

A BME NTI OKTATÓREAKTOR 2016/2017-ES IDŐSZAKOS BIZTONSÁGI FELÜLVIZSGÁLATÁNAK SUGÁRVÉDELMI KÖTETE

Osváth Szabolcs*¹, Pesznyák Csilla², Cservenák Ildikó², Bobos Csaba², Paitz Gábor²,
Tormási Attila², Czifrus Szabolcs²

¹Országos Közegészségügyi Intézet (OKI), Közegészségügyi Igazgatóság, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály (OSSKI), Lakossági és Környezeti Sugár-egészségügyi Osztály, 1221 Budapest, Anna utca 5.

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), Nukleáris Technikai Intézet (NTI), 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 9., R/315.

* osvath.szabolcs@osski.hu

A kézirat beérkezett: 2018.01.19.

Közlésre elfogadva: 2019.06.03.

Title and Abstract – Health Physics chapter of the 2016/2017 Periodic Safety Review of the Training Reactor of Budapest University of Technology and Economic, Institute of Nuclear Techniques

The BME NTI performed the 3rd Periodic Safety Review of its Training Reactor in the summer of 2016. The whole health physics system was investigated. As an administrative measure, the safety regulations of the facility were reviewed and intercompared to the regulations, laws and the official instructions of the Hungarian Atomic Energy Authority. From the technical aspect, the radiation sources, protective equipment and the instrumentation were inspected. An important conclusion of our present review is that the protection of workers, the public and the environment are ensured. Some actions related to the improvement of safety were formulated.

Keywords: Training Reactor, Periodic Safety Review

Kivonat – A BME NTI 2016 nyarán végezte el a BME Oktatóreaktor harmadik Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatát. Ennek keretében a teljes sugárvédelmi rendszert is áttekintettük. Adminisztratív oldalon összehasonlítottuk a szabályzatokat a jogszabályokkal és hatósági rendelkezésekkel. Műszaki oldalon áttekintettük a sugárterhelés forrásait, továbbá a rendelkezésre álló védőeszközöket és műszereket. Az elemzések alapján megállapítható, hogy az Oktatóreaktor munkavállalóinak, a lakosságnak és a környezetnek a sugárvédelme biztosított, de ezzel összhangban szükség volt néhány javító intézkedésre.

Kulcsszavak: Oktatóreaktor, Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat (IBF)

BEVEZETŐ

Történeti előzmények

A BME Oktatóreaktort (eredeti nevén Tanreaktort) 1971-ben helyezték üzembe, és abban az évben május 20-án vált először kritikussá. Engedélyezett termikus teljesítménye 10 kW volt, amely az 1979-es átalakítások (irányítórendszer, aktív zóna elrendezése) után 100 kW-ra emelkedett.

Az 1996-ban elvégzett első Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat (IBF) volt az Oktatóreaktor történetében az első szisztematikus, és átfogó biztonsági elemzés, amely ugyanakkor megfelelt már a jelen tudásunk szerint is korszerűnek számító szabályozási környezet (magyar jogszabályok, NAÜ útmutatók stb.) követelményeinek. 2006-ban elkészült egy újabb IBF, és azzal párhuzamosan a Végleges Biztonsági Jelentés.

Az Oktatóreaktor hatályos üzemeltetési engedélye 2017-ben járt le. Megújítása érdekében a BME NTI 2016 év folyamán a hatályos OAH Útmutató [1] alapján elvégezte az Oktatóreaktor

harmadik IBF-ét. Munkánkban ismertetjük az Oktatóreaktorban folyó tevékenységeket, illetve az IBF célját, és ezen belül a dolgozók és a lakosság sugárvédelmével, valamint a környezeti sugárterheléssel foglalkozó kötetét.

Az Oktatóreaktor feladatai és jellegzetességei

A BME Oktatóreaktor fő feladata a nukleáris szakemberek képzése és továbbképzése, a reaktor üzeme elsődlegesen ehhez igazodik. Az oktatás mellett kutató–fejlesztő munka is folyik az NTI-ben, bizonyos esetekben (pl. neutronaktivációs analízis, neutronzaj-mérések stb.) ez is reaktorüzemet igényel.

A BME hallgatói közül elsősorban Fizika BSc, Nukleáris technika illetve Orvosi fizika szakirányos Fizikus MSc, Atomenergetika szakirányos Energetika BSc és Energetikus MSc hallgatóknak vannak laborgyakorlatok az Oktatóreaktorban; de Környezetmérnök BSc, a Rendszertechnika szakirányon belül Nukleáris mellékszakirányos Villamosmérnök MSc, továbbá Reaktortechnika szakirányú másoddiplomás (szakmérnök) hallgatók is végeznek itt méréseket. Ezen túlmenően meg kell említeni a tudományos diákköri, szakdolgozati és diplomamunkákat, továbbá az Oktatóreaktor meglátogató évente mintegy 1500 körüli érdeklődőt (elsősorban középiskolásokat).

A BME NTI – elsősorban az Oktatóreaktornak, illetve az ott végezhető mag-, neutron- és reaktorfizikai mérési gyakorlatoknak köszönhetően – az utóbbi évek során egyre nagyobb mértékben kapcsolódott be a nemzetközi oktatásba. Fontosabb külföldi partnerek: a Pozsonyi, a Prágai, a Bécsi és a Vietnami Műszaki Egyetem, az École des Mines de Nantes, a Göteborg-i Chalmers Egyetem, a TU Delft, a Duisburg–Essen-i Egyetem és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség.

Várható, hogy a BME NTI képzési feladatai mind hazai, mind nemzetközi vonatkozásban jelentősen bővülni fognak. A hazai nukleáris szakemberek képzése a Paksi Atomerőmű üzemidejének hosszabbítása, illetve kapacitásának fenntartása miatt kiemelt fontossággal bír.

Az eddigiekben vázolt oktatási feladatok elvégzését a reaktor flexibilitása teszi lehetővé: a (termikus) teljesítmény 0 és 100 kW között tetszés szerint változtatható, a kívánt teljesítményérték eléréséhez rövid idő (10-15 perc) elegendő. A kis teljesítményből és a rövid (átlagosan napi néhány óra) üzemidőből következik, hogy:

- a reaktor fűtőelemeinek kiégése igen csekély marad hosszú időn keresztül történő üzemeltetéskor is,
- nincsenek magas követelmények a reaktor hűtőrendszerével szemben (nominális teljesítményen történő 8 órás üzemelést követő nukleáris leállás után a reaktortartályban lévő víz természetes cirkulációja elegendő a fűtőelemek hűtéséhez),
- a reaktorblokk tetején még a nyitott vízfelszín ellenére is viszonylag kicsi a dózisteljesítmény, ezért lehetséges a kísérleti eszközökkel történő manipuláció.

A reaktor felhasználását csőposta, függőleges és vízszintes besugárzó csatornák, továbbá besugárzó alagút segítik. Az épületben nyitott radioaktív anyagok felhasználását lehetővé tevő laboratóriumi helyiségek és mérőszobák is találhatóak.

Az IBF célja

Az IBF célja a reaktorok biztonságának értékelése (figyelembe véve az üzemi tapasztalatokat és a biztonsággal kapcsolatos ismereteket), valamint a feltárt hiányosságok megszüntetésére irányuló adminisztratív és műszaki jellegű javítóintézkedések meghozatala.

Az Oktatóreaktor üzemeltetési engedélyének meghosszabbításához szükséges az aktuális jogszabályoknak [2] való megfelelés bizonyítása.

Az IBF jogi háttere

Az IBF jogi alapját az 1996. évi CXVI. tv. az atomenergiáról képezi. Ennek 9. § (3) bekezdése alapján az IBF - „Az engedélyesnek és az atomenergia-felügyeleti szervnek a nukleáris létesítmények nukleáris biztonságát, a nukleáris biztonsági követelmények teljesítését, a kockázat mértékét az üzemeltetési engedély hatályba lépését követően a teljes üzemidő alatt (...) Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat keretében – figyelembe véve az üzemi tapasztalatokat és a biztonsággal kapcsolatos új ismereteket – rendszeres időközönként teljes körűen elemeznie, értékelnie kell.”

A módszertani rendelkezéseket a 118/2011. Kormányrendelet tartalmazza [2]. Az IBF végrehajtásának módját a 34. § írja le; a követelményeket az 1. melléklet ismerteti, ami a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 1. kötete „Nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági hatósági eljárásai” címmel.

Az IBF felépítése

Az OAH Útmutatónak [1] megfelelően az IBF az alábbi kötetekből áll:

- A. kötet: A jelentés készítését megalapozó dokumentum
- 0. kötet: A Főkötet
- 1. kötet: A telephely jellemzők, külső veszélyeztető tényezők
- 2. kötet: A nukleáris létesítmény Végleges Biztonsági Jelentésben dokumentált terve, a rendszerek és rendszerelemek aktuális állapota
- 3. kötet: Berendezés-minősítés
- 4. kötet: Öregedéskezelés
- 5. kötet: Biztonsági elemzések
- 6. kötet: Veszélyeztető tényezők elemzése
- 7. kötet: A nukleáris létesítmény biztonsági mutatói
- 8. kötet: Külső és belső tapasztalatok, új tudományos eredmények értékelése és visszacsatolása
- 9. kötet: Szervezet, emberi tényező, irányítási rendszer és biztonsági kultúra
- 10. kötet: Eljárások
- 11. kötet: Balesetkezelés
- 12. kötet: A dolgozók és a lakosság sugárvédelme, valamint a környezet sugárterhelése
- 13. kötet: Leszerelés
- 14. kötet: Kísérleti berendezések
- GY. kötet: Az IBF során végzett mérések, próbák jegyzőkönyvei - Gyűjtő kötet

Az IBF összeállításával párhuzamosan zajlott az Oktatóreaktor épületének felújítása, továbbá számos berendezés (a SVER - sugárvédelmi ellenőrző rendszer, aminek engedélyezése folyamatban van) és eszköz (pl. a bórsavas oldatot tartalmazó árnyékoló kádak) cseréje.

A sugárvédelmi kötet elkészítése során kísérletet, mérést nem kellett végeznünk, elegendő volt a meglévő dokumentumokat figyelembe venni, illetve elemezni, mivel a BME NTI rendelkezik ISO 9001-es minőségirányítási, továbbá ISO 14001-es környezetközpontú irányítási rendszerrel, ezért minden tevékenységét körültekintően dokumentálja, 2012-ben (hatósági rendelkezésre) teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálatot végeztetett el, továbbá annak lezárásaként 2013-ban környezetvédelmi engedélyt kapott.

A 12. kötet (A dolgozók és a lakosság sugárvédelme, valamint a környezet sugárterhelése)

A 12. kötetnek az OAH Útmutató [1] alapján a következő témákat kell tartalmaznia:

- 12.1. A dolgozók és a lakosság sugárvédelme
 - 12.1.1. A dolgozókra vonatkozó dozimetriai szabályok
 - 12.1.2. A lakosság sugárvédelme
- 12.2. A környezet sugárterhelése
- 12.3. Összefoglalás

A DOLGOZÓK SUGÁRVÉDELME

A szabályozási rendszer

Nukleáris létesítmény esetében a 487/2015. Korm. rendelet [3] (a korábbi, 16/2000. EüM rendelethez [4] hasonlóan) lehetőséget ad arra, hogy a sugárvédelmi szabályok egy része ne a Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzatban (MSSz), hanem más helyi szabályzatokban (pl. Képzési Szabályzat, Hulladékkezelési Szabályzat) szerepeljen, így számos szabályzat tartalmaz a sugárvédelemhez kapcsolódó rendelkezést, elsősorban azért, hogy az egyes szabályzatok tematikusan egységesek és kezelhető terjedelműek legyenek.

A sugárvédelmi szabályok jelentős része az MSSz-ben található, ezt a dokumentumot NTI-SZ-16 Sugárvédelmi Szabályzatként tartanak nyilván, amit rendszeresen frissíteni kell a jogszabályi változásoknak megfelelően. Az előző IBF még a 16/2000. EüM rendelet alapján készült, így az új IBF egyik fontos feladata volt a hatályos jogszabályok (487/2015) bevezetése. A jogszabályi változások elemzését követően elkészült a Sugárvédelmi Leírás, majd az MSSz módosításával megszűntek a hiányosságok.

A 487/2015. Korm. rendelet 22. § (5) c) pontját “Az engedélyes felelőssége kiterjed minden ellenőrzött területen végzett tevékenység esetében a személyi dozimetriai adatok helyszíni leolvasására,…” nem egyszerű átültetni a napi gyakorlatba. A rendelkezés természetesen teljesíthető az elektronikus személyi dózismérők rendszeres hitelesítésével és viselésük kötelezővé tételével. Ugyanakkor az eddigi üzemeltetési tapasztalatok alapján a munkanaponként elszenvedett dózisek (1–2 μSv naponta) a háttér nagyságrendjébe esnek (akkor is, ha a reaktor egész nap 100 kW-on üzemel), ebben érdemi változás nem várható. Sugárterheléssel járó, kísérletiengedély-köteles tevékenységhez, továbbá a reaktor üzemeltetéséhez most is minden érintett a kísérlet jellegéhez (β , γ vagy n) megfelelő elektronikus dózismérőt kap. A mostani SVER-t felváltó új, jelenleg engedélyezés alatt álló területi dozimetriai rendszer hiteles műszerei folyamatosan tájékoztatást adnak majd az épületben mérhető dózisteljesítményekről, nem csak a reaktor vezérlőjében, hanem minden egyes mérési pontnál is, és az adatok az archívumból utólag is visszakereshetőek lesznek.

Sugárforrások

Az Oktatóreaktorban – a változatos oktatási és kutatási feladatok céljainak megfelelően – többféle sugárforrás található. Minden sugárforrás naprakészen szerepel a Rádium programban, leltározásuk rendszeresen, dokumentáltan megtörténik. Ugyanakkor hiányosság, hogy számos sugárforrásnak esedékes a zártságvizsgálata, illetve lejárt már a szolgálati ideje. Ezek újra tokozttatását vagy selejtezését javító intézkedésként előirányoztuk, valamint az Országos Atomenergia Hivatal előírta, mind javító intézkedést, hogy a Ki kell dolgozni a lejárt szolgálati idejű sugárforrások kezelésére vonatkozó eljárásrendet.

Volt korábban az Oktatóreaktorban jó néhány olyan sugárforrás, amely hiányos dokumentációval (vagy a nélkül) került oda (például a BME felszámolt izotóplaboratóriumaiából). Ezek papírjait (műbizonylatok, hatósági bizonyítványok) azóta – komoly erőfeszítések árán – sikerült pótolni. Temetésük költségeire azonban nincsen fedezet.

Az Oktatóreaktorban csekély mennyiségű (évente néhány 200 l-es zsáknyi) kis aktivitású radioaktív hulladék is keletkezik, jellemzően a reaktorfedélen vagy az izotóplaboratóriumban végzett munka során szennyeződő gumikesztyűk, papír törülközők és hasonlók. Ezek (a zsák megtelése után) azonosítóval ellátva a radioaktív hulladékok tárolójába kerülnek, a bennük lévő radioaktivitást a dozimetrikusok általában gamma-spektrometria segítségével becsülik, és bevezetik a Ráhel programba.

Védekezés a külső és belső sugárterhelés ellen

Komolyabb sugárterhelés kockázatával járó tevékenység (pl. a reaktorral, a besugárzó alagúttal, a besugárzó csatornákkal, nagyobb aktivitású sugárforrással végzett kísérlet) csak kísérleti engedély alapján végezhető. Ebben a vezető dozimetrikus sugárvédelmi előírásokat tehet, melyek betartását a kísérletnél jelen lévő dozimetrikus ellenőrzi.

A reaktor neutron- és gamma-sugárzását a betonból és baritbetonból álló reaktortömb (radiális irányban), továbbá a primer víz (az aktív zóna fölött) árnyékolja. A sugaras munkahelyeken szokásos mobil sugárnyékoló vérték (ólomtéglák, betontömbök, paraffin téglák) megfelelő mennyiségben megtalálhatóak az Oktatóreaktorban is, de időszerű lenne az ólomtéglák újrafestése.

Üzemelő atomreaktorok egyik jellegzetessége a neutronsugárzás. Ennek árnyékolására az Oktatóreaktorban néhány tucat bórsavas paraffintömb is rendelkezésre áll, ám ezek (méretük alapján) inkább csak izotópos neutronforrással végzett, esetleg kisebb csatornakísérletekhez használhatók. Komolyabb nyalábkísérletekhez, alagútnyitáshoz a bórsavoldattal töltött tartályokat lehet használni. Ezek némelyikéből szivárgott a bórsavoldat; javításuk megtörtént.

Minden személy, aki az Oktatóreaktor ellenőrzött területére belép, felületi szennyeződésének megelőzésére köteles cipővédőt és meghatározott színű köpenyt viselni: a dolgozók fehéret, a hallgatók és látogatók zöldet, a szerelők és karbantartók barnát (ők ez alól felmentést kaphatnak, amennyiben a köpeny érdemben nehezítené a munkájukat). Ez a színkódos rendszer megkönnyíti a viselő személyek azonosítását, ami pl. veszélyhelyzetben, az épület kiürítéskor lényeges szempont. Általánosan használt védőeszköz továbbá a (latex- illetve gumi-) kesztyű, ezen túlmenően szájmaszk, plexi szemüveg, cérnakesztyű, Tyvek ruha, gumicsizma is rendelkezésre állnak.

A belső sugárterhelés kockázatának minimalizálása az izotóplaboratóriumokban szokásos szabályok (evés, ivás, dohányzás, rágógumizás stb. tilalma) betartásával, illetve az elszívófülkék alkalmazásával történik, ha véletlenül mégis radioaktív szennyezés történne, az izotóplaboratóriumok számára előírt dekontamináló felszerelés rendelkezésre áll. A dekontamináló felszerelés az OSSKI (Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet) 2006-ban kiadott Módszertani útmutatójában [8] megfogalmazott „Minimális sugármentesítő készlet”-ét, valamint még a reaktor jellegéhez illeszkedő egyéb felszereléseket tartalmaz (szájmaszk, védőszemüveg stb.).

Ki kell dolgozni és be kell vezetni a szabályzatokba a többletdózissal járó balesetek kezelésekor szükséges teendőket.

Sugárvédelmi műszerek, személyi dózisok

Az Oktatóreaktor sugárvédelmi műszerparkja igen gazdag és változatos. Ez elsősorban az oktatási feladatoknak köszönhető, hiszen csak így biztosítható, hogy a hallgatók sokféle mérőberendezéssel ismerkedhessenek meg. Demonstrációs célra például Polon típusú GM-csőves felületiszennyezettség-mérők is üzemben vannak még.

A műszerpark folyamatosan újul meg, ilyen beszerzések voltak az utóbbi években:

- MGPI DMC 2000S személyi gamma-dózismérők,

- Thermo EPD Mk2.5 személyi béta és röntgen-dózismérők,
- MGPI DMC 2000GN személyi gamma- és neutron-dózismérők,
- Thermo EPD N2 személyi gamma- és neutron-dózismérők,
- Thermo RadEye G10 kézi gamma-dózisteljesítmény-mérők,
- Thermo RadEye AB100 felületi radioaktívzennyezetségszámológép,
- Thermo FHT 762 hordozható neutron detektor,
- Thermo FHT 752 hordozható neutron detektor,
- Thermo RIIDEye M-G nuklid azonosító készülék
- Thermo EPD Mk2+ személyi gamma dózismérő
- BNS-94PH hibrid személyi sugárkapu
- Radom 3A radonmérő berendezés

A dozimetrikusok ügyelnek arra, hogy sugárvédelmi intézkedést (pl. kísérletiengedély-köteles tevékenység, illetve karbantartás sugárvédelmi felügyelete, sugárvédelmi kordonozás 20 $\mu\text{Sv/h}$ -nál) hiteles műszerrel (pl. Thermo FH40-G10 kézi gamma-dózisteljesítmény-mérők, Thermo FHT-752 és Thermo FHT-762 neutron-dózisteljesítmény-mérő, Thermo RadEye AB100 felületiszennyezetségszámológép) végzett mérés alapján hozzanak.

Az ellenőrzött és felügyelt terület határán álló sugárkapu egyedi gyártmány, nem hitelesíthető. A gondos kezelésnek és felügyeletnek köszönhetően még üzemel, de a cseréjére is fel kellett készülni. Ezért szereztünk be egy Gamma BNS-94PH hibrid személyi sugárkaput, amely alkalomadtán kiválthatja a régi sugárkaput (addig próbaüzemben a radiokémiai laboratórium ajtajában teljesít szolgálatot).

A területi dozimetriai rendszer (SVER) az utóbbi időben több fejlesztésen esett át, pl. új adatgyűjtő és megjelenítő szoftvert kapott, melynek segítségével a mért adatok utólag visszakereshetőek. Ennek ellenére a mérőrendszer elavult (GM-csőveinek a pótlása nehezen megoldható), üzemeltetése csak fokozott felügyelettel lehetséges. Az új SVER rendszer telepítése megtörtént, engedélyeztetése jelenleg folyamatban van.

A BME NTI azon munkatársai, akik az Oktatóreaktor ellenőrzött területén dolgoznak sugárvédelmi szempontból 'A' besorolásúak, külső sugárterhelésük monitorozása céljából hatósági, valamint elektronikus dózismérőt viselnek. A belső sugárterhelés ellenőrzése úgy történik, hogy a nyitott radioaktív anyagokkal végzett munkák előtt a dozimetrikusok az OSSKI által javasolt algoritmus [5] szerint megbecsülik az inkorporációs dózist; majd – ha annak alapján szükséges – intézkednek további vizsgálat (pl. egészségtesztzámlálás, vizeletanalízis) megrendeléséről. A Sugárvédelmi Naplók és a személyi dózisszalagokkal kapcsolatos feljegyzések szerint az utóbbi évtizedben dóziskorlát túllépésére nem került sor.

A LAKOSSÁG SUGÁRVÉDELME

A 2012. évi teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat [6] a következőket állapította meg:

- „az Oktatóreaktor minden üzemi állapotában semleges környezeti hatású,
- a lakosság sugárterhelése mind normál üzemi, mind a legsúlyosabb üzemzavar esetén a normál üzemi megállapított dózishatárérték alatt marad,
- a sugárterhelések alapján becsülhető egészségkárosító kockázat mértéke kimutathatatlannak kicsi.

Mindezek alapján leszögezhetjük, hogy a környezet, illetve a lakosság egészségének védelmére a jogszabályokban meghatározott engedélyezési és ellenőrzési előírások betartásán és betartatásán kívül más intézkedések nem szükségesek.”

Mivel a felülvizsgálat bemenő adataiban érdemi változás a tanulmány elkészítése óta nem történt, a következtetés most is érvényes.

Az Oktatóreaktor évente nagyjából 1200 látogatót és 200 egyetemi hallgatót fogad, akik jelentős részben szintén a lakossági kategóriába tartoznak. Őket belépésükkor a reaktor személyzete tájékoztatja a rájuk vonatkozó szabályokról, és azok betartását folyamatosan ellenőrzi. Belső sugárterhelés kockázatával járó helyre (pl. izotóplaboratóriumba) látogató nem léphet be. Külső sugárterhelésük a csoport egyik tagjára bízott elektronikus gamma-dózisteljesítmény-mérő alapján becsülhető.

Az Oktatóreaktorban rendszeresen laborgyakorlatot, szakdolgozati munkát végző egyetemi hallgatók esetében az eddig elmondottak minden félévben kiegészülnek egy részletesebb balesetvédelmi oktatással. Az MSSz előírja, hogy az Oktatóreaktorban csak bővített sugárvédelmi vizsgálattal rendelkező demonstrátor tarthat laborgyakorlatot. A hallgatók mindegyike elektronikus gamma-dózismérőt visel; a tevékenységükhöz szükséges egyéni védőeszközök (pl. latex kesztyű, védőszemüveg) is biztosítottak számukra.

A KÖRNYEZET SUGÁRTERHELÉSE

A kibocsátási határértékek

Az Oktatóreaktor dózismegszorítását a kritikus lakossági csoportra az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatala 2000 őszén 50 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ értékben állapította meg. Ezt alapul véve a 15/2001. KöM rendelet [7] 1. mellékletének 2.1. pontjában szereplő alapösszefüggés felhasználásával az alábbi kibocsátási határértékeket (korlátokat) kapjuk:

$$\begin{aligned} &\text{levegőoldalon } 7,5 \cdot 10^{11} \text{ Bq/év } ^{41}\text{Ar}, \\ &\text{vízoldalon } 6,3 \cdot 10^{10} \text{ Bq/év } ^{60}\text{Co}, \text{ illetve } 2,0 \cdot 10^{10} \text{ Bq/év } ^{137}\text{Cs}. \end{aligned}$$

A számításokhoz szükséges kibocsátási dóziszjárulékok (egyrészt levegőoldalon ^{41}Ar -re $2,22 \cdot 10^{-17} \text{ Sv/Bq}$, másrészt vízoldalon ^{60}Co -ra $3,5 \cdot 10^{-17} \text{ Sv/Bq}$, ^{137}Cs -re $5,7 \cdot 10^{-18} \text{ Sv/Bq}$) egyszerű terjedési modellekből; a biztonsági tényezők (levegőoldali kibocsátásra $\Gamma=3$, vízoldali kibocsátásra $\Gamma=5$) a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (KDVKTVF) állásfoglalásából származnak. Ezeket a kibocsátási határértékeket, továbbá a betartásuk bizonyítására szolgáló mérési és adminisztrációs rendszert leíró NTI-SZ-23 Kibocsátás-ellenőrzési Szabályzatot a KDVKTVF jóváhagyta.

A környezet sugárvédelmével kapcsolatos legfontosabb esemény az Oktatóreaktor elmúlt éveiben a teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat volt, ennek elvégzését az akkor illetékes KDVKTVF írta elő 2011-ben. A felülvizsgálat alapján a KDVKTVF környezetvédelmi engedélyt adott az Oktatóreaktor üzemeltetésére.

Légnemű kibocsátások

Az Oktatóreaktorból kibocsátásra kerülő légnemű radioaktív anyag elsősorban a reaktor üzemelése során keletkezik. Aktivitását túlnyomórészt a reaktortartályban levő vízbe a levegőből beoldódó argon neutronaktivációs terméke, az ^{41}Ar adja. Kismértékű levegőoldali kibocsátás történhet még esetenként a melegkamrából (a besugárzott besugárzó tokok nyitása során), valamint a vegyifülkékből (illékony radioaktív anyagok feldolgozásakor).

Az épület szellőzőrendszerének köszönhetően az Oktatóreaktor egyetlen levegőoldali kibocsátási ponttal rendelkezik, ez a BME „T” épületének tetején lévő kürtő. Az ide vezető légcsatornához csatlakozik a külön légszivattyúval üzemelő „by-pass” mintavevő-mérő rendszer, melynek mérőcellájában 2 darab GM-számláló található. Ezek a SVER rendszer részeként folyamatosan üzemelnek.

A rendszer egyik gyengesége, hogy nem biztosít izokinetikus mintavételt, ezért fontos, hogy ezen mérőeszköz cseréje is tervbe van véve.

Folyékony kibocsátások

Az Oktatóreaktor épületének kommunális (a konyhából, zuhanyzókából, mellékhelyiségekből származó) szennyvizei, továbbá a vízdesztillálók hűtővize közvetlenül a közcsatornába kerülnek. Az izotóplaboratóriumok mosogatóiból, továbbá a reaktor berendezéseiből származó hulladékvizek az ellenőrző tartályokban gyűlnek, ahonnan csak mintavétel és mérés után juthatnak a közcsatornába (ez az Oktatóreaktor egyetlen vízdali kibocsátási pontja).

Folyékony radioaktív anyagok nyitott radioaktív készítmények felhasználásakor, radioaktív anyagminták roncsolásos analízise esetén, neutronaktivációs analízissel vizsgált minták kémiai feldolgozása folyamán, a reaktor primervízének kikerülésekor, radioaktívan szennyezett felület dekontaminálása alkalmával, zárt, folyadékállapotú etalonok nyitottá válásakor, zárt sugárforrások nedves technológia szerinti zártságvizsgálata során keletkezhetnek.

A vízdali kibocsátásra két szabály vonatkozik: az NTI-SZ-05 Műszaki Üzemeltetési Szabályzat szerint a hulladékvíz folyamatosan nem bocsátható ki; szakaszosan is csak akkor, ha aktivitáskoncentrációja ^{137}Cs -egyenértékben kisebb, mint 40 kBq/m^3 . Ezt az előírást az Oktatóreaktor személyzete úgy teljesíti, hogy a kibocsátandó folyadék aktivitáskoncentrációját egy gamma-érzékeny szcintillációs detektorra alapozott, rendszeresen kalibrált mérőrendszerrel határozza meg.

Másrészt a környezetvédelmi hatóságok következetesen két radionuklidra (^{137}Cs mellett ^{60}Co -ra) adtak meg kritériumokat. A ^{137}Cs -ra vonatkozó kibocsátási korlát – a 40 kBq/m^3 -es előírás betartásából következően – nagy tartalékkal teljesül (évi $5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ kibocsátás jelentené a korlát elérését, de az Oktatóreaktor éves vízdali kibocsátása mindössze $10\text{-}20 \text{ m}^3$). Ugyanakkor a hulladékvizekben a ^{60}Co jelenlétét mindeddig nem vizsgáltuk, bár az ehhez szükséges HPGe félvezető-detektoros mérőrendszer rendelkezésre áll.

Az 1. táblázatban szereplő adatokból látszik, hogy az Oktatóreaktor betartja az eddig tárgyalt, nagy biztonsági tartalékkal megállapított korlátokat.

1. táblázat. Az Oktatóreaktor kibocsátásai az elmúlt években

Év	Levegőoldali kibocsátás (Bq ^{41}Ar)	Levegőoldali korlátkihasználás	Folyadékoldali kibocsátás (kBq ^{137}Cs)	Vízdali korlátkihasználás
2007	$15,0 \cdot 10^9$	2,01%	566	$2,8 \cdot 10^{-3} \%$
2008	$8,1 \cdot 10^9$	1,09%	143	$7,1 \cdot 10^{-4} \%$
2009	$3,5 \cdot 10^9$	0,47%	97	$4,9 \cdot 10^{-4} \%$
2010	$3,1 \cdot 10^9$	0,41%	55	$2,8 \cdot 10^{-4} \%$
2011	$4,9 \cdot 10^9$	0,66%	35	$1,7 \cdot 10^{-4} \%$
2012	$3,4 \cdot 10^9$	0,46 %	51,7	$2,6 \cdot 10^{-4} \%$
2013	$8,4 \cdot 10^9$	1,12 %	121	$6,1 \cdot 10^{-4} \%$
2014	$4,1 \cdot 10^9$	0,55 %	290	$1,5 \cdot 10^{-3} \%$
2015	$3,8 \cdot 10^9$	0,51 %	170	$8,7 \cdot 10^{-4} \%$
2016	$5,9 \cdot 10^7$	0,01 %	180	$9,1 \cdot 10^{-4} \%$
2017	$1,4 \cdot 10^9$	0,19 %	223	$1,1 \cdot 10^{-3} \%$
2018	$1,32 \cdot 10^9$	0,18 %	230	$1,2 \cdot 10^{-3} \%$

A környezet nukleáris ellenőrzése

Az Oktatóreaktor nukleáris környezet-ellenőrzési feladatait a 15/2001. KöM rendelet [7] 5. mellékletének 5.2. pontja írja elő: környezeti dózisteljesítmény mérése, aeroszolminta,

folyóvízi (Duna-víz) minta, kihullási minta, talajminta, növényminta (fű) vétele és mérése. A tennivalókat a gyakorlatba az NTI-SZ-24 Környezet-ellenőrzési Szabályzat tartalmazza, melynek hatályos változatát a KDVKTVF jóváhagyta.

Általánosságban elmondható, hogy ez a szabályzat a céloknak megfelel, de megújítása több okból is időszerű. A műszerpark az elmúlt években megújult (BittTechnology RS-04 gamma-dózisteljesítmény mérő szonda, Berthold LB2040 összes-alfa-béta mérő beszerzése), amit a szabályzatnak tartalmaznia kell. Változások történtek a mintavételben, minta-előkészítésben is (pl. FPP típusú helyett üvegszálalás aeroszol szűrő alkalmazása); néhány szabályzati rendelkezés (pl. etilén-glikolos mintagyűjtés kihullási minta esetében) a gyakorlatban kivitelezhetetlennek bizonyult. A tapasztalatok alapján a talaj- és a fűminta mérését célszerűbb hamvasztás nélkül gamma-spektrometriával elvégezni, mint hamvasztás után összbéta-számlálással.)

Az elmúlt 10 évben nem volt olyan környezeti minta, amelynek mérési eredménye eltért volna a szokásos értékektől, és így kivizsgálásra, vagy külön jelentés írására adott volna okot.

A szellőzőrendszer

Az Oktatóreaktor ablakait nem lehet kinyitni, a levegő cseréjét a szellőztető rendszer biztosítja, mely két ágból áll. A bejövő ág ventilátora az épület előtti „rózsakert” friss levegőjét fűjja be az épületbe; a kimenő ág pedig a benti levegőt szállítja el, amit folyamatosan GM-számláló mérőrendszerrel ellenőriznek. A két ág ventilátorainak eltérő légárama biztosítja, hogy az épületben mindig alacsonyabb legyen a légnyomás, mint az épületen kívül; tehát még egy esetleges szennyezés esetén se juthasson radioaktivitás ellenőrizetlenül a környezetbe.

ÖSSZEFOGLALÓ TANULSÁGOK

Az IBF sugárvédelmi kötete súlyos hiányosságot nem tárt fel. Általánosságban elmondható, hogy a dolgozók, a lakosság (ide értve az egyetemi hallgatókat és látogatókat is), továbbá a környezet sugárvédelme biztosított.

Nem soroltuk a hiányosságok közé azokat a problémákat, melyekkel az Oktatóreaktor személyzete eddig is tisztában volt, és kiküszöbölésükre az előkészületeket megtette. Ilyen például a SVER detektorok pótlásának nehézsége, és a kimenő levegő aktivitáskoncentráció-mérőjének cseréje; melyek az új SVER üzembe vételével megoldódnak. Ide tartozik továbbá a szivárgó bórsavoldatos kádak cseréje, mely a reaktorfelújítás során már megtörtént.

A feltárt hiányosságok nagy része adminisztratív jellegű intézkedéssel megoldható volt. Ide tartozik például a 2016. évi jogszabály-változások átvezetése az MSSz-be, az NTI-SZ-24 Környezet-ellenőrzési Szabályzat és a látogatók tájékoztatójának megújítása.

A kötetben feltárt hiányosságok egyes része csak műszaki intézkedéssel kezelhető, ilyen például a lejárt szolgálati idejű sugárforrások áttokozása és selejtezése, valamint az ólomtéglák festése.

A jogszabályok és az NTI szabályzatainak gyakori változásai, a gyors műszaki és számítástechnikai fejlődés szükségessé teszi a sugárvédelmi rendszer folyamatos felülvizsgálatát, aktualizálását. Az OAH az IBF-et OR-HA0008 számú határozatával (javítóintézkedések elrendelésével) lezárta, és OR-HA0007 számú határozatával az Oktatóreaktor továbbüzemeltetésére engedélyt adott.

IRODALOM

- [1] Országos Atomenergia Hivatal: Útmutató a BME NTI Oktatóreaktor időszakos biztonsági felülvizsgálatának végrehajtásához (1.51. sz. útmutató, Verzió száma: 1.) 2015. szeptember
[http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/\\$File/1.51v1.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/$File/1.51v1.pdf) Letöltés: 2016. július 5.
- [2] 118/2011. Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- [3] 487/2015. Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- [4] 16/2000. EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
- [5] OKK-OSSKI Sugáregészségügyi Főosztály I. – Ionizáló Sugárzások Főosztálya: A belső sugárterhelés ellenőrzése. Útmutató az ÁNTSZ Sugáregészségügyi Decentrumok részére (kézirat, 2. változat) 2002. december
- [6] Golder Associates (Magyarország) Zrt.: A BME NTI Oktatóreaktor Teljes Körű Környezetvédelmi Felülvizsgálata, 2012
- [7] 15/2001 KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [8] Dr. Turai István (szerk.): [Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése \(dekontaminálása és dekorporációja\)](#). OSSKI Módszertani Útmutató, 2006 <http://www.osski.hu/info/mu/sugment.pdf> Letöltés: 2019. április 15.