mindig kisebb a vonatkozó, 0,25 Bq/l-es jelentési szintnél – vagyis az időszükében végzett mérés is kellően érzékeny ahhoz, hogy ki lehessen mutatni a jelentési szintet elérő aktivitáskonzentrációkat.

Az ERMAH eredményei is alátámasztják, hogy az embert érő sugárterhelésnek (a külső és a belső komponensnek egyaránt) a nagyobbik része természetes eredetű. Magyarországon a külső sugárterhelésnek (amit a kozmikus sugárzás mellett a kőzetek és a talaj radioaktivitása okoz) a természetes komponense szabad téren átlagosan 0,16 mSv/év, épületen belül 0,84 mSv/év. (Ez utóbbi a kibányászott, feldolgozott és építőanyagként felhasznált anyagoknak tudható be.) A kiüledett mesterséges radioaktivitás járuléka ezzel szemben 0,0056 mSv/év. Az élelmiszerek fogyasztásából származó sugárterhelésnek 0,175 mSv/év a természetes és 0,002 mSv/év a mesterséges komponense.

Mindezek az értékek összesítve is jelentős mértékben elmaradnak a természetes eredetű radonizotópok és rövid felezési idejű bomlástermékeik belégzésének dóziskövetkezményétől, ami a legújabb tudományos eredmények szerint Magyarországon 5,6 mSv/év-et tesz ki.

Az ERMAH-rendszer működéséről és eredményeiről az érdeklődő olvasó további információkat talál az éves OKSER-jelentésekben. Ezeket bárki ingyen letöltheti az Országos Atomenergia Hivatal, OAH (illetve a 2014 előtti jelentések esetében az NNGYK) honlapjáról (www.haea.hu, illetve nngyk.gov.hu).

IRODALOM

- [1] Az Európai Atomenergia Közösséget Létrehozó Szerződés.
- [2] 2000/473/Euratom ajánlás a népesség egészségét érő sugárterhelés felmérése érdekében a környezeti radioaktivitás-szint figyelemmel kísérésére vonatkozó alkalmazásáról.
- [3] 489/2015. Korm. r. a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről.
- [4] 8/2002. EüM r. az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről.