



Országos Atomenergia Hivatal

**AZ
ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER**

OKSER

2016. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2018. június

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
Előszó	5
1 Bevezetés	6
1.1 A mérési adatok megjelenítése	6
1.2 Az OKSER tagjai	8
1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőjét ellátó szakértők 2016-ban	8
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése	9
2 Létesítményi kibocsátások, a kibocsátási korlátok	11
2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan	11
2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.2 Az NRHT kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	14
2.2.3 Az RHFT kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	15
2.2.4 Az MTA EK Kutatóreaktor kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	16
2.2.5 Az Oktatóreaktor kibocsátás és környezetellenőrző hálózata	16
3 A hatósági ellenőrzés rendszere	17
3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása	17
3.1.1 OKI KI SSFO (OKK OSSKI)	17
3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal	17
3.1.3 Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Radiológiai Laboratóriuma	18
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat	18
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei	19
f) Takarmány	21
g) Növényi eredetű, nyers élelmiszer	21
h) Gabonafélék és azokból készült termékek	22
i) Tej, tejtermék	22
j) Hús és hústermékek aktivitáskonzentrációi	23
k) Vegyes élelmiszer	23
4 Országos mérési adatok értékelése	24
4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei	24
4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai	24
4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések	29
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	30
4.3 Kihullás (fall-out) eredmények	32
4.4 Talaj minták mérési eredményei	34
4.5 Felszíni vizek monitoringja	37
4.6 Ivóvíz	40
4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	40
4.6.2 Palackozott vizek	44
4.7 Növényzet	45
4.7.1 Takarmány	45
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	49
4.7.3 Gabonafélék és azokból készült termékek	52
4.8 Állati eredetű élelmiszerek	55
4.8.1 Tej, tejtermék	55
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskonzentrációi	58
4.9 Vegyes élelmiszer	61
4.10 Egyéb mérések	62
5 Létesítmények környezete	63
5.1 A Paksi Atomerőmű Zrt. környezetében végzett mérések	63
5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	65
5.1.2 Aeroszol aktivitás-konzentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	67
5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei	69
5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg és melegvízcsonkjában mért aktivitáskonzentrációk	69
5.1.5 Az OKI KI SSFO mérési adatai Paks felszíni vizekre vonatkozóan	70

5.1.6	A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei.....	71
5.1.7	A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk a hatósági mérések alapján	72
5.1.8	A talajban mért aktivitáskoncentrációk	76
5.1.9	A takarmánymintákban mért aktivitáskoncentrációk	78
5.1.10	A növénymintákban mért aktivitáskoncentrációk	79
5.1.11	Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása.....	81
5.2	A bátaapáti NRHT telephelyének környezellenőrzési mérési adatai	85
5.2.1	Az NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai	85
5.2.2	Az NRHT környezetében mért kihullás eredmények.....	86
5.2.3	Az NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei	87
5.2.4	Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei	88
5.2.5	Az NRHT környezetében mért növényminták adatai	89
5.3	A püspökszilágyi RHFT környezellenőrzési mérési adatai.....	90
5.3.1	Az RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok	90
5.3.2	Az RHFT környezetében mért kihullás eredmények	91
5.3.3	Az RHFT környezetének talajmérési eredményei.....	92
5.3.4	Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei	94
5.3.5	Az RHFT környezetében mért növényzet adatok	95
5.4	A KFKI telephely környezellenőrzési mérési adatai.....	96
5.4.1	A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	96
5.4.2	A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk	97
5.4.3	A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények.....	98
5.5	A BME Oktatóreaktor telephely környezellenőrzési mérési adatai	98
6	Országhatáron túli hatások.....	101
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények	101
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózis-teljesítmények és aktivitáskoncentrációk (OKI KI SSFO és NÉBIH).....	101
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fallout minták mérési eredményei (OKI KI SSFO) 103	
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH).....	104
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH)	105
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH).....	106
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz- és iszapminták mérési eredményei (OKI KI SSFO).....	107
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei (OKI KI SSFO) 108	
7	Kibocsátási eredmények	109
7.1	A Paksi Atomerőmű Zrt.	109
7.1.1	Léggöri kibocsátás	110
7.1.2	Folyékony kibocsátás	113
7.1.3	Megállapítások	119
7.2	Az NRHT	122
7.2.1	A föld felszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése	122
7.2.2	A föld felszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	122
7.2.3	A felszín alatti térrész léggöri kibocsátásának értékelése	123
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése	123
7.2.5	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	123
7.2.5.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített léggöri kibocsátásának értékelése	123
7.2.5.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése	124
7.3	Az RHFT	125
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése	125
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése.....	126
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése.....	126
7.3.4	Összesített kibocsátások	127
7.4	A Kutatóreaktor	128
7.5	Az Oktatóreaktor.....	129
7.6	Az Izotóp Intézet Kft.	130
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai	132
8.1	A Paksi Atomerőmű.....	132
8.1.1	A léggöri kibocsátásból származó sugárterhelés.....	132

8.1.2	A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés	135
8.1.3	Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése	136
8.2	Egyéb kiemelt létesítmények	138
	Következtetések	139
	Irodalom, hivatkozott jogszabályok	140
	Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek	141
	Rövidítések jegyzéke	143

Előszó

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény hatálya kiterjed az atomenergia békés célú alkalmazására, az azzal kapcsolatos jogosultságokra és kötelezettségekre, továbbá az embereknek, valamint az élő és élettelen környezetnek a természetes és mesterséges eredetű ionizáló sugárzás káros hatásai elleni védelmére.

Szintén az emberek természetes és mesterséges eredetű ionizáló sugárzás elleni káros hatásaival szembeni védelem jelenik meg a Tanács 2013/59/EURATOM irányelvében.

Az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó szerződés 35. cikke alapján valamennyi uniós tagállam az elmúlt évtizedekben létrehozta a levegő, a víz és a talaj radioaktivitásának állandó figyelemmel kíséréséhez szükséges intézményi feltételrendszert, melynek részletesebb követelményeit az Európai Bizottság 2000/473/EURATOM ajánlása tartalmazza. A hivatkozott nemzetközi kötelezettségekkel és ajánlásokkal összhangban lévő hazai szabályozás 2016. január elsejével megváltozott. A 275/2002. (XII. 21.) Korm. rendeletet a 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet (továbbiakban Rendelet) váltotta, mely „A lakosság természetes és az orvosi sugárterhelésen kívüli mesterséges eredetű sugárterhelés meghatározásához szükséges kötelezően mérendő mennyiségekről, azok központi gyűjtéséről, feldolgozásáról, kezeléséről és értékeléséről, ellenőrzési rendjéről” rendelkezik.

A korábbi szabályozáshoz képest – a nemzetközi kötelezettségeken túlmutató - változás, hogy a szabályozás kiterjed a külön jogszabályban meghatározott országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszer (a továbbiakban: ONER) működéséhez szükséges adatok szolgáltatására is.

A Rendelet alapján az Országos Atomenergia Hivatal felügyeletével működő Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) végzi a lakosság természetes és az orvosi sugárterhelésen kívüli mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási viszonyok és a környezetben mérhető egyes radionuklidok aktivitáskoncentrációja országos mérési eredményeinek gyűjtését, nyilvántartását és értékelését, valamint a kiemelt létesítmények környezetére vonatkozó sugárvédelmi hatósági ellenőrző programok koordinálását. Az OKSER tagjai a környezeti sugárzás adatgyűjtésében érintett központi államigazgatási szervek és egyéb szakmai szervezetek.

Az OKSER operatív szerve az Országos Atomenergia Hivatal által működtetett Radiológiai Információs és Szolgáltató Központ, melynek alapvető feladata az ország területén mérhető környezeti sugárzás dózisteljesítmény, a környezet közegeiben, az élelmiszerekben található radioaktív izotópokról, az emberi szervezet radioaktív belső szennyezettségének, valamint a létesítményi kibocsátási adatok gyűjtése, nyilvántartása, és elemzések készítése. Az Országos Közegészségügyi Intézet szakmai támogatást nyújt az OAH részére e feladat ellátásához.

Az előző évi mérési eredményekből az OKSER Szakbizottság minden évben éves jelentést készít.

Jelen kiadvány a 2016. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.

Budapest, 2018. június 26.



Dr. Rónaky József
az OKSER Szakbizottság elnöke

1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2016. évi jelentése a Radiológiai Információs és Szolgáltató Központ (továbbiakban RISZK) adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2016. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 74000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A jelentés szövegében az izotópok jelölését „^{AAA}Xy” alakban, a közvetlen számítógépes lekérdezések eredményeként előálló táblázatokban és ábrákon a szabványos „^{AAA}Xy” alak helyett „XY-AAA” alakban adtuk meg.
- b) A mérési eredményeket elsősorban a mintafajták, nagyobb mintacsoportok szerint (pl. talaj, növényzet, állati eredetű élelmiszerek) csoportosítottuk. Ezeken belül azonban – indokolt esetben – alcsoportokat (pl. takarmány, növényi eredetű nyers élelmiszer, feldolgozott növényi eredetű élelmiszer) képeztünk.
- c) Lehetőség szerint törekedtünk az ún. nuklidspecifikus eredmények bemutatására, azonban nem hagyhattuk el a mérési programok jelentős részét képviselő – inkább indikátor jellegű mennyiségnek tekinthető – összes béta-aktivitási¹ és összes alfa-aktivitási² adatokat sem.
- d) A környezeti gamma-dózisteljesítmény adatokat egyes laboratóriumok Gy, más laboratóriumok Sv egységben közlik, a jelentésben egységesen Sv szerepel.
- e) A b) pontnak megfelelően az országos ellenőrzési eredmények alapvető megjelenítési formái az éves átlagok, valamint egyéb statisztikai jellemzőket bemutató térképek és táblázatok. Tekintettel arra, hogy a mintavételi programok általában megyei szintig lebontottak – kivétel a gamma-dózisteljesítmény és a felszíni vizek ellenőrzése – a feldolgozás térbeli felbontása is ennek megfelelő. A létesítményekhez kötött ellenőrzési programok eredményeinek bemutatásánál – ahol a hatások kimutatása a fő cél – az időbeli változások megjelenítésére törekedtünk.
- f) A létesítmények ellenőrzési eredményeinél a telephelyet és annak környezetét általában jellemző adatsorokat választottunk.
- g) A jelentés táblázataiban a „kimutatási határ alatti” esetek jelzésére a „Kha” rövidítést használtuk. Megjegyezzük, hogy a kimutatási határ ugyanazon mintafajta és izotóp esetén is laboratóriumként eltérő lehet.

¹ Az összes béta-aktivitás a mintában található béta-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti

² Az összes alfa-aktivitás a mintában található alfa-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti

- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére a mérések több mintafajtánál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
- átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket a kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) ekkor sem adtuk meg a szórást, csak a megyei eredményeknél.
 - csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - csak a maximum értéket szerepeltettük – megállapodás szerint –, ha csupán 1 kimutatási határ feletti eredmény volt;
 - végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
 - az eredmények összesített számán kívül minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.
- i) A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximum értékeket tüntettük fel.

Az egyedi mérési eredmények bizonytalanságáról elmondható, hogy a mérések relatív hibája általában nem haladja meg a 10 %-ot. Nagyobb és nehezen, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető bizonytalanságot eredményez a mintavétel olyan környezeti mintáknál, ahol jelentős mértékű inhomogenitás fordulhat elő (pl. a csernobili atomerőmű balesetből származó ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja a talajban).

Kiegészítésként megjegyezzük, hogy a jelentésben szereplő adatoknál több tekintetben részletesebb, elemzőbb összefoglalókat találhatunk egyes tárcák mérőhálózatainak tevékenységéről, illetve egyes létesítmények környezet-ellenőrzéséről szóló cikkekben, jelentésekben.

1.2 Az OKSER tagjai

Az OKSER tagjai (a 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet 1. sz. melléklete alapján)

1. a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter által vezetett minisztérium
2. az egészségügyért felelős miniszter által vezetett minisztérium
3. a környezetvédelemért felelős miniszter által vezetett minisztérium
4. az agrárpolitikáért felelős miniszter által vezetett minisztérium
5. az élelmiszerlánc-felügyeletért felelős miniszter által vezetett minisztérium
6. az oktatásért felelős miniszter által vezetett minisztérium
7. a honvédelemért felelős miniszter által vezetett minisztérium
8. a közigazgatás-szervezésért felelős miniszter által vezetett minisztérium
9. az Országos Meteorológiai Szolgálat
10. a Magyar Tudományos Akadémia
11. az Országos Atomenergia Hivatal
12. az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
13. a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.
14. a Mecsekérc Zártkörűen Működő Részvénytársaság
15. az Országos Közegészségügyi Intézet.

1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőit ellátó szakértők 2016-ban

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság - BM OKF)
2. Dr. Pellet Sándor (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Egészségügyi Ágazat)
3. Dr. Dobi Bálint (Földművelésügyi Minisztérium - Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat)
4. Ádámné Sió Tünde (Földművelésügyi Minisztérium - Földművelésügyi Ágazat)
5. Cservenák Ildikó (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Oktatási Ágazat)
6. Farkas Ferenc ezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH GAVIK)
7. Nagy József (Országos Meteorológiai Szolgálat)
8. Dr. Zagyvai Péter (Magyar Tudományos Akadémia - Energiatudományi Kutatóközpont)
9. Kapitány Sándor (Országos Atomenergia Hivatal)
10. Dr. Bujtás Tibor (MVM Paksi Atomerőmű Zrt.)
11. Dr. Radó Krisztián (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft)
12. Molnár Éva (a Mecsekérc Zártkörűen Működő Részvénytársaság)
13. Fülöp Nándor (Országos Közegészségügyi Intézet KI SSFO)
14. Dr. Rónagy József (az OKSER Szakbizottság elnöke)

1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése

A lakosságot folyamatosan éri ionizáló sugárzás, mivel az ionizáló sugárzást létrehozó anyagok jelen vannak a környezetünkben, mind az élőlényekben, mind természetes illetve mesterséges eredetű élettelen anyagokban is.

Az emberiséget érő sugárzásokat többféleképpen csoportosíthatjuk. A sugárzás eredete alapján megkülönböztetünk természetes és mesterséges eredetű sugárforrásokat. A sugárzás forrása és a sugárhatást elszenvedő egyén relatív elhelyezkedése alapján pedig megkülönböztetünk külső és belső sugárforrásokat. Amennyiben a sugárforrás a szervezetünkön kívül helyezkedik el, külső sugárforrásról beszélünk. Amennyiben egy radionuklid táplálkozás vagy légzés (esetleg sérülés) során bejut a szervezetbe, és ott hosszabb-rövidebb ideig megkötődik, belső sugárforrásról beszélünk.

A természetes eredetű sugárzás két fő forrása az űr és a földkéreg.

Az űrből a Föld légkörébe érkező nagy energiájú részecske sugárzások az elsődleges kozmikus sugárzások (kozmosz sugárzás és a kozmogén radionuklidok.) Egy részét a Föld mágneses tere eltéríti, melynek mértéke a földrajzi szélességtől illetve a naptevékenység keltette mágneses terek változásától függ. Eredetük szerint megkülönböztethető galaktikus és szoláris kozmikus sugárzás. A kozmikus sugárzás értéke magasság és földrajzi szélesség függő.

A földkéreg tekintetében a kozmogén radionuklidokon kívül ma már csak azok a radioizotópok (valamint bomlástermékeik) találhatók meg a Földön, (a mesterségesen előállítottakat nem számítva) melyeknek felezési ideje összemérhető a Föld korával. Ezeket szokás nevezni földkérgi vagy terasztrialis eredetű radionuklidoknak is. A dózisterhelés szempontjából az alapvető primordiális radionuklidok a ^{40}K , ^{232}Th és ^{238}U .

Mivel a természetes sugárterhelés több mint a fele (házunkban átlagosan 1,26 mSv/év) az urán bomlási lánc részét képező, gáznemű ^{222}Rn -tól és annak leányelemeitől származik, ez az izotóp külön figyelmet érdemel. Szabadban gyorsan felhígul, de zárt terekben (lakások, munkahelyek) feldúsulhat. [5]

Mesterséges eredetű, az ember által előállított ionizáló sugárforrásoktól származó hatások a röntgen sugárzás felfedezésétől, azaz 1895-től érik az emberiséget. [5]

Az UNSCEAR 2016-os Radiation Effects and Sources kiadványa szerint a felnőtt lakosság természetes és mesterséges forrásból várható éves effektív dózis átlagértéke körülbelül 3 mSv. A természetes forrásból származó éves effektív dózis körülbelül 2,4 mSv, ebből a legnagyobb járulékot a radon és leányelemei jelentik 1,3 mSv-es értékkel, a talaj okozta sugárterhelés körülbelül 0,48 mSv, a kozmikus sugárzás körülbelül 0,39 mSv többletdózist eredményez. A mesterséges forrásból származó éves effektív dózis értéke körülbelül 0,65 mSv. A mesterséges eredetű sugárzás forrásai: radioaktív hulladékok, nukleárisfegyver kísérletek, radioizotópok előállítása, felhasználása, orvosi alkalmazások, sugár és nukleáris balesetek, működő atomerőművek – beleértve az egész nukleáris fűtőanyag ciklust. A mesterséges sugárterhelés esetében a legnagyobb hozzájárulást az orvosi terület képviseli 0,62 mSv éves többlet dózissal. [11]

Hazánk lakosságának természetes sugárterhelése körülbelül szintén 3 mSv/év, mivel azon országok közé tartozunk, amelyek lakói viszonylag több időt töltenek épületben.

A természetes sugárterhelésünk legnagyobb része - mintegy fele - két-harmada a felszíni kőzetekben, talajokban és az építőanyagokban bizonyos koncentrációban mindig jelen lévő urán bomlásakor felszabaduló radongáz és egyéb légnemű radioaktív anyagok belégzéséből ered.

Mesterséges eredetű sugárterhelést okozhatnak hazánkban az orvosi eredetű sugárterheléseken kívül az alábbi létesítmények:

- A kiemelt létesítmények:
 - MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Paksi Atomerőmű
 - BME Nukleáris Technikai Intézet Oktatóreaktor
 - RHK Kft. Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója
 - MTA Energiatudományi Kutatóközpont Kutatóreaktor
 - Izotópgyártó A-típusú laboratórium, Izotóp Intézet Kft.
 - RHK Kft. Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló
 - RHK Kft. Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló
- A radioaktív anyagot alkalmazó munkahelyek
- Ionizáló sugárzást létrehozó berendezéseket alkalmazó munkahelyek
- A külföldi atomerőművek, melyek potenciális veszélyforrást jelenthetnek:
 - Mochovce VVER 2*440 (Salgótarján É 50 km) - további 2 épül
 - Bohunice VVER 2*440 (Komárom É 110 km) - további 2 lebontás alatt
 - Krško PWR 664 (Lenti DNY 120 km)
 - Dukovani VVER 4*500 (Hegyeshalom ÉNy 160 km)
 - Temelin VVER 2*1000 (Hegyeshalom ÉNy 280 km)

A 489/2015. Korm. rendelet hatálya, így az OKSER jelentés tartalma sem terjed ki a lakosság természetes és az orvosi eredetű sugárterhelésének meghatározására.

A lakossági sugárterhelés mesterséges forrásból származó járulékaiknak számítása során elsősorban a kiemelt létesítmények radioaktív kibocsátásait, környezetellenőrzési eredményeit kell figyelembe venni és megállapítani, hogy mely létesítmény milyen többletdózissal járul hozzá a lakosság sugárterheléséhez.

2 Létesítményi kibocsátások, a kibocsátási korlátok

2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan

A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet (továbbiakban KöM rendelet) az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről rendelkezik az atomenergia alkalmazása során a radioaktív anyagoknak a levegőbe és vízbe történő kibocsátásáról, a vizek és víztartó képződmények radioaktív és hőszennyezés elleni védelméről, a levegő és a vízi környezet radioaktív szennyeződése ellenőrzéséről, az e tevékenységeket végzőkre vonatkozóan állapít meg előírásokat.

Annak érdekében, hogy egy adott tevékenységből származó, adott és ellenőrzés alatt tartott forrásból eredő foglalkozási vagy a lakosság tagjaira vonatkozó sugárterhelés az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintet jelentősen ne haladja meg, a forrásra vonatkozóan dózismegszorítást kell alkalmazni. A lakossági sugárterhelésre vonatkozó dózismegszorítást az engedélyes javaslata alapján illetékes hatóságként 2016 előtt az Országos Tisztifőorvosi Hivatal engedélyezte, 2016. január 1-jétől az Országos Atomenergia Hivatal engedélyezi. A dózismegszorítást a lakosságot érintő valamennyi engedélyezett tevékenységből és fennálló sugárzási helyzetből eredő dózisek összegére vonatkozó dóziskorlát figyelembe vételével kell megállapítani. A dózismegszorítás – a létesítmények jellegének megfelelően – a Paksi Atomerőmű esetében $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója részére $10 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló, valamint a bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló részére $100 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a Budapesti Kutatóreaktorra $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$, az Oktatóreaktorra $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$ és a bezárt uránbánya területének helyreállítására $300 \mu\text{Sv}/\text{év}$.

A KöM rendelet szerint a a kiemelt létesítmények radioaktív kibocsátásaira vonatkozó éves kibocsátási határértékeit a dózismegszorításból kiindulva kell származtatni. A határértékek származtatását a rendelet 1. számú mellékletében foglalt szempontok figyelembevételével kell elvégezni úgy, hogy a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást. A kibocsátási határértéket minden kibocsátási, továbbá minden olyan radionuklidra vagy azok csoportjaira származtatni kell, amelyek kibocsátásra kerülhetnek. Egyéb létesítmények radioaktív kibocsátásaira alapértelmezés szerint a KöM rendelet 2. számú mellékletében foglalt, jogszabályban rögzített éves kibocsátási határértékek érvényesek, melytől csak a kiemelt létesítményekre vonatkozó módszertan szerint meghatározott, külön eljárásban kiadott engedély alapján térhet el.

A KöM rendelet definiálja a kibocsátási kivizsgálási kritérium fogalmát. *Ennek lényege, hogy normál üzemi körülmények között a kibocsátás mértéke - több radionuklid kibocsátása és/vagy több kibocsátási mód esetén az egyes kibocsátások összege – nem haladhatja meg a kibocsátási határérték - több radionuklid kibocsátása és/vagy több kibocsátási mód esetén a hozzájuk tartozó kibocsátási határértékek – 30 %-át. Tehát a lakosságot érő sugárterhelés a dózismegszorítás harmadánál is alacsonyabb normál üzemi kibocsátások esetén.*

A KöM rendelet szerint az engedélyes a kibocsátások és a környezet ellenőrzését az I. fokú környezetvédelmi hatóság által jóváhagyott Kibocsátásellenőrzési illetve Környezetellenőrzési Szabályzatok alapján köteles végezni.

A KöM rendeletben foglalt hatósági felügyeletet elsőfokú környezetvédelmi hatóságként a környezetvédelmi és természetvédelmi hatáskörben eljáró Baranya Megyei Kormányhivatal Pécsi Járási Hivatala, valamint a Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály Környezetvédelmi Mérőközpontjának Radiológiai Laboratóriuma (a továbbiakban: BAMKH NF LO) látja el. A helyszíni hatósági ellenőrzéseket a Pécsi Járási Hivatal és a BAMKH NF LO közösen látja el.

A 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet rendelkezése szerint az OKSER feladata a kiemelt létesítmények környezetében kialakult sugárzási helyzet hatósági értékelése. [4]

2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

A radioaktív anyagok kibocsátásának, valamint a környezet radioaktív terhelésének ellenőrzése céljából a Paksi Atomerőmű egy széleskörűen kiépített üzemi kibocsátás- és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert üzemeltet. A rendszert egyrészt távmérő hálózatok, másrészt laboratóriumi mintavételes vizsgálatok alkotják. A környezetellenőrzés távmérő rendszerei: A telepített kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (KKSER) egy szűkebb részét a környezeti A és B típusú levegőmonitoring távmérő állomások hálózata, a G típusú dózisteljesítményt mérő állomások hálózata, a V típusú vízmintavételeket ellátó állomások hálózata továbbá a meteorológiai adatokat szolgáltató berendezések – röviden környezetellenőrző hálózat – képezi.

A környezetellenőrző hálózat érzékelői több, mint 130 különböző sugárzási és meteorológiai paraméterről szolgáltatnak folyamatosan, 10 perces mérési időciklusokban információt, melyek jelkábelen és/vagy rádiótelefonon keresztül egy számítógépes adatgyűjtő és feldolgozó egységekbe kerülnek. Innen a sugárzási adatok a különböző technológiai vezénylők megjelenítőin követhetők nyomon. Határérték túllépéskor a vezénylőkben fény- és hangjelzés hívja fel a figyelmet az adott mérőcsatorna jelzésére. A távmérő állomások aktív és passzív mintavevő egységekkel is fel vannak szerelve, melyek folyamatos mintavételt végeznek a különböző környezeti közegekből laboratóriumi vizsgálatok céljára. A környezet mintavételes ellenőrzése a környezeti mintákban lévő radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációjára, valamint a környezeti gamma-sugárzás dóziséra vonatkozó vizsgálatoknak az a célja, hogy közvetlen mérési adatokat kapjanak az erőműből kibocsátott radioaktív izotópok által létrehozott környezetterhelésre. Az érzékeny, nuklidspecifikus laboratóriumi vizsgálatok egyben kiegészítik, pontosabbá teszik a távmérések útján kapott képet. Az ellenőrzés főleg az elsődleges környezeti közegekre – a légköri eredetű, a talajfelszíni, a felszíni víz és a talajvíz mintákra – terjed ki. A minták túlnyomó része az erőmű 1,5-3 km-es, néhányé a 30 km-es (14 db környezeti dózist mérő C típusú állomás) sugarú körzetéből származik. A dunaföldvári B (vagy B24) állomást kontroll állomásnak tekintik. A legfontosabb mintákat a távmérő és mintavevő állomások folyamatos üzemű aktív mintavevői szolgáltatják (aeroszol, jód, illetve víz minták). A táplálék-féleségek közül a normálüzemi ellenőrzés a fűre, a tejre és a halra korlátozódik. Az erőmű normál üzemelése mellett a környezeti minták gyűjtése (a mintacserék végzése) előre meghatározott program szerint történik. A mintákat a Környezetellenőrző Laborban dolgozzák fel és mérik meg aktivitáskoncentrációjukat. A mérési eredményekről a laboratórium vizsgálati jegyzőkönyvet, heti, havi és éves jelentést készít, melyeket az érintett hatóságoknak rendszeresen megküldenek. Évente legalább 4000 különböző minta vizsgálatára kerül sor, a mérési eredmények száma pedig – a nuklidspecifikus vizsgálatoknak köszönhetően – 10 000 körül mozog. [8]

2.2.2 Az NRHT kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

A környezeti sugárvédelmi (radiológiai) ellenőrzés célja, hogy folyamatos mintázással és méréssel megfigyelje a tároló környezetében a sugárzási helyzetben (aktivitásszint, gamma-dózisteljesítmény) beálló változásokat, tendenciákat. A radiológiai környezetterhelést vizsgáló rendszert alkotó monitor-elemek két csoportba oszthatók: a környezet-ellenőrzési, ill. a kibocsátást ellenőrző csoportba. Bár feladatukat te-kintve vannak olyan monitor-elemek, amelyek mindkét funkciót ellátják, de a két csoport objektumai térben is elkülönülnek. Az első a telephely tágabb (néhány km-re lévő) térségében helyezkedik el, míg a másodikba a kibocsátás detektálására a telephelyen vagy annak közvetlen közelében lévő észlelési, mintázási helyszínek tartoznak.

A kibocsátások sugárvédelmi ellenőrzése rögzített mintavételi helyeken történik. A légköri kibocsátások ellenőrzésére három kibocsátásellenőrzési pont, a vízkörnyezeti kibocsátásokra szintén kettő (+egy) pont szolgál. Folyamatos dózisteljesítmény mérés mellett, aeroszol-, és légköri trícium és radiokarbon, mintavétel majd kiértékelés szolgálja a kibocsátás folyamatos ellenőrzését.

A létesítmény sajátosságait és a helyszíni viszonyokat figyelembe véve öt környezeti monitoring állomás létesült. Ezek az állomásokon folyamatos környezeti-dózisteljesítmény mérés mellett, aeroszol-, kihullás, és légköri trícium és radiokarbon, valamint talaj és növény mintavétel történik. Az NRHT telephelyén környezeti laboratórium működik, ahol a környezeti minták hagyományos gamma és összes béta-vizsgálatait illetve ezek előkészítési munkáit végzik. A nehezen mérhető izotópok mérési feladatainak ellátásához illetve a kapcsolódó technológiai rendszerek karbantartási feladataira külső vállalkozóval nyílt közbeszerzési pályázat útján szerződést kötöttek.

A hagyományos környezetellenőrző monitoring keretébe tartozik a meteorológiai paraméterek mérése, a levegőben lévő szennyező anyagok (por, nitrogén-dioxid stb.) kimutatása, a mederüledékekben lévő (a tágabb környezetből származó) és az NRHT-ba vezető út mentén a közlekedési eredetű toxikus nyomelemek megfigyelése, valamint a zajterhelés mérése. A kibocsátások sugárvédelmi ellenőrzése rögzített mintavételi helyeken történik. A létesítményből csak tervezett és ellenőrzött módon, gyűjtőtartályokból kerülnek vizek kibocsátására. A légköri kibocsátások ellenőrzésére három kibocsátásellenőrzési pont szolgál.

A monitoring elemek utolsó csoportjába a földtani (geotechnikai), vízföldtani monitoring elemek tartoznak, melyek a felszín alatti térségek és a földtani gát állapotának folyamatos ellenőrzését teszik lehetővé. [7]

2.2.3 Az RHFT kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

Az RHFT környezeti megfigyelő rendszerének célja, hogy a radioaktív hulladékok kezelésének és tárolásának környezeti hatásait, illetve a munkavégzés közben keletkezett esetleges szennyeződések időben feltárja. A mintavételezés a telephely teljes területét, felszíni vízfolyások esetében pedig a 20 km-es körzetét érinti.

A püspökszilágyi RHFT környezeti kibocsátásait és környezetellenőrzésének rendszerét a hivatalos üzemviteli dokumentumok részeként kiadott, az illetékes hatóságok által jóváhagyott kibocsátás ellenőrzési szabályzat, környezetellenőrzési szabályzat, valamint a Komplex Monitoring Terv határozza meg. Az RHFT területén légköri vagy folyékony (elsősorban csapadékvíz) radioaktív kibocsátásokra üzemszerűen csak az ellenőrzött zónában elhelyezkedő üzemi épületből és a tárolóterületről kerülhet sor. A légnemű kibocsátás ellenőrzése egy, az üzemi épület szellőző rendszerének a kéményébe telepített mintavevővel történik. A tárolóterület és az üzemi épület kibocsátását az uralkodó szélirányba telepített folyamatos üzemű monitorok is ellenőrzik. A tároló üzembe helyezése előtt meghatározták a tároló környezetének leglényegesebb pontjain (a környező vízfolyások mentén és a talajvízben) az úgynevezett alapszintet, a működés előtti sugárzási háttérértékeket. Az ellenőrző mérések eredményeit ezekhez az 1976-77-ben meghatározott adatokhoz is viszonyítják. Az RHFT radiológiai környezetellenőrzési tevékenysége több laboratórium munkáján alapul. Az RHFT saját környezeti laboratóriuma végzi az alapvető, legszükségesebb méréseket. A szerződéses partnerek hajtják végre a speciális méréseket, a nehezen detektálható izotópok kimutatását a környezeti mintákban. A telephely környezetellenőrző laboratóriuma jellemzően 40 különböző mintavételi helyről gyűjt rendszeresen növény, talaj, üledék/iszap, aeroszol, kihullás, állati eredetű, felszíni víz illetve talajvíz mintákat gamma-spektrometria és összes béta számlálás céljából. A telephely környezetéből éves szinten mintegy 600 mintát (aeroszol, növény, talaj, hal, felszíni és talajvíz) vesznek. A tároló környezetében mérhető radiológiai jellemzők helyi nyilvántartásba, valamint az OKSER országos szintű számítógépes nyilvántartásába kerülnek. [7]

2.2.4 Az MTA EK Kutatóreaktor kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

A környezeti sugárzási szintek folyamatos monitorozása a mintegy 2 km² kiterjedésű telephelyen kihelyezett 18 (közülük 2 detektorpár, egy-egy közlekedési út két oldalán) GM szondával történik. A dózisteljesítmény folyamatos mérése mellett a telephelyen 4 környezetmonitorozó mérőállomás található, valamint 1 úgynevezett „Paksi Referencia Állomás”, ez a PAE körül telepített „A” típusú mérőállomásokkal azonos felépítésű. Ebben is üzemel dózisteljesítmény-mérő. A további mérési módszerek és az éves mintaszámok az alábbiak:

aeroszol-mintavétel, szakaszos kiértékelés összesbéta-számlálással, 3 napos pihentetés után: 4 állomás, éves mintaszámok 50, 247, 358, 250.

elemi jód mintavétel, szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával: 1 állomás, éves mintaszám 52.

elemi jód mintavétel, szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával: 1 állomás, éves mintaszám 51.

folyamatos aeroszol- és elemi jód ellenőrzés összesbéta-számlálással az „A” állomáson. Ugyanott szakaszos aeroszol-mintavétel, kiértékelés gamma-spektrometriával, éves mintaszám 52.

aeroszol, elemi jód és szerves jód szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával az „A” állomáson vett mintával; éves mintaszám 52.

nedves és száraz kihullás egyesített mintavétele 4 állomáson, kiértékelés gamma-spektrometriával, éves mintaszám: 3×12 (havi) + 52 (heti), összesen 88.

A szennyvízkibocsátás ellenőrzése a telekhatár közelében elhelyezkedő vízmintavevő állomáson történik, ahol napi mintavétel és folyamatos aktivitásmérés történik. Tríciummérés a kimenő szennyvízből vett mintából hetente egyszer, éves mintaszám: 52. Szakaszos mintamérés a akimenő szennyvízből vett mintából összesbéta-számlálással, éves mintaszám: 245.

A tevékenység részletes leírását lásd [10]

2.2.5 Az Oktatóreaktor kibocsátás és környezetellenőrző hálózata

A reaktorépület több pontján gamma-és neutron-detektorok folyamatosan mérik a dózisteljesítményt, emellett a levegő aktivitását, a primerkörben, valamint a hulladékvíz-kezelő rendszerben lévő víz aktivitását is folyamatosan monitorozzák és archiválják. Az ellenőrzés főbb elemei a következők:

Kibocsátás mérése: a kibocsátott levegőben GM-csöves folyamatos dózisteljesítménymérés és annak aeroszol-tartalmához kötődő radioaktivitás szakaszos mérése összesbéta-számlálással havonta egyszer.

Környezeti ellenőrző mérések: gamma-dózisteljesítmény folyamatos mérése két RS-04 típusú széles méréshatárú dózisteljesítménymérővel a bejáratnál és a reaktorépület melletti kertben, aeroszol-mintavétel hetente 3-szor (éves mintaszám 150), összesbéta- és összesgamma-mérés szakaszosan, a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után; a száraz és nedves kihullás meghatározása szakaszos mintavétellel havonta egyszer összesbéta-számlálással (éves mintaszám 12), a talajra és a növényzetre kiülepedett, illetve a növényzet által felszívott radioaktivitás mérése évente kétszer gamma-spektrometriával, valamint a Duna vízében megjelenő radioaktivitás monitorozása összesbéta-számlálással illetve gamma-spektrometriával kéthetente (éves mintaszám 26). [9]

3 A hatósági ellenőrzés rendszere

3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása

3.1.1 OKI KI SSFO (OKK OSSKI)

A fővárosi és megyei kormányhivatal, valamint a járási (fővárosi kerületi) hivatal népegészségügyi feladatai ellátásáról, továbbá az egészségügyi államigazgatási szerv kijelöléséről szóló 385/2016. (XII. 2.) Korm. rendelet szabályozza többek között az Országos Közegészségügyi Intézet Környezetegészségügyi Igazgatóság, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály (OKI KI SSFO) munkáját.

Az Országos Közegészségügyi Intézet akkreditált Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratóriuma vizsgálja és méri a lakossági, foglalkozási, orvosi, civilizációs és környezeti sugárterhelést és ésszerű csökkentésének lehetőségeit, vizsgálja és nyomon követi a természetben található radioaktív anyagok felhasználását, továbbá azok bedúsulását eredményező ipari folyamatokat; ellenőrző méréseket végez a felszíni vizek magyarországi szakaszain, ha azok lakossági ivóvízként vagy az élelmiszergyártás során technológiai vízként kerülnek hasznosításra, nyomon követi a szabadban a természetes külső sugárterhelés alakulását és ennek érdekében a Paksi Atomerőmű környezetében környezeti termolumineszcens dozimetriai hálózatot működtet.

3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) 2012. március 15-én alakult meg. A hivatal a Földművelésügyi Minisztérium háttérintézményeként országos hatáskörben felügyeli az élelmiszerlánc-biztonsági szabályok betartását. A radioanalitikai vizsgálatokat az Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság akkreditált laboratóriumai végzik:

Radioanalitikai Referencia Laboratórium: A laboratórium feladata a hazai és import élelmiszereken, takarmányokon kívül, a mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő területről származó minták radioanalitikai ellenőrzése. Az akkreditált vizsgálatok kiterjednek a félvezető detektoros és szcintillációs gamma-spektrometrián kívül kémiai előkészítést igénylő alfa és béta-sugárzó izotópok meghatározására folyadékszcintillációs, alfa-spektrometriás mérés technikával, vagy alacsony háttérű béta számlálással. A laboratórium részt vesz a nukleáris létesítmények környezetellenőrzésében, a környezetellenőrző minták mintavételében, és terepi mérésekben. Elvégzi a nukleáris-balesetelhárítással kapcsolatban rá háruló feladatokat, kapcsolatot tart fenn a feladat végrehajtásában érintett szervezetekkel. Körvizsgálatokat szervez radioanalitikai témakörben hazai és nemzetközi érdeklődők számára. Kapcsolatot tart fenn a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel (IAEA), melynek keretében részt vesz az ALMERA (Analytical Laboratories for Measurement of Environmental Radioactivity) hálózat munkájában, az IAEA által delegált külföldi ösztöndíjasok képzésében.

Élelmiszerlánc Radioanalitikai Laboratórium szekszárdi és szombathelyi telephely: Mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő mintákból, élelmiszerekből, takarmányokból radioanalitikai vizsgálatokat végez, mint pl.: összes alfa és béta sugárzás mérés, alfa és gammaspektrometriával nuklidszelektív radioaktív izotóp meghatározás és radiostroncium elválasztást és mérést).

A NÉBIH Regionális Élelmiszerlánc Laboratóriumai (RÉL) közül a Debreceni RÉL, Kecskeméti RÉL, Kaposvári RÉL, Miskolci RÉL és a Debreceni RÉL végez radioanalitikai vizsgálatokat: Mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő mintákból,

élelmiszerekből takarmányokból összes béta sugárzás mérést, gammaspektrometriával nuklidszelektív radioaktív izotóp meghatározást, és radiostroncium elválasztást és mérést minen laboratórium, összes alfa-vizsgálatot két laboratórium végez jelenleg.)

3.1.3 Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Radiológiai Laboratóriuma

A laboratórium Magyarország kiemelt létesítményeinek kibocsátás- és környezetellenőrzésére kiterjedően országos illetékességi, környezetvédelmi hatósági laboratórium szerepét tölti be. Mintavételi és mérési programját *az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. KöM rendelet 6. számú melléklete* alapján dolgozza ki és végzi.

A fenti rendeletben foglaltak szerint részt vesz a kiemelt létesítmények negyedéves, éves hatósági ellenőrzésében.

A környezetellenőrzési feladatait a következő jogszabály szerint látja el. A 71/2015. (III. 30.) Korm. rendelet a környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló rendelet 4. melléklet 1.2.3 pontja értelmében a radiológiai vizsgálatokat valamennyi környezeti elem vonatkozásában országos illetékességi területtel a Baranya Megyei Kormányhivatal végzi.

Vizsgáló laboratóriumként részt vesz a nemzetközi vízvédelmi Határvízi Egyezményekben meghatározott radiológiai mintavételezésében és mérésben. Munkatársai a szakértői és albizottsági üléseken szakértői feladatot látnak el.

3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat

Az egészségügyi ágazat környezeti sugár-egészségügyi mérőhálózati feladatait a népegészségügyi feladatkörében eljáró fővárosi és megyei kormányhivatal szervezeti keretében működő Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (a továbbiakban: ERMAH) látja el. Az ERMAH hálózatra vonatkozó szabályokat az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről szóló 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet tartalmazza.

Az ERMAH feladatkörében a környezeti sugárvédelmi ellenőrzés keretében mintát vételez, valamint helyszíni és laboratóriumi méréseket folytat le, adatokat továbbít a külön jogszabály alapján működő OKSER részére, illetve meghatározza a lakosság természetes és mesterséges forrásokból származó sugárterhelését.

Az ERMAH feladatait a megyei kormányhivatalok környezeti sugár-egészségügyi laboratóriumai, továbbá az Országos Közegészségügyi Intézet szervezeti keretében működő ERMAH Információs Központ (a továbbiakban: ERMAH IK) útján látja el.

Az ERMAH laboratóriumok által vizsgált minták: levegő aeroszol és fall-out, felszíni víz, hal, talaj, takarmány és fű, gabona és szemestermények, zöldségfélék, gyümölcsfélék, tej és tejtermékek, hús, kenyér, tojás, import élelmiszer, vegyes étrend, ivóvíz és ásványvíz.

Az OKI az OKSER és az ERMAH adatbázisainak felhasználásával az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 20. § (1) bekezdés g) pontjában foglaltak teljesítése érdekében meghatározza a lakosság természetes forrásokból származó sugárterhelésének összetevőit olyan gyakorisággal, melynek alapján a sugárterhelés esetleges időbeli változása nyomon követhető, nyomon követi a lakosság nukleáris veszélyhelyzet utáni sugárterhelését, valamint meghatározza kiemelt létesítmények környezetében élő lakosságnak a létesítmény működéséből származó éves sugárterhelését. [12]

3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei

a) Levegőszűrők (aeroszol) mérése

- Az ERMAH esetében a közepes légforgalmú mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő figyelembe.) A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége együttesen határozzák meg a levegő aktivitáskoncentrációjának kimutatási határát. Jellemző kimutatási határértékek: 1-10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegőből, félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ^{137}Cs aktivitást); illetve 0,5-2,5 mBq/m^3 (50-300 m^3 átszívott levegőből, összes béta-aktivitás mérésével). Az összes béta-aktivitás mérése a legtöbb laboratóriumban plasztik szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorral történik. Ezek a detektorok kb. 50 keV – 1 MeV energiájú elektronok detektálásra alkalmasak. Más laboratóriumokban alacsony háttérű alfa/béta számláló készülékekkel történik az összes béta-mérés, amelybe proporcionális detektorok vannak beépítve. Ezek a detektorok hasonlóképpen a kb. 50 keV energiájú elektronok detektálására már alkalmasak.
- Az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának: A budapesti telephelyen szűrőcserét hetente végeznek, az átszívott levegő kb. 33000 $\text{m}^3/\text{hét}$, 72 órás pihentetés után gamma-spektrometriával mérik az aeroszol-mintákat.
- Oktatóreaktorban a levegő aeroszoltartalmához kötődő radioaktív koncentráció mérése: a mintavevő berendezés az OR épülete mellett 4 m-re, füves talajon helyezkedik el, a talajtól mintegy 2 m magasan, tartóoszlopra erősítve. A légszivattyú 6 m^3/h névleges térfogatáramú. A mintákat hetente három alkalommal (48 illetve 72 órás mintavételi idő után) feltárás és legalább 48 órás pihentetési idő után összes béta-számlálással mérik. Ha ez radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti a szűrőn, akkor el kell végezni a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését is.

b) Kihullás (fall-out) mérése:

- ERMAH mérési módszer: A mintavevő edények felülete 0,15-0,4 m^2 , a havi mintázással kapott teljes kihullás mintáknak a laboratóriumok – felszerelésüktől függően – csak az összes béta-aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa 20-500 $\text{mBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{nap})$ (összes béta-aktivitáskoncentrációra) és 1-20 $\text{mBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{nap})$ (a Cs-137 izotópra gamma-spektrometriai vizsgálat alapján). Az összes béta-aktivitások mérése ugyanazon detektorokkal történik, mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.
- NÉBIH mérési módszer: A NÉBIH méréseit tekintve a mintavételi felület 1 m^2 , a mintagyűjtés ideje 1 hónap. Bepárlás után gamma-spektrometria, összes alfa, összes béta és radiostroncium meghatározás történik. 2016-ban a NÉBIH laboratóriumai 36 fall-out mintát vettek.
- Az Otatóreaktor mérési módszere: a mintavevő edény 0,2 m^2 felületű alumíniumból készült. Az edényben folyamatosan van vízzel elegyedő folyadék, fagypont felett víz, alatta etilén-glikolos víz. A kihullási mintát havonta 1 alkalommal dolgozzák fel. A feldolgozás során a mintát 1 – 3 cm^3 térfogatra pároljuk, majd a bepárolt mintát szárítószekrényben szárazra pároljuk. A száraz minta összesbéta-intenzitását meghatározzuk. Amennyiben a mérés radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti a szűrőn, elvégezzük a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését.

c) Talaj minták mérése

- A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, homogenizálják. A mérések az összes béta-aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a ^{90}Sr meghatározását jelentik. A ^{90}Sr aktivitáskoncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. A mintákon gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,3-1,5 Bq/kg. Az ERMAH laboratóriumai a talajminták összes béta-aktivitás mérését szcintillációs, valamint alacsony háttérű alfa/béta detektorokkal végzik, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.
- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában a talajminták felső 5 cm-es szelete minden esetben elemzésre került (bolygatatlan talajnál az 5-20 cm rész is). A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentráció is meghatározásra kerül. Ezeket a vizsgálatokat lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,3 - 0,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,1 - 0,6 Bq/kg.
- Oktatóreaktor körüli talajminták radioaktivitásának meghatározása: az OR körüli, növényzettel borított területen évente két alkalommal (tavasszal és ősszel) mintát veszünk. A talajminta vételéhez legalább 100 m² területet használunk. A mintázás során legalább 1 kg mintát gyűjtünk 0 – 5 cm mélységből, egyenletes területi elosztásban. A mintát szobahőmérsékleten legalább 3 napon át szárítjuk. A mintát Marinelli-edénybe téve nuklidspecifikus mérést végzünk.

d) Felszíni vizek mérése

- Az ERMAH mérési program keretében a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.
- Az OKI KI SSFO a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. Az összes béta-aktivitás méréseket az OKI KI SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A trícium méréseket elektrolitikus dúsítás előzi meg, a kálium-koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik.
- Oktatóreaktor dunavíz-mintavételezés: Mintvételezés helye a Duna partja, a Bertalan Lajos utca - Műgyetem rakpart keresztezésénél kb. 200 méterre északi (felvízi) irányban, az alsó rakparti lépcsőnél. A mintavétel kétheti gyakorisággal történik. A feldolgozás során a mintából ismert mennyiséget (500 cm³-t) 1 – 3 cm³ térfogatra pároljuk, majd a bepárolt mintát a mérésre alkalmas formába hozzuk. A száraz minta összesbéta-intenzitását meghatározzuk. Ha a mérés a természetes radioaktivitást (legnagyobb részben ^{40}K) meghaladóan radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti, elvégezzük a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését.

- e) Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz
- Az ERMAH laboratóriumai az ivóvíz minták összes béta-aktivitását a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. Jellemző kimutatási határok: 0,20 Bq/l (^3H), 5-30 mBq/l (^{90}Sr).
 - Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz - elsősorban élelmiszer előállításához használt ivóvíz - méréseket. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,0008 - 0,15 Bq/l; ^3H : 0,9 Bq/l, összes alfa: 0,038 - 0,07.
- f) Takarmány
- A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), takarmánykeverékek, premixek esetén szárazanyagból 450 cm³-e Marinelli edényben 80 000 s mérési idővel, az összes- β és összes alfa-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1-2 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. A takarmány alapanyagokból és a nyers tejjel együtt vett takarmányból kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,03 - 2,3 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,05 - 6 Bq/kg.
 - Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. A mintaelőkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt minden esetben száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes béta-aktivitás méréseket ugyanazon mérőkészülékkel mérik, mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A ^{137}Cs aktivitáskoncentráció mérések jellemző kimutatási határa: 0,3-1,5 Bq/kg, az összes béta-aktivitáskoncentrációk minden esetben kimutatási határ felett voltak.
- g) Növényi eredetű, nyers élelmiszer
- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat. (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból illetve a gyökérszöldségekből kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 444 nyers növényi élelmiszermintát vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,01 - 0,89 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,12 Bq/kg. 2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, általában 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2016-ban 339 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).
 - Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mérési programjai keretében 2016-ban összesen 153 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el. A minta-előkészítés tisztítást, a tömeg mérését, szárítást, majd

hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt nyers tömegre vonatkoztatják. Az ERMAH laboratóriumai a zöltségek, gyümölcsök összes béta-aktivitását a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.

h) Gabonafélék és azokból készült termékek

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat (a jelentésben nem szerepelnek). Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 180 gabonaféle vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ¹³⁷Cs: 0,02 - 0,9 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,03 - 0,5 Bq/kg. 2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata is. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2016-ban 372 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).
- Az EüÁ ERMAH mintavételi programjai keretében mintaelőkészítés szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes béta-aktivitás mérések ugyanazon mérőműszerrel történik, mint a zöltség és gyümölcs minták esetében. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

i) Tej, tejtermék

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt illetve tejpor minták szerepelnek. A tej mintavétel havonta, tejjgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése (a jelentésben nem szerepel), illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 406 tej- és tejtermékminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,01 - 1,5 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,018 - 0,6 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok, illetve a ⁹⁰Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást. Az ERMAH laboratóriumai a tej és tejtermékek összes béta-aktivitását a korábban említett

szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,25 Bq/kg.

j) Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, juh, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrum analízist 105°C -on szárított 450 cm^3 -ből (kb. 200-250 g), 80 000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. 2016-ben a 19 megye és Budapest területéről 333 húsminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,05 - 1,7 Bq/kg.
- 2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ^{137}Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm^3 térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2016-ben 177 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfi-húsminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az ERMAH laboratóriumai az állati eredetű minták összes béta-aktivitását szintén a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

k) Vegyes élelmiszer

- Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel félévenkénti mintavétel. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C -on izzított teljes hamujából, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3 g-jából végzik a laboratóriumok. A minta ^{90}Sr aktivitáskoncentrációját 10 g hamuból kiindulva határozzák meg radiokémiai feltárás és elválasztás után. Az ERMAH laboratóriumai a minták összes béta-aktivitását szintén szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. Az eredményeket Bq/nap egységben adjuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,01-0,05 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidra egyaránt).

4 Országos mérési adatok értékelése

Az eredmények egyik nagy csoportja az országos sugárzási helyzetet jellemzi általában, míg a másik csoport valamilyen létesítmény működéséhez, annak esetleges hatásaihoz köthető. Jelen fejezet 2016-os évre vonatkozó mérési adatokat mutatja be, ismertetésre kerülnek a mért országos gamma-dózteljesítmény értékek, aeroszol mérési eredmények, kihullás, növény és talajminták feldolgozása során kapott eredmények, növény és állatminták, élelmiszerek, valamint felszíni és ivóvíz mérések eredményei egyaránt.

4.1 A külső gamma-dózteljesítmény mérések eredményei

4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai

A külső gamma-dózteljesítmény adatok az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) részeként működő Radiológiai Távmérő Hálózat (TMH) mérésein alapulnak. Az OSJER TMH-t hat ágazat működteti. Az OSJER TMH ágazatai és az általuk üzemeltetett mérőállomások száma a következők:

- Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) – 26 állomás
- Magyar Honvédség (MH) – 38 állomás
- Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) – 28 állomás
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt (PA Zrt) – 20 állomás
- Emberi Erőforrások Minisztériuma (EMMI– oktatási ágazat) – 11 állomás
- Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft. – Bátaapáti telephely) – 4 állomás

A mérőállomásról származó gamma-dózteljesítmény adatok az egyes ágazati információs központokon keresztül a BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba érkeznek, ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként átadásra kerülnek az OKSER adatbázisa számára, valamint a sugárzási adatok felhasználásával készített országos sugárzási helyzetjelentés havi rendszerességgel megküldésre kerül az ONER ágazatok vezetőinek.

Alaphelyzetben a BM OKF, az EMMI, a PA Zrt. és az RHK Kft. adatai 10 percenként, az OMSZ adatai óránként, az MH adatai 3 óránként érkeznek a Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (NBIÉK). Normál időszakban az adatok ritkábban kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/óra. A BM OKF alkalmaz egy figyelmeztetési szintet is, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. A figyelmeztetési szint értéke 250 nSv/h. A riasztási szint túllépése esetén az egyes mérőállomások a központba riasztási jelet küldenek és ezután minden mérőállomás esetében lehetőség van átállni a 10 percenként történő adattovábbításra. A riasztási állapot elérése után a rendszer az OKSER adatbázis számára az adatokat az alaphelyzethez képest nagyobb gyakorisággal tudja biztosítani.

A mérési adatok a lakosság részére a www.katasztrofavedelem.hu, www.met.hu honlapokon keresztül elérhetőek. Az Európai Unió által indított EURDEP (Európai Radiológiai Adatcsere Platform) program keretében az adatokat a szervező intézetbe (Joint Research Centre, Ispra, Olaszország) is megküldi a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság így ezek az ottani honlapon (www.eurdep.jrc.ec.europa.eu) is megtekinthetők.

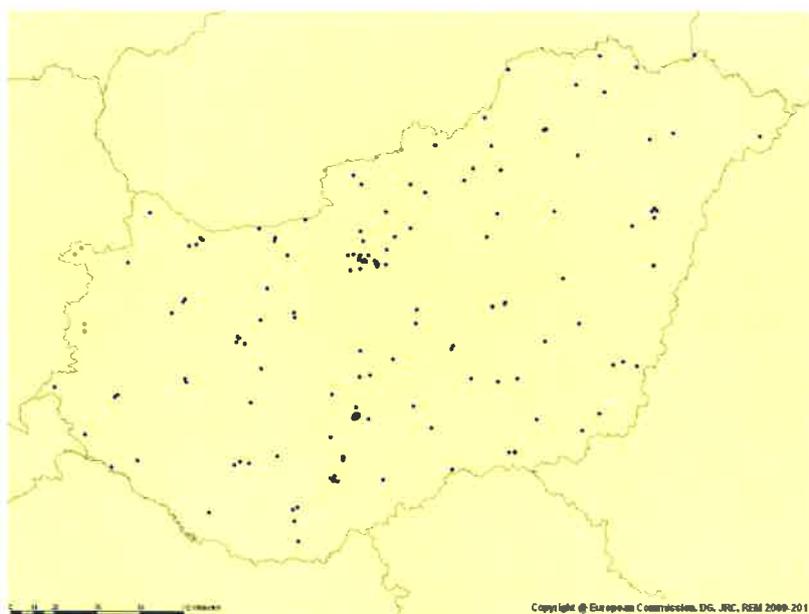
Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, 11 mérőszonda dózteljesítmény adatait az OÁ-OSJER központja (BME-NTI) gyűjti és értékeli. Az egyetemi mérőhálózat adatai a <http://omosjer.reak.bme.hu/> honlapon elérhetőek.

A mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 4-1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, a potenciális nukleáris veszélyforrások környezetében - pl. Budapest és a Paksi Atomerőmű térségében - az állomások sűrűsége nagyobb, egyes térségekben azonban megyénként csak 1-2 állomás található.

- Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:
- a kozmikus sugárzás, országon belüli eloszlása nagyrészt homogénnek tekinthető,
 - a talajban található és onnan kikerülő természetes radionuklidok sugárzása,
 - az épített környezet jellemzői (a szonda elhelyezkedése),
 - a létesítmény működésének hatása.

Nyilvánvaló, hogy egy létesítmény környezet-ellenőrzése szempontjából a negyedik tényező a fontos, a másik három csupán az eredményt befolyásoló „zaj”, azaz a természetes és épített környezet által keltett háttérsugárzás. Ugyanakkor a lakosság sugárterhelésének meghatározásában az összes komponens együttes hatását kell figyelembe vennünk. A mérőállomások telepítési helye alapvetően meghatározza a természetes és épített környezet által keltett háttér dózisteljesítmény szintet. Pl. a Tatán telepített mérőállomások (304 és 425 kódok) eredményei jelentősen eltérnek egymástól (4-1. táblázat), mivel az egyik mérőállomás füves terepen, a másik pedig salakkal borított területen van telepítve, és a salak jelentősen megnöveli a dózisteljesítményt. Hasonló eltérésre láthatunk példát a 4-3. ábrán, ha a mérőszonda a földfelszínen, vagy egy régi téglalapítású épület falára (HU0213), illetve egy könnyűszerkezetes épület falára egy emelet magasan (HU0212) van felszerelve.

A 4-2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek a változása látható 2016-ban. A tárgyidőszakban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 95 nSv/óra, ami közel megegyezik a 2015. évi értékkel. A napi átlagok az 57-190 nSv/óra közötti tartományban mozogtak. Az adatok környezeti dózisegységek teljesítményben vannak megadva.



4-1. ábra
A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése

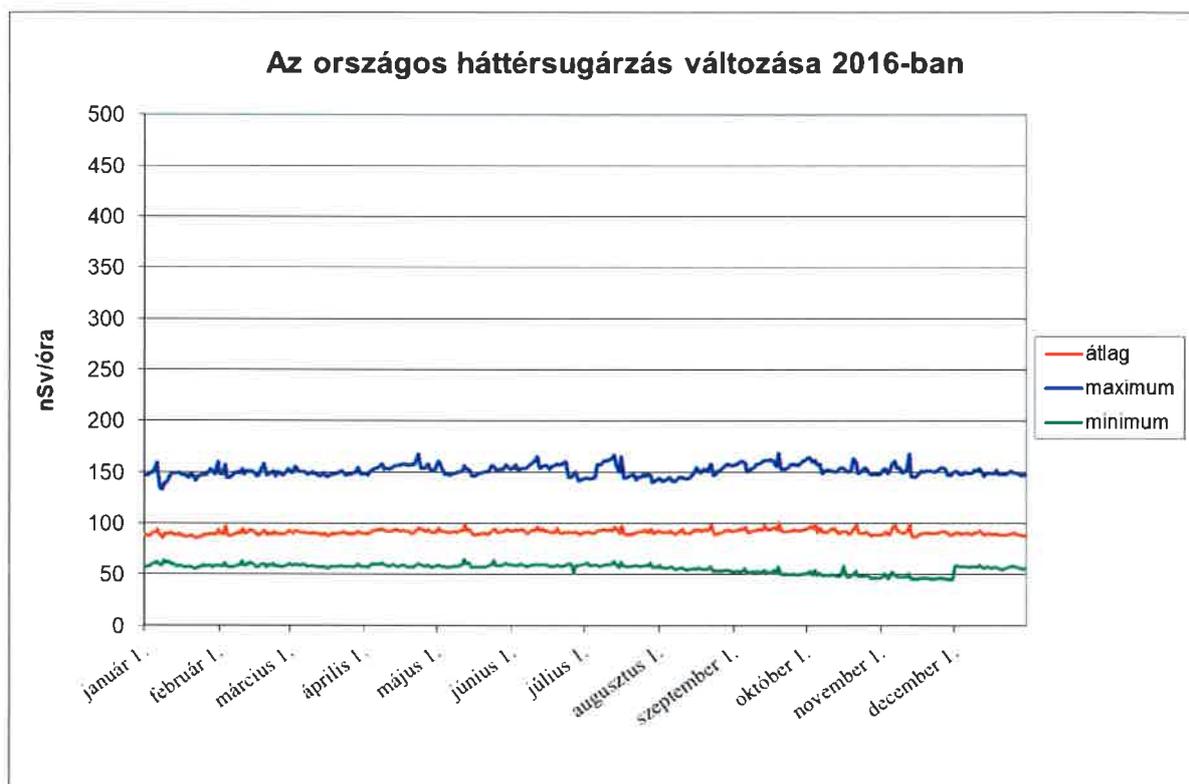
4-1. táblázat
Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2016-ban (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	96	92	108	2	365
HU0104	Ózd	84	79	133	4	339
HU0109	Szekszárd	97	85	115	3	365
HU0118	Veszprém	102	94	119	4	366
HU0120	Budapest XIV. OKF	87	81	95	3	363
HU0124	Salgótarján	104	96	113	3	365
HU0130	Gyomaendrőd	97	90	111	3	354
HU0131	Vajta	87	81	99	2	362
HU0132	Budapest - Ferihegy	82	78	102	3	361
HU0133	Komárom	96	92	106	2	363
HU0134	Szombathely	107	100	126	3	360
HU0135	Solt	85	77	98	3	362
HU0136	Zalaegerszeg	100	96	115	2	366
HU0137	Kisújszállás	105	85	121	8	366
HU0138	Berettyóújfalu	103	74	127	14	366
HU0139	Hajdúszoboszló	106	91	127	9	366
HU0140	Gyula	118	93	138	12	360
HU0141	Mezőkovácsháza	109	101	122	3	366
HU0142	Kiskunfélegyháza	91	79	116	6	366
HU0143	Vámosmikola	102	81	133	15	366
HU0144	Mór	97	76	141	21	366
HU0145	Siófok	89	59	131	20	366
HU0146	Dombóvár	98	73	113	7	366
HU0147	Letenye	111	102	126	5	362
HU0148	Lenti	106	94	123	6	363
HU0149	Tiszaújváros	106	86	132	10	364
HU0201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	123	106	142	9	343
HU0202	Bátaapáti - Mórággy	145	128	168	5	354
HU0204	Bátaapáti - Vadászház	141	126	160	8	364
HU0211	Budapest BME	87	84	96	2	333
HU0212	Budapest ELTE	59	55	66	2	365
HU0213	Budapest SOTE	115	113	119	1	355
HU0214	Debrecen	97	92	106	2	363
HU0215	Gödöllő	94	92	101	1	358
HU0216	Kaposvár	114	106	121	4	107
HU0217	Pécs	92	88	96	2	199
HU0218	Sopron	94	92	108	2	345
HU0219	Szeged1 - Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	99	97	125	3	293
HU0220	Szeged2 - Orvostudományi Kar	101	92	134	13	337
HU0221	Veszprém	77	74	87	2	309
HU0223	Szombathely	78	74	89	2	318
HU0301	Siklós	112	104	135	4	251
HU0302	Székesfehérvár	82	79	94	2	353
HU0303	Veszprém	78	75	89	2	334
HU0304	Tata	150	137	168	6	323
HU0305	Győr	81	77	95	2	353
HU0307	Várpalota	92	86	116	3	334

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0310	Debrecen	88	84	108	3	353
HU0311	Táborfalva	80	76	90	2	352
HU0312	Hódmezővásárhely	99	93	130	4	335
HU0316	Kaposvár	122	101	136	6	351
HU0322	Medina	96	86	115	3	350
HU0326	Jobbágyi	88	84	106	2	353
HU0328	Kecskemét	78	74	93	3	353
HU0329	Szentes	86	82	97	2	346
HU0331	Budapest XIII. ker. (HM II)	76	72	82	2	197
HU0332	Zalaegerszeg	102	98	117	3	312
HU0333	Miskolc	97	93	107	2	219
HU0335	Békéscsaba	95	88	110	3	353
HU0337	Pápa	88	82	110	4	353
HU0338	Szekszárd	142	135	157	4	326
HU0344	Budapest V. ker. HM I	83	80	90	2	353
HU0346	Budakeszi	122	117	136	3	272
HU0348	Pusztavacs	64	45	82	11	353
HU0351	Recsk	91	85	147	4	352
HU0355	Szolnok Repülőtér	91	85	110	4	351
HU0356	Kecskemét Repülőtér	76	72	92	3	353
HU0357	Pápa Repülőtér	95	89	116	4	352
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	91	86	114	4	352
HU0359	Nyírtelek	98	88	115	4	352
HU0387	Erdőbénye	97	82	125	5	298
HU0389	Buják	92	87	126	4	353
HU0390	Budapest XI. Ker. (HM IV)	132	127	143	3	125
HU0391	Bánkút	96	87	119	4	347
HU0400	Mosonmagyaróvár	99	52	113	5	229
HU0401	Nyíregyháza Napkor	75	70	97	3	201
HU0402	Sopron	78	72	143	6	193
HU0403	Baja	81	77	100	3	366
HU0404	Békéscsaba	78	72	93	3	366
HU0405	Kékestető	90	83	120	3	366
HU0406	Budapest XVIII. ker. (Lőrinc)	83	77	97	3	323
HU0407	Győr	82	75	153	6	192
HU0408	Szentgotthárd Farkasfa	96	88	150	6	193
HU0409	Szeged	78	72	112	3	319
HU0410	Debrecen	91	85	100	3	166
HU0411	Miskolc	78	74	102	2	320
HU0412	Pécs / Pogány RK	108	93	127	4	366
HU0413	Jósvafő	77	71	98	3	366
HU0414	Szécsény	89	71	100	6	214
HU0415	Tát	89	84	100	3	364
HU0416	Tata	66	60	88	7	365
HU0417	Záhony	73	67	92	3	366
HU0418	Nagykanizsa	94	87	109	4	192
HU0419	Homokszentgyörgy	83	76	95	3	295
HU0420	Jászapáti	85	81	104	3	319
HU0421	Kelebia	74	70	85	2	236
HU0424	Pitvaros	98	93	119	4	366
HU0425	Sátoraljaújhely	97	88	114	4	363
HU0426	Soltvadkert	72	69	85	2	236

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0427	Tésa	87	80	146	5	195
HU0428	Bátaapáti	141	126	160	8	364
HU0429	Csenger	99	90	116	4	322
HU0500	Paks A1	73	68	91	3	366
HU0501	Paks A2	71	68	87	3	366
HU0502	Paks A3	78	73	87	2	366
HU0503	Paks A4	77	72	92	2	366
HU0504	Paks A5	82	77	102	3	366
HU0505	Paks A6	73	68	97	3	366
HU0506	Paks A7	70	67	88	2	366
HU0507	Paks A8	83	78	95	3	366
HU0508	Paks A9	71	67	81	2	366
HU0509	Paks G1	71	67	95	3	366
HU0510	Paks G2	66	62	82	3	366
HU0511	Paks G3	72	57	93	3	366
HU0512	Paks G4	76	72	98	3	365
HU0513	Paks G5	74	70	92	3	366
HU0514	Paks G6	71	67	83	2	366
HU0515	Paks G7	76	70	89	2	366
HU0516	Paks G8	83	76	100	3	366
HU0517	Paks G9	83	76	100	3	366
HU0518	Paks G10	73	69	89	3	366
HU0519	Paks G11	73	68	90	3	366

* A 100-as kezdetű kódok a BM OKF, a 201-204 közöttiek az RHK Kft. – Bátaapáti, 211-223 közöttiek az EMMI Oktatási Ágazat, - a 300-as kezdetűek a MH, a 400-as kezdetűek az OMSZ, az 500-as kezdetűek pedig a Paksi Atomerőmű mérőhelyeit jelölik.



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2016-ban

4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések

Az ERMAH laboratóriumok az OKI KI SSFO kivételével hetente egy alkalommal mérik a környezeti gamma-dózisteljesítményt a telephelyükön, az OKI KI SSFO-ban ez napi gyakorisággal történik. A mérési eredményeket az 4-2. táblázat tartalmazza. Az adatok foton-dózisegységérték teljesítményben (Hx-ben) vannak megadva. Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményei megfeleltethetők az OSJER TMH által mért értékeknek.

4-2. táblázat
Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

Település	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Debrecen	130	90	180	22	51
Győr	106	98	118	6	53
Miskolc	129	117	167	9	52
Budapest (OKI KI SSFO)	98	86	127	5	243
Szeged	98	89	108	4	51
Szekszárd	106	95	120	6	52

A külső gammadózis-teljesítmény mérése ún. integráló típusú passzív detektorokkal is történhet. Az OKI KI SSFO egy 39 pontból álló PAE környéki TLD-hálózatot működtet. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldik ki a termolumineszcens detektorokat (TLD) postán vagy cserélik személyesen, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza. A detektorokat a szabadban helyezik ki a talajtól kb. 1 – 1,5 m magasságban.

A gamma-dózisteljesítményt minden munkanapon háromszor mérik meg az OKI KI SSFO „C”-épülete melletti füves területen AUTOMESS 6150 AD 6/H típusú műszerrel. 2016-ban az OKI KI SSFO telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagát a 4-3. táblázat tartalmazza.

4-3. táblázat
Az OKI KI SSFO udvarán 2016-ban végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)									
1	104,6	91 - 115	14	106,9	98 - 117	27	109,4	105 - 117	40	108,1	100 - 117
2	104,9	98 - 110	15	106,9	98 - 120	28	110,0	105 - 122	41	107,4	104 - 117
3	102,4	97 - 109	16	108,3	102 - 114	29	102,7	98 - 110	42	109,4	103 - 128
4	104,9	98 - 112	17	107,0	98 - 122	30	105,1	90 - 139	43	103,2	98 - 107
5	103,3	97 - 112	18	107,3	100 - 114	31	94,8	90 - 110	44	101,0	98 - 106
6	110,7	103 - 137	19	107,3	100 - 117	32	96,1	90 - 110	45	100,7	95 - 108
7	111,3	101 - 129	20	104,3	97 - 113	33	97,8	88 - 110	46	98,4	92 - 105
8	101,2	94 - 107	21	105,7	98 - 110	34	108,6	97 - 110	47	104,2	98 - 109
9	106,6	98 - 124	22	105,3	98 - 110	35	105,7	97 - 110	48	101,7	97 - 110
10	105,6	95 - 117	23	103,0	97 - 108	36	109,9	102 - 123	49	101,9	96 - 108
11	100,8	95 - 106	24	105,3	102 - 109	37	107,5	99 - 115	50	100,1	93 - 105
12	104,8	100 - 110	25	104,8	97 - 112	38	104,4	97 - 109	51	-	-
13	103,8	100 - 106	26	107,8	106 - 133	39	109,6	100 - 120	52	-	-

4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei

A levegőbe került radionuklidok egy része a levegőben található, por alakú szennyezőkhöz kötődik, ezeket nevezzük aeroszoloknak. Az aeroszokok eltérően viselkednek a gáz halmazállapotú anyagokhoz képest, mint pl. az atomerőműből kibocsátott nemesgázok, vagy a természetes radon. Az aeroszol formájú radionuklidok a levegőből megfelelő szűrővel kiszűrhetőek. Az aeroszokok koncentrációjának ismerete a lakosság sugárterhelésének szempontjából meghatározó, egyrészt a belégzésük okozta dózis miatt, másrészt a talajra, növényzetre való kihullásuk – így a táplálékláncba való bekerülésük – kiindulási adataként.

Országosnak mondható kiépítettséget az Egészségügyi Ágazathoz tartozó Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) laboratóriumai jelentenek. Emellett – mint létesítményfüggetlen mérési pont - az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő.

Az ERMAH laboratóriumok levegőminta-vevői sajnos nem azonos teljesítőképességűek, ami az elvégezhető elemzések lehetőségét is meghatározza. 2016-ban közepes légforgalmú mintavevővel 4 laboratórium, kis légforgalmú mintavevővel ugyancsak 4 laboratórium rendelkezett. Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel hetenként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetén a legalább 72 órás pihentetés utáni eredmények veendőek figyelembe.)

Az EüÁ ERMAH, és egyéb programjai keretében 2016-ban 591 aeroszol mintát vettek. Az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2016-ban 52 mintát vett.

A 4-4.táblázatban közöljük az ERMAH és NÉBIH laboratóriumok aeroszol mérési eredményeit jellemző éves átlagokat, minimum és maximum értékeket, szórásokat, továbbá az éves mintaszámot és a kimutatási határ alatti eredmények számát; valamint az országos, összesített értékeket is. A táblázatból láthatóan a ^{137}Cs koncentrációi a kimutatási határ (kh) felett is megjelentek, a $0,0066 \text{ mBq/m}^3$ -es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya $0,27\text{-}11 \text{ mBq/m}^3$ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitásai jellemzően $0,1\text{-}25 \text{ mBq/m}^3$ értékűek. Megállapítható, hogy az aeroszol mérési eredmények mind az átlagokat, mind a minimum, maximum értékeket tekintve általában jól egyeznek a korábbi évek adataival.

4-4. táblázat
Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2016-ban (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m³	Minimum, mBq/m³	Maximum, mBq/m³	Szórás, mBq/m³	N	Kha
Be-7	BP	4,4	1,2	11	1,9	101	0
Be-7	GY	3,1	0,27	6,0	1,4	44	1
Be-7	TO	3,7	1,0	7,7	1,7	48	0
Cs-137	BP	0,0013	0,0004	0,0024	0,00037	101	64
Cs-137	GY	-	-	0,0066	-	42	42
Cs-137	TO	-	-	-	-	48	48
Összes béta	BK	1,5	1,2	2,6	0,44	52	35
Összes béta	BP	0,89	0,92	2,7	0,48	194	121
Összes béta	CS	4,5	2,0	25	4,0	36	0
Összes béta	HA	0,68	0,10	20	2,7	53	12
Összes béta	TO	1,1	0,59	2,5	0,52	103	74
Be-7	Összesen	3,9	0,27	11	-	193	1
Cs-137	Összesen	0,0011	0,00040	0,0066	-	191	154
Összes béta	Összesen	1,3	0,10	25	-	438	242

4.3 Kihullás (fall-out) eredmények

A levegőbe került, aeroszol formájú radionuklidok egy része kihullik, kiülepedik, illetve a csapadékkal kimosódik a talajra és növényzetre. Ez a folyamat jelenti a táplálékláncba való bekerülésük kiindulási pontját, emiatt a kihullás meghatározása a lakosság sugárterhelésének becslése, előrejelzése szempontjából nagy fontosságú. A kihullás megnevezésére elterjedten használják a „fall-out” angol kifejezést is. A jelentésben a kihullás szót „teljes kihullás” értelemben használjuk, ami a száraz kiülepedést és kimosódást együttesen tartalmazza.

Országos kiterjedésűnek mondható mintavételi és mérési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. Emellett a NÉBIH három telephelyen (Budapest, Szekszárd és Szombathely) gyűjti és vizsgálja a csapadékvizet (fall-out).

Az ERMAH a kihullást a központi és a 6 regionális laboratórium összesen 9 megyében és a fővárosban mintázza és méri (4-3 ábra).

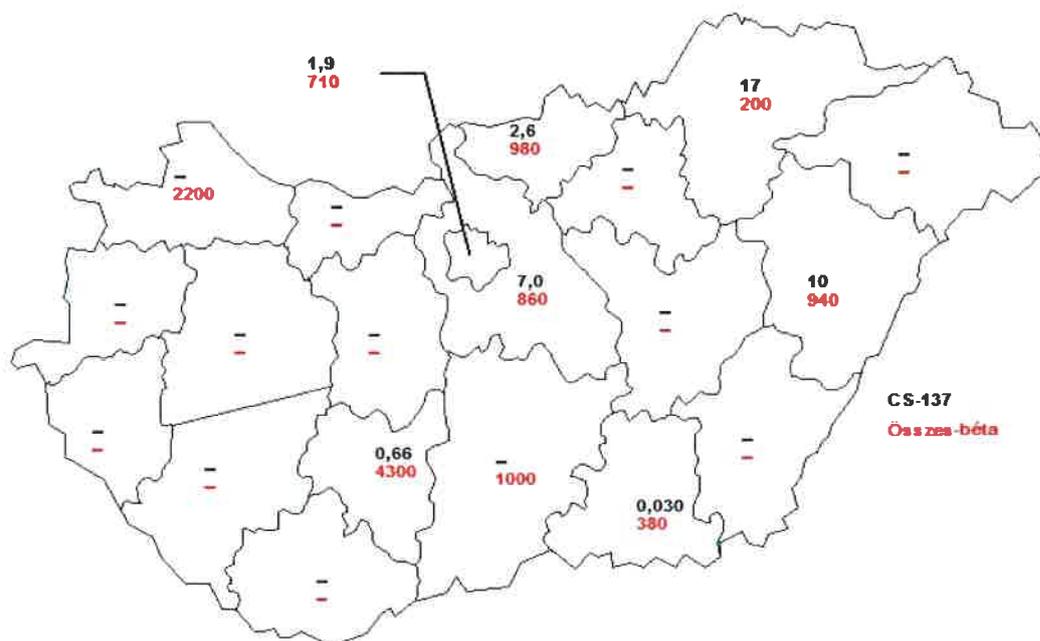
Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Az EüÁ ERMAH, és egyéb programjai keretében 2016-ban 170 fallout mintát vettek.

2016-ban a NÉBIH laboratóriumai 36 fall-out mintát vettek.

4-5. táblázat
Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2016-ban (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag mBq/m ² /nap	Minimum mBq/m ² /nap	Maximum mBq/m ² /nap	Szórás mBq/m ² /nap	N	Kha
Be-7	BK	2200	1100	5000	1200	12	1
Be-7	BP	2500	450	6200	1500	12	0
Be-7	HA	1900	9,1	4800	1500	11	0
Be-7	NO	-	550	4600	-	8	0
Be-7	PE	-	600	5500	-	4	0
Be-7	TO	2400	830	7000	1500	46	4
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	-	1,0	1,9	-	25	20
Cs-137	BZ	8,1	2,6	17	3,9	13	0
Cs-137	CS	-	0,033	0,033	-	11	3
Cs-137	GY	-	-	-	-	12	12
Cs-137	HA	7,6	1,1	10	3,3	11	0
Cs-137	NO	-	2,3	2,6	-	8	6
Cs-137	PE	-	5,0	7,0	-	4	2
Cs-137	TO	-	-	0,67	-	57	56
Összes béta	BK	550	130	1000	220	12	0
Összes béta	BP	230	32	710	190	23	0
Összes béta	BZ	79	14	200	55	13	0
Összes béta	CS	250	17	380	130	11	0
Összes béta	GY	250	24	2200	310	48	0
Összes béta	HA	390	150	940	210	12	0
Összes béta	NO	-	170	980	-	8	0
Összes béta	PE	-	280	860	-	4	0
Összes béta	TO	810	69	4300	860	58	0
Be-7	Összesen	2400	9,1	7000	-	93	5
Cs-137	Összesen	4,6	0,033	17	-	153	111
Összes béta	Összesen	450	14	4300	-	189	0

A 2016-ban az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 4-5. táblázatban foglaltuk össze. A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagos értékei az egyes régiókban hasonlóak, kivéve Borsod-Abaúj-Zemplén megyét, ahol az országos átlagnál jóval kisebbek. Az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2015 évvel. A Cs-137 aktivitása a minták kerekén 70%-ában kimutatási határ alatti volt.



4-3. ábra

Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2016-ban
(EüÁ és FmÁ, mBq/m²/nap mértékegységben)

Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

4.4 Talaj minták mérési eredményei

A talajban található radionuklidok aktivitáskoncentrációit országosan az Egészségügyi Ágazat ERMAH, illetve az Földművelésügyi Ágazat Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hivatal laboratóriumai mérik.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában mezőgazdaságilag művelt talaj (lucerna, sóska) és bolygatatlan talaj (erdei és legelői talaj) vizsgálata szerepelt. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 282 talajminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai-

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 megyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mérési programjai keretében 2016-ban összesen 244 talajminta vizsgálatát végezték el.

Az ERMAH és az FmÁ NÉBIH laboratóriumok országos mérési eredményeit a 4-4. ábrán mutatjuk be. Az ábra a ^{137}Cs , a ^{90}Sr és az összes béta-aktivitáskoncentrációk maximális értékeit szemlélteti az egyes megyékre összegezve. Az FmÁ NÉBIH és az ERMAH programja szolgáltat nuklidszelektív eredményeket (különösen Cs esetén) a legtöbb megyére. A talaj mérési eredmények éves jellemzőit a 4-6. táblázatban foglaltuk össze.

A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitáskoncentrációja még mindig jól mérhető, megyénkénti átlagai a 2015. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 2,3-39 Bq/kg volt, az egyedi eredmények maximuma a 760 Bq/kg volt, ez magasabb a tavalyinál. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 1,3-2,1 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes béta-aktivitáskoncentrációk nagyobbak (430-720 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

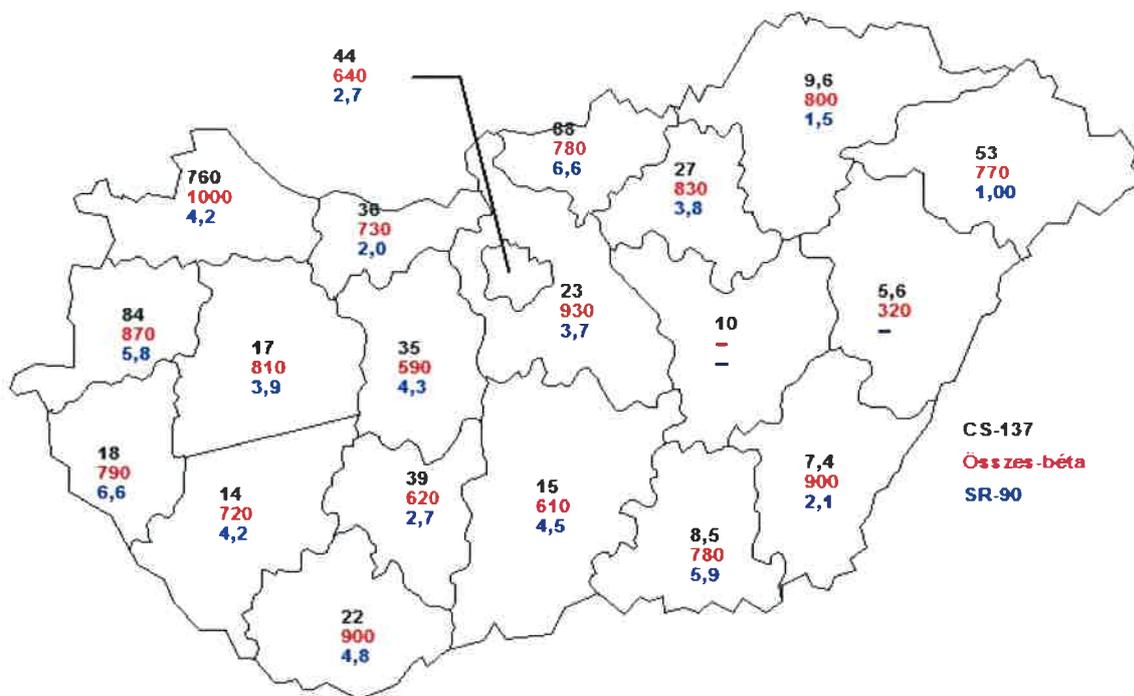
A talaj ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 10 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 1,5 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 570 Bq/kg volt 2016-ban. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2015. éviéktől.

4-6. táblázat
Talaj mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	8,0	0,46	22	6,7	27	2
Cs-137	BE	-	1,2	7,4	-	7	0
Cs-137	BK	2,3	1,1	15	2,8	55	34
Cs-137	BP	17	2,7	44	12	10	0
Cs-137	BZ	4,5	1,6	9,6	2,7	13	0
Cs-137	CS	4,2	0,46	8,5	2,4	18	0
Cs-137	FE	12	1,5	35	10	21	0
Cs-137	GY	39	4,5	100	18	49	0
Cs-137	HA	-	1,6	5,6	-	7	0
Cs-137	HE	10	1,1	27	7,4	14	1
Cs-137	JA	-	1,7	10	-	4	0
Cs-137	KO	9,6	2,0	36	8,5	24	1
Cs-137	NO	15	2,2	88	17	24	0
Cs-137	PE	8,1	0,16	23	5,7	24	0
Cs-137	SO	6,1	2,5	14	4,1	18	1
Cs-137	SZ	7,3	1,1	53	13	15	0
Cs-137	TO	2,7	2,0	39	5,1	118	96
Cs-137	VA	20	3,2	84	23	20	0
Cs-137	VE	8,7	0,78	17	5,0	20	0
Cs-137	ZA	8,3	0,32	18	5,3	20	1
Sr-90	BA	1,8	0,39	4,8	1,2	17	2
Sr-90	BE	-	1,5	2,1	-	3	0
Sr-90	BK	-	0,47	4,5	-	12	3
Sr-90	BP	-	0,68	2,7	-	5	0
Sr-90	BZ	-	0,60	1,6	-	3	0
Sr-90	CS	-	0,31	5,9	-	9	4
Sr-90	FE	1,7	0,42	4,3	1,1	12	0
Sr-90	GY	-	0,69	4,2	-	11	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	1	1
Sr-90	HE	-	0,77	3,8	-	6	1
Sr-90	KO	-	0,69	2,0	-	11	4
Sr-90	NO	1,8	0,74	6,6	1,6	13	2
Sr-90	PE	1,6	0,42	3,7	0,82	16	0
Sr-90	SO	-	0,45	4,2	-	9	2
Sr-90	SZ	-	0,32	1,0	-	5	0
Sr-90	TO	1,3	0,41	2,7	0,77	14	1
Sr-90	VA	1,8	0,90	5,8	1,4	11	1
Sr-90	VE	2,1	0,81	3,9	0,98	11	0
Sr-90	ZA	-	0,50	6,6	-	11	2

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes béta	BA	650	490	900	100	23	0
Összes béta	BE	-	840	900	-	3	0
Összes béta	BK	480	270	610	100	17	0
Összes béta	BP	500	370	640	110	10	0
Összes béta	BZ	-	560	800	-	8	0
Összes béta	CS	410	270	780	170	14	0
Összes béta	FE	430	280	590	89	17	0
Összes béta	GY	690	500	1000	170	16	0
Összes béta	HA	-	40	320	-	2	0
Összes béta	HE	720	610	830	83	10	0
Összes béta	KO	480	300	730	130	20	0
Összes béta	NO	560	370	780	140	18	0
Összes béta	PE	630	410	930	130	22	0
Összes béta	SO	510	270	720	140	14	0
Összes béta	SZ	630	450	770	100	10	0
Összes béta	TO	470	250	620	110	19	0
Összes béta	VA	710	500	870	110	16	0
Összes béta	VE	620	490	810	86	16	0
Összes béta	ZA	640	510	790	87	16	0
Cs-137	Összesen	10	0,16	100	-	508	136
Sr-90	Összesen	1,5	0,31	6,6	-	180	25
Összes béta	Összesen	570	40	1000	-	271	0



4-4. ábra

Talaj mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2016-ban
(EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

4.5 Felszíni vizek monitoringja

A felszíni vizek radioaktív szennyeződésének monitorozása kiemelten fontos feladat, hiszen ivóvizünk jelentős részben felszíni vízi eredetű.

A Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat területi kormányhivatalaihoz tartozó laboratóriumok az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összes béta-aktivitáskoncentrációit. A BAMKH NF LO az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. környezet-ellenőrző programjához tartozóan a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a vízmintákból gamma-spektrometriai mérést (^{137}Cs), valamint ^3H és ^{90}Sr aktivitáskoncentráció meghatározást is végez. A BAMKH NF LO vizsgálja az orvosi alkalmazásból származtatható mesterséges radionuklidok jelenlétét a potenciálisan veszélyeztetett felszíni vizekben (^{131}I). A 2016-ban mérési programjaik keretében 250 vízminta vizsgálatát végezték el a KvVÁ laboratóriumai.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mérési programjai keretében 2016-ban összesen 634 felszíni vízminta vizsgálatát végezték el. A mintákon összes béta, féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.

Az OKI KI SSFO a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vizéből Gönyűnél, Észak-Pesten (Nagy Felszíni Vízmű – NFVM), Budafokon, Pakson és Mohácson, illetve a Szelidi-tóból is történik mintavételezés. A paksi mérések eredményeit a következő alfejezet tartalmazza. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek.

A NÉBIH laboratóriumai Baja, Uszód és Gerjen közelében havonta vesznek mintát a Duna vizéből és H-3-meghatározást végeznek belőle, 2016-ban 32 mintát vettek.

A 2016 évben kapott mérési eredményeket a 4-7. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,1-20 mBq/l nagyságrendű. Az összes béta-aktivitáskoncentrációk egy-két kivételtől eltekintve általában nem érik el az 1 Bq/l értéket. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek között 1-2 nagyságrend eltérés is lehet.

A KvVÁ pécsi laboratóriuma az orvosi alkalmazás során felszíni vízbe kerülő mesterséges radionuklidok tekintetében Pécsi-vízben mutatott ki ^{131}I radioizotópot. Az év során a legmagasabb mért érték 4 Bq/l volt, amely nem haladja meg 3012/51 EURATOM irányelv szerinti 0,1 mSv megengedett értékű indikatív dózisból származtatott, az emberi fogyasztásra szánt vízben megengedett 6,2 Bq/l értéket. A mért érték megfeleltethető a pécssett működő egészségügyi intézményekből a 15/2001. (VI.6.) KöM. redneletben megengedett kibocsátási korlátoknak.

4-7. táblázat
Egyes felszíni vizek mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ, FmÁ és KvVÁ)

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Cs-137	Által ér	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Balaton	-	-	9,0	-	2	1
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	1,9	0,12	5,9	2,1	57	39
Cs-137	Eger patak	-	-	4,5	-	1	0
Cs-137	Fehér tó	-	1,0	1,0	-	2	0
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Halas-tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hámori tó	-	-	9,3	-	1	0
Cs-137	Hármas Körös	-	-	10	-	3	2
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Holt tiszta	-	1,5	20	-	5	1
Cs-137	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Horgász-tó	-	1,0	1,0	-	2	0
Cs-137	Kapos	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Körös/Fehér-körös	-	1,0	1,0	-	2	0
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	-	9,2	-	1	0
Cs-137	Maros	-	-	10	-	3	2
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Palotási víztározó	-	-	14	-	1	0
Cs-137	Rába	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Sárvár tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Szelidi tó	-	-	6,3	-	3	2
Cs-137	Szinva folyó	-	-	4,3	-	1	0
Cs-137	Tisza	-	1,0	10	-	11	3
Cs-137	Vártó	-	1,0	1,0	-	2	0
Cs-137	Vekeri tó	-	15	17	-	3	0
Cs-137	Zagyva	-	-	4,5	-	1	0
Cs-137	Zala	-	-	-	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	500	1500	-	2	0
H-3	Duna	2100	3,0	8300	1100	163	38
H-3	Kemence patak	-	640	1200	-	2	0
H-3	Kőér patak	1600	820	3800	790	12	0
H-3	Letkés patak	-	1200	1300	-	2	0
H-3	Szelidi tó	1200	690	2800	570	11	0
Sr-90	Duna	3,8	0,0051	46	6,5	50	31
Sr-90	Holt Duna-ág	-	-	-	-	4	4
Sr-90	Kondor tó	-	-	6,7	-	4	3
Sr-90	Szelidi tó	-	0,80	7,1	-	8	3
Összes béta	Által ér	230	140	280	43	12	0
Összes béta	Balaton	390	210	2200	350	28	0
Összes béta	Bátaapáti patak	270	140	530	140	12	0
Összes béta	Bódva	210	160	250	27	12	0
Összes béta	Börzsöny patak	-	110	130	-	2	0

(folytatás)

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Összes béta	Cseke tó	-	560	600	-	4	0
Összes béta	Deseda tó	-	130	210	-	4	0
Összes béta	Dráva	220	84	850	280	12	0
Összes béta	Duna	130	23	340	46	221	0
Összes béta	Eger patak	310	190	510	91	12	0
Összes béta	Fehér Körös	-	170	380	-	9	0
Összes béta	Fehér tó	-	320	450	-	4	0
Összes béta	Fertő tó	-	550	840	-	4	0
Összes béta	Halas-tó	-	190	270	-	4	0
Összes béta	Hámori tó	-	22	610	-	4	0
Összes béta	Hármas Körös	-	180	220	-	4	0
Összes béta	Hármas-Körös	140	100	170	25	12	1
Összes béta	Hernád	190	130	250	48	12	0
Összes béta	Holt Duna-ág	180	110	230	38	12	0
Összes béta	Holt tiszta	-	200	570	-	5	0
Összes béta	Horgásztó	-	130	150	-	4	0
Összes béta	Horgász-tó	-	170	490	-	4	0
Összes béta	Kapos	290	150	930	160	24	0
Összes béta	Keleti Főcsatorna	150	59	370	86	12	0
Összes béta	Kemence patak	-	73	85	-	2	0
Összes béta	Kondor tó	150	59	260	66	12	0
Összes béta	Kőér patak	490	180	840	190	15	0
Összes béta	Körös/Fehér-körös	-	170	180	-	2	0
Összes béta	Lajta	120	60	150	25	12	0
Összes béta	Laskóvölgyi víztározó	-	310	400	-	4	0
Összes béta	Letskés patak	-	250	260	-	2	0
Összes béta	Maros	-	210	270	-	3	0
Összes béta	Nádor-csatorna	380	310	520	67	11	0
Összes béta	Omszki tó	-	370	550	-	4	0
Összes béta	Orfői tó	-	100	150	-	4	0
Összes béta	Palotási víztározó	-	340	630	-	4	0
Összes béta	Pinka	84	60	130	20	12	0
Összes béta	Rába	140	20	200	34	36	0
Összes béta	Sajó	230	170	300	46	12	0
Összes béta	Sárvár tó	-	120	130	-	4	0
Összes béta	Séd patak	94	80	120	14	12	0
Összes béta	Sió	370	320	420	30	11	0
Összes béta	Szelidi tó	270	130	540	130	23	0
Összes béta	Szinva folyó	110	65	240	47	11	0
Összes béta	Tisza	180	24	530	96	49	1
Összes béta	Vártó	-	210	390	-	4	0
Összes béta	Vekeri tó	-	140	160	-	3	0
Összes béta	Velencei-tó	1700	1200	2500	480	12	0
Összes béta	Zagyva	480	160	720	160	12	0
Összes béta	Zala	150	110	200	28	12	0

4.6 Ivóvíz

4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz

A vezetékes ivóvíz mesterséges eredetű radioaktív szennyeződése nem jellemző, természetes eredetű radioaktív anyag tartalma alacsony. Ugyanakkor, a lakosság sugárterhelése szempontjából az ivóvíz, mint a lakosság által rendszeresen és nagy mennyiségben fogyasztott folyadék monitorozása kiemelten fontos feladat.

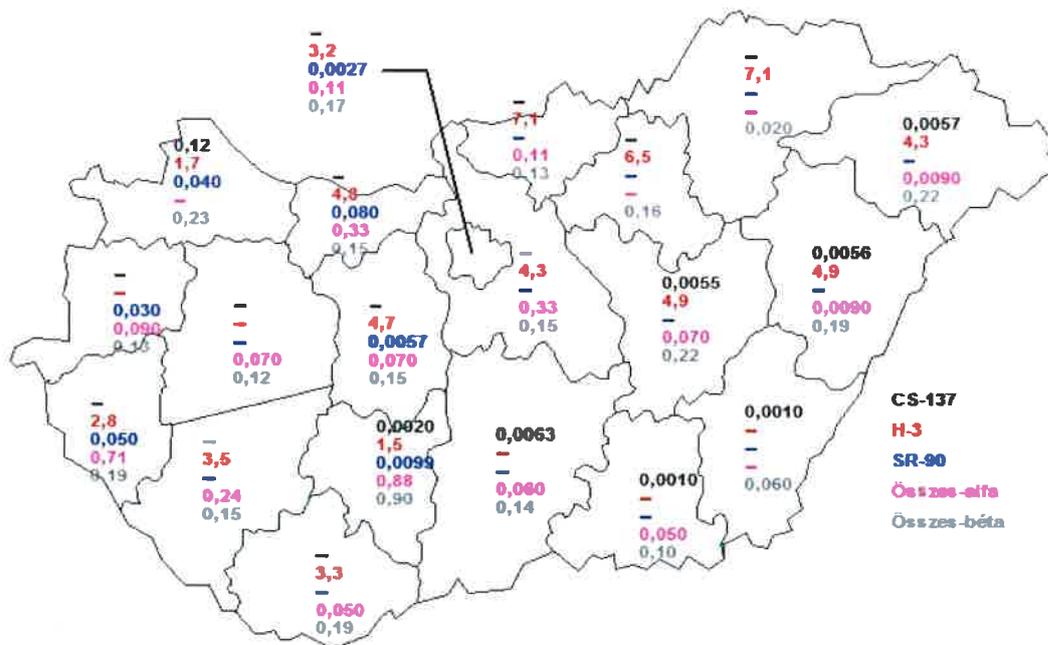
Országos vezetékes ivóvíz-ellenőrzési programot az EüÁ ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes béta-mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek megyénként. Az EüÁ ERMAH és egyéb mérési programjai keretében 2016-ban összesen 382 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz - elsősorban élelmiszer előállításához használt ivóvíz - méréseket. 2016-ban összesen 55 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az ivóvíz aktivitáskoncentrációira kapott maximumok országos eloszlását a 4-5. ábra szemlélteti. Az ivóvízmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-8. táblázatban foglaltuk össze.

Az összes béta-aktivitások átlagai a 0,1 Bq/l érték körüliek, azonban így is jóval az Egészségügyi Világszervezet által ajánlott szint (1 Bq/l) alatt maradtak. Az ivóvíz trícium aktivitáskoncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az átlagérték hasonló a felszíni vizekéhez, 1-2 Bq/l nagyságú. A mélyégi ivóvizek (karszt, artézi) trícium koncentrációi viszont legfeljebb a néhány tized Bq/l értéket érik el.

Az ivóvíz ^3H aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 2,1 Bq/l, a legnagyobb érték (7,1 Bq/l) is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,00086-0,08 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,11 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga is 0,11 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,001 és 0,12 Bq/l. között találhatók.



4-5. ábra
 Ivóvíz mérési eredmények éves maximum értékei
 (EüÁ és FmÁ, Bq/l mértékegységben)
 Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatósi határ feletti eredmény)

4-8. táblázat
Ivóvíz mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BE	-	0,0010	0,0010	-	2	0
Cs-137	BK	-	0,0010	0,0063	-	5	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	13	13
Cs-137	CS	-	0,0010	0,0010	-	2	0
Cs-137	FE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	GY	-	-	0,12	-	5	4
Cs-137	HA	-	0,0055	0,0056	-	4	2
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	JA	-	-	0,0055	-	3	2
Cs-137	KO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	SO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	SZ	-	0,0056	0,0057	-	4	2
Cs-137	TO	-	-	0,0020	-	19	18
Cs-137	VA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	VE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	ZA	-	-	-	-	6	6
H-3	BA	-	1,5	3,3	-	3	1
H-3	BE	-	-	-	-	1	1
H-3	BK	-	-	-	-	2	2
H-3	BP	2,1	1,4	3,2	0,58	11	0
H-3	BZ	-	3,0	7,1	-	4	1
H-3	CS	-	-	-	-	2	2
H-3	FE	-	0,56	4,7	-	2	0
H-3	GY	-	1,7	1,7	-	3	2
H-3	HA	-	-	4,9	-	1	0
H-3	HE	-	3,0	6,5	-	2	0
H-3	JA	-	-	4,9	-	1	0
H-3	KO	-	0,57	4,8	-	7	3
H-3	NO	-	0,66	7,1	-	4	0
H-3	PE	-	3,7	4,3	-	4	2
H-3	SO	-	0,57	3,5	-	2	0
H-3	SZ	-	-	4,3	-	1	0
H-3	TO	0,74	0,31	1,5	0,53	26	8
H-3	VA	-	-	-	-	3	3
H-3	VE	-	-	-	-	2	2
H-3	ZA	-	-	2,8	-	2	1
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BK	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BP	0,0018	0,00086	0,0027	0,00063	12	1
Sr-90	FE	-	-	0,0057	-	2	1
Sr-90	GY	-	-	0,040	-	2	1
Sr-90	KO	-	-	0,080	-	2	1
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	0,0020	0,0099	-	18	13
Sr-90	VA	-	-	0,030	-	2	1
Sr-90	VE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	0,030	0,050	-	2	0

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Összes alfa	BA	-	0,042	0,055	-	4	1
Összes alfa	BK	-	-	0,065	-	2	1
Összes alfa	BP	0,088	0,046	0,12	0,018	13	0
Összes alfa	CS	-	-	0,058	-	1	0
Összes alfa	FE	-	0,065	0,078	-	3	1
Összes alfa	GY	-	-	-	-	4	4
Összes alfa	HA	-	0,0030	0,0090	-	6	1
Összes alfa	JA	-	0,0020	0,074	-	5	0
Összes alfa	KO	-	0,085	0,33	-	5	0
Összes alfa	NO	-	-	0,11	-	1	0
Összes alfa	PE	-	0,060	0,34	-	5	0
Összes alfa	SO	-	0,070	0,24	-	5	2
Összes alfa	SZ	-	0,0010	0,0090	-	4	0
Összes alfa	TO	-	0,14	0,89	-	5	3
Összes alfa	VA	-	0,056	0,095	-	3	1
Összes alfa	VE	-	0,065	0,078	-	3	1
Összes alfa	ZA	-	0,050	0,72	-	6	0
Összes béta	BA	-	0,10	0,19	-	6	0
Összes béta	BE	-	0,041	0,060	-	4	0
Összes béta	BK	0,083	0,058	0,14	0,022	15	0
Összes béta	BP	0,11	0,011	0,17	0,039	37	0
Összes béta	BZ	-	0,014	0,025	-	2	0
Összes béta	CS	-	0,075	0,11	-	4	0
Összes béta	FE	-	0,11	0,15	-	5	0
Összes béta	GY	0,11	0,050	0,23	0,038	42	1
Összes béta	HA	0,094	0,016	0,19	0,053	15	0
Összes béta	HE	-	0,16	0,16	-	2	0
Összes béta	JA	0,086	0,0050	0,22	0,066	16	0
Összes béta	KO	0,096	0,050	0,16	0,041	11	1
Összes béta	NO	-	0,054	0,13	-	5	0
Összes béta	PE	-	0,059	0,16	-	5	0
Összes béta	SO	-	0,030	0,15	-	7	0
Összes béta	SZ	0,13	0,015	0,22	0,056	14	0
Összes béta	TO	0,12	0,057	0,90	0,11	62	0
Összes béta	VA	-	0,050	0,13	-	6	0
Összes béta	VE	-	0,050	0,12	-	6	0
Összes béta	ZA	-	0,040	0,19	-	7	0
Cs-137	Összesen	0,0065	0,0010	0,12	-	93	79
H-3	Összesen	2,1	0,31	7,1	-	83	28
Sr-90	Összesen	0,0099	0,00086	0,080	-	50	28
Összes alfa	Összesen	0,11	0,0010	0,89	-	75	15
Összes béta	Összesen	0,11	0,0050	0,90	-	271	2

4.6.2 Palackozott vizek

A palackozott vizek (ásványvizek, tisztított vizek, forrásvizek) hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztásuk indokolja radiológiai szempontból történő külön vizsgálatukat. A 2016-ban kapott eredményeket a 4-9. táblázatban foglaltuk össze. Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel negyedévenkénti mintavétel. Az EüÁ ERMAH és egyéb mintavételi programjai keretében 2016-ban összesen 47 mintán végeztek méréseket. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozottvíz-méréseket. 2016-ban összesen 11 vízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát végezték el.

A palackozott vizek átlagos radionuklid tartalma alacsonyabb, mint a felszíni vizekből nyert vezetékes ivóvizéké, mivel jelentős részük ásványvíz.

4-9. táblázat
Palackozott víz mérési eredmények jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	N	Kha
Cs-137	BZ	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	0,0010	1	0
Cs-137	FE	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	3	3
Cs-137	HA	0,022	0,023	4	2
Cs-137	PE	-	-	3	3
Cs-137	TO	-	0,0040	2	1
Cs-137	VE	-	-	2	2
H-3	BK	-	3,9	1	0
H-3	FE	-	-	1	1
H-3	GY	-	-	1	1
H-3	PE	1,1	4,6	3	0
H-3	VE	-	-	2	2
Összes alfa	BK	-	-	1	1
Összes alfa	FE	-	0,37	1	0
Összes alfa	GY	-	0,051	1	0
Összes alfa	PE	0,13	1,1	3	0
Összes béta	BP	0,012	0,67	22	0
Összes béta	BZ	0,034	0,17	5	0
Összes béta	CS	0,069	0,11	4	0
Összes béta	FE	-	0,31	1	0
Összes béta	GY	0,030	0,078	5	1
Összes béta	HA	0,065	0,20	4	0
Összes béta	PE	0,25	0,57	3	0
Összes béta	TO	0,22	0,26	3	0
Összes béta	VE	0,070	0,27	2	0
Cs-137	Összesen	0,0010	0,023	17	13
H-3	Összesen	1,1	4,6	8	4
Összes alfa	Összesen	0,051	1,1	6	1
Összes béta	Összesen	0,012	0,67	49	1

4.7 Növényzet

A talajra, illetve közvetlenül a növényzetre kijutott radionuklidok a táplálékláncon keresztül, az élelmiszerek elfogyasztása révén a lakosság belső sugárterhelését okozzák.

A fejezet mindazon mintákra vonatkozó eredményeket tartalmazza, amelyeket közvetlenül a növényzetből – fű, takarmány, zöldség, gyümölcs –, vagy az utóbbiak feldolgozott, emberi fogyasztásra kész formájából (pl. gabona, liszt) vettek.

4.7.1 Takarmány

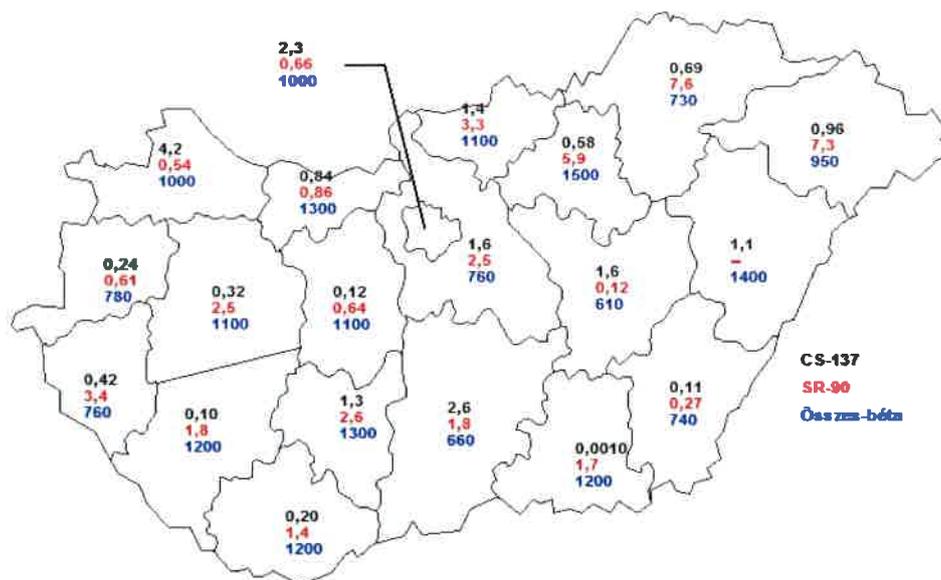
A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó fűvet, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magában.

A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre.

A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 4-10. táblázatban és a 4.6. ábrán foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitáskonzentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ^{90}Sr eredmények nagyobb része meghaladja azt. Ennek oka egyrészt a két mérési módszer eltérő érzékenysége, másrészt a ^{90}Sr aktivitáskonzentrációk jellemzően magasabb szintje.

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitáskonzentrációkat összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két mesterséges eredetű radionuklidból a ^{137}Cs magasabb koncentrációjú, mint az ^{90}Sr , addig a takarmánymintáknál ez éppen fordított. Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ^{90}Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen, másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a kalciumot, amelyet a stroncium képes helyettesíteni. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10, ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.)

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,41 Bq/kg, a ^{90}Sr -é magasabb, 0,74 Bq/kg.



4-6. ábra
 Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
 (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)
 Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

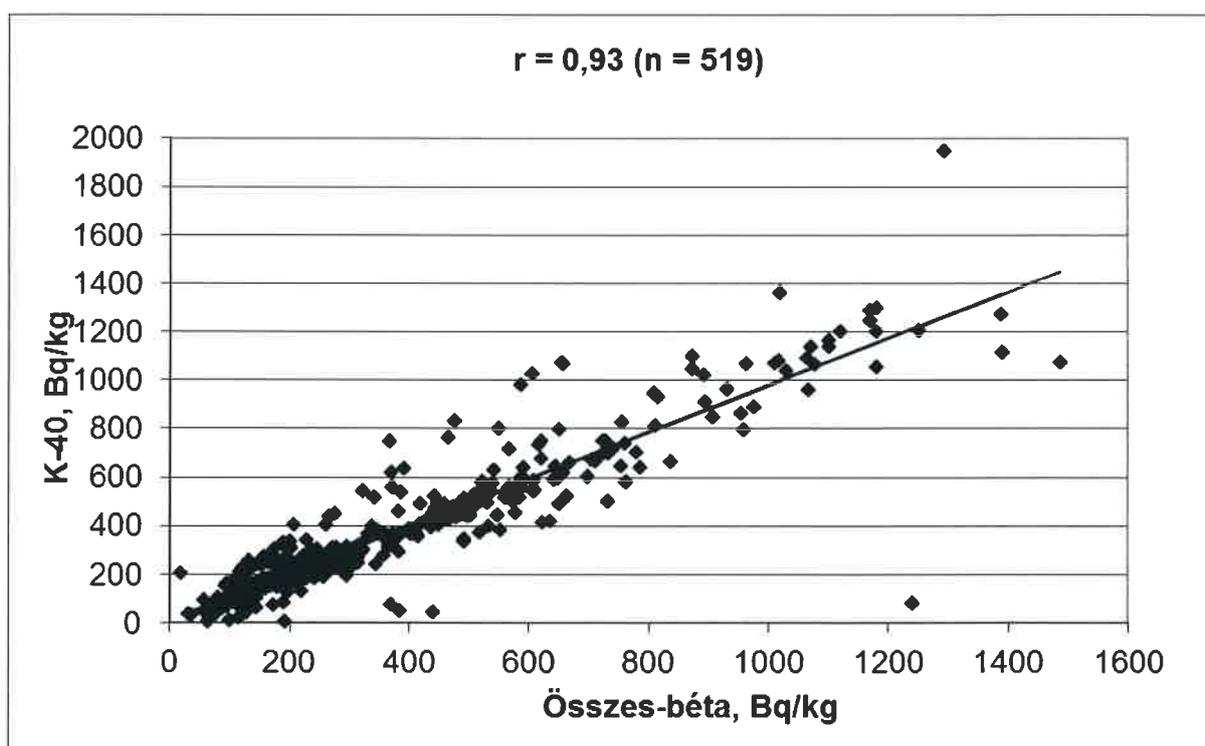
4-10. táblázat
Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,040	0,20	-	31	23
Cs-137	BE	-	0,0010	0,11	-	18	12
Cs-137	BK	-	0,0010	2,6	-	40	32
Cs-137	BP	1,0	0,11	2,3	0,39	57	46
Cs-137	BZ	-	0,11	0,69	-	36	31
Cs-137	CS	-	0,0010	0,0010	-	32	30
Cs-137	FE	-	0,089	0,13	-	21	19
Cs-137	GY	0,59	0,10	4,2	0,62	44	25
Cs-137	HA	-	0,82	1,1	-	4	0
Cs-137	HE	-	0,10	0,58	-	25	21
Cs-137	JA	-	0,11	1,6	-	17	13
Cs-137	KO	-	0,073	0,85	-	33	25
Cs-137	NO	0,28	0,038	1,4	0,30	32	18
Cs-137	PE	0,24	0,039	1,6	0,28	58	37
Cs-137	SO	-	0,050	0,10	-	32	29
Cs-137	SZ	-	0,13	0,96	-	28	21
Cs-137	TO	0,37	0,072	1,3	0,34	49	33
Cs-137	VA	-	0,17	0,24	-	11	9
Cs-137	VE	-	0,15	0,32	-	24	21
Cs-137	ZA	-	0,080	0,42	-	32	24
Sr-90	BA	0,33	0,10	1,4	0,30	22	3
Sr-90	BE	-	0,18	0,27	-	7	5
Sr-90	BK	0,61	0,060	1,8	0,53	35	2
Sr-90	BP	-	0,46	0,67	-	4	1
Sr-90	BZ	1,1	0,14	7,6	1,9	26	5
Sr-90	CS	0,43	0,040	1,7	0,41	22	6
Sr-90	FE	-	0,099	0,65	-	12	3
Sr-90	GY	-	0,090	0,54	-	13	4
Sr-90	HE	1,5	0,050	5,9	1,6	18	0
Sr-90	JA	-	0,070	0,12	-	12	4
Sr-90	KO	0,32	0,13	0,86	0,22	21	5
Sr-90	NO	1,1	0,011	3,3	1,0	22	2
Sr-90	PE	0,86	0,15	2,5	0,87	43	1
Sr-90	SO	0,39	0,050	1,8	0,42	22	1
Sr-90	SZ	1,2	0,13	7,3	1,7	19	0
Sr-90	TO	1,1	0,098	2,6	0,88	36	2
Sr-90	VA	-	-	0,61	-	2	1
Sr-90	VE	0,89	0,10	2,6	0,77	20	3
Sr-90	ZA	0,79	0,14	3,4	0,73	24	0
Összes béta	BA	300	99	1200	310	30	0
Összes béta	BE	280	82	740	210	16	0
Összes béta	BK	270	44	660	180	39	0
Összes béta	BP	-	130	1000	-	7	0
Összes béta	BZ	330	87	730	190	33	0
Összes béta	CS	300	100	1200	250	31	0
Összes béta	FE	390	76	1100	310	20	0

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes béta	GY	570	19	1000	250	45	1
Összes béta	HA	-	210	1400	-	4	0
Összes béta	HE	420	130	1500	370	25	0
Összes béta	JA	170	89	610	160	17	0
Összes béta	KO	370	97	1300	290	32	0
Összes béta	NO	370	32	1100	220	32	0
Összes béta	PE	290	58	760	170	57	0
Összes béta	SO	260	58	1200	280	30	0
Összes béta	SZ	360	64	950	220	25	0
Összes béta	TO	550	130	1300	340	49	0
Összes béta	VA	350	64	780	260	11	0
Összes béta	VE	380	100	1100	260	24	0
Összes béta	ZA	260	62	760	190	32	0
Cs-137	Összesen	0,41	0,0010	4,2	-	624	469
Sr-90	Összesen	0,74	0,011	7,6	-	380	48
Összes béta	Összesen	360	19	1500	-	559	1

A mintákban mérhető összes béta-aktivitás 360 Bq/kg volt 2016-ban, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-7. ábrán szemléltetjük a takarmánymintákban mért összes béta és ⁴⁰K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy takarmánynövényeknél az összes béta-aktivitás több, mint 90%-ban a ⁴⁰K radionuklidtól származik.



4-7. ábra
Takarmányminták összes béta és ⁴⁰K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

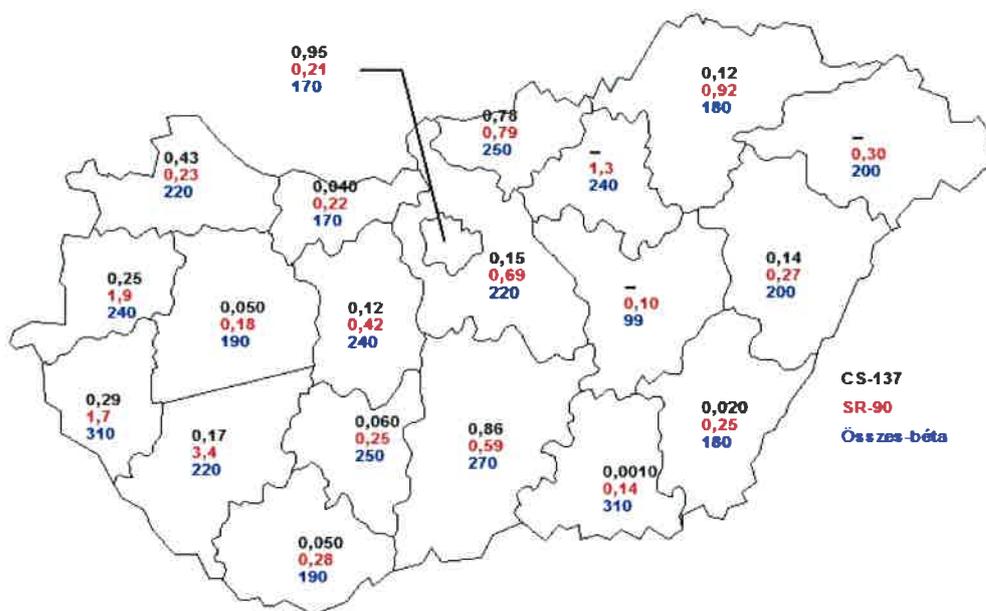
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények – elsősorban a zöldségfélék -, amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

Az FmÁ NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 444 nyers növényi élelmiszer minta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrő vizsgálata. 2016-ban 339 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mérési programjai keretében 2016-ban összesen 153 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el.

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 4-11. táblázatban és a 4.8. ábrán foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve a vadon termő gombákat). A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,073 Bq/kg, a ^{90}Sr nuklidé pedig 0,27 Bq/kg.



4-8. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

Megj.: A "-" jelzi, hogy a mérésekből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény. A gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel)

4-11. táblázat
Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,0076	0,050 (* 19)	-	23	18
Cs-137	BE	-	-	0,020	-	23	22
Cs-137	BK	-	-	0,87	-	32	31
Cs-137	BP	-	0,018	0,95	-	22	18
Cs-137	BZ	0,11	0,027	0,13	0,088	35	18
Cs-137	CS	0,037	0,0010	0,0010 (* 0,35)	0,051	31	18
Cs-137	FE	-	0,014	0,12 (* 11)	-	24	15
Cs-137	GY	-	0,015	0,44 (* 10)	-	36	27
Cs-137	HA	0,076	0,059	0,15	0,042	38	22
Cs-137	HE	-	-	- (* 1,6)	-	20	20
Cs-137	JA	-	-	-	-	16	16
Cs-137	KO	-	0,027	0,043 (* 6,2)	-	28	26
Cs-137	NO	0,10	0,025	0,78	0,15	26	15
Cs-137	PE	-	0,027	0,15 (* 1,8)	-	17	10
Cs-137	SO	-	0,060	0,17 (* 0,72)	-	19	17
Cs-137	SZ	-	-	-	-	23	23
Cs-137	TO	-	0,020	0,062 (* 0,31)	-	42	37
Cs-137	VA	-	0,022	0,25 (* 5,7)	-	22	14
Cs-137	VE	-	-	0,050 (* 0,12)	-	19	18
Cs-137	ZA	-	0,020	0,29	-	19	13
Sr-90	BA	-	0,12	0,29	-	8	1
Sr-90	BE	-	0,050	0,25	-	5	0
Sr-90	BK	0,20	0,077	0,59	0,14	22	7
Sr-90	BP	-	0,061	0,22	-	3	1
Sr-90	BZ	-	0,066	0,92	-	5	0
Sr-90	CS	-	0,030	0,14	-	9	2
Sr-90	FE	-	0,054	0,43	-	8	1
Sr-90	GY	-	0,17	0,23	-	3	0
Sr-90	HA	-	0,22	0,27	-	3	0
Sr-90	HE	-	0,070	1,3	-	4	0
Sr-90	JA	-	-	0,10	-	1	0
Sr-90	KO	-	0,090	0,22	-	6	0
Sr-90	NO	-	0,035	0,79	-	9	0
Sr-90	PE	0,29	0,035	0,70	0,27	15	2
Sr-90	SO	-	0,19	3,4	-	4	0
Sr-90	SZ	-	0,12	0,30	-	4	0
Sr-90	TO	-	0,089	0,26	-	7	0
Sr-90	VA	-	0,049	1,9	-	5	0
Sr-90	VE	-	0,11	0,18	-	6	3
Sr-90	ZA	-	0,090	1,7	-	3	0
Összes béta	BA	92	30	190 (* 330)	46	23	0
Összes béta	BE	72	17	180	42	23	0
Összes béta	BK	120	36	270	57	33	0
Összes béta	BP	55	18	170	33	63	0
Összes béta	BZ	80	26	180	37	32	0

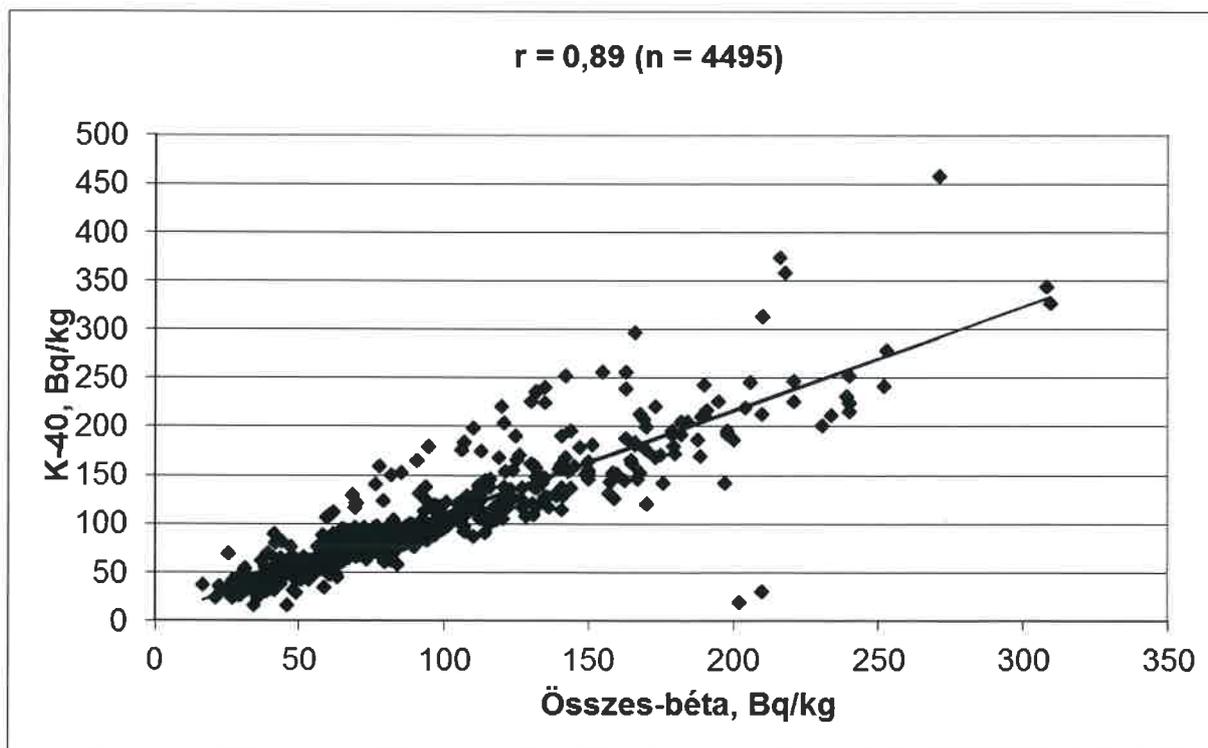
* A megjelölt maximumok vadon termő gombák mintáitól származnak, ezen minták eredményeit az átlag és a szórás számításából, valamint a mintaszámokból kihagytuk

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes béta	CS	98	37	310	61	32	0
Összes béta	FE	100	31	240	60	24	0
Összes béta	GY	79	27	220	46	38	0
Összes béta	HA	73	25	200	38	38	0
Összes béta	HE	88	26	240	59	20	0
Összes béta	JA	65	23	99	28	16	0
Összes béta	KO	90	29	170	48	28	0
Összes béta	NO	100	31	250	53	26	0
Összes béta	PE	130	31	220	67	17	0
Összes béta	SO	88	26	220	57	19	0
Összes béta	SZ	95	27	200	50	22	0
Összes béta	TO	92	21	250	56	42	0
Összes béta	VA	96	30	240	54	22	0
Összes béta	VE	110	43	190	46	19	0
Összes béta	ZA	85	26	310	67	19	0
Cs-137	Összesen	0,073	0,0010	0,95 (* 19)	-	515	398
Sr-90	Összesen	0,27	0,030	3,4	-	130	17
Összes béta		87	17	310 (* 330)	-	556	0

* A megjelölt maximumok vadon termő gombák mintáitól származnak, ezen minták eredményeit az átlag és a szórás számításából, valamint a mintaszámokból kihagytuk

A mintákban mérhető összes béta-aktivitás 87 Bq/kg volt 2016-ban, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-9. ábrán szemléltetjük a minták összes béta és ⁴⁰K izotóp aktivitáskonzentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős, és látható, hogy az összes béta-aktivitás szinte teljes egészét a ⁴⁰K aktivitása teszi ki.



4-9. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes béta és ⁴⁰K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.7.3 Gabonafélék és azokból készült termékek

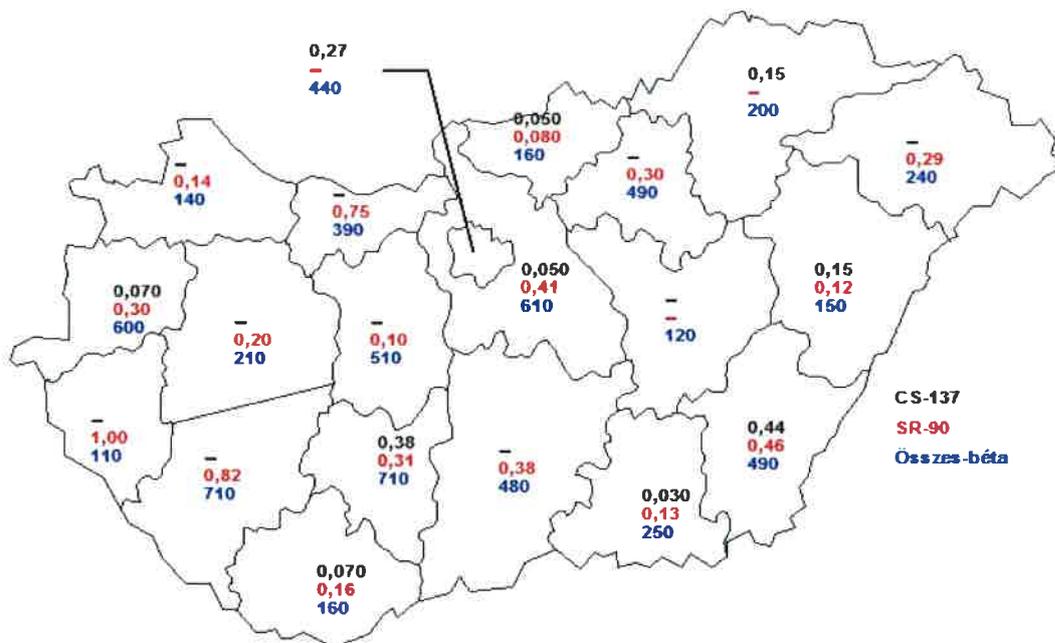
A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 180 gabonaféle vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrő vizsgálata is. 2016-ban 372 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenyséű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mintavételi programjai keretében 2016-ban összesen 133 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-12. táblázat): 0,001 - 0,44 Bq/kg (^{137}Cs); 0,032 - 1,0 (^{90}Sr) és 8,0 - 710 Bq/kg (összes béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{90}Sr és ^{137}Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában – a minták 50-80 %-ában – már nem volt kimutatható.



4-10. ábra

Gabonafélék és azokból készült élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

Megj.: "-" jelzi, hogy a mérésekből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

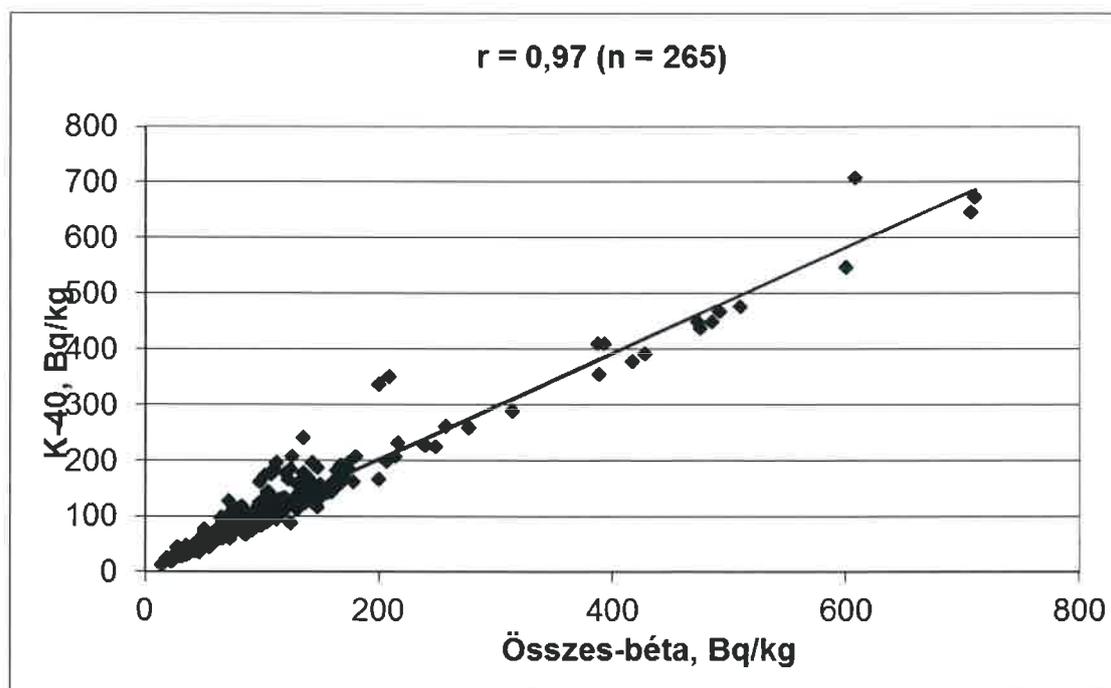
4-12. táblázat
Gabonafélék és azokból készült élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	0,070	-	9	8
Cs-137	BE	-	-	0,44	-	12	11
Cs-137	BK	-	-	-	-	10	10
Cs-137	BP	-	0,048	0,27	-	25	18
Cs-137	BZ	-	0,037	0,16	-	13	5
Cs-137	CS	-	0,0010	0,030	-	17	10
Cs-137	FE	-	-	-	-	12	12
Cs-137	GY	-	-	-	-	18	18
Cs-137	HA	-	0,080	0,16	-	16	8
Cs-137	HE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	JA	-	-	-	-	8	8
Cs-137	KO	-	-	-	-	10	10
Cs-137	NO	-	-	0,052	-	7	6
Cs-137	PE	-	-	0,053	-	10	9
Cs-137	SO	-	-	-	-	8	8
Cs-137	SZ	-	-	-	-	4	4
Cs-137	TO	-	0,030	0,38	-	20	18
Cs-137	VA	-	0,069	0,078	-	16	14
Cs-137	VE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	ZA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	BA	-	0,075	0,17	-	6	3
Sr-90	BE	-	0,050	0,46	-	11	7
Sr-90	BK	-	0,075	0,39	-	6	2
Sr-90	BZ	-	-	-	-	1	1
Sr-90	CS	-	0,080	0,13	-	7	4
Sr-90	FE	-	0,049	0,10	-	6	3
Sr-90	GY	-	0,14	0,14	-	5	3
Sr-90	HA	-	0,10	0,12	-	4	2
Sr-90	HE	-	0,19	0,30	-	5	2
Sr-90	JA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	KO	-	0,070	0,75	-	6	2
Sr-90	NO	-	0,050	0,089	-	7	4
Sr-90	PE	-	0,16	0,41	-	8	5
Sr-90	SO	-	0,040	0,82	-	6	1
Sr-90	SZ	-	0,032	0,29	-	4	2
Sr-90	TO	-	0,033	0,31	-	8	4
Sr-90	VA	-	0,040	0,30	-	9	2
Sr-90	VE	-	0,13	0,20	-	5	3
Sr-90	ZA	-	-	1,0	-	3	2
Összes béta	BA	-	79	160	-	7	0
Összes béta	BE	190	88	490	140	11	0
Összes béta	BK	150	39	480	120	10	0
Összes béta	BP	60	8,0	440	76	40	0
Összes béta	BZ	70	23	200	46	20	0
Összes béta	CS	91	31	250	58	23	0
Összes béta	FE	150	15	510	120	12	0

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes béta	GY	59	26	140	35	25	0
Összes béta	HA	63	22	150	37	23	0
Összes béta	HE	-	91	490	-	7	0
Összes béta	JA	-	65	120	-	7	0
Összes béta	KO	140	24	390	98	10	0
Összes béta	NO	-	76	160	-	7	0
Összes béta	PE	-	46	610	-	9	0
Összes béta	SO	-	75	710	-	8	0
Összes béta	SZ	-	93	240	-	4	0
Összes béta	TO	95	28	710	130	26	0
Összes béta	VA	180	33	600	140	14	0
Összes béta	VE	-	35	210	-	8	0
Összes béta	ZA	-	19	110	-	5	0
Cs-137	Összesen	0,14	0,0010	0,44	-	236	198
Sr-90	Összesen	0,14	0,032	1,0	-	111	56
Összes béta	Összesen	110	8,0	710	-	276	0

Az 4-11. ábrán szemléltetjük a minták összes béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is jó, és látható, hogy az összes béta-aktivitás nagy részét a ^{40}K aktivitása teszi ki.



4-11. ábra

Gabonafélék és azokból készült élelmiszerek összes béta és ^{40}K aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.8 Állati eredetű élelmiszerek

Az állati eredetű élelmiszerek gyűjtőcsoportja a tej- és tejtermékeket, hús- és hústermékeket foglalja magában, azaz együttesen igen fontos táplálékcsoportot képvisel.

4.8.1 Tej, tejtermék

Ezen mintacsoportba a tej és az abból készített élelmiszertermékek (vaj, sajt, túró, tejpör) tartoznak. A tej- és tejtermékminták aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

Az FmÁ NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt illetve tejpör minták szerepelnek. A tej mintavétel havonta, tejjgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. 2016-ban a 19 megye és Budapest területéről 406 tej- és tejtermékminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mintavételi programjainak keretében 2016-ban összesen 278 minta vizsgálatát végezték el.

Megjegyezzük, hogy különösen a tej és tejtermékek – de bizonyos mértékben a többi feldolgozott élelmiszer, pl. hús és hústermékek esetében is – az eredmények adott megyénél történő feltüntetése nem feltétlenül jellemzi a minta származási helyét, gyakran csak a mintavétel helyszínét.

A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 4-13. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitáskoncentrációk nagyobb részt kimutatási határ alattiak. (Megjegyezzük, hogy a magasabb koncentrációk - a gyakran nem is hazai előállítású - tejpörből származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

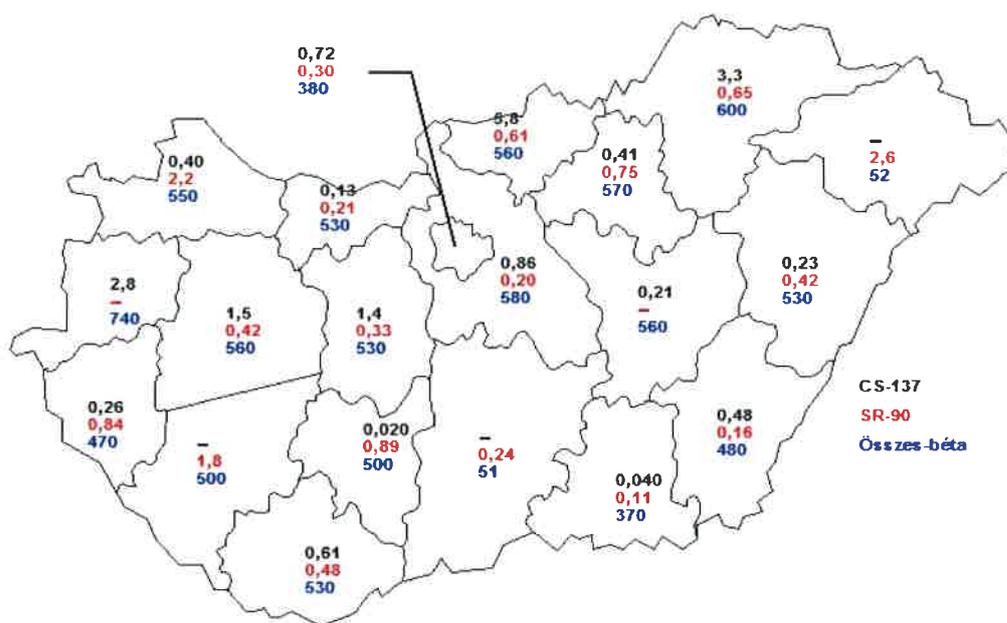
A tej- és tejtermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,17 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé is hasonló, 0,18 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitásé pedig 100 Bq/kg volt 2016-ban.

4-13. táblázat
Tej és tejtermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,025	0,61	-	16	12
Cs-137	BE	-	0,21	0,48	-	17	14
Cs-137	BK	-	-	-	-	37	37
Cs-137	BP	-	0,010	0,73	-	13	9
Cs-137	BZ	0,22	0,016	3,3	0,54	37	16
Cs-137	CS	0,081	0,0010	0,049	0,11	27	17
Cs-137	FE	-	0,13	1,4	-	9	4
Cs-137	GY	-	0,018	0,40	-	46	38
Cs-137	HA	0,14	0,051	0,24	0,11	41	18
Cs-137	HE	-	0,21	0,41	-	14	12
Cs-137	JA	-	0,070	0,21	-	22	20
Cs-137	KO	-	-	0,14	-	22	21
Cs-137	NO	-	0,0090	5,8	-	19	10
Cs-137	PE	0,086	0,010	0,86	0,17	37	25
Cs-137	SO	-	-	-	-	21	21
Cs-137	SZ	-	-	-	-	11	11
Cs-137	TO	-	0,010	0,020	-	84	82
Cs-137	VA	-	0,011	2,8	-	14	9
Cs-137	VE	-	0,036	1,5	-	22	18
Cs-137	ZA	-	-	0,26	-	19	18
Sr-90	BA	-	0,019	0,49	-	16	7
Sr-90	BE	-	0,15	0,16	-	17	15
Sr-90	BK	-	0,0070	0,24	-	25	16
Sr-90	BP	-	0,020	0,31	-	13	7
Sr-90	BZ	0,16	0,025	0,65	0,18	18	3
Sr-90	CS	-	0,020	0,12	-	17	13
Sr-90	FE	-	0,041	0,34	-	9	5
Sr-90	GY	-	0,080	2,2	-	42	33
Sr-90	HA	-	0,010	0,42	-	14	8
Sr-90	HE	0,21	0,030	0,75	0,24	13	3
Sr-90	JA	-	-	-	-	21	21
Sr-90	KO	-	0,080	0,21	-	22	20
Sr-90	NO	0,17	0,020	0,62	0,18	19	6
Sr-90	PE	0,088	0,020	0,21	0,10	37	21
Sr-90	SO	0,38	0,020	1,8	0,53	21	3
Sr-90	SZ	-	0,030	2,6	-	11	3
Sr-90	TO	0,11	0,0066	0,89	0,15	53	26
Sr-90	VA	-	-	-	-	14	14
Sr-90	VE	-	0,090	0,42	-	22	16
Sr-90	ZA	0,15	0,030	0,84	0,21	17	4

(folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes béta	BA	110	34	530	160	16	0
Összes béta	BE	210	23	480	200	17	0
Összes béta	BK	42	24	51	7,6	33	0
Összes béta	BP	38	5,0	380	62	63	0
Összes béta	BZ	79	28	600	120	41	0
Összes béta	CS	59	25	370	68	44	0
Összes béta	FE	-	26	530	-	9	0
Összes béta	GY	160	17	550	190	60	0
Összes béta	HA	88	22	540	130	45	0
Összes béta	HE	150	25	570	210	13	0
Összes béta	JA	140	20	560	200	22	0
Összes béta	KO	110	21	530	150	22	0
Összes béta	NO	160	23	560	200	19	0
Összes béta	PE	81	29	580	120	37	0
Összes béta	SO	110	24	500	170	21	0
Összes béta	SZ	45	22	52	8,0	11	0
Összes béta	TO	64	21	500	87	90	0
Összes béta	VA	350	49	740	310	14	0
Összes béta	VE	150	26	560	220	22	0
Összes béta	ZA	97	21	470	140	17	0
Cs-137	Összesen	0,17	0,0010	5,8	-	528	412
Sr-90	Összesen	0,18	0,0066	2,6	-	421	244
Összes béta	Összesen	100	5,0	740	-	616	0



4-12. ábra

Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény

4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

Ezen mintacsoportba a húsfélék (baromfi, marha, sertés, vadhús, hal) és az azokból készített élelmiszertermékek (kolbász, felvágottak) tartoznak. A hús- és hústermék minták aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. 2016-ben a 19 megye és Budapest területéről 333 húsminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ^{137}Cs szűrő vizsgálata. 2016-ben 177 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfi-húsminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH, és egyéb mintavételi programjai keretében 2016-ban összesen 121 minta vizsgálatát végezték el.

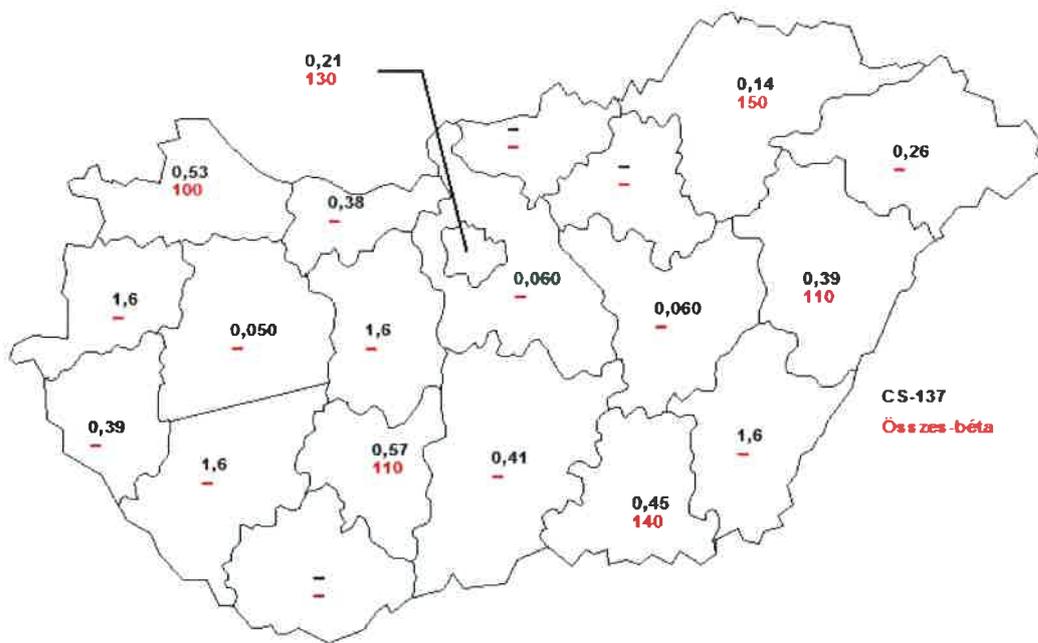
A hús- és hústermék mintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-14. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk közel háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,13 Bq/kg.

4-14. táblázat
Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	7	7
Cs-137	BE	-	-	0,070	-	22	21
Cs-137	BK	-	0,099	0,42	-	37	35
Cs-137	BP	-	0,040	0,10	-	19	15
Cs-137	BZ	0,12	0,034	0,15	0,12	22	4
Cs-137	CS	0,076	0,0010	0,45	0,076	32	22
Cs-137	FE	-	0,10	0,41	-	13	7
Cs-137	GY	-	0,036	0,54	-	10	4
Cs-137	HA	0,10	0,030	0,39	0,061	49	31
Cs-137	HE	-	-	-	-	18	18
Cs-137	JA	-	0,030	0,060	-	10	7
Cs-137	KO	-	-	-	-	10	10
Cs-137	PE	-	-	0,066	-	38	37
Cs-137	SO	0,18	0,060	1,2	0,26	32	19
Cs-137	SZ	-	-	-	-	32	32
Cs-137	TO	-	0,11	0,58	-	14	12
Cs-137	VA	-	0,16	0,26	-	9	7
Cs-137	VE	-	-	0,050	-	11	10
Cs-137	ZA	-	0,060	0,16	-	19	13
Összes béta	BP	58	18	130	40	30	0
Összes béta	BZ	99	48	150	37	14	0
Összes béta	CS	90	43	140	31	14	0
Összes béta	GY	67	13	100	31	14	0
Összes béta	HA	81	38	110	28	14	0
Összes béta	TO	84	37	110	29	14	0
Cs-137	Összesen	0,13	0,0010	1,2	-	404	311
Összes béta	Összesen	76	13	150	-	100	0

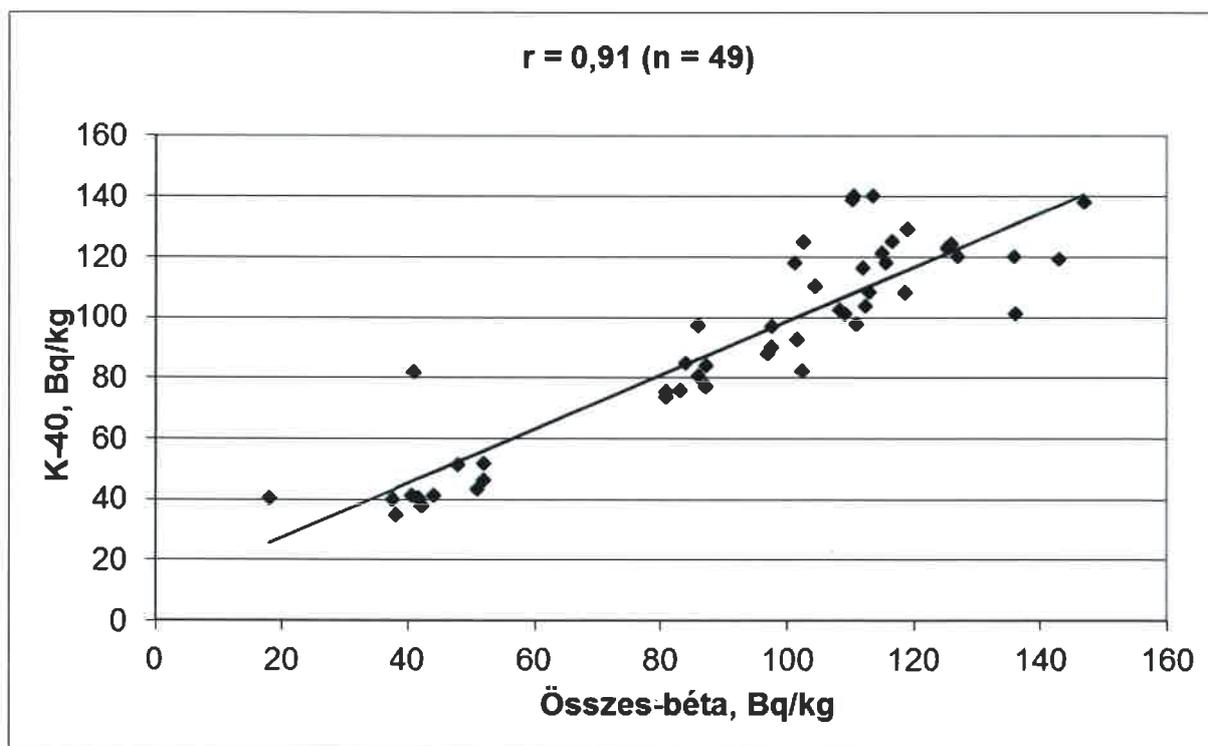
A mintákban az átlagos összes béta-aktivitás 76 Bq/kg volt 2016-ban, az értékek a 2015. évihez hasonlóak voltak. Ez döntően természetes eredetű (⁴⁰K), melynek igazolásaként a húsban és hústermékekben mért összes béta és ⁴⁰K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 4-14. ábrán szemléltetjük.



4-13. ábra

Hús és hústermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

Megj.: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)



4-14. ábra

Hús és hústermékek összes béta és ^{40}K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.9 Vegyes élelmiszer

A „vegyes élelmiszer” megnevezés a lakosság által közvetlenül fogyasztott (feldolgozott, főtt) ételeket takarja. Az országos ellenőrzési programot az EüÁ ERMAH laboratóriumok végzik. A mintavétel gyakorisága féléves és a régiókra terjed ki. A program összeállításánál cél volt, hogy a vizsgált készítmény közétkeztetésből származzon, minél nagyobb lakossági csoport fogyasztását reprezentálja. Az ételmintákat 5 munkanapon (ha megoldható, egy teljes héten keresztül gyűjtik).

Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel félévenkénti mintavétel. Az EüÁ ERMAH és egyéb mintavételi programjai keretében 2016-ban összesen 20 mintát vettek.

A 2016. évi eredményeket a 4-15. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs a ^{90}Sr koncentrációk jórésze a kimutatási határ alatt volt és a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitáskoncentrációja mára jóval a 0,1 Bq/kg szint alatt marad.

4-15. táblázat
Vegyesélelmiszer-minták mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	0,010	-	2	1
Cs-137	BZ	-	0,026	0,031	-	2	0
Cs-137	CS	-	-	0,0010	-	2	1
Cs-137	GY	-	0,022	0,023	-	2	0
Cs-137	HA	-	0,032	0,043	-	2	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BP	-	0,027	0,040	-	2	0
Sr-90	GY	-	0,020	0,020	-	2	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	4	4
Összes béta	BP	-	32	38	-	2	0
Összes béta	GY	-	-	34	-	1	0
Összes béta	HA	32	13	54	13	13	0
Cs-137	Összesen	-	0,0010	0,043	-	14	6
Sr-90	Összesen	-	0,020	0,040	-	8	4
Összes béta	Összesen	33	13	54	-	16	0

4.10Egyéb mérések

2016-ban kettő in-situ mérés történt az OKI KI SSFO telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán, amelynek eredményeit az 4-16. táblázat tartalmazza.

Emellett in-situ mérések történtek Püspökszilányon és Bátaapátiban, a radioaktív hulladék-tárolók monitoring programjában.

4-16. táblázat
Az OKI KI SSFO udvarán végzett in-situ mérések eredményei
a ¹³⁷Cs -re vonatkozó értékek kBq/m², a többi érték Bq/kg egységben szerepel

Nuklid	2016.04.22.	2016.12.08.
Ac-228	33,8 ± 1,4	28,9 ± 1,2
Tl-208	36,3 ± 1,5	31,5 ± 1,6
Pb-214	30,7 ± 1,5	30,4 ± 1,5
Bi-214	30,5 ± 1,2	32,9 ± 1,3
K-40	474 ± 19	415 ± 17
Cs-137	2,31 ± 0,12	2,06 ± 0,1

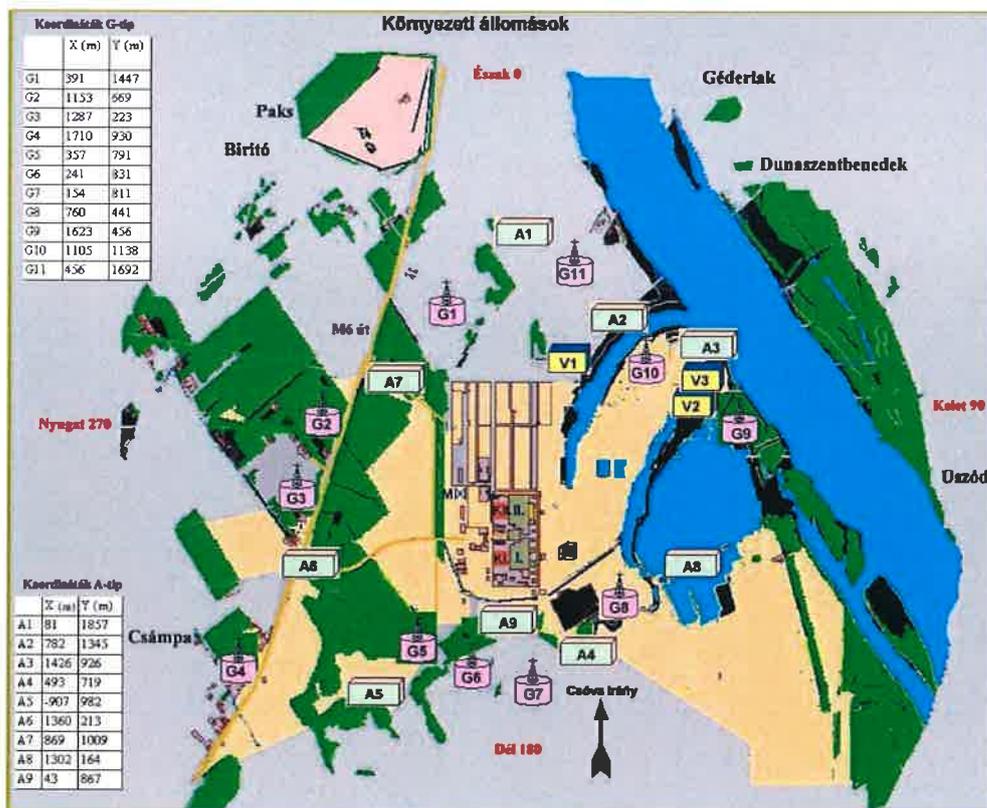
5 Létesítmények környezete

Az országos mintavételi programon alapuló mérési adatok mellett a mérések másik nagy csoportját jelentik a kiemelt létesítmények környezetének mérési adatai. E fejezetben a létesítményekhez kapcsolódó nukleáris környezetellenőrzés 2016. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű Zrt. környezetében végzett mérések

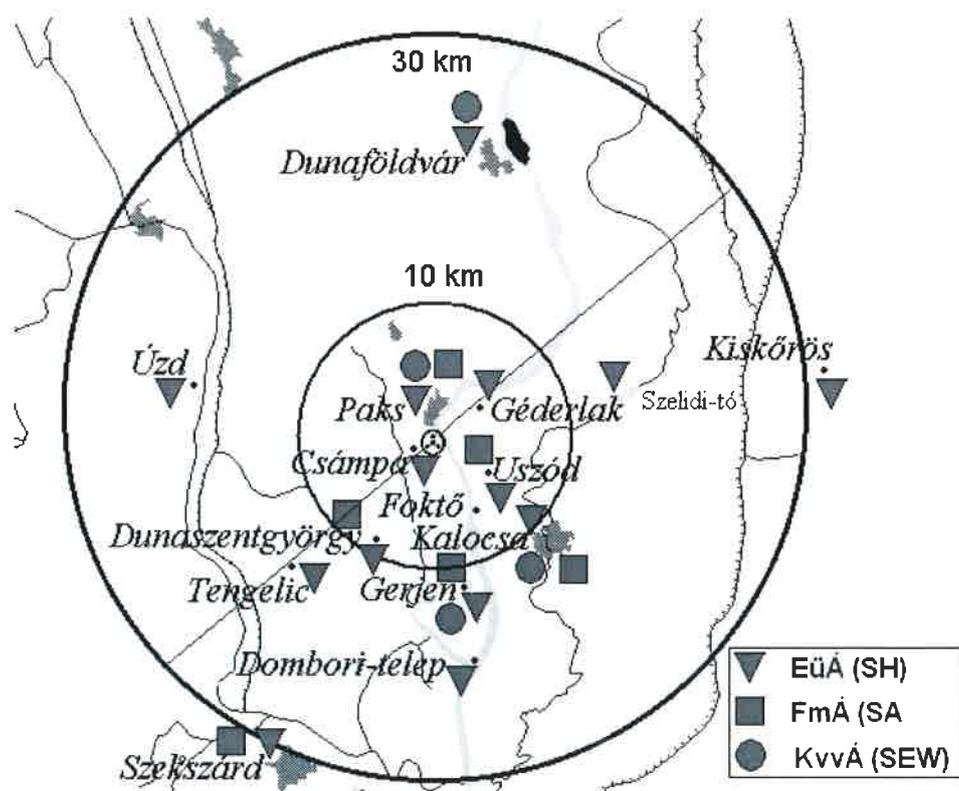
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 5.1. és 5-2. ábra. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.



5-1. ábra

Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal



5-2. ábra
A hatósági mérési és mintavételi helyek

Az OKI KI SSFO (OKK OSSKI) által működtetett digitális adatbázisban tárolt, a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok száma az utóbbi években 6-7 ezer körül volt, a tervezett érték 3500. A 2016-ban a 2015. évihez hasonlóan alakuló meghatározások számának vizsgálati irányok szerinti megoszlását az 5-1. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön meghatározásnak számít és egy mintának az összes béta, ^{90}Sr stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés mintegy 2-3 ezer mintából származik. A nuklidspecifikus eredmények aránya az utóbbi években már a meghatározások jóval több mint kétharmadát, 2016-ban több, mint 80 %-át tette ki.

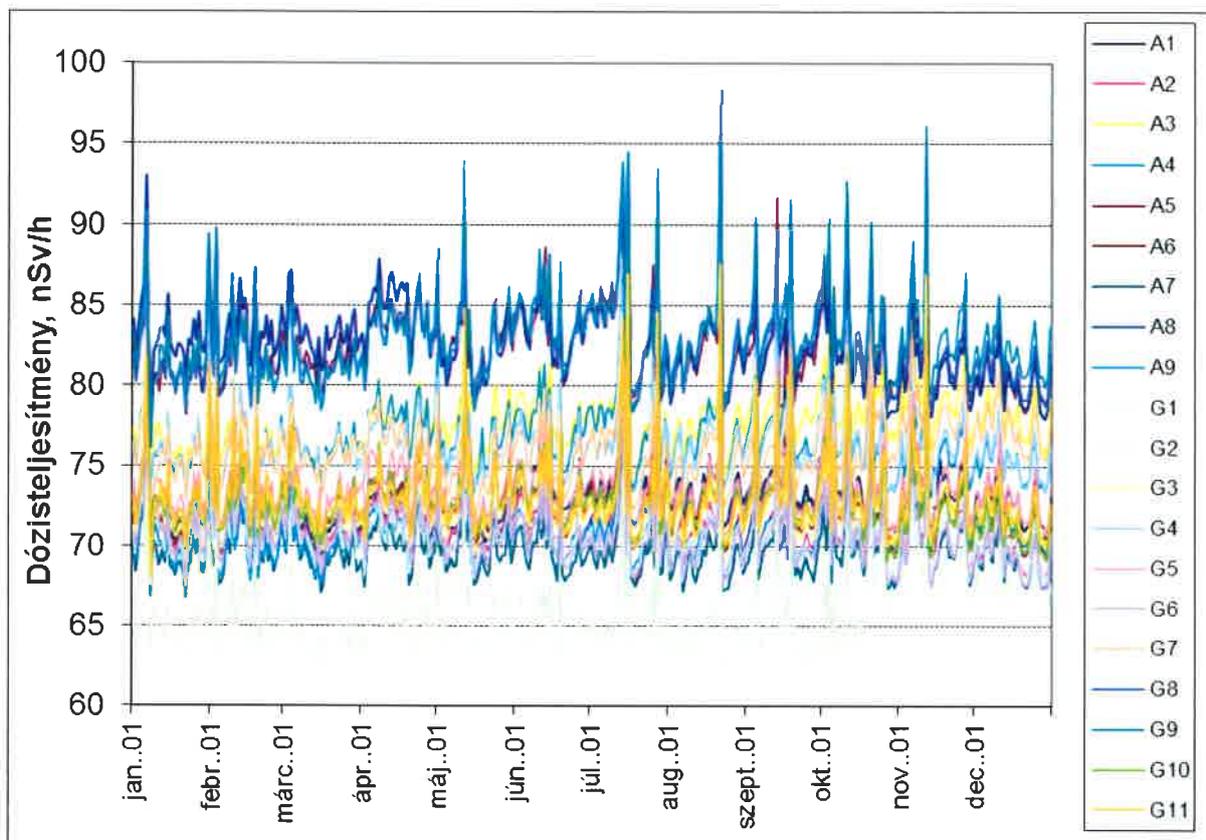
5-1. táblázat
A hatósági meghatározások száma (N) és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2016-ban

Vizsgálati irány	Meghatározások száma (N)	[%]
Összes béta-aktivitás	1011	14,5
I-131	84	1,2
HpGe det. gamma-spektrometria	4577	65,7
Trícium	391	5,6
Sr-89+Sr-90*	460	6,6
egyéb vizsgálatok	449	6,4
összesen:	6972	100

* kémiai elválasztással

5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítmény-mérő szondákkal mért napi dózisteljesítmények időbeli változását mutatjuk be az 5-3. ábrán. (Az összesen 20 szonda havi átlagolású eredményei az erőmű éves jelentésében megtalálhatók).



5-3. ábra

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózis-teljesítmények időbeli változása 2016-ban

Az 5-3. ábrából láthatóan az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok időjárási eseményekhez – légnemű nagymértékű változása, esőzések – kötődnek. A legnagyobb és legkisebb dózisteljesítmények között látható különbség oka az állomások környezetének eltérő talajtípusa.

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az OKI KI SSFO a 2012-es évtől méri termolumineszcens dózismérőkkel (TLD) a negyedévi integrált dózist. Az országos TLD méréseken felül a PAE környékén az OKI KI SSFO egy 39 mérési helyszínből álló passzív mérőhálózatot is működtet a környezeti gamma-dózisteljesítmény mérésére. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldik ki a TL detektorokat postán vagy személyesen cserélik, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza hozzánk. A detektorokat a szabadban kerülnek kihelyezésre. A mérési pontok elhelyezkedését és a mérési eredményeket az 5-4. ábra, illetve az 5-2. táblázat mutatja. A mérési eredményeket levegőben elnyelt dózisban kifejezve (D_a) adtuk meg, az értékek jellemző hibája 5% körüli. Néhány esetben a doziméterek elvesztek, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.

Az átlagértékek – a természetes ingadozásokat figyelembe véve – jól egyeznek a korábbi évekkel. (Az erőmű által a becslések alapján okozott igen kis dózisteljesítmény növekmény ezzel a módszerrel nem mutatható ki.)



5-4. ábra
 A Paks környéki TLD mérések helyszínei

5-2. táblázat
A Paks környéki TLD mérések 2016. évi eredményei

Település	Dózteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	79,7	77,7	76,0	85,6
Bogyiszló	85,9	81,3	88,8	94,1
Borsócséplői út	58,8	48,7	58,2	65,6
Csámpa vízmű	63,9	53,9	67,1	67,1
Császártöltés	80,9	73,5	71,4	84,5
PAE Déli bekötőtű	60,1	51,4	62,2	65,5
Dunaföldvár	59,8	52,2	57,0	65,0
Dunakömlőd	92,4	84,7	90,3	105,4
Dunapataj	-	-	71,8	79,1
Dunaszentbenedek	65,5	63,3	68,3	75,6
Dunaszentgyörgy I.	-	61,9	62,2	66,4
Dunaszentgyörgy II.	74,7	69,9	69,5	85,1
Dusnok	77,8	67,9	72,8	82,9
PAE Északi bekötőtű	53,1	49,9	-	57,8
Fajsz	86,1	75,6	78,0	89,0
Foktő I.	70,8	62,4	78,9	78,3
Foktő II.	88,0	74,7	85,4	99,2
Földespuszta	66,4	59,9	64,6	76,0
Géderlak	69,7	65,6	66,7	77,0
Hajós	79,5	69,3	73,5	85,1
Kalocsa	72,5	60,2	70,9	66,5
Kecel	81,9	72,8	76,3	86,5
Kiskőrös	59,3	52,4	57,3	65,5
Kölesd	92,0	88,5	89,4	94,7
Löszdomb	57,4	48,3	54,4	61,7
Miske	99,0	93,2	92,5	107,1
Nagydorog	83,9	81,7	87,2	96,4
Németkér	81,0	74,4	76,2	84,5
Öregcsertő	77,4	70,9	75,9	85,6
Paks	101,0	93,4	99,2	15,3
Simontornya	84,8	82,5	89,7	95,8
Szadmár	78,1	67,6	67,2	79,5
Szekszárd	77,0	64,1	69,1	75,8
Tengelic I.	62,4	55,2	55,9	66,9
Tengelic II.	82,9	75,6	77,3	87,3
Uszód	71,1	62,9	66,3	71,3
Uszód	72,3	-	77,7	68,5
Úzd reléállomás	76,7	60,3	62,3	76,4
Zomba	115,9	98,7	96,6	120,8
Vizsgálatok száma	37	39	38	39
Átlagos dózteljesítmény	76,7	73,8	73,8	79,2

5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszol mérések eredményeit összegzi a 5-3. táblázat. A mintavétel nagy légforgalmú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön a 2016. évben nem tudtak kimutatni atomerőművi eredetű izotópot (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke I-131 izotópra 3, Cs-134 izotópra 15, míg Cs-137 izotópra 20

$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). A mért ^7Be radioizotóp természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok eredményeivel.

5-3. táblázat

A Paksi Atomerőmű környezetében végzett aeroszol mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m^3	Minimum mBq/m^3	Maximum mBq/m^3	Szórás mBq/m^3	N	Kha
Be-7	3,9	0,9	9,1	1,8	516	0
Co-60	-	-	-	-	516	516
Cs-134	-	-	-	-	516	516
Cs-137	-	-	-	-	516	516
I-131	-	-	-	-	516	516

A légtér radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a Tolna Megyei Kormányhivatal környezeti sugár-egészségügyi laboratóriuma - négy ponton: Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár - tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes béta, ill. gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik. Ezeknek az adatoknak egy része az országos kimutatásban is szerepel. Az aeroszol szűrőkben mért összes béta-aktivitás $0,57 - 4,9 \text{ mBq}/\text{m}^3$ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes béta-aktivitás $9,1 - 130 \text{ Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$ értékhatárok között volt. A magasabb értékek döntő részben a ^{40}K izotóptól származnak.

5-4. táblázat

A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol) a hatósági mérésekből (EüÁ), mBq/m^3

Meghatározás	Terület *	Átlag min.-max.; esetszám**
Összes béta	ÉNY-i félkör, $R < 10 \text{ km}$	1,6 0,78 - 2,1; 52(35)
Összes béta	ÉNY-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	1,0 0,57 - 4,9; 51(39)
Összes béta	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	1,5 0,91 - 2,6; 52(36)
Be-7 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	3,8 1,0 - 7,7; 47
Cs-134 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	0,00054 0,00023 - 0,00096; 47(47)
Cs-137 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	0,00077 0,00057 - 0,0012; 47(47)
I-131 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	0,00067 0,00040 - 0,0010; 47(47)
Pb-210 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10 \text{ km}$	0,77 0,30 - 2,2; 47

* Itt és a következő hasonló táblázatokban a félkörök és távolságok jelentése leolvasható a 5.2-es ábráról.

** Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin a korábbi évekhez hasonlóan 2016-ben nem volt kimutatható a ^{137}Cs .

5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei

Az üzemi méréseket az ún. A-típusú ellenőrző állomásokon végezték. A kihullásban jól mérhető volt – az EüÁ laboratóriumának eredményeihez hasonló nagyságban – a kozmogén eredetű ⁷Be. Atomerőművi eredetű radionuklid 2016-ban nem volt kimutatható a fall-out mintákban.(5-5. táblázat). A radionuklidtól függő kimutatási határok értéke I-131 izotópra 2,0, Cs-134 izotópra 0,4, míg Cs-137 izotópra 0,4 Bq/m²/hó közötti.

5-5. táblázat

A levegőkörnyezetben mért teljes kihullás koncentrációk hatósági mérésekből (EüÁ)

Meghatározás	Terület *	Átlag (Bq/m ² /hó) min.-max.; esetszám
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	15 9,1 - 28; 11
Összes béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	22 13 - 37; 11
Összes béta	DK-i félkör, R≥10 km	40 9,2 - 130; 21
Be-7 (Gamma spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	72 35 - 180; 11
Be-7 (Gamma spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	75 25 - 190; 10
Be-7 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	72 33 - 150; 22
Cs-137 (Gamma spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,15 0,12 - 0,18; 11(11)
Cs-137 (Gamma spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,15 0,12 - 0,17; 10(10)
Cs-137 (Gamma spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,15 0,13 - 0,18; 22(22)

* Itt és a következő hasonló táblázatokban a félkörök és távolságok jelentése leolvasható a 5.2-es ábráról.

** Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5-6. táblázat

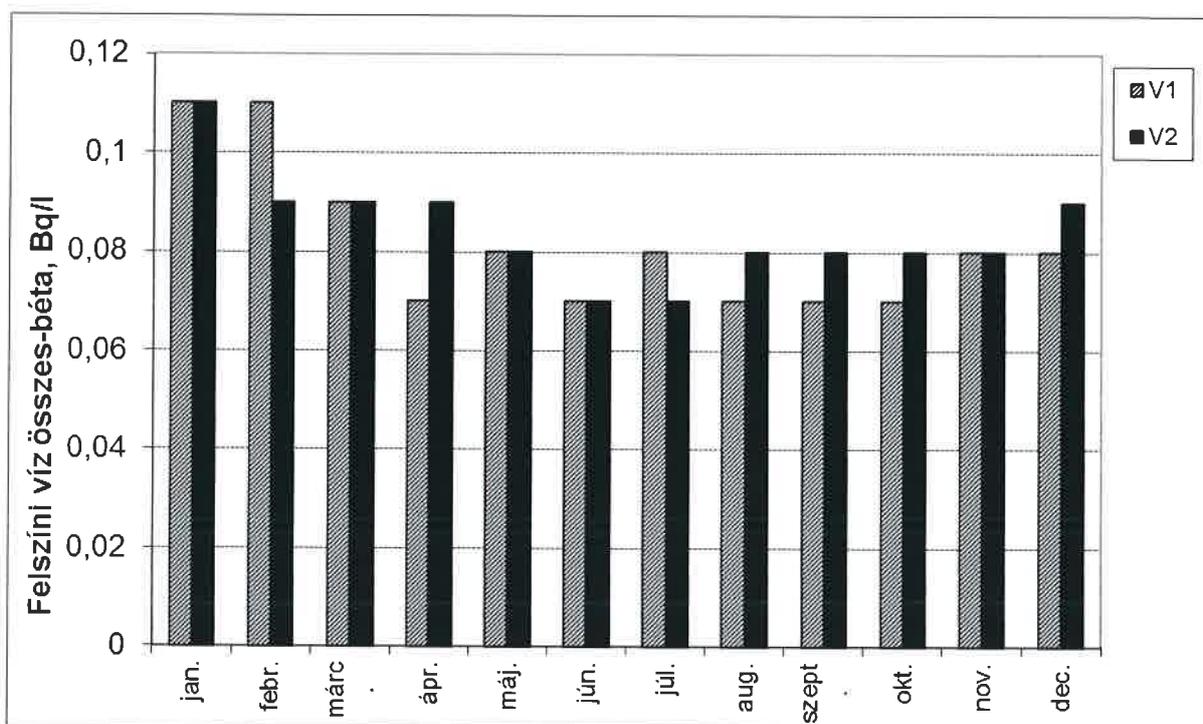
A levegőkörnyezetben mért aktivitás-koncentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből [13].

Radionuklid	Átlag Bq/m ² /hó	Minimum Bq/m ² /hó	Maximum Bq/m ² /hó	Szórás Bq/m ² /hó	N	Kha
Be-7	93	6,7	395	70	108	3,5

5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg és melegvízcsatornájában mért aktivitáskoncentrációk

Az erőmű környezet-ellenőrzési programja keretében rendszeresen méri a hidegvíz- (V1) és melegvízcsatorna (V2) vizének aktivitáskoncentrációit. Az összes béta-aktivitások havi átlagait a 5-5. ábrán mutatjuk be (az összes bétamérések jellemző energiája 100 és 1000 keV közötti). A hidegvízcsatorna vizének aktivitáskoncentrációja meg kell hogy egyezzen a Dunáéval, a melegvízcsatornánál sem várható lényeges emelkedés. Az 5-5. ábrán a

melegvízcsatorna vizének havi átlag értékei mérési hibahatáron (kb. 25%-on) belüli jó egyezést mutatnak a hidegvízcsatorna hasonló értékeivel.



5-5. ábra

A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért összes béta-aktivitáskonzentrációk

5.1.5 Az OKI KI SSFO mérési adatai Paks felszíni vizekre vonatkozóan

Az OKI KI SSFO a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vízből Paksnál, illetve a paksi kollégák segítségével az M5 és T24 figyelőkutakból, valamint a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A minta-előkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literrel 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $380\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskonzentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket elektrolitikus dúsítás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációja minden esetben kimutatási határ alatti volt. A mérési eredményeket a 5-7. táblázat tartalmazza.

5-7. táblázat

A Duna paksi szakaszán és a PAE M5, T24 jelű figyelő kútjaiból, valamint a melegvízes csatornából (V2) vett vízminták aktivitása (OKI KI SSFO)

Radionuklid	Mintavétel helye	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha	Egység
Sr-90	Paks	-	1,6	1,7	-	2	0	mBq/l
Sr-90	V2	-	0,5	1,8	-	2	0	mBq/l
H-3	M5	37,0	11,4	96,2	22,2	12	0	Bq/l
H-3	T24	22,0	13,6	27,8	4,1	12	0	Bq/l
H-3	V2	1,95	1,34	3,05	0,58	12	0	Bq/l
K-40	Paks	82,4	59,4	105	13,0	12	0	mBq/l

5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

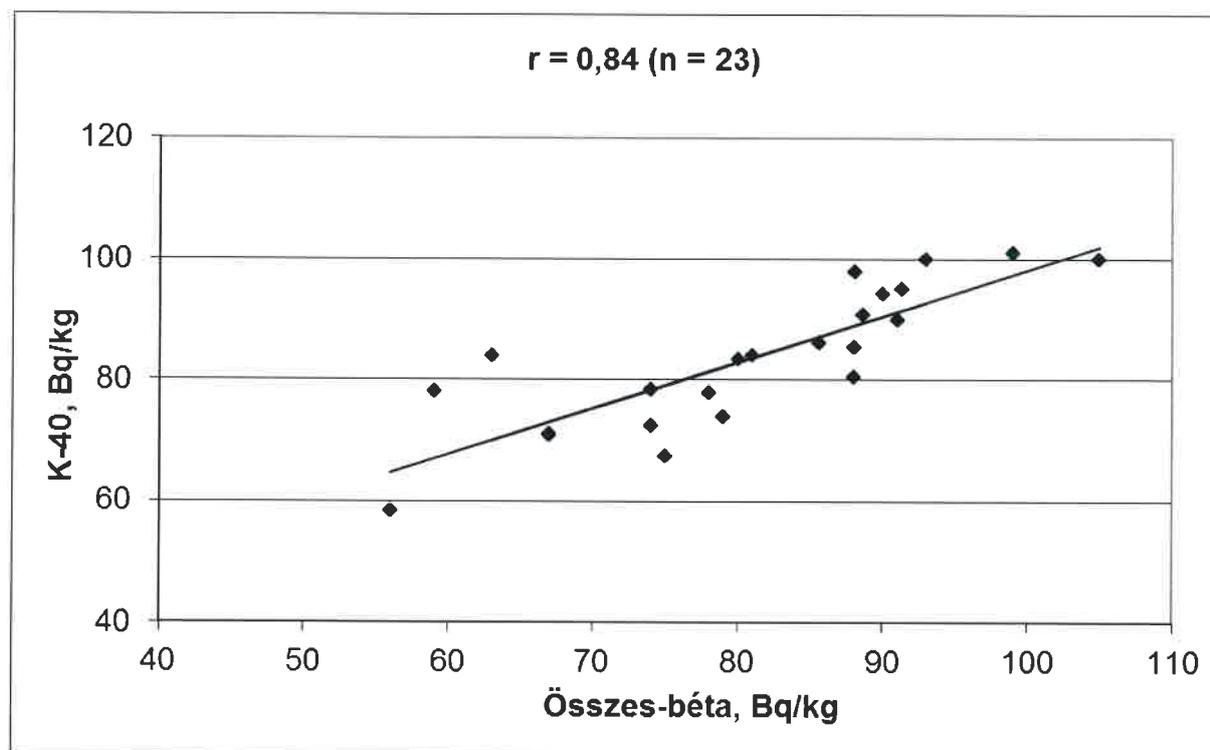
A Paksi Atomerőmű környezetében a KvVÁ környezetvédelmi hatáskörében eljáró BAMKH NF LO végzi a halak mintázását és mérését az erőmű alatti Duna-szakaszon. A dunai halakra, az erőmű alatti szakaszon kapott mérési eredményeket a 5-8. táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a minták nagyobb részében kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt az 5-6. ábrán szemléltetjük, a korreláció elég erős, a tavalyi évhez hasonlóan, annak ellenére, hogy a halak - a szárazföldi állatoktól eltérően - koncentrálnak egyes fémeket, valamint a ^{40}K izotópon kívül más béta-sugárzó, többnyire természetes eredetű radioaktív izotóp is hozzájárul az összes béta-eredményekhez.

5-8. táblázat

A Paksi Atomerőmű utáni Duna-szakaszon fogott halak mérési eredményeinek éves jellemzői (KvVÁ)

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	0,17	0,030	0,43	0,12	23	8
Sr-90	-	-	1,5	-	23	22
K-40	84	59	100;	???	23	0
Összes béta	81	56	110	13	23	0



5-6. ábra

Halak összes béta és ^{40}K aktivitáskoncentrációi közötti összefüggés (KvVÁ)

5.1.7 A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk a hatósági mérések alapján

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna – elsősorban az erőmű utáni szakasza – radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A KvVÁ pécsi és az EüÁ szekszárdi laboratóriuma a folyó Dunaföldvártól Mohácsig terjedő szakaszán több ponton – Dunaföldvár, Paks, Gerjen, Kalocsa, Baja, Mohács – végez rendszeres mintavételt és mérést.

A hatóság feladatköre ezen kívül az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek – Szelidi-tó, Kondor-tó, Dombori telepi Holt-Duna-ág – rendszeres ellenőrzésére is kiterjed, ezt az EüÁ laboratóriuma végzi. (A Szelidi-tónál a KvVÁ laboratórium is végez mintavételezést és mérést.)

A vizsgálatok elsősorban a víz-, szedimentum-, alga- és halminták aktivitáskoncentrációinak mérésére irányulnak.

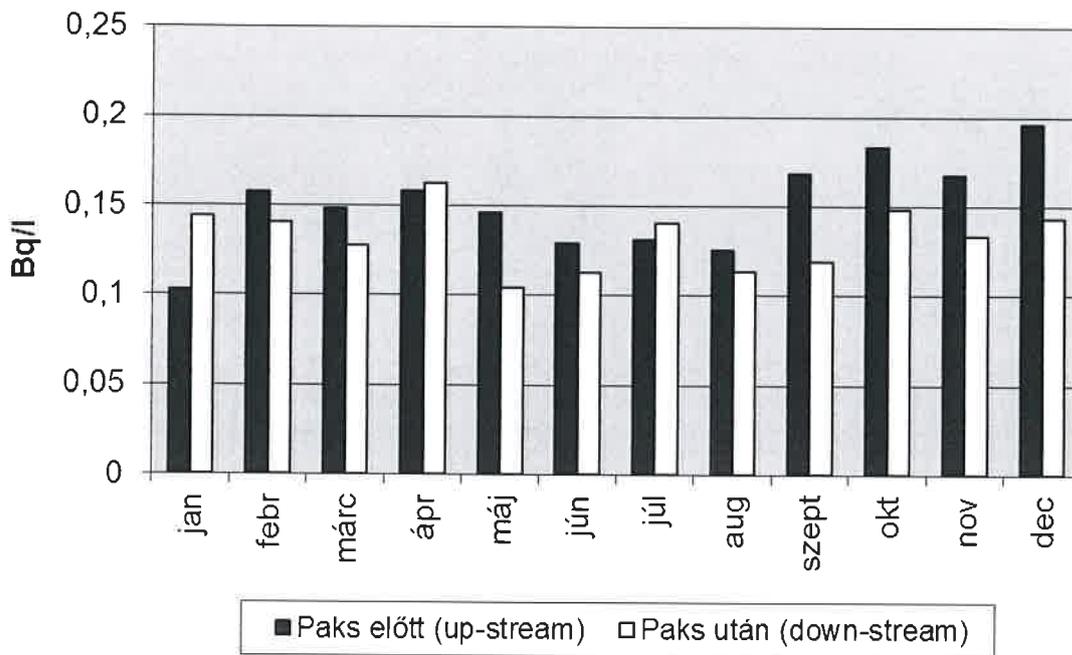
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes béta-aktivitáskoncentrációkat a 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig a 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes béta-aktivitások éves átlaga 0,15 Bq/l volt Paks előtt és 0,13 Bq/l Paks után.

A trícium-koncentráció értékeket tartalmazó 5-8. ábra és 5-9. táblázat szerint a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitáskoncentrációk a korábbi évekhez hasonlóak, nincs szignifikáns különbség az erőmű előtt és után gyűjtött mintákat tekintve. A vizsgálati pontokon a Duna szakasz trícium-koncentrációja Paks előtt és Paks után átlagosan 2,3 ill. 2,4 Bq/l volt.

A már említett összes béta-aktivitás és trícium-koncentráció mellett az 5-9. táblázat tartalmazza a Duna-víz ^{90}Sr és ^{137}Cs , valamint a KvVÁ laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitáskoncentrációit is.

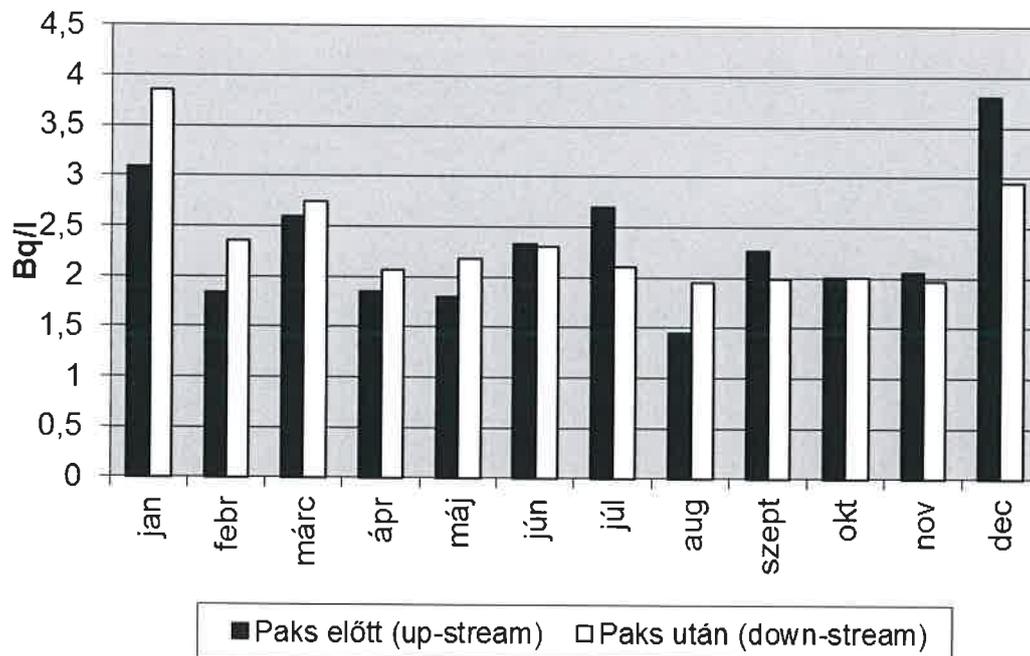
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitáskoncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeket és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vizében az erőmű utáni szakaszon erőműi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2016-ban sem volt kimutatható.



5-7. ábra

A dunavíz havi összes béta aktivitáskonzentrációja Paks előtt és után mérve (hatósági mérések)



5-8. ábra

A dunavíz havi trícium-konzentrációja Paks előtt és után mérve (hatósági mérések)

5-9. táblázat

A Duna-vízben mért éves aktivitás-koncentráció értékek, hatósági mérések alapján (EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*	alapszint (Bq/l) (1981)
Összes béta	Paks előtt	0,15 0,067 - 0,22; 36	0,2
	Paks után	0,13 0,023 - 0,26; 74	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0034 0,00019 - 0,0058; 12(10)	
	Paks után	0,0013 0,00012 - 0,0059; 37(24)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,12 0,085 - 0,19; 5	
	Paks után	0,055 0,0026 - 0,11; 30(1)	
H-3	Paks előtt	2,2 1,0 - 3,9; 24(6)	7,00
	Paks után	2,3 0,0030 - 5,4; 49(23)	
Sr-90	Paks előtt	0,011 0,0057 - 0,046; 8(8)	0,005
	Paks után	0,0024 0,00038 - 0,0063; 23(22)	

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Az 5-10. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes béta aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,059 - 0,54 Bq/l határok között voltak.

5-10. táblázat
Felszíni vízminták (kivéve Duna) radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérések alapján
(EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	DK-i félkör, R<10 km	0,15 0,059 - 0,26; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	0,26 0,11 - 0,54; 24
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,0056 0,0055 - 0,0065; 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0056 0,0052 - 0,0063; 7(7)
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,1 0,90 - 4,4; 12(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,5 0,90 - 8,3; 20(5)
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0061 0,0058 - 0,0067; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0065 0,0059 - 0,0071; 8(7)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A Duna üledékéből Paks előtt és Paks után havonta-negyedévente gyűjtött minták átlagos koncentrációit a KvVÁ és EüÁ adatai alapján a 5-11. táblázat tartalmazza.

A Duna-iszap összes béta-aktivitása a mintázott helyeken 540 - 1100 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitáskoncentrációja a mérések alapján Paks után 2,1 Bq/kg volt. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évekhez.

A gamma-spektrometriai mérések azt mutatják, hogy a Duna üledékében a 10 Bq/kg alapszintet meghaladó mértékben továbbra is jelen van a csernobili baleset következtében kihullott ¹³⁷Cs. Ebben az évben a ¹³⁷Cs koncentráció 0,51 - 35 Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentum-mintákban, ez hasonló az előző években mért értékekhez, azonban a mért koncentrációk két nagyságrenden belüli változása a mintavétel, illetve a mintázandó közeg bizonytalanságát mutatja. A Paks utáni átlag és maximum a Paks előttihez hasonló volt.

5-11. táblázat
A dunai üledék éves mérési eredményei hatósági mérésekből (EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes béta	Paks előtt	930 850 - 980; 6	
	Paks után	890 540 - 1100; 57	
Cs-134 (gamma-spekt.)	Paks előtt	0,64 0,22 - 1,5 16(16)	
	Paks után	0,54 0,20 - 0,91 23(23)	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	7,4 0,60 - 35; 22(16)	10,0
	Paks után	17 0,51 - 35; 79(23)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	400 180 - 670; 22	
	Paks után	510 210 - 750; 80	
Sr-90	Paks után	2,1 1,2 - 3,0; 54(54)	2,0

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Az 5-12. táblázat a hatósági laboratóriumok (EüÁ és KvVÁ) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitáskoncentráció értékeket tartalmazza. A minták szennyezettségét gamma-spektrometriával mérték, a ¹³⁷Cs koncentrációjának átlagértéke a dunainál kisebb, 1,1 Bq/kg volt.

5-12. táblázat
Felszíni vizek (a Duna kivételével) üledékének aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg sz.a.) min.-max.; esetszám*
Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,56 0,22 - 0,90; 24(24)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	1,1 0,54 - 1,7; 24(24)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	290 220 - 430; 24

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5.1.8 A talajban mért aktivitáskoncentrációk

A talaj mintavételezése a felső 0 - 5 cm-es rétegből történt. A Tolna-megyei ERMAH laboratórium Kalocsán, Dunaföldváron, Pakson, Fadd-Domboriban és Csámpán havonta méri a talaj radioaktív szennyezettségét. Az FmÁ NÉBIH mintavételi helyei a atomerőműtől főként

déli irányban helyezkednek el. A vizsgált talajok aktivitáskoncentráció értékeit tartalmazza az 5-13. táblázat.

A vizsgált talajok gamma-spektrometriával mért ^{137}Cs koncentrációja 0,21 - 39 Bq/kg, a ^{90}Sr pedig 0,41 - 4,5 Bq/kg között változott.

A PAE 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitáskoncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem volt kimutatható.

5-13. táblázat
Talajminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ és EüÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	360 - 380; 2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	490 250 - 620; 13
	DK-i félkör, R<10 km	460 390 - 570; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	480 270 - 590; 16
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,45 0,15 - 0,75; 24(24)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,52 0,30 - 0,69; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,58 0,11 - 1,1; 24(24)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,58 - 3,5; 26(24)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	6,7 0,95 - 39; 25(12)
	DK-i félkör, R<10 km	9,3 3,4 - 15; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	2,8 0,21 - 25; 40(21)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	290 200 - 390; 26
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	400 260 - 540; 25
	DK-i félkör, R<10 km	400 350 - 520; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	430 240 - 560; 40
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,5; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,1 0,41 - 2,7; 11(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,83 0,47 - 1,4; 3(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,4 0,48 - 4,5; 11(2)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitáskoncentrációk

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai havonkénti gyakorisággal vették a takarmánymintákat. A mintavételi helyek évről-évre állandóak: Foktő, Paks és Dunaszentgyörgy.

A mérési eredményeket az 5-14. táblázat tartalmazza. Az utóbbi évek adatait figyelembe véve elmondható, hogy a takarmányok ^{137}Cs aktivitása hasonló volt a korábbi évekhez, 2016-ban 0,017-2,6 Bq/kg közötti volt.

5-14. táblázat
Takarmányminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	560 280 - 1100; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	200 80 - 350; 8
	DK-i félkör, R<10 km	500 130 - 1100; 27(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	220 86 - 710; 12
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,51 0,17 - 1,3; 12(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,12 0,035 - 0,23; 9(6)
	DK-i félkör, R<10 km	0,53 0,065 - 2,6; 27(21)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,18 0,040 - 0,45; 12(11)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	520 250 - 1100; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	210 64 - 360; 9
	DK-i félkör, R<10 km	580 110 - 1100; 27
	DK-i félkör, R≥10 km	250 67 - 650; 12
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,23 - 2,6; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,39 0,063 - 0,77; 5(1)
	DK-i félkör, R<10 km	1,4 0,10 - 2,5; 25(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,32 0,070 - 0,67; 11(3)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5.1.10 A növénymintákban mért aktivitáskoncentrációk

2016-ban is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadontermő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, ill. az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa, Dunaszentbenedek.

Az eredményeket Bq/kg egységben a 5-15., 5-16. és 5-17. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes béta és ⁹⁰Sr vizsgálatokat, továbbá gamma-spektrometriai elemzéseket végeztek.

5-15. táblázat

Legelői fűminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai az FmÁ mérései alapján

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	200 160 - 240; 6(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	240 44 - 590; 7(1)
	DK-i félkör, R<10 km	260 130 - 480; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	200 130 - 310; 16(1)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,14 0,071 - 0,32; 6(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,26 0,050 - 0,93; 1(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,49 0,14 - 0,90; 5(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,17 0,040 - 0,72; 16(14)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	230 280 - 310; 6
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	290 150 - 600; 6
	DK-i félkör, R<10 km	400 220 - 830; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	220 150 - 410; 16
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,21 0,12 - 0,32; 6
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,47 0,079 - 1,4; 7(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,36 0,060 - 1,3; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	0,28 0,090 - 1,4; 16(1)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5-16. táblázat

Gyomnövényminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FmÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	225; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	200 180 - 210; 4(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	140 77 - 240; 10
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,85; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,75 0,066 - 2,5; 4(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,94 0,056 - 8,6; 11(7)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	81; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	200 57 - 310; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	170 70 - 240; 10
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,91; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,51 0,096 - 0,96; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,31 0,042 - 1,6; 10(5)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények ¹³⁷Cs koncentrációja 0,025 - 0,16 Bq/kg között volt, ez megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ¹³⁷Cs koncentráció értékeknek.

Összefoglalva elmondható, hogy a paksi erőműből származó radioaktív izotóp az atomerőmű 30 km-es körzetében termelt élelmiszerekben, valamint a környezetellenőrzés céljára gyűjtött mintákban nem volt kimutatható. A mintavételi és mérési bizonytalanságot figyelembe véve az EüÁ ERMAH és az FmÁ NÉBIH hálózatai által megadott mérési eredmények nem térnek el egymástól.

5-17. táblázat
Nyers konyhakerti növények aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	120; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	110 49 - 250; 26
	DK-i félkör, R<10 km	46; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	96 42- 220; 10
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,030; 1(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,058 0,025 - 0,10; 25(21)
	DK-i félkör, R<10 km	0,041; 1(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,092 0,053 - 0,16; 10(10)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	100; 1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	150 52 - 240; 25
	DK-i félkör, R<10 km	58; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	150 80 - 360; 10
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,15 0,071 - 0,29; 13(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,20 0,060 - 0,39; 6(1)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása

A Tolna megyei ERMAH laboratórium öt helyen, havonta vizsgálja a vezetékes ivóvizet. A mintavételi pontok között van közkút, középület és a PAE területe. A mérési eredményeket a 5-18. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes béta-aktivitása a kutak jellegétől függően 52 - 900 mBq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények majdnem minden esetben a kimutatási határ alattiak voltak, ezért az átlagérték, valamint a minimum és maximum erősen felülbecsültek (akár két-három nagyságrenddel is). A trícium koncentrációk maximuma csak egy esetben haladta meg a 3,0 Bq/l értéket és a mélyfúrású kutakból származó mintáknál jórészt szintén a kimutatási határ alatt maradt.

5-18. táblázat
Az ivóvíz aktivitáskoncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (EüÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,085 0,066 - 0,17; 24
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,094 0,060 - 0,25; 14(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,052 - 0,90; 28(2)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,0054 0,0046 - 0,0062; 7(7)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,0044 0,0020 - 0,0060; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0081 0,0014 - 0,049; 11(11)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,28 0,20 - 0,40; 12(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,10 0,530 - 1,50; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	0,90 0,90 - 0,90; 3(3)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,0067 0,0047 - 0,0098; 8(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,0054 0,0047 - 0,0059; 4(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0067 0,0053 - 0,0099; 8(7)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A tejminták begyűjtésére havonként, az FmÁ NÉBIH esetében a takarmányminták vételével egyidőben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, foktői és paksi tehenészetből származtak. A mérési eredményeket a 5-19. táblázat foglalja össze.

Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ¹³⁷Cs értékek legtöbbször kimutatási határral szerepel, így az ebből képzett átlagértékek is felülbecsültek. A minták ¹³⁷Cs koncentrációi a 10-130 mBq/l között voltak. A tejben mérhető összes béta-aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ⁴⁰K izotópból származik.

5-19. táblázat
Tejminták aktivitáskonzentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ és EüÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	47 38 - 51; 13
	DK-i félkör, R<10 km	46 39 - 50; 36
	DK-i félkör, R≥10 km	48 44 - 51; 24
Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,077 0,059 - 0,091; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,073 0,037 - 0,094; 24(24)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,019 0,010 - 0,020; 13(11)
	DK-i félkör, R<10 km	0,054 0,0098 - 0,13; 40(40)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,086 0,0099 - 0,12; 32(32)
I-131 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,084 0,047 - 0,16; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,10 0,0089 - 0,25; 24(24)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	45 36- 51; 13(1)
	DK-i félkör, R<10 km	58 40 - 81; 40
	DK-i félkör, R≥10 km	54 45 - 67; 32
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,041 0,019 - 0,066; 12(8)
	DK-i félkör, R<10 km	0,042 0,0074 - 0,083; 29(19)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0088 0,0053 - 0,011; 8(4)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai által vizsgált húsminták mérési eredményeit a 5-20. táblázat tartalmazza.

5-20. táblázat
Nyers húsminták aktivitáskoncentrációi a hatósági mérésekből (FmÁ)

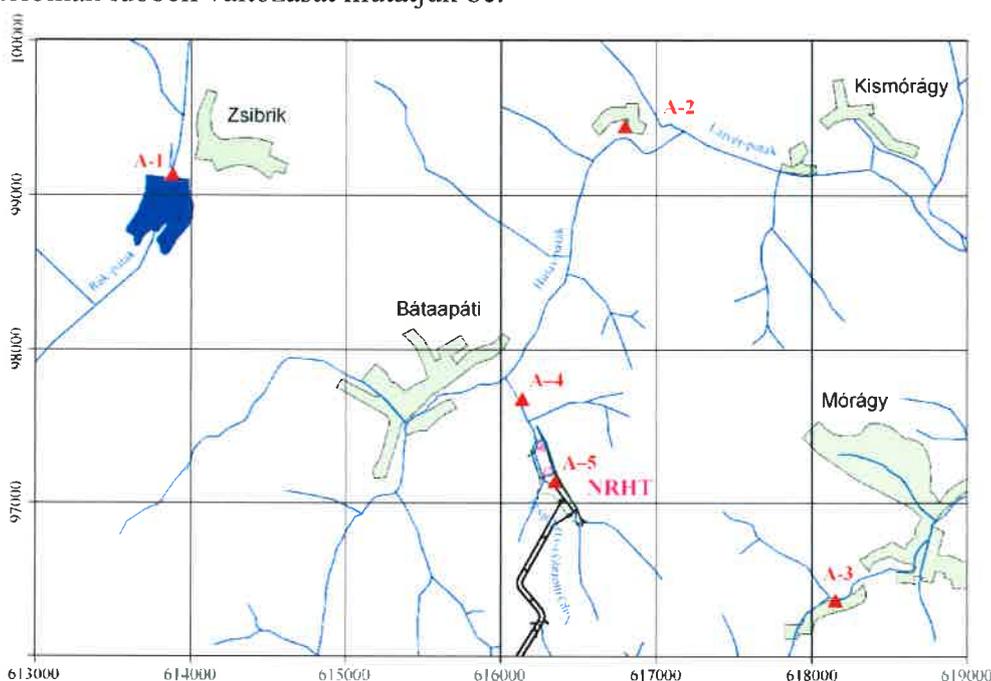
Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,083 0,060 - 0,11; 6(6)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,11 0,070 - 0,15; 9(9)
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	120 110 - 130; 6
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	120 98 - 160; 9
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,10 - 0,42; 2(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,11 0,080 - 0,12; 3(3)
Szarvasmarha, K-40	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	89 - 110; 2
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	98 96 - 99; 3
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,38; 1(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,11 0,060 - 0,32; 20(20)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	120 95 - 140; 20

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

5.2 A bátaapáti NRHT telephelyének környezellenőrzési mérési adatai

5.2.1 Az NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai

A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 5-21. táblázatban mutatjuk be. Az adatok öt mintavevő (A1-A5 állomások) összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, négy pedig a telephely 3 km-es környezetében található különböző távolságokban. A 5-10. ábrán az A3 állomás összes béta-koncentrációinak időbeli változását mutatjuk be.

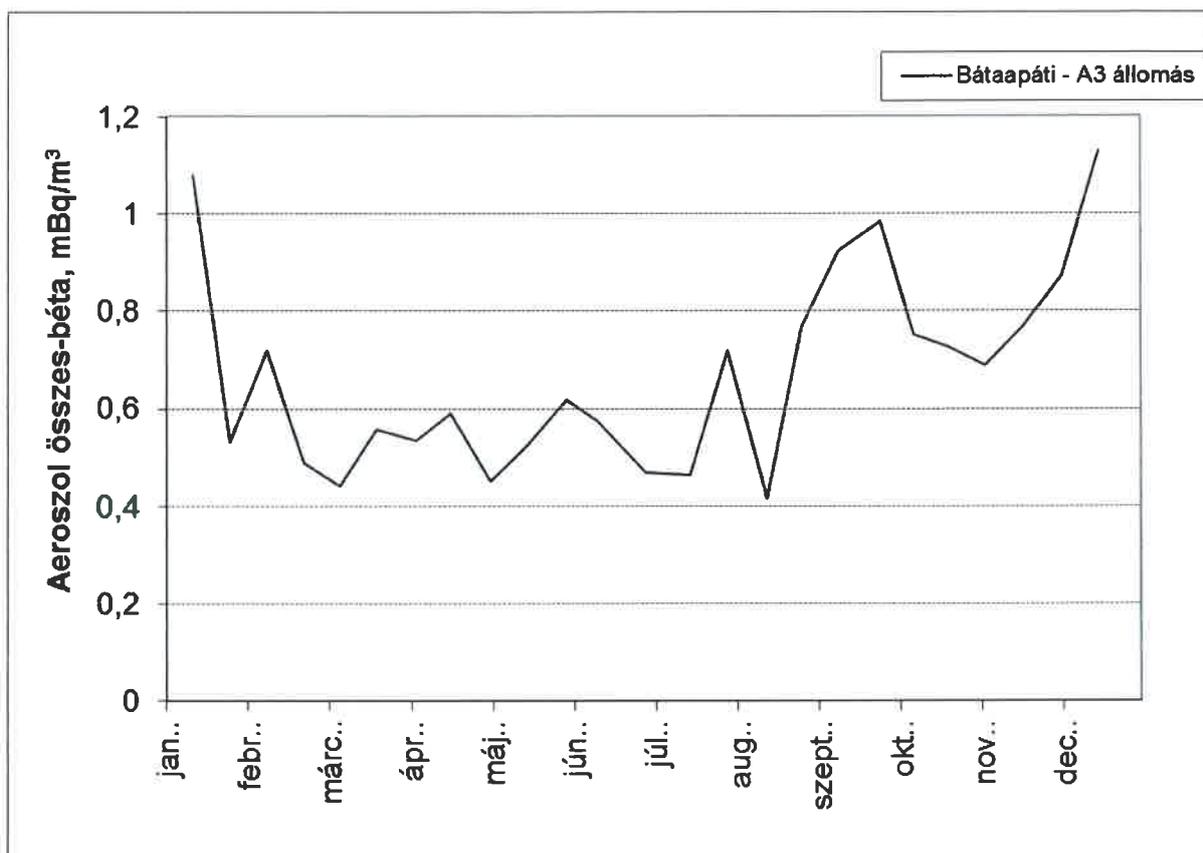


5-9. ábra

Az NRHT környezetellenőrző állomások helyszínei

Az elhelyezett mintavevők $3 \text{ m}^3/\text{h}$ optimális térfogatárammal működnek. A jellemző mintavételi idő (14 nap) alatt közel 1000 m^3 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron. A mintavétel után legalább 72 órás pihentetés következik. A minta gamma-spektrometriai mérése után az összes béta-aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: $0,1\text{-}1,0 \text{ mBq}/\text{m}^3$ (összes béta-aktivitás), $0,05 \text{ mBq}/\text{m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

Az időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat, illetve az állomásokon mért adatok közti eltéréseket az alkalmanként megnövekvő portterhelés indokolja. Ennek oka az állomások környezetében folyó emberi tevékenység (közlekedés, mezőgazdasági munka, tüzgyújtás-fűtés) melynek mértéke az állomások telepítési helyére jellemző (az A3 állomás helyezkedik el egyedül településen belül). A csúcsoktól eltekintve az összes béta-aktivitáskoncentrációk jellemzően $\sim 1 \text{ mBq}/\text{m}^3$ alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



5-10. ábra
Az NRHT éves aeroszol összes béta-méréseinek időbeli változása

5-21. táblázat
Az NRHT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

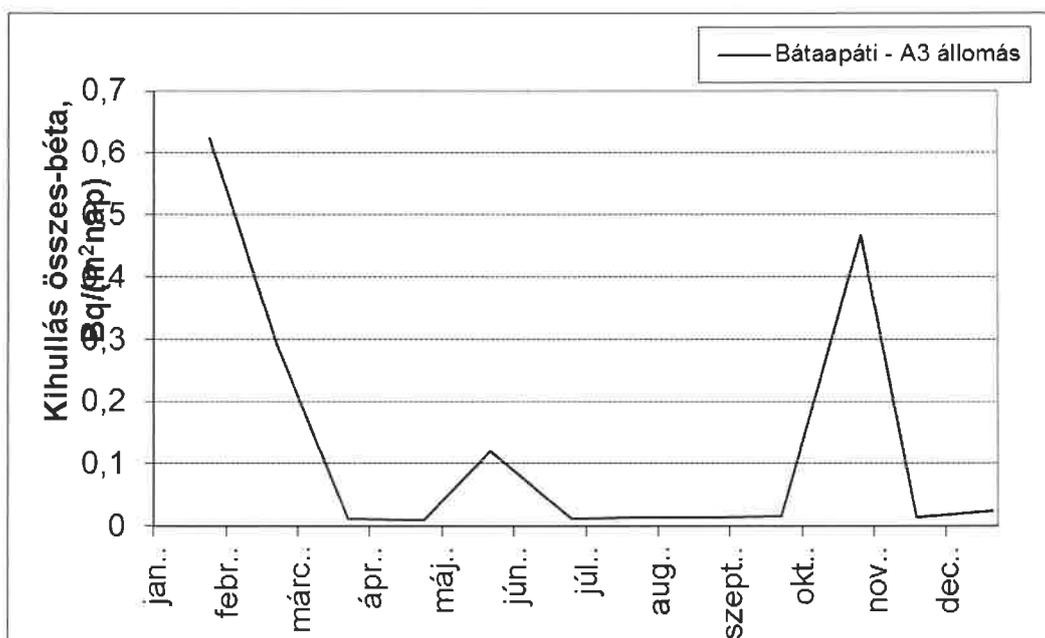
Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	3,9	0,96	150	14	124	0
Cs-137	-	-	-	-	125	125
Összes béta	0,83	0,020	17	1,5	125	1

5.2.2 Az NRHT környezetében mért kihullás eredmények

Öt helyszínen (A1-A5 mérőállomások), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan ürített csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 1 m². A mintavételi idő 1 hét.

A mintagyűjtőből kimosott kihullást bepárolják, majd összes béta és gamma-spektrometriai mérést végeznek. A mérések jellemző kimutatási határa: ~25 mBq/m²/nap (összes béta) és 20 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes béta-mérések eredményeinek éves jellemzőit a 5-22. táblázatban foglaltuk össze. A 5-11. ábrán az A3 állomáson mért kihullás összes béta-aktivitásainak időbeli változását mutatjuk be.



5-11. ábra
Az NRHT környezetében mért kihullás összes béta-aktivitások időbeli változása

5-22. táblázat
Az NRHT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	290	67	1300	190	60	37
Cs-137	-	-	-	-	60	60
Összes béta	86	4,5	630	140	60	0

5.2.3 Az NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei

A talajmintákat a környezeti monitoring állomások mellől éves gyakorisággal veszik. A talaj vizsgálata az 5 mintavételi ponton 0-5 cm-es mélységre terjed ki.

A mintákat 105 °C-on szárítják, majd őrlőmalomban homogenizálják. A kis – 3 mm alatti – szemcseméretű frakciót vizsgálják. Összes béta-méréshez 1 g feldolgozott mintát használnak fel, a mérés jellemző kimutatási határa 20 Bq/kg (száraz talajra). A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik. Jellemző kimutatási határ: 0,4 Bq/kg (a ¹³⁷Cs izotópra).

Az NRHT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk mérési eredményeit a 5-23. táblázatban mutatjuk be.

5-23. táblázat
Az NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	-	0,85	2,7	-	5	0
K-40	-	0,20	0,25	-	5	0
Ra-226	-	-	-	-	5	5
Sr-90	-	-	-	-	6	6
Összes béta	-	0,0044	0,63	-	5	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek in-situ méréseket Bátaapáti térségében is, melyek eredményeit a 5-24. táblázatban mutatjuk be.

5-24. táblázat
In-situ mérések eredményei 2016-ban (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben a többiek Bq/kg-ban van megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	47	48	-	2	0
Bátaapáti	Be-7	-	10	13	-	2	0
Bátaapáti	Bi-214	-	-	43	-	1	0
Bátaapáti	Cs-137	-	173	507	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	531	573	-	2	0
Bátaapáti	Pb-212	-	54	60	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214	-	-	38	-	1	0
Bátaapáti	Ra-226	-	93	118	-	2	0
Mórágyp	Ac-228	-	-	65	-	1	0
Mórágyp	Be-7	-	-	15	-	1	0
Mórágyp	K-40	-	-	690	-	1	0
Mórágyp	Pb-212	-	-	73	-	1	0
Mórágyp	Pb-214	-	-	48	-	1	0

5.2.4 Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

A vízminták mintavétele a felszíni vizekre (5 ponton), zajlik éves mintavételi gyakorisággal. Az összes béta-mérésekhez legalább 1 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradék aktivitását mérik. A mérés kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez általában 5 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ¹³⁷Cs radionuklidra).

Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményeit a 5-25. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől.

5-25. táblázat
Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	1,5	1,8	-	5	0
Ra-226	-	-	0,30	-	5	4
Összes béta	-	0,0020	0,28	-	5	2

5.2.5 Az NRHT környezetében mért növényminták adatai

A növényzetet a telephely környezetében 5 ponton évente mintázzák. (A növényzet fogalma minden esetben a pongyola pityangot (*Taraxacum officinale*) jelenti.) A mintát szárítószekrényben 105 °C-on, 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel ~2 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300 °C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes béta-aktivitás); 2,5 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A növényminták mérési eredményeit az 5-26. táblázatban foglaltuk össze.

5-26. táblázat
Az NRHT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	155	135	181	15,3	5	-
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	1350	1080	1480	38,8	5	-
Sr-90	-	-	-	-	3	3
Összes béta	5280	180	7900	77	5	-

5.3 A püspökszilágyi RHFT környezellenőrzési mérési adatai

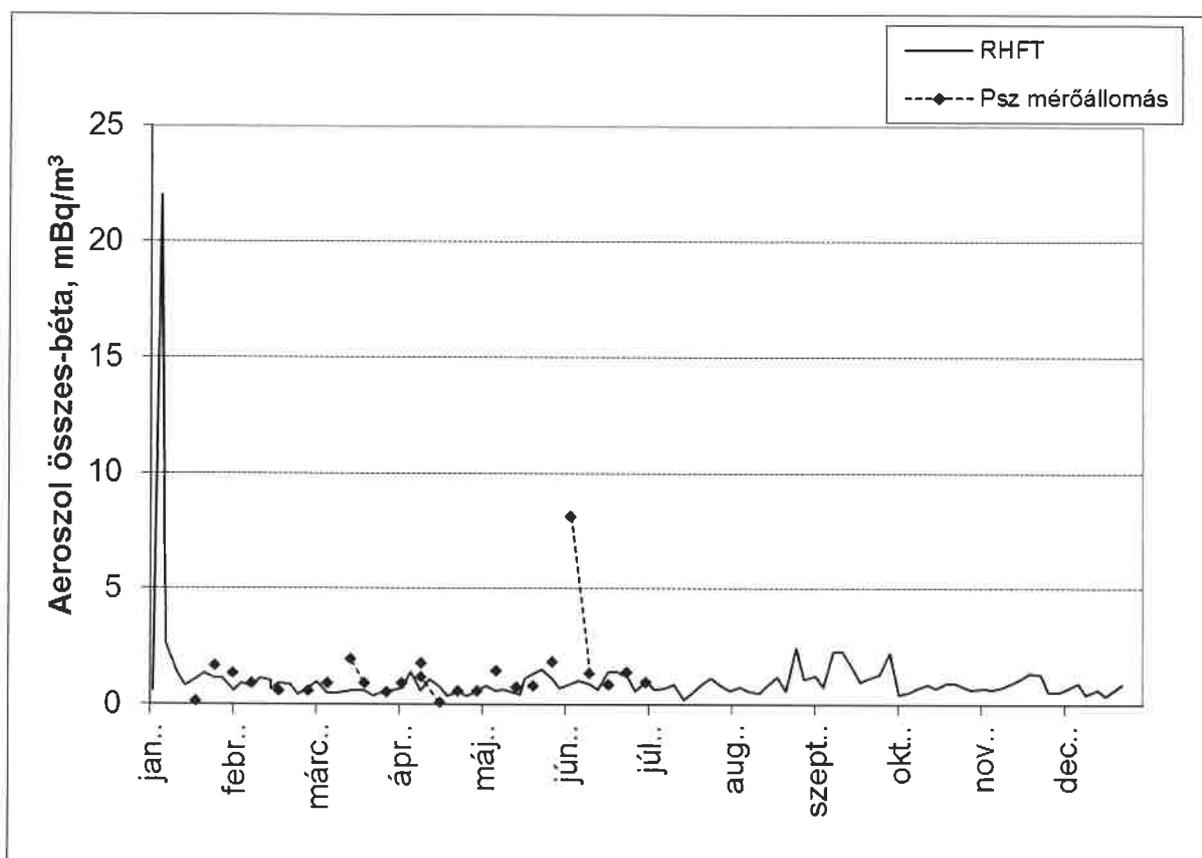
5.3.1 Az RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok

A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 5-12. ábrán és a 5-27. táblázatban mutatjuk be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban található.

A faluban elhelyezett mintavevő kisebb térfogatáramú (optimális beállítás szerint $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$), a jellemző heti mintavételi idő alatt átszívott levegőmennyiség 380 m^3 (az ábrán "Psz mérőállomás"). Az RHFT telephelyén nagyobb térfogatáramú aeroszol mintavevő található, $32 \text{ m}^3/\text{h}$ optimális térfogatárammal. A jellemző mintavételi idő (3,5 nap) alatt közel 3000 m^3 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron (az ábrán "RHFT mérőállomás").

A mintavétel után 72 órás pihentetés következik. A minta gamma-spektrometriai mérése után az alfa/béta-számlálórendszer mérési geometriájához igazítva a szűrőpapír középső 5 cm-es átmérőjű darabjának összes béta-aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: $0,1-0,7 \text{ mBq/m}^3$ (összes béta-aktivitás), $0,03 \text{ mBq/m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

Az időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja, amelynek okai a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység illetve a faluban történő tűzgyújtás. A csúcsoktól eltekintve az összes béta-aktivitáskoncentrációk jellemzően 3 mBq/m^3 alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



5-12. ábra
Az RHFT éves aeroszol összes béta-méréseinek időbeli változása

5-27. táblázat
Az RHFT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

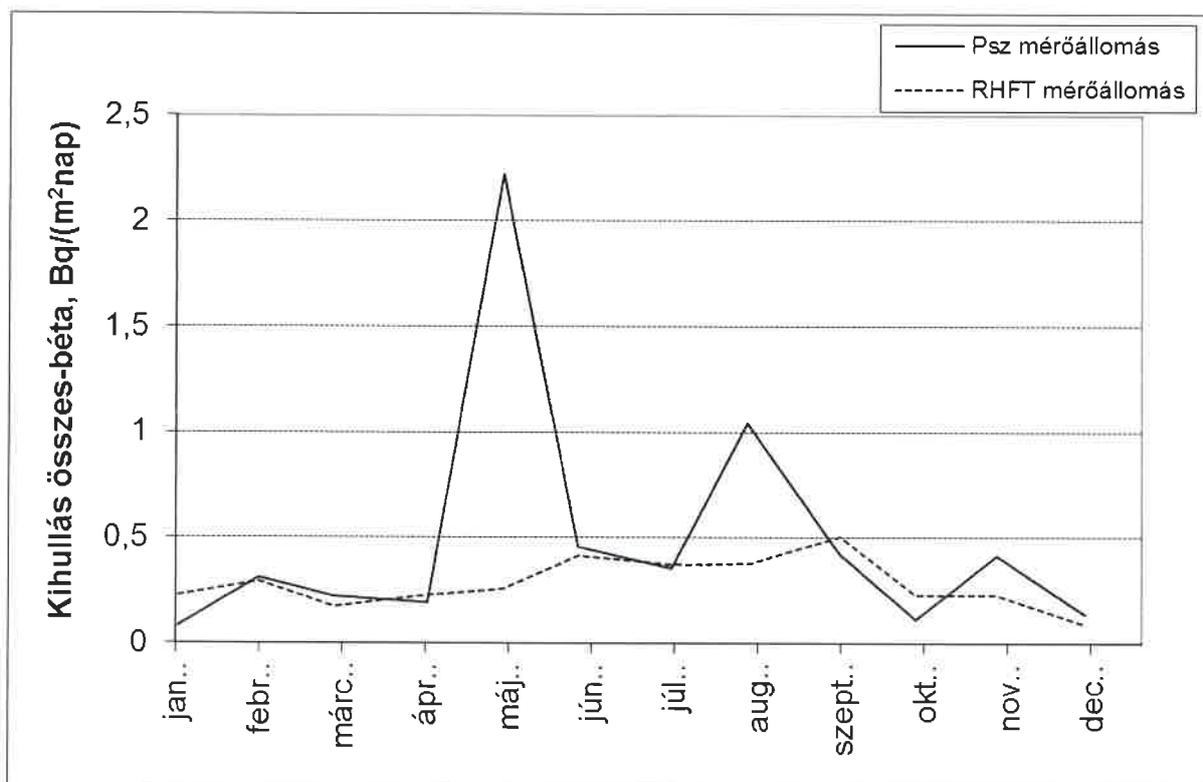
Meghatározás	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	3,0	0,42	9,2	1,7	123	1
Cs-137	-	0,011	0,57	-	128	125
K-40	-	0,24	1,7	-	24	16
Összes béta	1,1	0,059	22	2,0	127	1

5.3.2 Az RHFT környezetében mért kihullás eredmények

A két helyszínen (telephely – a köv. ábrán "RHFT mérőállomás" és Püspökszilágy falu – a köv. ábrán "Psz mérőállomás"), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan ürített csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 0,2 m². A mintavételi idő 1 hét.

A mintagyűjtőből kimosott kihullást bepárolják, majd összes béta és gamma-spektrometriai mérést végeznek. A mérések jellemző kimutatási határa: 15 mBq/m²/nap (összes béta) és 30 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A kihullásban mért összes béta-aktivitás időbeni változását a 5-13. ábra szemlélteti. A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes béta-mérések eredményeinek éves jellemzőit a 5-28. táblázatban foglaltuk össze.



5-13. ábra
Az RHFT környezetében mért kihullás összes béta-aktivitások időbeli változása

5-28. táblázat
Az RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	1100	49	3600	870	24	0
Cs-137	-	9,5	14	-	24	22
K-40	-	240	540	-	16	8
H-3	-	1,11	1,42	-	6	4
C-14	-	0,062	0,11	-	6	2
Ra-226	-	-	360	-	2	1
Összes béta	390	80	2200	440	24	0

5.3.3 Az RHFT környezetének talajmérési eredményei

A talaj- és a hasonló jellegű iszap-, hordalékmintákat a különböző mintavételi pontokon havi, féléves illetve éves gyakorisággal veszik.

A talaj vizsgálata 14 mintavételi ponton 0-5 cm-es mélységre terjed ki. A mintavételi körzet a kijelölt hely körüli 2 m × 2 m-es terület. A hordalék vizsgálata (1 mintavételi ponton) a csapadék, szél által a mintavételi helyre hordott talajmorzsák és egyéb anyagok gyűjtését jelenti. (Az iszap vizsgálata – 11 ponton – a patakok, a halastó, a talajvízfigyelő kutak és egyéb – állandó vagy ideiglenes – víztározó objektumokra terjedhet ki.)

A mintákat 105 °C-on szárítják, majd őrlőmalomban homogenizálják. A kis – 3 mm alatti – szemcseméretű frakciót vizsgálják. Összes béta-méréshez 1 g feldolgozott mintát használnak fel, a mérés jellemző kimutatási határa 20 Bq/kg (száraz talajra). A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik. Jellemző kimutatási határ: 0,5 Bq/kg (a ¹³⁷Cs izotópra).

Az RHFT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk mérési eredményeit a 5-29. táblázatban mutatjuk be.

5-29. táblázat
Az RHFT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	3,1	66	-	10	2
Cs-137	6,3	0,29	25	4,9	33	2
K-40	390	310	480	43	32	0
Ra-226	56	33	77	8,9	30	0
Sr-90	-	0,16	0,46	-	8	6
Összes béta	530	450	650	49	32	0

Püspökszilágy térségében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, melyek eredményeit az 5-30. táblázatban mutatjuk be.

A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció is meghatározásra kerül.

5-30. táblázat
Az RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitáskoncentrációja 2016-ban (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Cs-137	-	3,7	8,6	-	2	0
Kisnémedi	K-40	-	450	470	-	2	0
Kisnémedi	Sr-90	-	1,0	1,2	-	2	0
Kisnémedi	Összes béta	-	670	730	-	2	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	0,16	11	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	480	510	-	4	0
Püspökszilágy	SR-90	-	0,60	2,0	-	3	0
Püspökszilágy	Összes béta	-	690	770	-	4	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek in-situ méréseket is Püspökszilágy térségében, melyek eredményeit az 5-31. táblázatban mutatjuk be.

5-31. táblázat
In-situ mérések eredményei 2016-ban (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben a többiek Bq/kg-ban van megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Ac-228	-	-	36	-	1	0
Kisnémedi	Be-7	-	-	5	-	1	0
Kisnémedi	Bi-214	-	-	29	-	1	0
Kisnémedi	Cs-137	-	-	997	-	1	0
Kisnémedi	K-40	-	-	447	-	1	0
Kisnémedi	Pb-212	-	-	38	-	1	0
Kisnémedi	Ra-226	-	-	53	-	1	0
Püspökszilágy	Ac-228	-	34	38	-	4	0
Püspökszilágy	Be-7	-	-	9	-	2	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	730	1808	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	470	520	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	38	45	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	34	35	-	4	0

5.3.4 Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

A felszíni vizeket 9 ponton mintázzuk. A mintavételi gyakoriság féléves, illetve éves. Az összes béta-mérésekhez 10 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradékból 1 g aktivitását mérik. A mérés kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez szintén 10 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ¹³⁷Cs radionuklidra).

Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményeit a 5-32. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől.

5-32. táblázat
Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	-	0,0034	0,0037	-	12	8
K-40	-	0,16	0,53	-	9	0
Ra-226	-	-	-	-	2	2
Sr-90	-	-	0,0023	-	3	2
H-3	-	1,11	1,42	-	6	4
C-14	-	0,062	0,11	-	6	2
Összes béta	0,27	0,086	0,45	0,12	12	0

5.3.5 Az RHFT környezetében mért növényzet adatok

A növényzetet a telephely környezetében 15 ponton félévente, illetve évente mintázzák. (A növényzet fogalma általános esetben fűféléket jelent, némely esetben gombát.) A mintát szárítószekrényben 105 °C-on, 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel 3 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300 °C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes béta-aktivitás); 0,5 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A növényminták mérési eredményeit az 5-33. táblázatban foglaltuk össze.

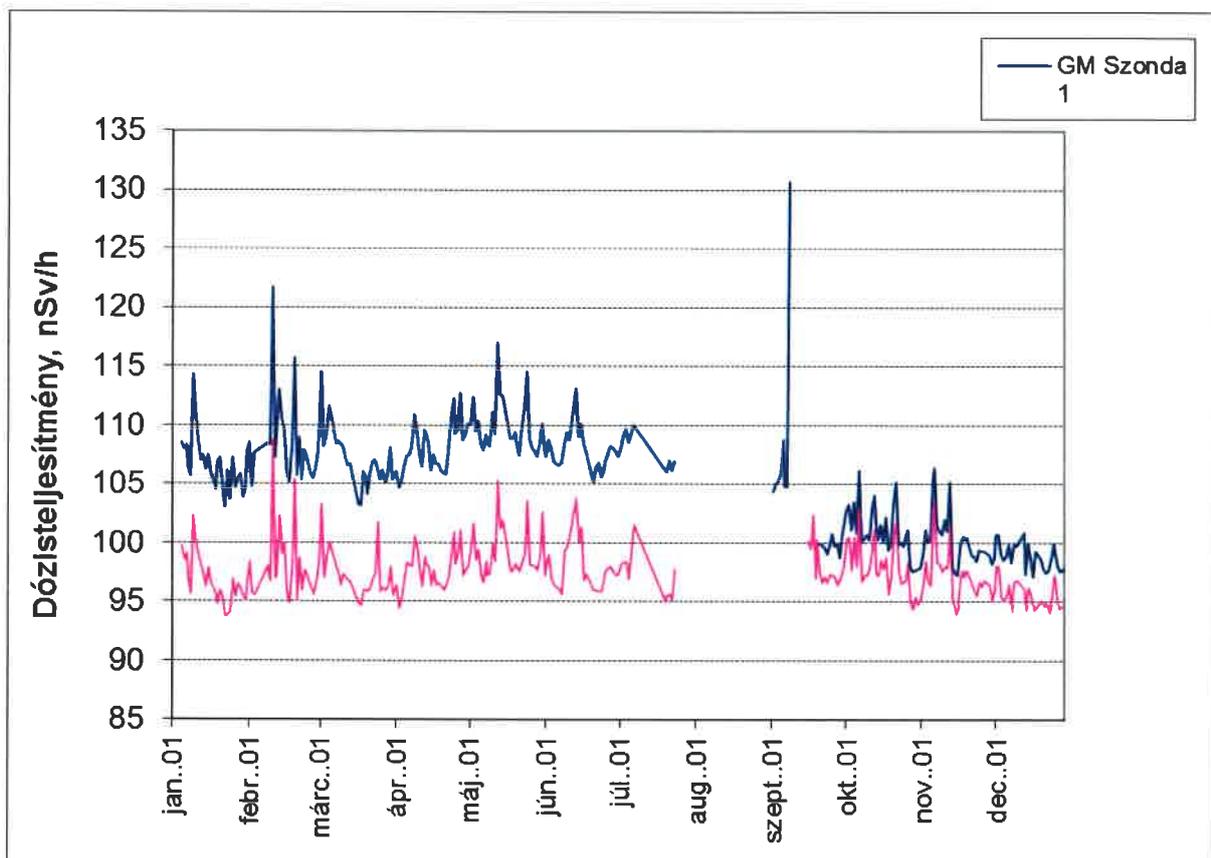
5-33. táblázat
Az RHFT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	78	12	160	42	25	4
Cs-137	-	-	-	-	30	30
K-40	550	9,5	1100	230	30	1
Sr-90	-	0,0077	0,73	-	12	3
Összes béta	560	210	1100	250	30	0

5.4 A KFKI telephely környezellenőrzési mérési adatai

5.4.1 A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyen a dózisteljesítmény ellenőrzésére 20 GM-szonda szolgál. Ezen felül a telephely A típusú környezetellenőrző állomásán (a paksi állomások analógjaként) egy darab, a gamma-dózisteljesítmény mérésére alkalmas BITT szonda működik, 10 nSv/h – 10 Sv/h mérési tartományban. A szondák jelei a Környezetvédelmi Szolgálatra (MTA EK KVSZ) futnak be. Ezen mérőhelyek közül két olyat választottunk ki (1. és 2. állomás), amelyek általában jól jellemzik a telephely egészének dózisteljesítmény-szintjét (5-14. ábra). A többi állomáson az izotópforgalom és izotópszállítások miatt időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékek is jelentkezhetnek, ezek azonban elsősorban az egyes műveletek sugárzási viszonyaira, nem pedig a telephely környezetére jellemzőek.



5-14. ábra

A KFKI telephely mérőállomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2016-ban

A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 GM-csövet tartalmaznak: egy nagy érzékenységgűt (10 nGy/h – 1 mGy/h) a normális, és egy kis érzékenységgűt (0,10 mGy/h – 10 Gy/h) a baleseti szintekre. Az adatokat on-line módon továbbítják az NBIÉK adatközpontba és a CERTA adatközpontba.

A MTA EK KVSZ adatközpontja az eredményeket tízpercenként tárolja. (A pillanatnyi adatok az interneten is megtekinthetők a következő honlapon: <http://148.6.56.150/>.) Az éves feldolgozott adatokat a Környezetvédelmi Szolgálat Évi Jelentése tartalmazza, amelyet a Szolgálat honlapján (<http://kvsz.kfki.hu/>) lehet megtekinteni a „Jelentések” menüpontban.

5.4.2 A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

A KFKI telephelyen 5 mérőállomáson történik aeroszolos mintavételezés. Az összes béta-mérésre szánt minták esetében a mintavételezés és mintamérés – a 72 órás pihentetést követően – napi gyakorisággal történik. Az átszívott levegő mennyisége általában 100 m³/nap körül van. A mintavételt és mérést jellemző összes béta-aktivitáskoncentráció szokásos kimutatási határa 0,5 mBq/m³.

A KFKI telephely területén létesített „A” típusú (a paksi állomásokkal azonos kivitelű) környezetellenőrző állomáson nagy légforgalmú mintavevővel történik az aeroszol mintavételezés. Az átszívott levegő mennyiségének jellemző értéke 5000 m³/hét. A nuklidspecifikus mérés két HPGe detektor segítségével történik. A mérés szokásos kimutatási határa ¹²⁵I izotópra 0,05 mBq/m³, ¹³¹I izotópra pedig 0,02 mBq/m³. Az éves adatok a feldolgozást követően a Környezetvédelmi Szolgálat honlapján (<http://kvsz.kfki.hu>) elérhetőek.

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait a 5-34. táblázatban foglaltuk össze.

5-34. táblázat
A KFKI telephelyén végzett aeroszol mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	2,7	0,17	15	3,1	153	0
Cs-137	1,0	0,73	1,6	0,067	153	0
I-125	1,4	0,10	20	3,0	204	0
I-131	0,095	0,010	3,2	0,30	204	0
K-40	1,5	0,24	8,1	1,1	153	0
Összes béta	1,3	0,042	20	1,0	978	0

Az alkalmazott számítógépes programok illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem soroljuk az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. A kimutatási határ alatti mérések számát nem tüntettük fel. A ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok a telephelyen működő Izotóp Intézet Kft. radiokémiai laboratóriumainak a kibocsátási kritériumoknál kisebb kibocsátásaihoz köthetők.

5.4.3 A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények

A KFKI telephely területén a Környezetvédelmi Szolgálat hetente vesz fall-out mintákat a Telephely négy pontján (1.,2., 5., és 6. állomás). A mintavevő-edények felülete 0,2 m². A mintákkal gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A mérések során legtöbbször csak természetes eredetű ⁷Be illetve ⁴⁰K izotópokat illetve néhány alkalommal ¹²⁵I, ⁶⁰Co és ¹³⁷Cs izotópokat találtak (5-35. táblázat).

5-35. táblázat
A KFKI telephelyén végzett fall-out mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	38	10	190	36	85	0
Co-60	-	1,2	1000	-	9	0
Cs-137	970	1,5	1000	160	76	0
I-125	1000	1000	1000	0,0	85	0
I-131	1,6	1,0	52	5,6	85	0
K-40	940	290	1000	200	85	0

Az alkalmazott számítógépes programok illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem soroljuk az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. Csak a kimutatási határ feletti eredményeket adó mérések számát közöljük. A ¹²⁵I radioizotóp eredetéről a 5.4.2. fejezetben már szóltunk.

5.5 A BME Oktatóreaktor telephely környezellenőrzési mérési adatai

A BME NTI Oktatóreaktor környékén 2016. év során elvégzett környezetellenőrző vizsgálatok – dunavíz és kihullás összesbéta, valamint talaj- és növényminták nuklid-specifikus kiértékelésének – eredményeit az 5-36 – 5-41. táblázatok mutatják be.

A 2016. évi környezetellenőrző mérések eredményei lényegében megfelelnek az elmúlt években mért értékeknek.

5-36. táblázat

A 2016. évi dunavíz-minták aktivitáskoncentrációja havi átlagban (kéthetente végzett mintavétel alapján)

	Összesbéta aktivitás (Bq/m ³)	Összesgamma aktivitás (Bq/m ³)
Január	< 1,38×10 ³	5,84×10 ³
Február	< 1,63×10 ³	5,66×10 ³
Március	< 1,85×10 ³	5,05×10 ³
Április	< 4,83×10 ³	9,84×10 ³
Május	< 2,07×10 ³	1,20×10 ⁴
Június	1,43×10 ³	8,84×10 ³

Július	$<1,55 \times 10^3$	$1,06 \times 10^4$
Augusztus	$<1,82 \times 10^3$	$1,53 \times 10^4$
Szeptember	$<1,65 \times 10^3$	$1,75 \times 10^4$
Október	$<1,79 \times 10^3$	$1,45 \times 10^4$
November	$<1,05 \times 10^3$	$3,02 \times 10^4$
December	$<9,58 \times 10^3$	$1,65 \times 10^4$

5-37. táblázat

A 2016. évi fall-out (kihullás) összesbéta aktivitáskonzentrációja (havi egy mintavétel alapján)

Hónap	Összesbéta aktivitáskonzentráció (Bq/m²)
Január	$< 2,83$
Február	$< 1,75$
Március	$1,49 \times 10^1$
Április	$3,10 \times 10^1$
Május	$1,74 \times 10^1$
Június	9,0
Július	$3,16 \times 10^1$
Augusztus	$5,15 \times 10^1$
Szeptember	$1,68 \times 10^1$
Október	8,20
November	4,20
December	3,45

5-38. táblázat

A 2016. évi tavaszi fűminta

Vizsgált nuklid	Aktivitás koncentráció (Bq/g)
Co-60	$<4,04 \times 10^{-4}$
Cs-137	$<5,09 \times 10^{-4}$
Cs-134	$<4,26 \times 10^{-4}$
K-40	1,16
I-131	$<1,69 \times 10^{-3}$
Tórium sor	$7,08 \times 10^{-3}$
Rádium sor	$4,76 \times 10^{-3}$

5-39. táblázat

A 2016. évi tavaszi talajminta

Vizsgált nuklid	Aktivitás koncentráció (Bq/g)
------------------------	--------------------------------------

Co-60	$<2,98 \times 10^{-4}$
Cs-137	$8,54 \times 10^{-3}$
Cs-134	$1,28 \times 10^{-3}$
K-40	$3,53 \times 10^{-1}$
I-131	$<2,85 \times 10^{-4}$
Tórium sor	$2,32 \times 10^{-2}$
Rádium sor	$4,00 \times 10^{-2}$

5-40. táblázat
A 2016. évi őszi fűminta

Vizsgált nuklid	Aktivitás koncentráció (Bq/g)
Co-60	$<5,98 \times 10^{-4}$
Cs-137	$<7,5 \times 10^{-4}$
Cs-134	$8,77 \times 10^{-4}$
K-40	1,19
I-131	$<2,49 \times 10^{-3}$
Tórium sor	$8,80 \times 10^{-3}$
Rádium sor	$2,01 \times 10^{-2}$

5-41. táblázat
A 2016. évi őszi talajminta

Vizsgált nuklid	Aktivitás koncentráció (Bq/g)
Co-60	$<2,51 \times 10^{-4}$
Cs-137	$1,19 \times 10^{-2}$
Cs-134	$8,80 \times 10^{-4}$
K-40	$3,20 \times 10^{-1}$
I-131	$<2,42 \times 10^{-4}$
Tórium sor	$2,08 \times 10^{-2}$
Rádium sor	$2,74 \times 10^{-2}$

6 Országhatáron túli hatások

6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

6.1.1 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitáskoncentrációk (OKI KI SSFO és NÉBIH)

A Mohi Atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az OKI KI SSFO in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében 8 mérési helyszínen évente kétszer. A mérési helyszíneket a 6-1. ábra és a 6-2. táblázat mutatja be. A ^{232}Th -sorra, az ^{238}U -sorra valamint a ^{40}K -re vonatkozó adatokat csak a teljesség kedvéért tüntettük fel, ezeket a Mohi Atomerőmű működése nem befolyásolja. A ^{137}Cs koncentrációjára kapott értékek nem térnek el szignifikánsan az ország más területein jellemző értékektől.

A Mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek in-situ méréseket.

Az in-situ mérések eredményeit a 6-1. táblázatban mutatjuk be.



6-1. ábra

A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

6-1. táblázat

In-situ mérések eredményei 2016-ban (a Cs-137 mérések kBq/m²-ben a többiek Bq/kg-ban van megadva)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	29	21	45	6,8	21	0
Be-7	-	6,3	16	-	6	0
Bi-214	28	23	34	4,3	15	0
K-40	430	260	580	75	21	0
Pb-212	-	21	55	-	7	0
Pb-214	28	19	42	5,7	20	0
Ra-226	-	-	46	-	1	0
Tl-208	30	21	37	5,0	14	0
Cs-137	1,3	0,26	2,7	0,76	21	0

A gamma-dózisteljesítményt az OKI-KI-SSFO AUTOMESS 6150 AD 6/H műszerrel mérte, a hiba minden esetben 1% körüli. A dózisteljesítmény mérések eredményeit a 6-2. táblázatban mutatjuk be.

6-2. táblázat

2016. évi dózisteljesítmény mérések eredményei

Település	Dózisteljesítmény, 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény, 2. félév (nSv/h)
Komárom	114	115
Esztergom	110	120
Dobogókő	103	104
Királyrét	117	109
Vámosmikola	113	107
Romhány	120	116
Balassagyarmat	103	107
Salgótarján	122	110

6.1.2 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fallout minták mérési eredményei (OKI KI SSFO)

Az OKI KI SSFO három határ menti településen (Ipolytölgyes, Ipolyvece, Balassagyarmat) vesz fall-out mintát havi rendszerességgel márciustól novemberig (a téli hónapokban nem). A mintavevő edények felülete 0,2 m². Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A gamma-spektrometriai mérésekkel csak a természetes eredetű ⁷Be, ⁴⁰K és ²¹⁰Pb izotópokat tudták kimutatni, a mesterséges eredetű ¹³⁷Cs izotóp aktivitáskoncentrációja hat minta kivételével kimutatási határ alatti, 0,13 – 0,63 Bq/(m²·30 nap) alatti volt. A detektált ¹³⁷Cs felületi aktivitások 0,07 és 0,21 Bq/(m²·30 nap) voltak, a mintában lévő cézium legvalószínűbben a talaj felporzásából származott. A fallout minták összes béta-aktivitások mérése proporcionális detektorokkal történik, hasonlóképpen mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nél nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

A mérések eredményeit a 6-3. táblázatban mutatjuk be.

6-3. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fall-out minták aktivitása 2016-ban Bq/(m²·30 nap)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Be-7	82	17	170	51	12	0
Cs-137	-	0,069	0,63	-	12	8
K-40	-	2,1	11	-	12	4
Pb-210	-	3,0	270	-	12	5
Összes béta	15	5	29	7,5	12	0

6.1.3 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH)

Az OKI KI SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) talaját mintázza félévente. A mintákon összes béta-aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. Az összes béta-aktivitást kb. 1 g talajból határozzák meg alacsony háttérű alfa/béta mérőműszerrel, amelybe proporcionális detektorok vannak beépítve. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok érzékelésére képesek.

A Mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes béta-aktivitáskonzentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskonzentráció is meghatározásra kerül.

A mérések eredményeit a 6-4. táblázatban mutatjuk be.

6-4. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták aktivitáskonzentrációja 2016-ban (Bq/kg)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	-	22	34	-	6	0
Bi-214	-	24	34	-	6	0
Cs-134	-	-	-	-	3	3
Cs-137	9,1	0,26	36	8,1	26	0
K-40	460	360	780	110	26	0
Pb-214	-	23	33	-	6	0
Sr-90	-	0,42	3,7	-	9	0
Tl-208	-	21	37	-	6	0
Összes béta	610	420	930	120	18	0

6.1.4 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH)

Az OKI KI SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) vesz fűmintákat félévente, a talajmintákkal egyidejűleg. Ezek a minták összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OKI KI SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri, hasonlóképpen mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek.

A mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A fű minták γ -spektrum analízisét a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g) 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1-2 g-jából végzik a laboratóriumok. Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-5. táblázatban mutatjuk be.

6-5. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták aktivitáskoncentrációja 2016-ban (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	3	3
Cs-137	0,45	0,06	1,5	0,44	26	15
K-40	550	140	2000	380	26	0
Sr-90	1,3	0,26	2,5	0,76	20	0
Összes alfa	11	2,2	28	8,5	20	4
Összes béta	500	130	1300	280	26	0

6.1.5 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei (OKI KI SSFO és NÉBIH)

Az OKI KI SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) piacán vesz zöldség- és gyümölcsmintákat évente egyszer (ősszel). Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OKI KI SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A ¹³⁷Cs koncentrációja minden esetben kimutatási határ (kb. 0,25 Bq/kg) alatt maradt, az összes béta-aktivitáskoncentrációk pedig jellemzően a természetes eredetű ⁴⁰K izotóptól származtak.

A Mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeznek méréseket. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Leveles zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból illetve a gyökérzöldségekből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-6. táblázatban mutatjuk be.

6-6. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták aktivitáskoncentrációja 2016-ban (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	6	6
Cs-137	-	0,017	0,24	-	26	20
K-40	110	40	240	60	26	0
Sr-90	0,22	0,0061	0,64	0,24	12	2
Összes alfa	-	0,44	8,5	-	20	15
Összes béta	95	29	210	53	26	0

6.1.6 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz- és iszapminták mérési eredményei (OKI KI SSFO)

Az OKI KI SSFO három határ menti településen (Kemence, Letkés, Nagybörzsöny) vesz folyóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A minta-előkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $380\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OKI KI SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV -nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A mérési eredményeket a 6-7. táblázat tartalmazza.

6-7. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó folyóvízminták aktivitáskonzentrációja (Bq/l)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
H-3	-	0,50	1,5	-	4	0
Sr-90	-	0,089	0,23	-	4	0
Összes béta	-	0,11	0,26	-	4	0

Az OKI KI SSFO ugyanezekben a helyszíneken ugyancsak féléves gyakorisággal iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a $110\text{ }^\circ\text{C}$ -on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm^3 térfogaton) végzik 40000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 6-8. táblázat tartalmazza.

6-8. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó iszapminták

^{137}Cs koncentrációja (Bq/kg)

Település	1. félév	2. félév
Kemence	$2,37 \pm 0,19$	$4,06 \pm 0,20$
Letkés	$6,09 \pm 0,37$	$2,45 \pm 0,22$
Nagybörzsöny	$5,02 \pm 0,30$	$4,53 \pm 0,32$

6.1.7 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei (OKI KI SSFO)

Az OKI KI SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Vác) vesz ivóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A minta-előkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C -on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az OKI KI SSFO ezen ivóvíz minták összes béta-aktivitás mérését a korábbiakban már bemutatott mérőműszerrel végzi el.

A mérési eredményeket a 6-9. táblázat tartalmazza.

6-9. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó ivóvízminták aktivitáskonzentrációja (Bq/l)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
H-3	-	0,57	4,8	-	6	0
K-40	-	0,068	0,12	-	6	0
Összes béta	-	0,071	0,16	-	6	0

7 Kibocsátási eredmények

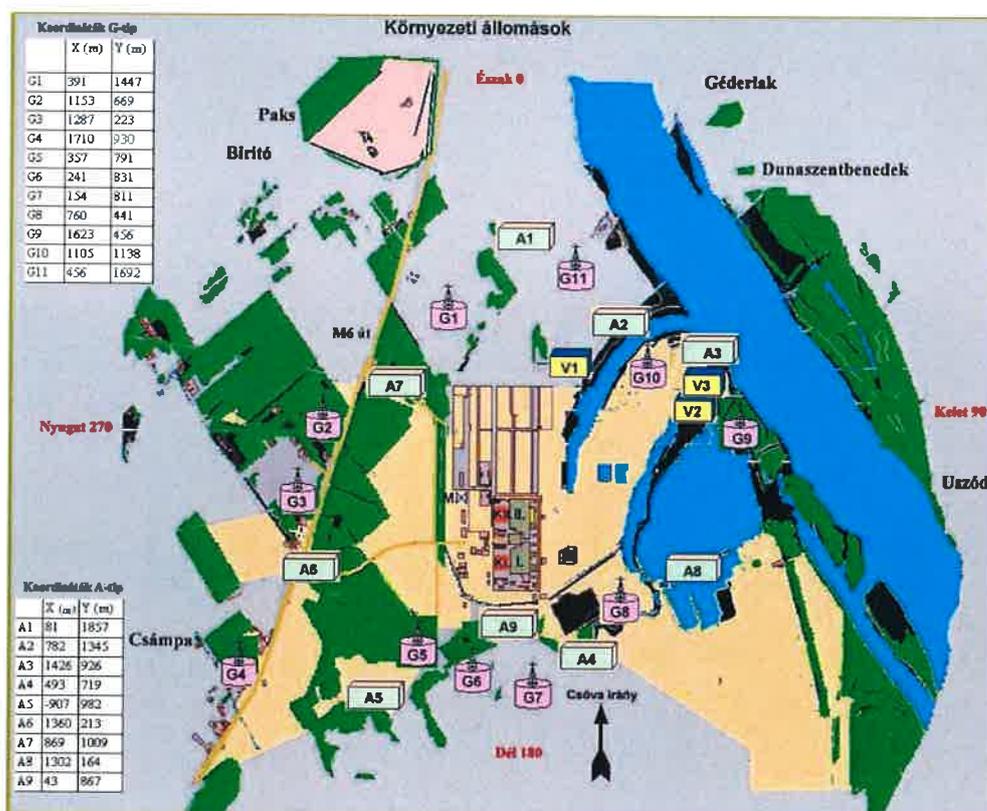
7.1 A Paksi Atomerőmű Zrt.

Az atomerőmű a Duna jobb partján, attól kb. 2 km távolságban helyezkedik el. A hűtésre használt dunavíz a hidegvíz csatornán (V1 mintavételi pont) kerül az atomerőműbe (vízforgalom: kb. 4.105 m³/óra). A felhasznált hűtő- és más ipari víz a melegvíz csatornán (V2 mintavételi pont), míg a kutakból táplált vízellátásból származó kommunális (WC, mosoda, laboratórium stb.) szennyvíz (napi 1500 m³, V3 mintavételi pont) tisztítás után kerül a melegvíz csatorna torkolatába, s onnan a Dunába.

A légnemű radioaktív anyagok kibocsátása 2 db 100 m magas kéményen történik, ezek légforgalmának éves átlaga a mérések szerint 426,5 és 463 ezer m³/óra volt.

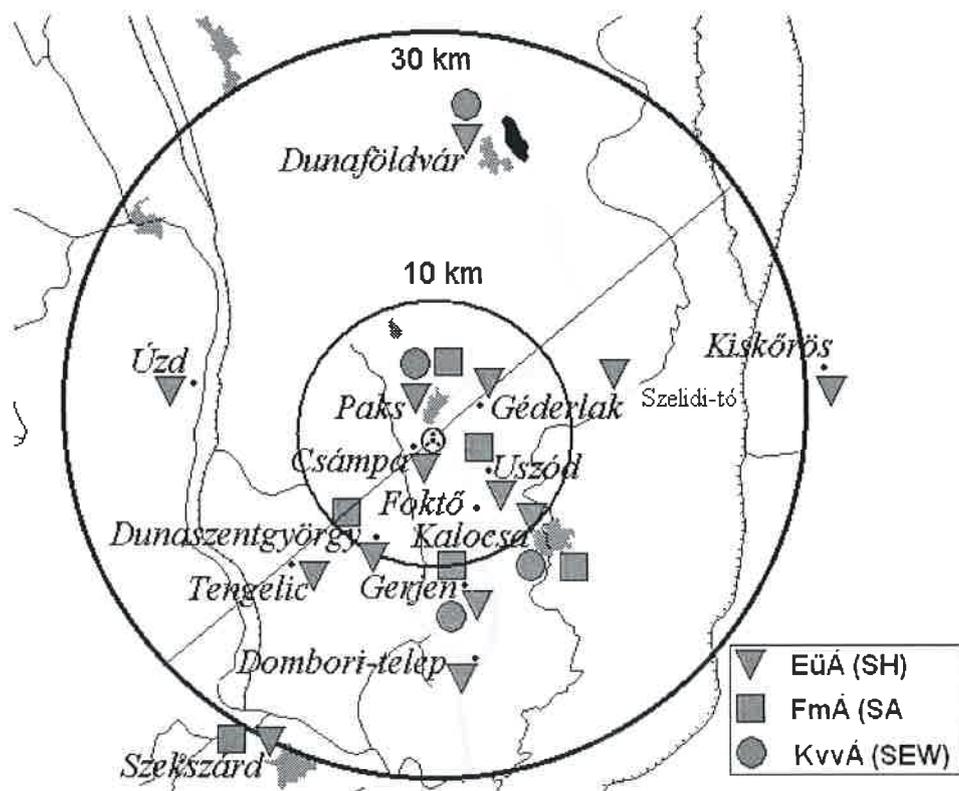
A blokkok karbantartási ideje 2016-ban a következő volt:

1. blokk: május 21. – június 19.
2. blokk: október 18. – december 25.
3. blokk: nem volt főjavítás
4. blokk: augusztus 1. – augusztus 27.



7-1. ábra

Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal



7-2. ábra

A hatósági mérési és mintavételi helyek

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 7-1. és 7-2. ábra. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.

Az erőműben a többéves szekunderkörü teljesítményjavító fejlesztések és hatékonyságnövelő intézkedések eredményeképpen a blokkok névleges elektromos teljesítménye 2009. óta összesen 2000 MW.

Az OKI KI (OKK OSSKI) által működtetett a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok száma az 5.1 fejezetben került bemutatásra.

2004-ben került bevezetésre a 15/2001. (VI. 6.) KöM rend. előírásai alapján a kibocsátás korlátozási és ellenőrzési rendszer az erőműben. A korlátozási rendszer alapja az, hogy a kibocsátási adatokat a dózismegszorításból ($90 \mu\text{Sv}$) származtatott nuklid- és kibocsátási útvonal specifikus kibocsátási határértékekkel kell összevetni.

7.1.1 Légtörri kibocsátás

A légtörri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 7-1. táblázatban látható. Az értékek a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez is felhasználtunk. A kibocsátások a mért értékekből és a kimutatási határokból számítottak, ezért értékük több radionuklidnál jelentősen felül becsült (pl. ^{24}Na , ^{42}K). E táblázat tartalmazza továbbá az egyes radionuklidok (esetenként a külön kémiai/fizikai formára

vonatkozó) kibocsátási határértékeit és ezen mennyiségek hányadosát is. (Emlékeztetőül: e hányadosok összege adja a kibocsátási határérték kihasználást.)

7-1. táblázat
Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések), 2016.

Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	Határérték kihasználása
⁴¹ Ar	1,21E+13	4,60E+16	2,64E-04
⁸⁵ Kr	5,48E+10	1,20E+19	4,57E-09
^{85m} Kr	2,10E+12	4,10E+17	5,12E-06
⁸⁷ Kr	1,44E+12	7,30E+16	1,98E-05
⁸⁸ Kr	1,45E+12	2,90E+16	4,99E-05
¹³³ Xe	2,26E+12	2,00E+18	1,13E-06
¹³⁵ Xe	2,52E+12	2,40E+17	1,05E-05
³ H (HT)	4,17E+11	2,20E+17	1,90E-06
³ H (HTO)	4,02E+12	1,70E+17	2,37E-05
¹⁴ C (CO ₂)	2,30E+10	1,30E+14	1,77E-04
¹⁴ C (CH ₄)	6,30E+11	1,50E+21	4,20E-10
⁸⁹ Sr	6,07E+05	4,30E+12	1,41E-07
⁹⁰ Sr *	6,48E+05	3,70E+11	1,75E-06
²⁴ Na	5,98E+07	1,50E+15	3,99E-08
⁴² K	4,83E+08	1,70E+16	2,84E-08
⁵¹ Cr	8,64E+06	8,80E+14	9,82E-09
⁵⁴ Mn	2,28E+06	1,80E+13	1,27E-07
⁵⁸ Co	1,61E+06	2,10E+13	7,67E-08
⁵⁹ Fe	3,62E+06	1,10E+13	3,29E-07
⁶⁰ Co	7,00E+06	2,40E+12	2,92E-06
⁶⁵ Zn	4,16E+06	2,30E+12	1,81E-06
⁷⁵ Se	1,55E+06	2,90E+12	5,34E-07
⁷⁶ As	1,18E+08	1,10E+15	1,07E-07
⁹⁵ Nb	2,10E+06	4,90E+13	4,29E-08
⁹⁵ Zr	2,07E+06	2,30E+13	9,00E-08
⁹⁹ Mo	3,25E+06	1,90E+15	1,71E-09
¹⁰³ Ru	1,82E+06	8,70E+12	2,09E-07
¹⁰⁶ Ru *	5,06E+06	2,30E+11	2,20E-05
^{110m} Ag	6,21E+06	4,80E+12	1,29E-06
¹²⁴ Sb	1,99E+06	8,90E+12	2,24E-07
¹²⁵ Sb	4,29E+06	1,40E+13	3,06E-07
¹³¹ I aer.	1,92E+06	3,70E+12	5,19E-07
¹³¹ I elemi	3,15E+06	7,80E+11	4,04E-06
¹³¹ I szerves	9,48E+06	9,50E+13	9,98E-08
¹³² I elemi	4,78E+06	3,20E+15	1,49E-09
¹³³ I elemi	1,42E+06	3,70E+14	3,84E-09
¹³³ I szerves	8,00E+05	1,30E+15	6,15E-10
¹³⁴ Cs	1,48E+06	8,20E+11	1,80E-06
¹³⁷ Cs *	9,90E+06	1,00E+12	9,90E-06
¹⁴⁰ Ba *	2,98E+06	2,90E+13	1,03E-07
¹⁴¹ Ce	2,09E+06	4,60E+13	4,54E-08
¹⁴⁴ Ce *	1,04E+07	3,50E+12	2,98E-06
¹⁵⁴ Eu	1,48E+06	5,10E+12	2,90E-07
¹⁸¹ Hf	2,00E+04	1,00E+13**	2,00E-09**
Összesen (total)	-	-	6,05E-04

a *-gal jelölt izotópok aktivitását leányelemükkel együtt adtuk meg

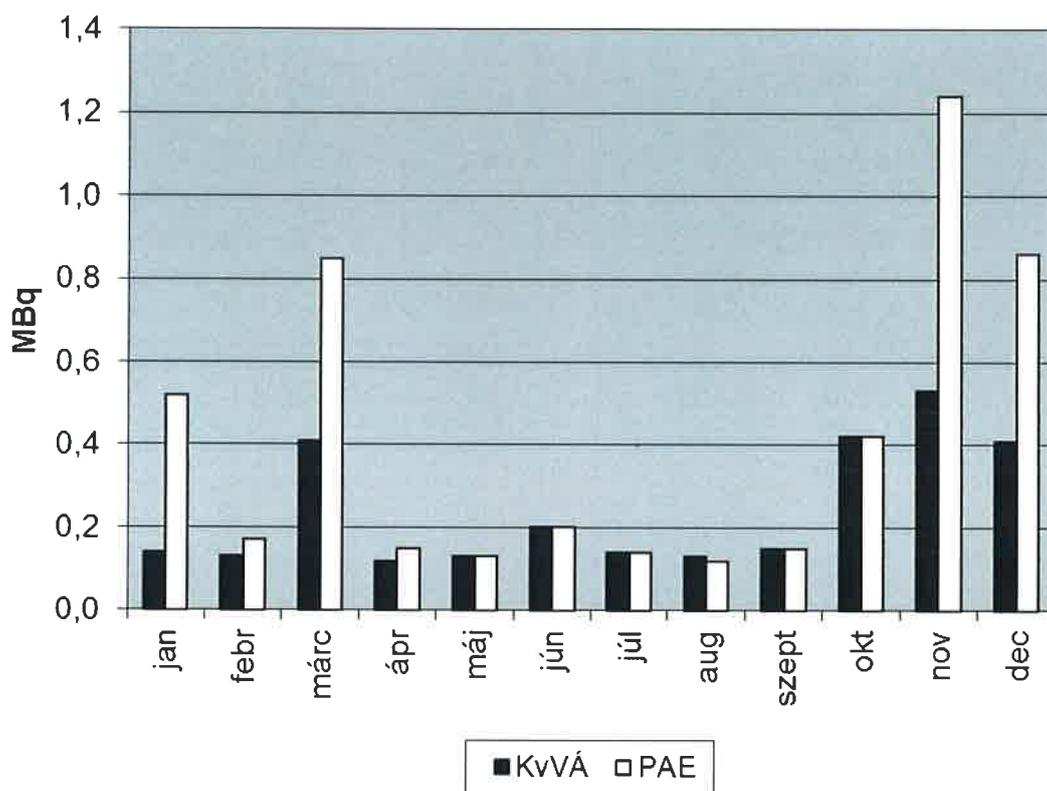
** a hafnium éves korlátja 2017-ben lett jóváhagyva.

Az aeroszol-kibocsátások 54 százaléka az 1.-2. blokk szellőzőkéyményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionukliddól függően 0,7 – 7 közöttiek voltak. Az

aeroszolok teljes éves kibocsátásában, legnagyobb arányban (az egy napnál rövidebb felezési idejű izotópok nélkül) a ^{76}As , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs és ^{137}Cs izotópok szerepeltek.

A kibocsátások évközi alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együttfutásának szemléltetésére a 7-3. ábrán bemutatjuk a légköri ^{137}Cs -kibocsátást.

A hatóság által elfogadott éves kibocsátások meghatározásánál az üzem a három mintavevő ág közül a legnagyobb aktivitást eredményezőt veszi számításba.



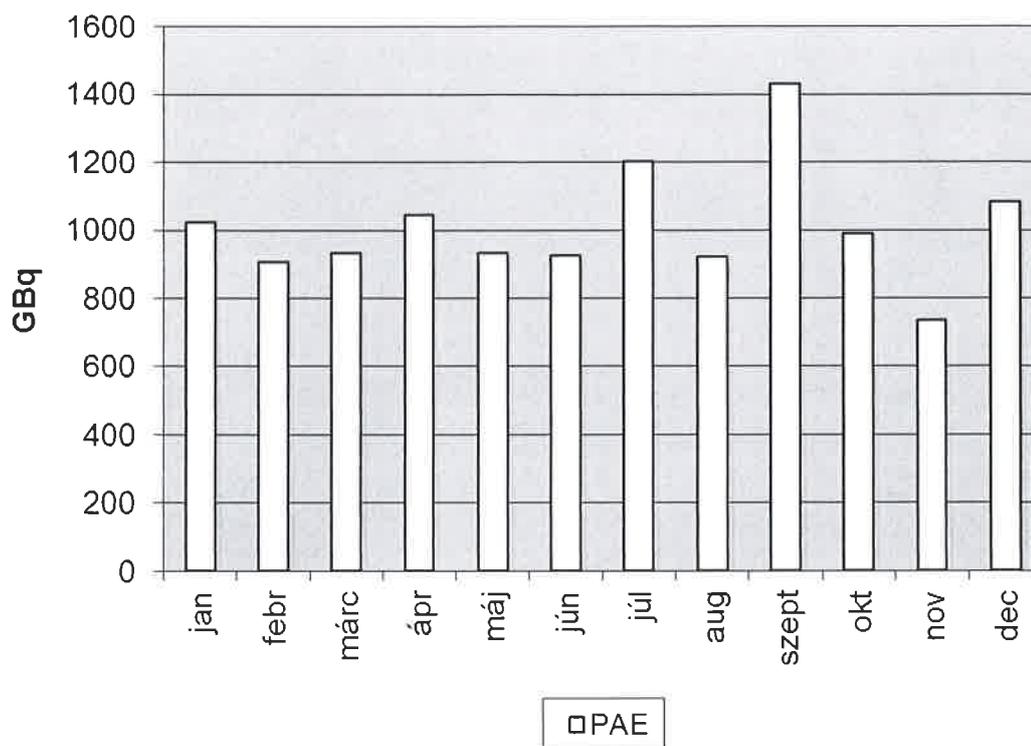
7-3. ábra

Havi légköri Cs-137 kibocsátások (leányelem nélkül) *

*Az esetenkénti nagyobb eltérés oka elsősorban a hatóság (KVVÁ) és az üzem(PAE) eltérő mintavételezéséből adódik (lényegében a hatóság egy mintavételi ágat mér, míg az üzem három mintavételi ág maximumát adja meg)

Az éves átlagos nemesgáz-kibocsátások az 1.-2. blokkok kéményénél, ill. a 3.-4. blokkok kéményénél egy 2-3-as faktoron belül megegyeztek a ^{133}Xe kivételével. Megállapíthatjuk, hogy a nemesgázok izotóp-összetételében az üzemzavart megelőző évekhez hasonlóan újra az ^{41}Ar , mint aktivációs termék volt a legjelentősebb izotóp (7-4. ábra).

Összességében a légköri kibocsátásokat tekintve a kibocsátási határérték kritérium értéke a 2015. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,061 % volt, amelyben a legnagyobb súllyal az ^{41}Ar és a $^{14}\text{C}(\text{CO}_2)$ radionuklidok (együtt mintegy 75%-os arányban) szerepeltek. A paksi atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt 2016-ban is.



7-4. ábra
Havi légköri Ar-41 kibocsátások

7.1.2 Folyékony kibocsátás

A vízzel történő radioaktív kibocsátások ellenőrzése egyrészt az ellenőrző tartályokból, másrészt a vízvezető (V2 és V3-jelű) csatornákból vett minták mérésével folyik.

Minden, feltételezhetően radioaktív izotópot tartalmazó víz először az ellenőrző tartályokba kerül, ahol a tartály lezárását és keverését követően történik a mintavétel a vonatkozó "Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat" szerint. Ezekből a mintákból a kibocsátott víztérfogattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálmintából – ellenőrzés céljából – az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában 1300 körüli tartályürítés történik, az ezekből a Paksi Atomerőmű heti átlagmintákat képez saját, és a hatósági laboratórium (BAMKH NF LO) részére, így az összes kibocsátásra került tartályvíz hatósági ellenőrzése megtörténik. A heti, havi és negyedéves átlagmintákat rendszeresen elszállítja izotópspecifikus vizsgálatokhoz.

A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitáskoncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

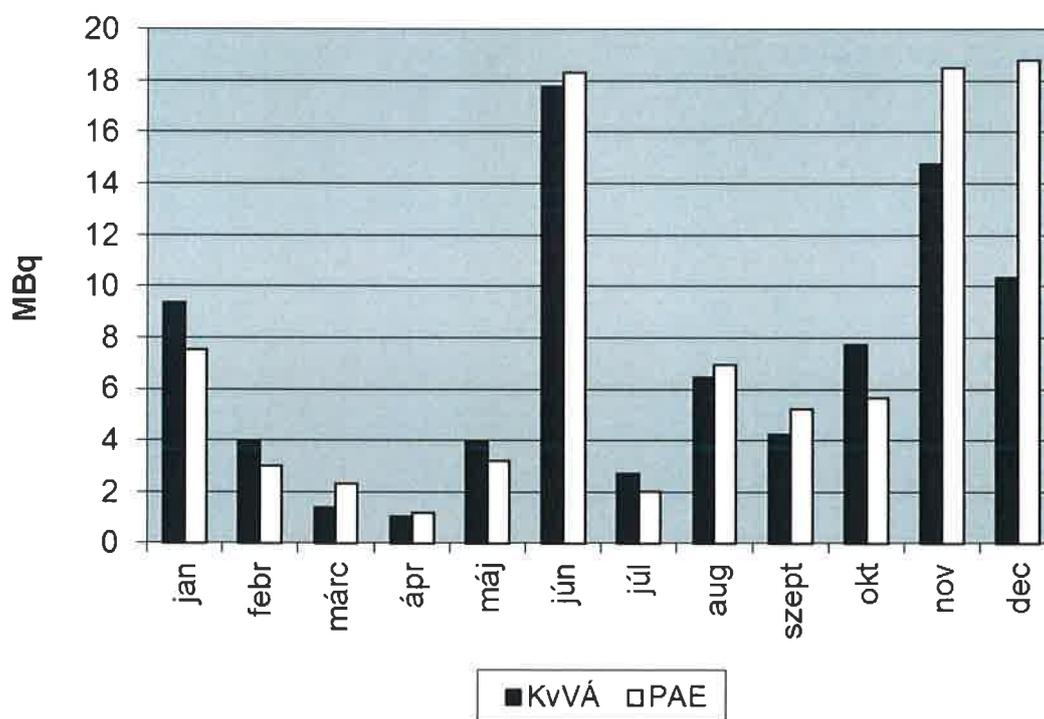
A vízi kibocsátások ellenőrzése az egyes közegek (csatornák, tartályok vize) nuklidspecifikus mérésével történik. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, ill. az azt követő héten dolgozza fel és méri. A BAMKH NF LO a V1 és V2 csatorna minták havi, a V3 csatorna minták havi, negyedéves, ill. szűrőpróbaszerű mintavételezését, valamint

a tartálminták (TM és XZ) heti, negyedéves, szűrőpróbaszerű mintavételezését követően azonnali feldolgozás után vizsgálja.

A V1 és V2 csatornákból származó mintákban a radionuklidok koncentrációja általában a kimutatási határ alatti. Mivel ezeket a kimutatási határ értékével vesszük figyelembe, az eredmények felülbecsültek.

Az atomerőmű 2016-ban az ellenőrző tartályokból összesen 47164 m³ vizet bocsátott a Dunába. A legjelentősebb korróziós termék (⁶⁰Co) éves kibocsátott aktivitása közel 8-szor kisebb, a hasadási termékek közül a ¹³⁷Cs éves kibocsátása mintegy 8-szor nagyobb volt a mérleg feletti (TM-jelű), mint a kommunális és laboratóriumi eredetű vizeknél (XZ-jelű). A TM:XZ térfogatok aránya a korábbi évekhez hasonlóan a 3:1 arányhoz közelített.

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együttfutásának szemléltetésére a 7-5. ábrán bemutatjuk a folyékony kibocsátások egy jellemző radionuklidja, a ⁶⁰Co havi kibocsátásainak változását. A magasabb havi értékek a 1. és a 2. blokk karbantartásához köthetők.



7-5. ábra

Havi ⁶⁰Co kibocsátások a tartálmérések alapján.

7-2. táblázat

A hatóság által jóváhagyott PAE tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2016.

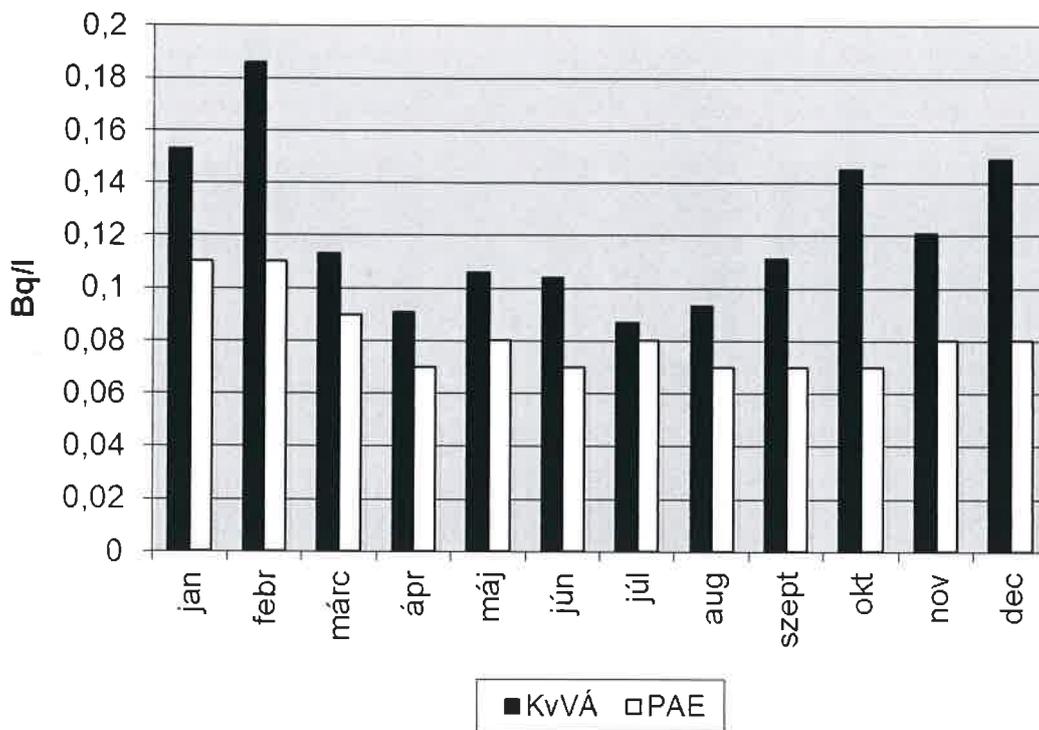
Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	Határérték kihasználása
³ H	2,67E+13	2,90E+16	9,21E-04
¹⁴ C	3,42E+09	3,10E+12	1,10E-03
⁸⁹ Sr	4,04E+06	1,20E+13	3,37E-07
⁹⁰ Sr *	1,49E+07	2,20E+12	6,80E-06
⁵⁵ Fe	4,66E+07	4,30E+13	1,08E-06
⁵⁹ Ni	1,98E+07	4,00E+14	4,94E-08
⁷ Be	8,96E+07	3,00E+14	2,99E-07
⁵¹ Cr	6,65E+07	2,70E+14	2,46E-07
⁵⁴ Mn	3,77E+07	1,00E+13	3,77E-06
⁵⁸ Co	2,85E+07	3,20E+12	8,89E-06
⁵⁹ Fe	2,50E+07	2,30E+12	1,09E-05
⁶⁰ Co	9,26E+07	9,50E+11	9,74E-05
⁶⁵ Zn	2,36E+07	1,40E+12	1,69E-05
⁹⁵ Nb	2,33E+07	2,10E+12	1,11E-05
⁹⁵ Zr	1,77E+07	8,50E+12	2,08E-06
⁹⁹ Mo	3,53E+07	1,30E+14	2,71E-07
¹⁰³ Ru	1,09E+07	9,00E+11	1,21E-05
¹⁰⁶ Ru *	5,72E+07	1,10E+12	5,20E-05
^{110m} Ag	3,62E+07	2,00E+13	1,81E-06
¹²⁴ Sb	3,45E+07	9,50E+12	3,63E-06
¹²⁵ Sb	4,61E+07	1,10E+13	4,19E-06
¹³¹ I	2,03E+07	2,70E+12	7,50E-06
¹³⁴ Cs	5,96E+07	6,50E+11	9,17E-05
¹³⁷ Cs *	2,14E+08	9,00E+11	2,37E-04
¹⁴⁰ Ba *	2,83E+07	5,50E+13	5,14E-07
¹⁴¹ Ce	1,64E+07	2,10E+13	7,79E-07
¹⁴⁴ Ce *	7,46E+07	1,00E+13	7,46E-06
¹⁵⁴ Eu	1,41E+07	1,80E+12	7,85E-06
¹⁸¹ Hf	1,60E+05	5,70E+13**	2,89E-09**
U-csoport	1,74E+05	7,50E+11	2,33E-07
Pu-csoport	1,76E+06	1,00E+12	1,76E-06
Am-csoport	8,54E+05	1,10E+12	7,76E-07
Cm-csoport	2,22E+04	2,60E+11	8,54E-08
Összesen (total):	-	-	2,61E-03

* a kibocsátási korlát kihasználás számításánál a leányelemükkel együtt vettük figyelembe az adott izotópot

** a hafnium éves korlátja 2017-ben lett jóváhagyva.

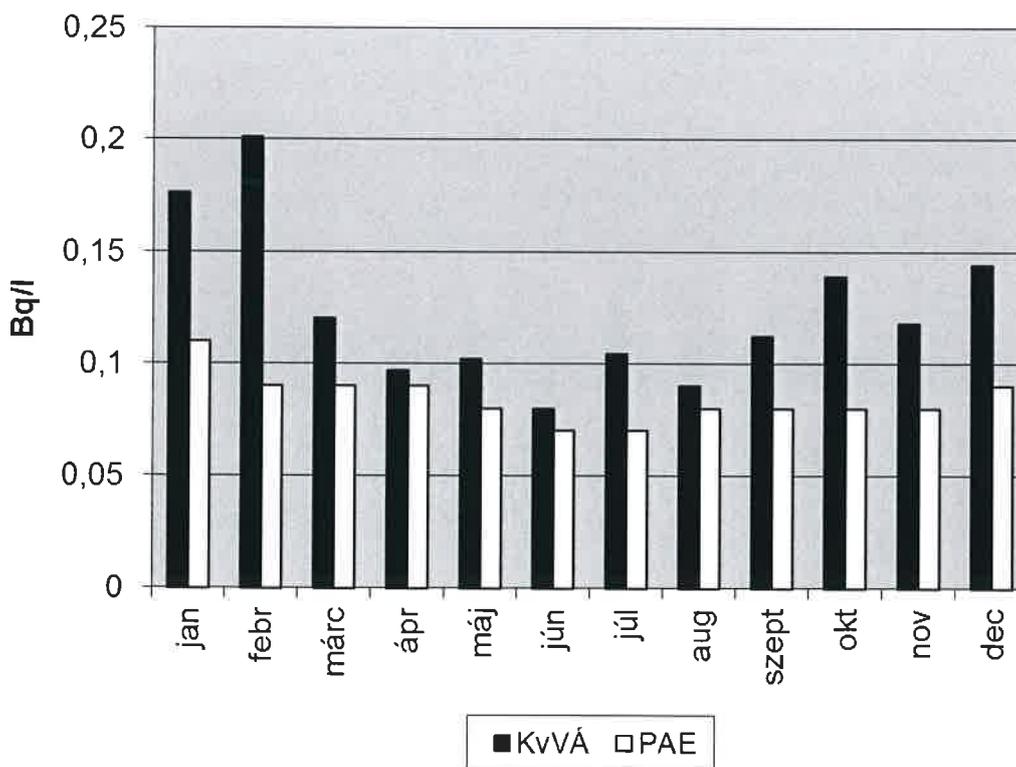
A 7-6., 7-7. és 7-8. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAMKH NF LO által mért összes béta-aktivitáskoncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

A szennyvíz csatorna (V3) összes béta-aktivitáskoncentrációja általában 5-60-szor volt nagyobb hidegvíz- (V1) és a melegvíz csatorna (V2) összes béta-aktivitáskoncentrációjánál.



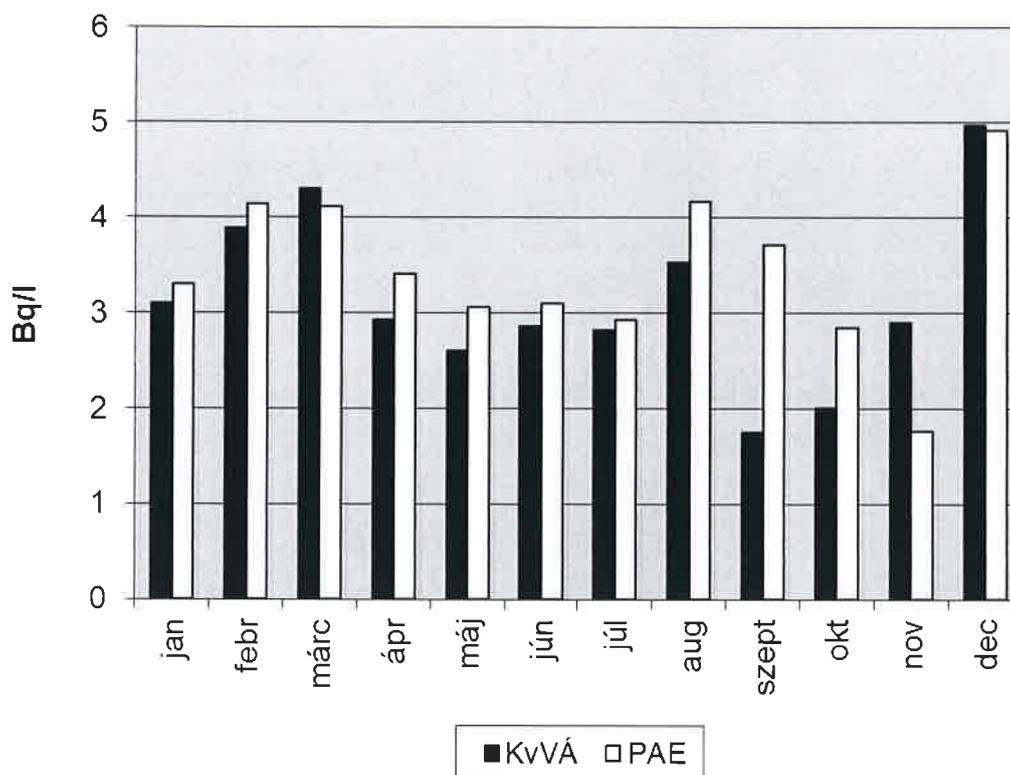
7-6. ábra

A hidegvíz csatorna (V1) összes béta-aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei



7-7. ábra

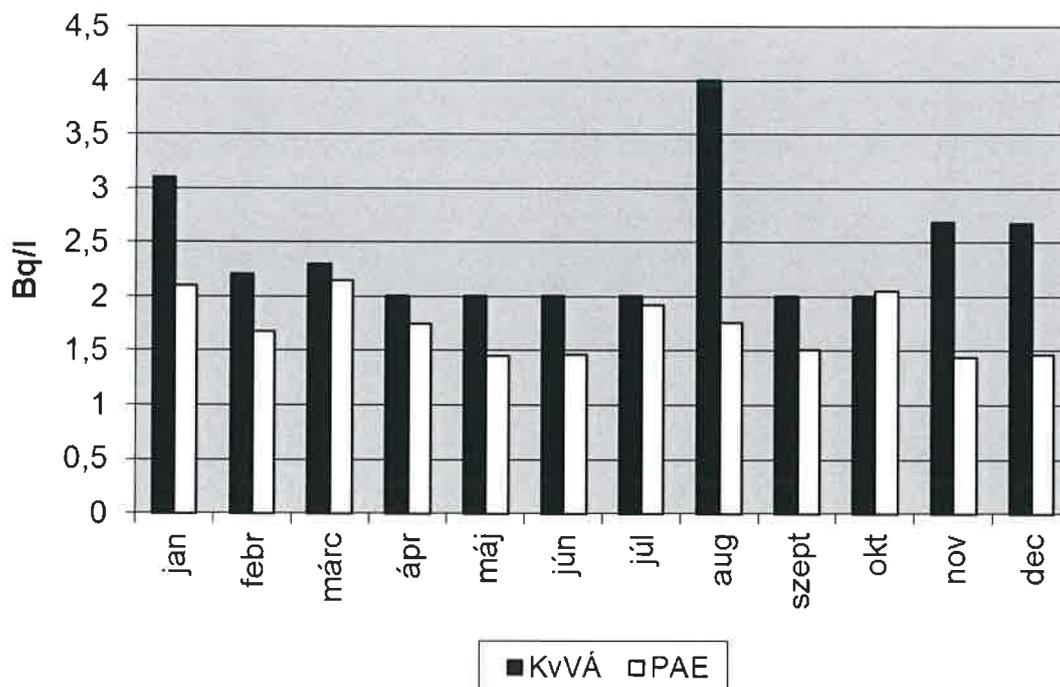
A melegvíz csatorna (V2) összes béta-aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei



7-8. ábra

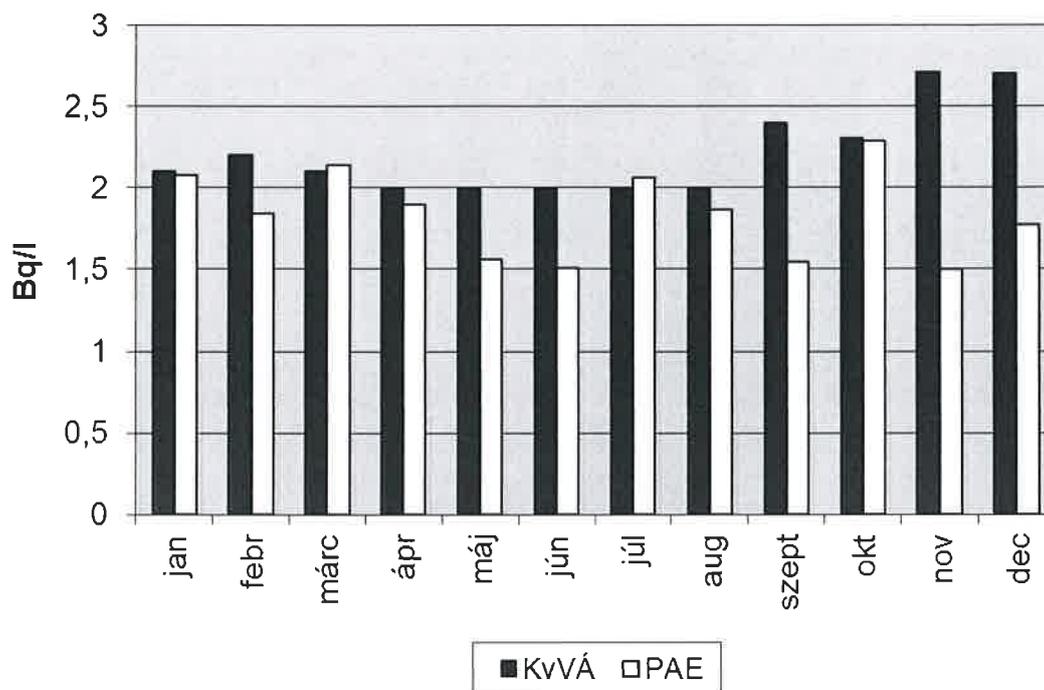
A szennyvíz csatorna (V3) összes béta-aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei.

A 7-9., 7-10. és 7-11. ábrák az egyes csatornák trícium-konzentrációjának havi átlagait mutatják.



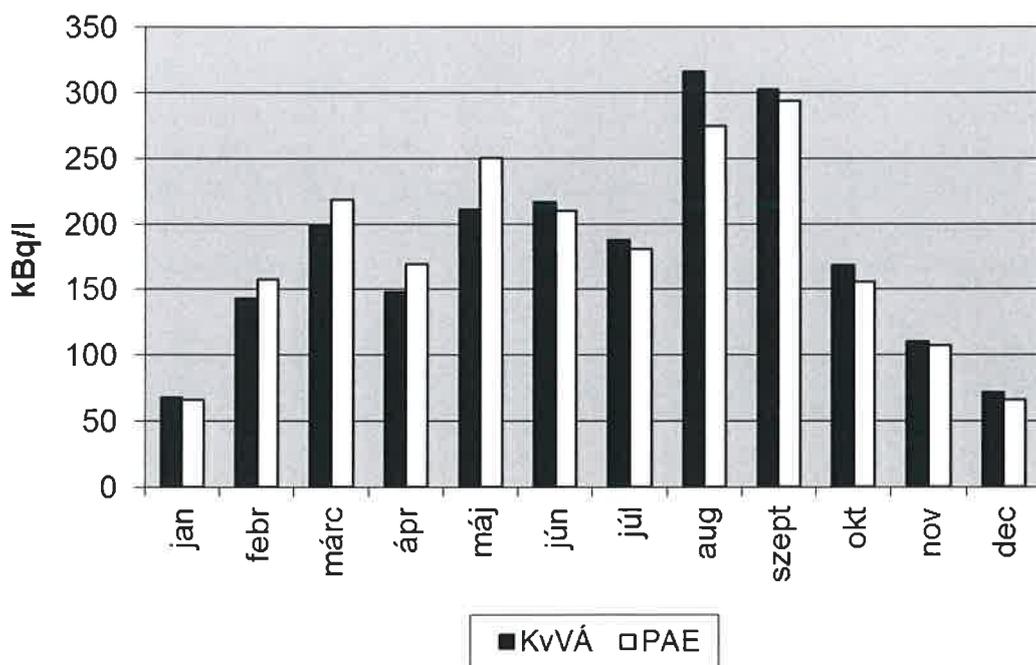
7-9. ábra

A hidegvíz csatorna (V1) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.



7-10. ábra

A melegvíz csatorna (V2) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei.



7-11. ábra

A szennyvíz csatorna (V3) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának a dunai értékkel (1-10 Bq/l) kell megegyeznie, a mérési adatok hasonló tartományban is mozognak. Az üzemi és hatósági adatokban az általában legfeljebb kétszeres eltérés a kis koncentrációkat tekintve elfogadható.

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 60-320 kBq/l között változott. A hatósági adatok általában jól egyeztek az üzemiekkel, a korábbi években tapasztalt különbségek gyakorlatilag eltűntek.

A napi mintákból képzett havi átlagminták gamma-spektrometriai mérésével történt az izotóp-összetétel meghatározása (a V1 és a V2 mintáknál 15-15 dm³, a V3 mintánál 9 dm³ víz bepárlási száraz maradékából). Kimutatási határ (1 mBq/dm³ nagyságrendű érték) felett, mind a hidegvíz-csatorna, mind a melegvíz-csatorna mintáiban nem volt kimutatható mesterséges eredetű radioaktív izotóp.

A V3 minták átlagos radioizotóp-összetétele a tavalyi évhez képest jelentősen nem változott. 2015-höz viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal kikerült radioaktív izotópok közül a korróziós termékek, a radiostroncium, a radiokarbon és az alfa-sugárzók kibocsátása csökkent, míg a hasadási termékek és a trícium kibocsátása növekedett.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,26 % a kibocsátási határérték kritérium értéke, a kibocsátásokban legnagyobb súllyal a ³H és a ¹⁴C radionuklidok szerepeltek. A paksi atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2016-ban is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények 2016-ban összesen 6972 eredményt küldtek az adatfeldolgozó központba. A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya több mint 80 %-os volt. A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2016-ban az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihazsnálás értéke 0,061 % volt.

A folyékony radioaktív kibocsátás ellenőrzése a gyűjtőtartályokból, valamint a vízvételi (V1) és vízelvezető (V2, V3) csatornákból vett minták vizsgálatára terjed ki.

A Paksi Atomerőmű a 2016. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatósági laboratórium (BAMKH NF LO), a Paksi Atomerőmű laboratóriumaival heti, havi és negyedéves párhuzamos mintavételből származó átlagminták mérésével ellenőrzi az üzemi és a befogadóból származó vizeket. Főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt a hideg-, meleg- és szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek).

A melegvízcsatorna (V2) összes béta-aktivitáskoncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőműi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10-15-szörös összes béta-koncentráció alakult ki. Jólal nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3-csatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik. A nagyobbbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott folyékony kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihazsnálásának értéke 2016-ban a korábbiakhoz hasonló, 0,26 % volt.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben betartotta a kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

A környezeti minták többségénél – a talaj, szedimentum minták kivételével – a csernobili eredetű szennyeződés már nem, vagy csak nagy hibával volt mérhető

A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján valószínűsíthető, hogy az üzem – az előző évhez hasonlóan – PAE eredetű radioizotópot nem mutatott ki.

A Duna rendszeres monitorozása az erőmű előtt Paksnál és Dunaföldvárnál, utána pedig Gerjennél, Kalocsánál, Bajánál és Mohácsnál történik. Itt erőművi eredetű nuklid nem volt kimutatható.

A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. a talajban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs-koncentrációja az alapszintet még meghaladja.

A környezeti dózisteljesítmény 20-30 %-os földrajzi, évszakos stb. ingadozása mellett az erőműből származó kis sugárterhelés mérésével nem mutatható ki.

Az erőmű 2016. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

A kibocsátásokra vonatkozó hatósági határérték kihasználásának értékei láthatóak a 7-3. táblázatban. Az értékek azt tükrözik, hogy az üzem több nagyságrenddel a megállapított határértékek alatt működött 2016-ban.

7-3. táblázat

A kibocsátási határérték kritérium értékei 2016-ban

Kibocsátási határérték kritérium	(%)
Légnemű kibocsátásokra	0,061
Folyékony kibocsátásokra	0,26
Összesen	0,32

A 7-4. táblázat a kibocsátásokat nemzetközi összehasonlításban tartalmazza. Látható, hogy a paksi erőműnél a légköri jód és a vízi hasadványtermék kibocsátások a világátlag alattiak, a többi e-feletti.

7-4. táblázat

A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2016-ban a PWR típusú reaktorokra vonatkozó nemzetközi összehasonlításban.[14] (Az erőmű 2016-ban 1,8 GW·év elektromos energiát termelt.)

Kibocsátás	Mennyiség	PAE	UNSCEAR (1998-2002)
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	13	11
	aeroszol összesen (GBq)	0,44	0,03
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	2,6	2,1
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,38	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,009	0,3
folyékony	korróziós és hasadványtermékek összesen (GBq)	0,65	11
	H-3 (TBq)	16	20

Az összevetésből kitűnik, hogy a 2016. évi paksi légköri kibocsátások adatai – a radiojódokat kivéve – fölülte vannak a PWR típusú reaktorok 1998-2002. közötti világátlagának, amely a reaktorok életkorával, a kibocsátott izotópok meghatározásával és a 4.

blokki kismértékű inhermetikussággal függ össze. A korróziós és hasadási termékek látszólagos növekedése azzal magyarázható, hogy az új szabályozás szerint a kibocsátási adatokat izotópszelektív mérésekből határozza meg az atomerőmű, a nem mért izotópokat pedig a kimutatási határértékkel veszi figyelembe. A radiojódok kibocsátása alatta van a világtárlagnak. 2016-ban az atomerőmű radioaktív nemesgáz kibocsátásai az előző két évhez hasonlóan alakult. A légnemű trícium és radiokarbon kibocsátási értéke valamivel magasabb az éves világtárlagénak.

Az érzékeny mérések ellenére is előfordul, hogy a mérendő aktivitás a kimutatási határnál kisebb. Megállapodás szerint a korlátozás alá eső radioaktív komponensek esetén a kimutatási határ alatti értékeknél a kimutatási határt jegyezzük fel, s a feldolgozás ezen értékkel történik. Az így kapott átlagérték a valódinál mindig nagyobb lesz, azaz felülbecslést végzünk. A hatóságilag szabályozott mennyiségeknél a kimutatási határ általában nagyságrendekkel a megállapított korlátnak megfelelő érték alatt van.

7.2 Az NRHT

7.2.1 A föld felszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése

A telephely felszíni folyékony kibocsátásának számítását a csapadék mennyiségéből, valamint a technológiai épület gyűjtőtartályából történő kibocsátásból végeztük.

A csapadékgyűjtő aknából a mintavételek havi rendszerességgel történtek. A kibocsátott csapadék mennyisége összesen 1359 m^3 volt a 2016. évben. A csapadék havi mennyiségéből illetve az adott hónapban mért izotópkoncentráció ismeretében számítottuk a kibocsátott mennyiséget.

A Technológiai Épület tartályparkjából 2016. március 20-án 12 m^3 kémiai és radiológiai szempontból is minősített ipari szennyvíz került kibocsátásra a kommunális szennyvízgyűjtő csatornába. A tartályból kibocsátott összaktivitás trícium esetében $1,01\text{E}+04 \text{ Bq}$, radiokarbon esetében $2,39+03 \text{ Bq}$, ^{90}Sr esetében $1,14\text{E}+01 \text{ Bq}$ volt.

A csapadékgyűjtő aknából, valamint a folyékonykibocsátás-ellenőrzés utolsó mérési pontjaként üzemeltetett Rocla és Drain kifolyók mintázásából és méréséből kapott radionuklid koncentrációk megerősítik, hogy a telephely nem bocsátott ki – a természetes alapszint felméréshez viszonyítva – többlet aktivitást egyetlen mért radionuklid esetében sem. Mesterséges eredetű izotópot nem mutattunk ki egyetlen mért mintában sem.

A trícium aktivitása a természetes éves ciklust követve összevethető a magyarországi csapadékvizekével, az értékekben a természetes szezonális ingadozás jól tapasztalható. A havi csapadék mennyiségével, a kibocsátott szennyvíz mennyiségével, illetve a vonatkozó trícium koncentrációkkal számolva a felszíni telephelyről folyékony formában kibocsátott trícium: $2,28\text{E}+06 \text{ Bq/év}$, miközben a kibocsátási határérték $3,5\text{E}+12 \text{ Bq/év}$.

A kibocsátott vizek radiokarbon értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadékaknából gyűjtött éves átlagminta és a tartályparkból kibocsátott szennyvíz mennyiségéből valamint a vonatkozó radiokarbon koncentrációkból számítva a telephely föld felszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: $7,2\text{E}+04 \text{ Bq/év}$ miközben a kibocsátási határérték $1,10\text{E}+10 \text{ Bq/év}$.

7.2.2 A föld felszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése

Az LK-1 kémény F&J típusú aeroszol szűrőjén mért aktivitás reprezentálja a légkörbe kikerülő aktivitás mértékét. Az F&J típusú mintavevők szűrőkorongjait kétheti (illetve a telítődés függvényében heti) rendszerességgel mintáztuk és mértük. A Technológiai épület szellőzőkéményében elhelyezett automata mintavevő berendezés mintáiból trícium és radiokarbon, az F&J típusú aeroszol szűrőjéből gamma aktivitásmérés történik a kibocsátási aktivitás meghatározása céljából.

A mérések során a kéményen keresztül a légkörbe jutó szennyezők között mesterséges radioizotópot nem mutattunk ki.

A Technológiai csarnok kéményében mért C-14 aktivitás-koncentráció figyelembe vételével számításaink alapján a 2016-os évben a föld felszíni technológiai létesítmény $2,75\text{E}+07 \text{ Bq}$ C-14 aktivitást juttatott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték $7,1\text{E}+12 \text{ Bq}$. Ehhez azonban még hozzájárul a felszín alatti térrészből származó kibocsátás, amelynek értékelése a következő fejezetben található.

A Technológiai csarnok kéményében mért trícium aktivitás-koncentráció alapján a föld felszíni technológiai létesítmény a 2016-os évben $4,23 \text{ E}+07 \text{ Bq}$ H-3 aktivitást juttatott a

légkörbe, miközben a kibocsátási határérték $5,9E+15$ Bq. Ehhez hozzájárul a felszín alatti térrészből származó kibocsátás, amelynek értékelése következő fejezetben található.

7.2.3 A felszín alatti térrész légtörzi kibocsátásának értékelése

A felszín alatti térrészen két helyszínen (az 1. sz. összekötő vágatnál és az ellenőrzött zóna határánál) nagyobb mintamennyiség vételére alkalmas F&J típusú mintavevőket üzemeltettünk. Az aeroszol gyűjtő korongokat kétheti rendszerességgel cseréltük és gammaméréshez használtuk fel.

Az aeroszol mintákban kimutatási határt elérő koncentrációban mesterséges izotópokat nem mutattunk ki.

Az ellenőrzött zóna határánál végzett radiokarbon és trícium mintavételek átlagértékei nem utalnak anomáliára. A számított éves kibocsátás trícium esetében $3,72E+07$ Bq, radiokarbon esetében $3,38E+08$ Bq volt, miközben a kibocsátási határértékek rendre $5,90E+15$ Bq/év illetve $7,10E+12$ Bq/év volt.

A fentiekben említett aeroszol mintavevőkkel azonos helyszíneken a levegőben mérhető radon koncentráció nyomon követését is végrehajtottuk. Méréseink alkalmával bebizonyosodott, hogy – köszönhetően a rendkívül intenzív szellőztetésnek – a radonkoncentráció átlagosan $20-40$ Bq/m³ között ingadozott. A konzervatívan becsült éves kibocsátás a légtechnikai berendezés légszállítási teljesítményét figyelembe véve, 40 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: $4,58E+10$ Bq/év.

7.2.4 A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése

Az ellenőrzött zsomp és az I-K1 kamra nyaktag helyszínen vett vízminták C-14 és H-3 eredményeiből alapján a hulladék elhelyezés megkezdése nem növelte meg az említett radionuklidok jelenlétét. Gamma-sugárzó izotópok közül mesterséges eredetűek nem voltak kimutathatóak.

Az ellenőrzött zónai felszín alatti térrészből kibocsátott vízmennyiség a 2016. évben 24499 m³ volt. Az erre a mennyiségre számított C-14 kibocsátás: $3,68E+06$ Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: $1,95E+07$ Bq/év.

7.2.5 A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése

7.2.5.1 A telephely felszíni és felszín alatti összesített légtörzi kibocsátásának értékelése

A KHK teljesülését – a hatósági előírások szerint – az alábbi összefüggés alapján igazoljuk:

A kibocsátási határérték kritérium:

$$\sum_{ij} \frac{R_{ij}}{EL_{ij}} \leq 1$$

ahol:

- EL_{ij} = az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra (légnemű, vagy folyékony) vonatkozó kibocsátási határértéke [Bq/év]
- R_{ij} = az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra (légnemű, vagy folyékony) vonatkozó éves kibocsátása [Bq/év]

A kibocsátási határérték kritériumok teljesülésére vonatkozó adatok táblázatos formában a következőkben kerülnek bemutatásra:

7-5. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló légköri kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek (100 µSv/év dózismegszorítás a lakosság kritikus csoportjára)

Radionuklid	Felszíni R_i légnemű [Bq/év]	Felszín alatti R_i légnemű [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_i$ légnemű [Bq/év]	EL_i légnemű [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_{ilégn.}}{EL_{ilégn.}}$
H-3 (vízgőz)	4,23E+07	3,72E+07	7,95E+07	5,90E+15	1,35E-08
C-14	2,75E+07	3,38E+08	3,66E+08	7,10E+12	5,15E-05
Rn -222	-	4,58E+10	4,58E+10	1,00E+14	4,58E-04
$\sum \frac{R_{ilégn.}}{EL_{ilégn.}}$ (KHK-érték)					5,09E-04

A felszíni légnemű kibocsátás az LK-1 kémény, a felszín alatti az LK-2 zónahatáron mért eredmény alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el nem érő izotópokat, illetve mérési eredményeket nem vettük számításba.

A légnemű kibocsátás 2016. évben a mérési adatok alapján a korlát 0,0509 %-a volt.

7.2.5.2 A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése

7-6. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló vízi kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek (100 µSv/év dózismegszorítás a lakosság kritikus csoportjára)

Radionuklid	Felszíni összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszín alatti összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_i$ folyékony [Bq/év]	EL_i folyékony [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_{ifolyékony}}{EL_{ifolyékony}}$
H-3 (vízgőz)	2,28E+06	1,95E+07	2,18E+07	3,50E+12	6,23E-06
C-14	7,20E+04	3,68E+06	3,75E+06	1,10E+10	3,41E-04
Sr-90	5,61E+04	1,57E+04	7,18E+04	2,80E+08	2,56E-04
$\sum \frac{R_{ifolyékony}}{EL_{ifolyékony}}$ (KHK-érték)					6,04E-04

A felszíni kibocsátás az Ua1, Ua2 csapadékgyűjtő aknák és a technológiai épület gyűjtőtartály, a felszín alatti kibocsátás az ellenőrzött zsomp mintáinak mért eredményei alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el nem érő izotópokat illetve mérési eredményeket nem vettük számításba.

A légnemű kibocsátás 2016-ben-ben a mérési adatok alapján a korlát 0,0604 %-a volt.

7.3 Az RHFT

Az RHFT környezeti kibocsátási korlátait a Baranya Megyei Kormányhivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztálya által jóváhagyott SZ-3150 számú Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat határozza meg.

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és kültéri tárolótérről történhet. 2016. évben a radioaktív hulladékok beszállítása, feldolgozása és elhelyezése során hatósági korlátot meghaladó radioaktív anyag kibocsátás nem történt. Az illetékes környezetvédelmi hatóság felé a jogszabályokban előírt jelentési kötelezettségeknek eleget tettünk.

Az üzemeltetési tevékenység során keletkező kis mennyiségű (évente maximum $0,5 \text{ m}^3$) radioaktív folyékony hulladékot zárt rendszerű tartályokban tároljuk, ezekből a tárgyév folyamán kibocsátás nem történt.

A csapadékvíz-tározóból kibocsátott vízben csak a természetben előforduló, illetve a tárolókból diffúzióval a légkörbe jutott és onnan kimosódott radionuklidokat sikerült kimutatni.

7.3.1 Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése

Az üzemi épületben a trícium és radiokarbon forrásai az épület pinceszintjén, az Átmeneti Tárolóban tárolt trícium és/vagy radiokarbon tartalmú hulladékok, valamint a kezelés alatt álló folyékony hulladékok. A hulladékcsomagokból a ^{222}Rn , a ^3H és a ^{14}C légnemű formában tud kiszabadulni.

A tárolásból és hulladékfeldolgozásból származó trícium és radiokarbon kibocsátás a szellőzőkéményben üzemelő trícium-radiokarbon mintavevők adataiból és a névleges szellőzési teljesítményből ($3200 \text{ m}^3/\text{h}$) került meghatározásra. A kibocsátásellenőrző mérések eredményei alapján az éves trícium kibocsátás ($8,32\text{E}+10 \text{ Bq}/\text{év}$) a korábbi évekhez hasonlóan alakult, a radiokarbon kibocsátás ($1,75\text{E}+10 \text{ Bq}/\text{év}$) az előző évhez képest kismértékben emelkedett, a korábbi évekhez viszonyítva továbbra is alacsony. Az éves radon kibocsátás a pinceszinti aeroszol mintavevő mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján $1,03\text{E}+10 \text{ Bq}/\text{év}$ értékre adódott.

Az üzemi épület kéményéneke szélirányába eső alfa és béta aeroszol-aktivitáskoncentráció mérő monitor adatai a korábbi években mértéktől nem térnek el jelentősen, a természetes háttérnek megfelelő aktivitásokat mutattak.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat (^{241}Am) öt alkalommal mutattunk ki a kimutatási határt kis mértékben meghaladó koncentrációban ($\sim 0,01 \text{ mBq}/\text{m}^3$). A fenti kibocsátás az RHFT üzemi épületének légtechnikai rekonstrukciójához kapcsolódott. A rekonstrukció részeként elbontásra került a korábbi elszívó csőrendszer. A szellőző csövek bontása során a lerakódott porból felporzás jött létre. A kibocsátás a kimutathatóság határán volt detektálható, ami a mintavétel során kibocsátott levegő mennyiséget figyelembe véve $4,94\text{E}+03 \text{ Bq}$ kibocsátott összes aktivitást jelentett 2016-ban.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

A 100 m³-es csapadéktározó medence az „A” típusú hulladéktárolók környezetében, a III. IV medencesorról gyűjti össze a csapadékvizeket. A 60 m³-es csapadéktározó medence az A típusú I, II medencesorról és a „B”, „C” és „D” tárolókról gyűjti a csapadékvizet. A csapadéktározók a vizei kibocsátás előtt, illetve ha nincs kibocsátás, akkor is félévente kerül mintázásra kerülnek.

A 100 m³-es csapadéktározó medencéből 7 alkalommal, összesen 533 m³, míg a 60 m³-esből 6 alkalommal összesen 165 m³ csapadékvíz lett kibocsátva a 2016. év során. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ¹³⁷Cs és ⁶⁰Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

A 100 m³-es csapadéktározóban mért ⁹⁰Sr aktivitás-koncentráció év közben 0,20 – 1,9 mBq/dm³ értékű volt, a 60 m³-es csapadéktározóban mért pedig 0,20– 2,1 mBq/dm³. Ezek az értékek megfelelnek a felszíni vizekben mérhető értékeknek.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége 10,7 MBq, a ¹⁴C izotóp mennyisége 19,9 kBq volt. Ennek a mennyiségnek egy része a tárolóból a betárolás és a hulladékcsomagok mozgatása során, diffúzió révén szabadul ki, a másik része a tárolóból közvetlenül a talajlevegőbe, majd onnan a csapadéktározóba diffundáló izotópokhoz köthető. A becsült folyékony közegbe történt kibocsátás nagyságrendekkel a kibocsátási korlát alatt marad, hatása sugárvédelmi szempontból elhanyagolható.

7.3.3 Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése

Légköri kibocsátásként a hulladékot tartalmazó hordókból gázdifúzióval távozó gázokat, ill. elhelyezésekor, a tárolók megnyitásakor a légkörbe távozó aktivitást kell figyelembe venni.

Az üzemi épület melletti PSZ-2, illetve a tároló terület mellett az uralkodó széliránynak megfelelő pozícióban található PSZ-1 mintavevő az év során egyenletes mérési eredményeket produkált, trícium és radiokarbon esetében az egyedi mintákban mért értékek 0,05-0,9 Bq/m³ között változtak. A radiokarbon légköri koncentrációja a PSZ-1 és PSZ-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult 2016-ban.

7.3.4 Összesített kibocsátások

A mért, illetve becsült kibocsátási értékek messze az éves kibocsátás határértékek alatt maradnak, az éves korlát 0,243%-át érik el. 2016-ban a jelentési kötelezettséget elérő normál üzemi kibocsátás, illetve a normál üzemtől való eltérésből eredő kibocsátás nem történt. A telephely összesített kibocsátásait a 6. táblázat szemlélteti.

7-7. táblázat
A telephely összesített kibocsátásai

Kibocsátás jellege	Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év)	Éves korlát (Bq/év)
Légköri	³ H	8,32E+10	1,72E+14 ⁽¹⁾	5,72E+14 ⁽¹⁾
	¹⁴ C	1,75E+10	2,39E+12 ⁽¹⁾	7,97E+12 ⁽¹⁾
	⁸⁵ Kr	1,00E+03	8,70E+16 ⁽¹⁾	2,90E+17 ⁽¹⁾
	²⁴¹ Am	4,94E+03	1,24E+09 ⁽¹⁾	4,12E+09 ⁽¹⁾
Folyékony	³ H	1,07E+07	3,51E+11 ⁽¹⁾	1,17E+12 ⁽¹⁾
	¹⁴ C	1,99+04	2,50E+08 ⁽¹⁾	2,50E+08 ⁽¹⁾
	⁹⁰ Sr	4,93E+02	1,10E+10 ⁽¹⁾	3,67E+09 ⁽¹⁾

(1) 3271-12/2016 számú BAM KH határozat szerint

A folyékony és légnemű radioaktív kibocsátás több nagyságrenddel a hatósági korlát alatt alakult, a légnemű kibocsátás a vonatkozó hatósági korlát 0,243 %-a, a folyékony kibocsátás (kizárólag csapadékvíz) a hatósági kibocsátási határérték 0,009%-a volt.

7.4 A Kutatóreaktor

A Budapesti Kutatóreaktor (BKR) hatósági engedélye a Baranya megyei Kormányhivatal 9104-4/2015 sz. módosító határozata alapján légnemű és folyékony kibocsátási határértékeket tartalmaz.

Légtörzi kibocsátás a BKR és az Izotóp Intézet kft. „A” szintű izotóplaboratóriumainak közös 80 m magas kéményén keresztül történik, a szűrt levegő radioaktivitását mindkét ágba külön és az ágak egyesítése után a közös szakaszban is mérik. Az alábbi adatok a BKR kibocsátására vonatkoznak.

7-8. táblázat
A reaktor légtörzi kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kritérium az adott izotópra
Ar-41	3,30E+15	3,65E+13	1,11E-02
Kr-85m	2,53E+16	2,46E+11	9,71E-06
Kr-87	5,24E+15	5,60E+11	1,07E-04
Kr-88	5,28E+13	5,25E+11	9,95E-03
Xe-133	1,21E+17	2,30E+11	1,90E-06
Xe-135	1,63E+16	3,60E+11	2,21E-05
Σ kibocsátási határérték kritérium:	0,021		

Megjegyzés: 1682,8 teljesített üzemóra (10 MW teljesítményen)

Folyékony kibocsátás: a két 150 m³-es tartályban összegyűjtött szennyvizet ioncserélő gyantán átvezetve bocsátják a közcsatornába.

7-9. táblázat
A reaktor vízi kibocsátásai (2016-ban nem volt folyékony kibocsátás)

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kritérium az adott izotópra
Sc-46	8,76E+11		
Cr-51	7,87E+13		
Mn-54	2,49E+12		
Co-60	1,02E+12		
Zn-65	9,90E+12		
Ag-110m	1,59E+13		
Sb-124	1,14E+13		
Sb-125	3,78E+13		
Cs-137	3,13E+12		
H-3	9,26E+15		
Σ kibocsátási határérték kritérium:	0		

Megjegyzés: Nem terveztek és nem is volt folyékony kibocsátás 2016-ban.

Összesített kibocsátási mutató 2016-ban: 0,021

7.5 Az Oktatóreaktor

Légnemű kibocsátás:

A légnemű kibocsátás ellenőrzése a reaktorépület szellőzőrendszerének szívó ágára telepített mellékág levegőjének folyamatos GM-csőves mérésével, továbbá a mellékág levegőjéből kiszűrt aeroszol havi összesbéta-számlálásával történik. 2016-ban $1,40 \cdot 10^9$ Bq ^{41}Ar -egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási korlát 0,186 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $1,74 \cdot 10^4$ Bq összesbéta-aktivitást bocsátottunk ki a levegőbe; amelyek lényegében megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

Folyékony kibocsátás:

Az alkalmasszerűen kibocsátott hulladékvíz aktivitáskoncentrációjának (^{137}Cs -egyenértékben történő) meghatározása úgy történik, hogy kibocsátás előtt szcintillációs detektorra alapozott mérőrendszer segítségével felvesszük a kibocsátandó hulladékvíz 450 ml-es reprezentatív mintájának a gamma-spektrumát. 2016-ban $1,81 \cdot 10^5$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottunk ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási korlát $1,1 \cdot 10^{-3}$ %-a), ami lényegében megfelel az elmúlt évek kibocsátásainak.

7-10. táblázat

A levegőben lévő, aeroszolhoz kötött radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációja havi átlagban (Bq/m³, heti 3 mintavétel alapján), a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után

	Összesbéta aktivitás (Bq/m ³)	Összesgamma aktivitás (Bq/m ³)
Január	$5,01 \times 10^{-4}$	$< 7,78 \times 10^{-3}$
Február	$< 1,00 \times 10^{-3}$	$3,95 \times 10^{-3}$
Március	$6,1 \times 10^{-4}$	$3,59 \times 10^{-3}$
Április	$7,89 \times 10^{-4}$	$6,16 \times 10^{-3}$
Május	$1,37 \times 10^{-3}$	$4,79 \times 10^{-3}$
Június	$2,26 \times 10^{-3}$	$4,31 \times 10^{-3}$
Július	$1,25 \times 10^{-3}$	$6,12 \times 10^{-3}$
Augusztus	$1,31 \times 10^{-3}$	$6,94 \times 10^{-3}$
Szeptember	$1,01 \times 10^{-3}$	$7,17 \times 10^{-3}$
Október	$9,82 \times 10^{-4}$	$6,91 \times 10^{-3}$
November	$5,22 \times 10^{-4}$	$6,55 \times 10^{-3}$
December	$4,60 \times 10^{-4}$	$6,30 \times 10^{-3}$

7.6 Az Izotóp Intézet Kft.

Folyékony kibocsátás

Az Izotóp Intézet Kft. kiemelt és egyéb létesítményeiben a következők szerint keletkeznek radionuklidokkal terhelt szennyvizek:

Kiemelt létesítmények

- XVII. sz. épület „A” szintű laboratóriumaiból I-125, I-131, Fe-59, Ir-192, Co-60, Ho-166
- XXII/B sz. épület „A” szintű laboratóriumaiból Co-60

Egyéb létesítmények

- XXI/A sz. épület „B” és „C” szintű laboratóriumaiból H-3, C-14
- XXI/B sz. épület „B” és „C” szintű laboratóriumaiból I-125

A keletkezett szennyvizeket külön csatornarendszeren keresztül az épületek alsó szintjén elhelyezett, vagy földalatti tartályokba gyűjtik, a tartályok össze vannak kötve a telephelyi garázsok/tárolók alatt elhelyezkedő 3 db. 80 m³-es tartállyal. Az Izotóp Intézet Kft. folyékony radioaktív anyag kibocsátása csak egy útvonalon, a 80 m³-es tartályokból történik.

Légnemű kibocsátás

Az Izotóp Intézet Kft. működése során az alább felsorolt radioaktív anyagok levegőbe irányuló kibocsátását kell figyelembe venni.

Kiemelt létesítmények

XVII és XXII/B épület „A” szintű laboratóriumaiból a reaktorral közös 80 m-es kéményen keresztül I-131 és I-125 radionukliddal szennyezett levegő. A többi radionuklid a felhasználás hőmérsékletén nem illékony, így légköri kibocsátásukkal nem kell számolni.

Egyéb létesítmények

A XXI/B épület „B” szintű laboratóriumaiból I-125 radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő, szűrővel felszerelt kéményeken keresztül.

A XXI/A épület „B” és „C” szintű laboratóriumaiból H-3, C-14 radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő, szűrővel felszerelt kéményeken keresztül.

7-11. táblázat
Folyékony kibocsátási adatok 2016-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq/év)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq/év)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
H-3	8,1E+15	3,80E+11	0	0
C-14	1,1E+13	1,10E+11	7,22E+10	6,56E-03
Fe-59	6,3E+13	1,00E+09	4,08E+07	6,48E-07
Co-60	8,4E+12	2,80E+09	1,86E+09	2,22E-04
Sr-90	3,60E+12	2,70E+08	0	0
Y-90	4,7E+14	1,20E+09	0	0

Mo-99	3,1E+14	1,20E+10	0	0
Tc-99m	9,3E+16	1,60E+09	0	0
I-125	4,5E+12	3,20E+10	2,54E+09	5,64E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+09	2,31E+07	6,99E-06
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	8,65E+07	1,92E-04
Sm-153	2,00E+15	5,00E+10	0	0
Ho-166	2,7E+14	3,00E+10	7,60E+06	2,81E-08
Lu-177	2,30E+14	2,30E+10	0	0
Re-186	1,60E+10	1,60E+07	0	0
Re-188	1,60E+12	1,60E+09	0	0
Ir-192	8,00E+13	1,00E+09	0	0
Kibocsátási határérték kritérium összesen				7,55E-03

7-12. táblázat

Légnemű kibocsátási adatok „A” szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2016-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
I-125	2,7E+11	4,90E+09	1,22E+09	4,51E-03
I-131	4,69E+11	7,00E+09	1,80E+09	3,85E-03
H-3 „A” szint.	8,30E+14		0,00E+00	0
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kritérium összesen				8,36E-03

7-13. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B” és „C” szintű laboratóriumaiból 2016-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
I-125	4,00E+09	3,00E+08	2,51E+08	6,26E-02

7-14. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B” és „C” szintű laboratóriumaiból 2016-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
H-3	2,00E+13	2,00E+09	0	0
C-14	6,00E+11	9,00E+10	9,50E+10	1,58E-01

Az Izotóp Intézet kft. összesített kibocsátási mutatója 2016-ban 0,24 volt.

8 Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai

8.1 A Paksi Atomerőmű

A 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet előírta, hogy a kiemelt létesítmények esetén a közelben élő lakosságra - az 1 mSv éves lakossági dóziskorlátan belül - dózismegszorítást kell érvényesíteni. Ennek értékét az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) határozta meg. A PAE telephelyére az OTH a 40-6/1998. sz. állásfoglalásában 100 μ Sv/év dózismegszorítást állapított meg, amelyből 90 μ Sv vonatkozik az erőműre. A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet szerint ezen értékből kiindulva kell a kibocsátási határértékeket is származtatni.

A fenti állásfoglalás egyúttal meghatározta a lakosság vonatkoztatási csoportját is: 1-5 éves gyermekek hipotetikus csoportja, a légköri kibocsátásokat tekintve csámpai, a vízi kibocsátások vonatkozásában gerjени lakóhellyel. Tekintettel arra, hogy a dózistényezőket stb. tekintve ez az életkori csoport túl tágnak mutatkozott, a számításokat az 1 éves korcsoportra végezzük el. (Ez általában és összességében konzervatív megközelítést jelent.)

8.1.1 A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

Az OKI KI SSFO a hatóság által elfogadott légköri és folyékony kibocsátások, az időjárási viszonyok, a fogyasztási szokások stb. alapján számítással határozza meg az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelés járulékát, az 1993. ban kialakított módszertan szerint.

A légköri terjedés számítása során a IAEA, Safety Series No. 57 [15]-ben közölt (IAEA, Safety Reports Series No. 19 [16]-ben módosított) ún. szektorátlagolt Gauss-féle csóvamoddellen alapuló eljárást használjuk. A nemzetközi ajánlásokon alapuló, a világ sok országában összegyűlt tapasztalatokat egyesítő, a rutinszerű gyakorlat számára egyszerűen használható eljárást alkalmaztunk. A módszer hosszú időre (pl. 1 évre) állandó átlagos légköri viszonyokat feltételez a forrás közelében. Ez alapján a talajfelszín felett kialakuló nuklidkoncentrációt illetve a talajfelszíni depozíciót is meghatározzák.

A szárazföldi tápláléklánc egyes komponensei szennyeződésének leírása az ún. koncentráció-faktor technikán alapul [15]. A növényzet szennyezettségének leírásakor a modell figyelembe veszi a növényzet felületére történő külső depozícióból illetve a hosszú felezési idejű izotópok esetén azok gyökérzetten keresztüli felszívódását is. Az állati termékek szennyezettségének becslésekor a modell erősen konzervatív, mivel a felhasznált takarmány kizárólag a helyben termelt, szennyezett növényekből kerül ki. A koncentrációfaktorok a nemzetközi szakirodalomból származnak [15,16], míg a növényekre és állatokra vonatkozó paramétereket magyarországi mezőgazdasági adatokból határozzák meg meg.

A környezeti elemekben kialakuló aktivitáskoncentrációk alapján a sugárterhelés számítása során a külső bemerülési dózisek, a talajfelszíni gamma dózis, a belélegzésből származó dózis és az élelmiszerek lenyeléséből származó dózis mellett figyelembe veszik a reszuszpenzióból származó dóziseket és a leányelemek hatását is.

Az üzemi kibocsátásokra vonatkozó számítások szerint a jelentősebb radionuklidokra a vonatkoztatási csoport lakóhelyén (Csámpa, 1200 m, NY-DNY irány) a talajfelszíni levegőben 47 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; $0,032 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ ^{60}Co , valamint 19 mBq/m^3 ^3H (HTO) és $0,11 \text{ mBq/m}^3$ ^{14}C (CO_2) koncentráció alakul ki. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évek koncentrációihoz. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése $8,04 \text{ mBq/m}^2$, a leveles zöldség aktivitáskonzentrációja (nedves tömegre) $0,048 \text{ mBq/kg}$, a tehéntejé $0,024 \text{ mBq/l}$, a húsa $0,27 \text{ mBq/kg}$, a gabonáé pedig $0,16 \text{ mBq/kg}$ értékre becsülhető, ezek az értékek a tavalyinál kissé alacsonyabbak. Az üzem a ^3H és ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vettük. Így pl. az erőmű ^{14}C kibocsátásának 3,5 %-a széndioxid formájú, a többi szerves vegyület, azonban az élelmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból (7-1. táblázat) a vonatkoztatási csoportra számított egyéni effektív dózisek - a szóbjöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 8-1. táblázatban láthatóak. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-DNY irány) vonatkoznak.

A normál üzemi légköri kibocsátásokból származó lekötött dózis a lakosság kritikus csoportjára 78 nSv , ami a korábbi évekhez hasonlóan magasabb az üzem által számolt 5 nSv -nél, az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát - ami mintegy két nagyságrendnél nem kisebb - figyelembe véve elfogadható.

A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított számított dózisa valamivel alacsonyabb a tavalyinál, és a sokévi átlagtól nem tér el lényegesen.

8-1. táblázat

A normál üzemi légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív sugárterhelés a vonatkoztatási csoportra (Csámpa, 1 éves korcsoport, 1200 m, NY-DNY irány)

Izotóp	Éves sugárterhelés (nSv)			
	felhőből	Külső talajfelszín	Belső belégzés	élelmiszer- fogyasztás
nemesgázok :				
Ar-41	36	*	*	*
Kr-85	*	*	*	*
Kr-85m	0,72	*	*	*
Kr-87	2,5	*	*	*
Kr-88	7,1	0,061	0,098	*
Xe-133	0,16	*	*	*
Xe-135	1,5	*	*	*
aeroszol:				
Mn-54	*	0,017	*	0,002
Co-58	*	*	*	0,010
Fe-59	*	*	*	0,050
Co-60	*	0,21	*	0,39
Zn-65	*	0,020	*	0,24
Se-75	*	*	*	0,039
Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,10
Nb-95	*	*	*	0,013
Zr-95	*	0,011	*	0,014
Ru-106	*	0,017	*	0,38
Ag-110m	*	0,14	*	0,55
Sb-124	*	0,012	*	0,037
Sb-125	*	0,018	*	0,042
Cs-134	*	0,025	*	0,12
Cs-137	*	0,074	*	0,62
Ba-140	*	*	*	0,022
Ce-144	*	0,017	*	0,61
Eu-154	*	0,023	*	0,028
egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
radiojódok:				
I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,094
I-131 (elemi)	*	*	*	0,65
I-131 (szerves)	*	*	*	0,012
globális:				
C-14	*	*	4,3	16
H-3	*	*	0,68	4,2
Összesen	48	0,69	5,1	24
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		78 nSv		

* a becült dózis < 0,01 nSv

8.1.2 A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna vizének hasznosítása során az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell alapvető kiindulási pontjait, közelítéseit, paramétereit az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazta. Ezt a modellt a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásának megfelelően a 2000-es évek elején átdolgoztuk, elsősorban a Safety Reports Series No. 19 [16] kiadvány módosításainak megfelelően.

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű által a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (7-2. táblázat) származó egyéni sugárterheléseket a gerjени lakosságra (1 éves gyermekek mint vonatkoztatási csoport; továbbá felnőttek) a 8-2. táblázat tartalmazza.

8-2. táblázat

Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisos a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2016

Radionuklid	Dózis (nSv/év)			
	1 éves gyermek		felnőtt	
	külső	belső	külső	belső
H-3	*	25	*	24
C-14	*	11	*	23
Mn-54	0,050	0,11	0,050	0,040
Fe-59	0,020	0,024	0,020	*
Co-58	0,019	0,015	0,019	*
Co-60	0,17	0,40	0,17	0,079
Sr-90	*	0,11	*	0,049
Zr-95	*	*	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,026	*	*
Sb-124	*	0,036	*	*
I-131	*	0,16	*	0,029
Cs-134	0,017	0,25	0,017	0,63
Cs-137	0,033	0,67	0,033	1,6
Ba-140	*	0,019	*	*
Ce-144	*	0,26	*	0,033
Pu-csoport	*	0,056	*	0,036
Am-csoport	*	0,024	*	0,014
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,32	38	0,32	44
Mindösszesen	38		45	

* a becsült dózis < 0,01 nSv

A 2016. évi sugárterhelés valamivel alacsonyabb a 2015. évinél. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó részét adó ³H izotóp mellett - különösen a felnőtteknél - megjelenik a ¹⁴C izotóp is, mint kritikus radionuklid. A belső sugárterhelés járuléka több, mint 2 nagyságrenddel nagyobb a külsőnél.

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátásösszetétel és modellparaméterek mellett a felnőttek sugárterhelése hasonló az 1 éves gyermekekéhez (az utóbbi a vonatkoztatási csoport). A számolt értékek elég jól egyeznek a PAE által becsült dózissal (60 ill. 65 nSv), azoknál valamivel alacsonyabbak.

8.1.3 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2016. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt. A kibocsátások mérésére szolgáló rendszerek folyamatosan működtek.

A vízelvezető csatornában végzett összes béta és tríciummérések eredményei igazolják, hogy az atomerőműből a Dunába vezetett radioaktív szennyezés (koncentráció) jelentéktelen, erőműi eredetű radionuklid csak a szennyvíz (V3) csatornában detektálható.

A környezeti ellenőrzések során a levegőben és a többi vizsgált környezeti komponensben sem mutatható ki bizonyíthatóan az atomerőműből származó radionuklid.

Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszorosan bizonytalansággal becsült dózissal összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 116 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok). miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [11] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 μ Sv.

Azaz az erőmű közelében élő lakosság sugárterhelése a dózismegszorítás ezrelékének vehető.

2016-ban a vonatkoztatási csoportra becsült dózis – a 2003. évi üzemzavari légköri kibocsátások hatásának elmúltával – a 2002 előtti évekéhez hasonló volt.

Az erőmű 30 km sugarú - légköri kibocsátásban érintett - térségében 210 ezer ember él, míg a vízi kibocsátásban érintett lakosság 20 ezer főnek vehető. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított kollektív dózis 1,2 személy-mSv volt.

8-3. táblázat

Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisek a lakosság vonatkoztatási csoportjára, besugárzási útvonalak szerint

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	(nSv)	
Légköri kibocsátás		
külső sugárterhelés:		
nemesgáz izotópok	48	
radiokobalt aeroszol	0,21	
radiocézium aeroszol	0,10	
radioezüst aeroszol	0,14	
egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés:		
inhaláció	5,1	
radiojód (élelm.)	0,80	
radiokobalt (élelm.)	0,40	
radiocézium (élelm.)	0,74	
radioezüst (élelm.)	0,55	
globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)	20	
egyéb izotóp	1,5	
Összes légköri:	78	
Folyékony kibocsátás		
külső sugárterhelés:	0,32	
belső sugárterhelés:		
trícium	25	
radiokarbon	11	
egyéb izotóp	1,5	
Összes folyékony:	38	
Mindösszesen:	116	90 000

8.2 Egyéb kiemelt létesítmények

Az NRHT, az RHFT, a Kutatóreaktor, az Oktatóreaktor és az Izotóp Intézet Kft esetében a hatóság által végzett, a lakosság sugárterhelésének - környezeti méréseken alapuló – becslésére vonatkozó módszertan kialakítás alatt van, a 2016. január 1.-jén hatályba lépett 487/2015 Korm. rendelet 64. §.-ban foglalt rendelkezések alapján.

A módszertan kialakításig a lakosság sugárterhelése becsülhető a tényleges kibocsátások és a - dózismegszorításból származtatott – kibocsátási korlátok hányadosából képzett határérték kihasználás, valamint a dózismegszorítás aránya alapján.

A kiemelt létesítmények környezetében élőknek a létesítmény üzemeltetéséből származó becsült sugárterhelését a 8-4. táblázat mutatja be.

8-4. táblázat

Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisok a lakosság vonatkoztatási csoportjára, besugárzási útvonalak szerint

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Becsült sugárterhelés [nSv]
NRHT	Léggöri: 5,09E-02 Folyékony: 6,04E-02	100 000	112
RHFT	Léggöri: 0,243 Folyékony: 0,009	100 000	252
Kutatóreaktor	Léggöri: 0,021 Folyékony: 0	50 000	1 050
Oktatóreaktor	Léggöri: 1,86E-3 Folyékony: 1,1E-5	50 000	94
Izotóp Intézet Kft.	Léggöri: 0,229 Folyékony: 7,55E-03	50 000	11 826

Következtetések

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint *{Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020} (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)* az élelmiszerekben a ^{134}Cs és ^{137}Cs radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a Magyarországon kapható, feldolgozott élelmiszerekben a 2016-ban mért legnagyobb értékek is 10 Bq/kg alatt maradtak.

A lakosság mesterséges forrásokból származó sugárterhelése – az orvosi célú alkalmazásokon kívül – hazánkban az utóbbi években 3-6 μSv közöttre becsülhető, míg a természetes eredetű sugárterhelés ennél közel három nagyságrenddel nagyobb.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezet-ellenőrzés során kapott eredmények szerint az engedélyhez kötött tevékenységeknek a környezetre illetve lakosságra gyakorolt hatása elhanyagolható, a radioaktív izotópok aktivitáskoncentráció értékei több mintafajtánál is túlnyomórészt kimutatási határ alatt maradnak.

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 10 Bq/kg in foodstuffs available in Hungary in 2016. The maximum permitted levels according to the Council Regulation *{Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020} (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)* on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

The annual dose of the Hungarian population due to artificial radiation sources – excluding the exposure due to the medical applications – was about 3-6 μSv in the last years, while the natural radiation burden is higher by nearly 3 orders of magnitude.

It can be concluded that the environmental monitoring results indicated very low radiological effect of licensed activities on the environment and negligible population doses, many measurement results were even below the detection limits.

Irodalom, hivatkozott jogszabályok

- [1] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- [2] 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről
- [3] 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [4] 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- [5] <http://www.rttasz.hu/docs/roviden.pdf>
- [6] A TANÁCS 2013/59/EURATOM IRÁNYELVE (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről
- [7] <http://www.rhk.hu/>
- [8] http://hadmernok.hu/151_15_bujtast_ml_ng_sj.pdf
- [9] [https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/20CFAC350F87228EC12580ED00253B29/\\$File/K%C3%B6z%C3%A9rthet%C5%91%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_BME%2017_v.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/20CFAC350F87228EC12580ED00253B29/$File/K%C3%B6z%C3%A9rthet%C5%91%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_BME%2017_v.pdf)
- [10] <http://www.energia.mta.hu/hu/content/kornyezetvedelmi-szolgalat>
- [11] <http://www.unscear.org/>
- [12] 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről
- [13] A Paksi Atomerőmű Sugár- és Környezetvédelmi Főosztálya 2016. évi jelentése. (Szerk.: Bujtás Tibor) Paks, 2017. március
- [14] Sources and Effects of Ionizing Radiation - VOLUME I (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008)
- [15] IAEA, Safety Series No. 57 (SS57), 1982
- [16] IAEA, Safety Reports Series No. 19 (SRS19), 2001
- [17] FZK, GSF 12/90, 1990
- [18] NAÜ, Biztonsági Sorozat No. 115 (IBSS115), 1996

Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek

A 2016. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett intézmények és szakemberek:

BELÜGYMINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szeitz Anita

Az adatküldésben részt vett: Szabados László t. őrnagy

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (OKI KI SSFO és ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

OKI KI SSFO: Szabó Gyula, Homoki Zsolt, Dr. Szarkáné Németh Ágnes

Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:

Farkasné Györy Edit

Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály: Berenkei

Réka

Csongrád Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Hoványiné

Kádár Erika

Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:

Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna

Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Madarász

István

Tolna Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kerekes Irén

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Cservenák Ildikó

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM - FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ádámné Sió Tünde

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszer- és

Takarmánybiztonsági Igazgatóság akkreditált laboratóriumai:

Radioanalitikai Referencia Laboratórium (Budapesti telephely,

Szekszárdi telephely, Szombathelyi telephely)

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Kecskeméti Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Miskolci Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Kaposvári Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Veszprémi Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Debreceni Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM - KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÁGAZAT

Megyei Kormányhivatalok, Környezetvédelmi Mérőközpontjai

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Lókiné Nagy Enikő

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Attila, Erdős József, Gulyásné Deák Magdolna, Dr. Szécsényi István, Ulrich Zsolt, Weiszenburger Edit

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA (MTA ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zagyvai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Endrődi Gáborné, Danczák Ákos

MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT. (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Daróczi László

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Manga László, Lencsés András, Végh Gábor, Kapás Péter

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Turza Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Turza Péter, Kirchhofer Beáta, Fekete István

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (BÁTAAPÁTI NRHT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Radó Krisztián

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Dr. Radó Krisztián, László Mónika

Rövidítések jegyzéke

BAMKH – Baranya Megyei Kormányhivatal

BME NTI – Budapesti Műszaki Egyetem Nukleáris Technikai Intézete

EMMI – Emberi Erőforrások Minisztériuma

ERMAH - Egészségügyi Radiológiai MÉRŐ és Adatszolgáltató Hálózat

EüÁ - egészségügyi ágazat

FmÁ - földművelésügyi ágazat

KIESZ – Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat

KÖESZ – Környezet Ellenőrzési Szabályzat

KvVÁ - környezetvédelmi és vízügyi ágazat

NÉBIH – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

OÁ - oktatási ágazat

OAH – Országos Atomenergia Hivatal

OKI – Országos Közegészségügyi Intézet

OKI KI SSFO - Országos Közegészségügyi Intézet, Közegészségügyi Igazgatóság, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály

OKSER - Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer

OSJER - Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer

OMSZ – Országos Meteorológiai Szolgálat

TMH – Távmérő Hálózat

A megyék kódjai

Megye kódja	Megye
BA	Baranya
BE	Békés
BK	Bács-Kiskun
BP	Budapest
BZ	Borsod-Abaúj-Zemplén
CS	Csongrád
FE	Fejér
GY	Győr-Moson-Sopron
HA	Hajdú-Bihar
HE	Heves
JA	Jász-Nagykun-Szolnok
KO	Komárom-Esztergom
NO	Nógrád
PE	Pest
SO	Somogy
SZ	Szabolcs-Szatmár-Bereg
TO	Tolna
VA	Vas
VE	Veszprém
ZA	Zala