

## A kiterjesztett INES skála alkalmazása hazai radiológiai eseményekre

Ballay László, Elek Richárd, Vida László, Turák Olivér  
Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet  
1221 Budapest, Anna u. 5.  
ballay.laszlo@oski.hu

### **Title – Application of extended INES scale for domestic radiological events**

*Abstract – The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) extended for radiological events is applicable for events other than nuclear ones to judge reliably the security significance of events concerning radioactive sources, accelerators and transportation. With the support of HAEA we have done the adaptation of INES scale's national adaptation, in the form of a study: „The Development of the National Radiological Event Scale”. One of the study's accomplishments was a brief guide for the rating of events, adapted for the national regulatory background, for the use of the radiation protection network's regulatory personnel and it's support organization, and for National Service for Radiation Health Emergency Preparedness. In this study we have collected and rated 22 national radiological events of the last forty years, thus we have created the database for the national radiological events.*

*Keywords: INES, radiological events, orphan sources, unintended irradiation, database of radiological INES events*

*Kivonat – A radiológiai eseményekre kiterjesztett Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (INES) a nukleáris eseményeken túlmenően alkalmas a radioaktív sugárforrásokkal, gyorsítókkal és szállítással kapcsolatos események biztonsági jelentőségének megbízható megítélésére. Az OAH által támogatott „nemzeti radiológiai eseményskála kidolgozása” című tanulmánnyal a nemzetközi INES skála hazai adaptációját végeztük el. A tanulmány egyik eredménye a hazai sugáregészségügyi hatósági hálózat és háttérintézménye (OSSKI-OSKSZ) részére egy tömör, a hazai sugárvédelmi szabályozási háttérhez adaptált besorolási útmutató kidolgozása volt. A tanulmány során összegyűjtöttük és besoroltuk az utóbbi negyven év 22 hazai radiológiai eseményét, megteremtve ezzel a hazai radiológiai események eddig hiányzó adatbázisát.*

*Kulcsszavak: INES, radiológiai események, gazdátlan sugárforrás, nem tervezett sugárterhelés, radiológiai INES események adatbázisa*

## BEVEZETÉS

A nukleáris események biztonsági jelentősége egységes megítélését megalapozó 7 szintű INES (International Nuclear Event Scale) skálát a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) 1990-ben még kísérleti jelleggel vezette be. A bevezetés jó időben és jó irányban megtett lépés volt. A lakosság és a média azonnali és következetes tájékoztatása, továbbá nem utolsósorban szakmai kommunikáció céljaira az INES skála olyan sikeres eszköznek bizonyult, hogy rövid időn belül számos ország alkalmazni kezdte. Mára az alkalmazó országok száma közel 70. A nukleáris létesítményekben bekövetkező események besorolására Magyarország 1991. július 1.-je óta alkalmazza az INES skálát. A hazai INES koordinátor hivatala az OAH.

## AZ INES SKÁLA KITERJESZTÉSE RADIOLÓGIAI ÉS SZÁLLÍTÁSI ESEMÉNYEKRE

Bevezetése óta az INES skálát a NAÜ irányításával nemzetközi szakértők csoportjai folyamatosan fejlesztik. Az INES skála alkalmazásához a NAÜ ad ki felhasználói kézikönyveket. Az 1992-es első kiadás után a NAÜ 2001-ben, majd legutóbb 2009-ben ismét kiadta a felhalmozódó tapasztalatok alapján átdolgozott felhasználói kézikönyvet. Az átdolgozott kiadásokban az INES skála megnevezése Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (INES), jelezve, hogy a skála alkalmazását kiterjesztették az ionizáló sugárzás nem nukleáris alkalmazási területeinek és a radioaktív anyagok szállításának rendkívüli eseményeire is. A kiterjesztett skála tehát magában foglalja a radioaktív sugárforrások gyakorlati alkalmazásainak teljes spektrumát, az elvesztett vagy talált sugárforrások eseteit, a nyitott radioaktív készítményekkel végzett tevékenységeket, továbbá a szállítások során, valamint a gyorsítókkal bekövetkező eseményeket is. A nemzetközi eseményskála jelenleg még nincs kiterjesztve a betegek rendellenes orvosi sugárterhelésének és a saját vagy mások egészségét veszélyeztető szándékos károkozásnak az eseteire.

A NAÜ 2009-ben kiadott 150 oldalas INES felhasználói kézikönyve [1] (a továbbiakban Kézikönyv) egy dokumentumban foglalja össze az atomenergia nukleáris és nem nukleáris alkalmazása során bekövetkező események besorolására vonatkozó útmutatásokat. A Kézikönyv az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) fordításában magyarul is hozzáférhető.

### NUKLEÁRIS ÉS RADIOLÓGIAI ESEMÉNYEK BESOROLÁSA AZ INES SKÁLÁN

Az eseményeket a skálán hét szinten osztályozzák. A skála logaritmikus, azaz egy adott szintű eseménynél a skálán eggyel magasabb szintre sorolt esemény súlyossága közelítőleg egy nagyságrenddel jelentősebb. A legsúlyosabb nukleáris esemény a Csernobilban 1986-ban bekövetkezett katasztrofális baleset volt, aminek a súlyossága elérte a 7. szintet. A közelmúlt története, a Fukushima Daiichi atomerőmű blokkjaiban bekövetkezett baleset és nagymértékű környezeti kibocsátás, aminek a következményei kevésbé katasztrofálisak, de a jelenlegi javaslat szerint súlyossága eléri a 7. szintet

Az INES skála egységes, nincs külön a nukleáris és külön a radiológiai eseményekre alkalmazható skála. Az egységes skálán az eddigi legsúlyosabb (ami egyúttal az elképzelhető legsúlyosabb) radiológiai baleset az 5. szintet érte el (Goiania, Brazília, 1987). Magyarországon a 3. szintnél súlyosabb eseményre az elmúlt 35-40 évben szerencsére nem került sor.

### AZ INES RADIOLÓGIAI ÉS SZÁLLÍTÁSI ESEMÉNYEKRE TÖRTÉNŐ HAZAI ADAPTÁCIÓJA

Magyarországnak közel két évtizede van INES koordinátora, mégis, egészen a közelmúltig, csak a nukleáris események jelentésének volt a koordinátorig jól kiépített csatornája. A nem nukleáris események az OAH-ig csak lassan jutottak el. Nemzetközi adatbázisban is szereplő két eset kivételével a hazai radiológiai eseményeknek nem volt adatbázisuk és INES besorolásuk. A sugáregészségügyi hálózat, nevezetesen a hatóságok (Sugáregészségügyi Decentrumok) és az Országos „FJC” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OSSKI), és ezen belül az OSSKI Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat (OSKSZ), az INES skála alkalmazásával nem foglalkoztak. Ezen a helyzeten szándékozott változtatni a „nemzeti radiológiai eseményskála kidolgozása” című OSSKI tanulmány, ami „az atomenergia biztonságos alkalmazásának hatósági ellenőrzését szolgáló műszaki megalapozó tevékenység (ABA MMT)” program keretében az OAH támogatásával (OAH/NBI-ABA-22/10-M) 2010-ben készült.

Köszönetemet szeretném kifejezni azért, hogy az OSSKI tanulmány, ezen belül a besorolási útmutató elkészítéséhez az OAH, személy szerint Nyisztor Dániel végig jelentős segítséget nyújtott.

Egy „nemzeti radiológiai eseményskála” nem lehet más, mint a nemzetközi skála adaptációja. A nemzeti adaptáció bizonyos fokig szükséges lépés, mivel a Kézikönyv besorolási kritériumai között vannak olyanok, amelyek számértéke az adott ország hatósági előírásaitól függ. Nyilvánvalóan ilyen a „hatósági éves dóziskorlát”, vagy a „dolgozók dózismegszorításon felüli besugárzása”. A nemzetközi skála létezése még bizonyos nemzeti megközelítések alkalmazását sem zárja ki. Az eseményskála nemzeti adaptációja során azonban minden országnak tartani kell magát ahhoz az alapelvhez, hogy a nemzeti sajátosság beépítése csak olyan eseményskálát eredményezhet, ami a Kézikönyv besorolási elveivel teljes összhangban marad.

A „nemzeti radiológiai eseményskála kidolgozása” tanulmány keretében elkészítettünk egy viszonylag tömör, 19 oldalas besorolási útmutatót (a továbbiakban BÚ). Az elmúlt 35-40 év radiológiai eseményei többségének az összegyűjtésével és INES besorolásával létrehoztuk a hazai radiológiai események adatbázisát. A hazai események gyűjtése nem terjedt ki a hatvanas évekre vagy a még korábbi eseményekre.

A BÚ a Kézikönyv besorolási útmutatásait követi. A BÚ célja, hogy a hazai felhasználók, ezen belül elsősorban a sugárvédelmi hatóságok és az OSKSZ munkatársainak a kezébe olyan besorolási útmutatót adjon, ami alkalmas a tipikus radiológiai és szállítási események gyors, előzetes besorolására. Törekedtünk arra, hogy kiépítsük azt az információs láncot, ami mentén az esemény rövid esettörténete és előzetes INES besorolása, az OSKSZ közreműködésével, a hazai INES koordinátorhoz minél rövidebb időn belül eljut. Az események „hivatalos” INES besorolása és skála fölötti események NAÜ felé történő továbbítása már az INES koordinátor feladata.

A cikkkel arra is fel szeretnénk hívni a figyelmet, hogy az események INES koordinátorhoz történő továbbításának, a keletkező adatok kezelésének hazai szabályozási háttere még erősen hiányos.

Az INES kézikönyv sugáregészségügyi hálózat számára készülő adaptációja során arra törekedtünk, hogy a 150 oldalas Kézikönyvből minél tömörebb, de a kitűzött célnak még megfelelő BÚ készüljön. Ennek érdekében a BÚ nem tartalmazza a nukleáris vonatkozásokat, és a radiológiai események besorolási elvei közül azokat, amelyekre az utóbbi 40 év hazai eseményeinek a besorolásához nem volt szükség és az esemény bekövetkezése hazai viszonyaink között valószínűtlen. Ebből az elvből az következik, hogy előfordulhat olyan nagyon váratlan, a hazai körülmények között valószínűtlen esemény, aminek a besorolásához a BÚ nem lesz alkalmas. Ebben az esetben a Kézikönyvet kell majd használni.

A BÚ semmilyen tekintetben nem tér el a Kézikönyv besorolási elveitől, ugyanakkor tartalmaz egyszerűsítéseket, néhány kevésbé lényeges kiegészítést és egy nemzeti kiegészítést, az ún. „feljegyzési szintet”. A biztonsági jelentőség nélküli (skála alatti/0. szint) események közül ugyanis a BÚ „feljegyzési szint” bevezetésével igyekszik kiemelni és pl. képzési célból megőrizni azokat az eseményeket, amelyeknek a szakterületen belül biztonsági tanulságai vannak.

## **A HETVENES ÉVEKTŐL BEKÖVETKEZŐ HAZAI RADIOLÓGIAI ÉS SZÁLLÍTÁSI ESEMÉNYEK**

A hazai radiológiai események gyűjtését, esettanulmány szintű feldolgozását, és INES besorolását a hetvenes évek eseményeitől kezdődően végeztük el. A legalább INES 1. szintet elérő súlyosságú események adatbázisba történő felvételét nagy valószínűséggel hiánytalanul elvégeztük. Az elmúlt 40 évből is több olyan eseményről van azonban tudomásunk, amelyek ahhoz, hogy bekerüljenek az adatbázisba még nem elég jól dokumentáltak. (Fűrőlyukba

szakadt források, LDR afterloading technika sugárforrásai, szennyezések, stb.). Hiányoznak az adatbázisból a hetvenes éveket megelőző események. Közöttük olyan nevezetes ügyek, mint a KBFI B szintű izotóplaboratóriumában történt nagymértékű Sr-90 szennyezés, vagy a Pestvidéki Gépgyárban alkalmazott rádiumos világító festékes technológia helyszínen elásott hulladékaitól származó talajszennyezés, vagy a Budapest XI. ker. Bártfai utcai épület tóriumos szennyezés miatti lebontása, stb. A rádium korszak hazai nevezetes eseményeinek a dokumentálása is meglehetősen esetleges és szétszórta. A jelenlegi adatbázis feltöltését a felsorolt hiányosságok pótlásával folytatni kívánjuk.

A hetvenes évektől napjainkig 23 esemény feldolgozását végeztük el. Az események közül három érte el az INES 3, három az INES 2, nyolc az INES 1 szintet. Kilenc esemény skála alatti/0. szintű, tehát biztonsági jelentőség nélküli eseménynek értékelhető. A „biztonsági jelentőség nélküli”, eseményekre általunk bevezetett feljegyzési szint nyolc olyan eseményt emelt ki, és helyezett az adatbázisba, mint amelyeknek a szélesebb szakmai közvélemény számára is érdekes körülményei, biztonsági tanulságai vannak. A skála alatti események közül a cikk táblázatai a feljegyzési szintű nyolc eseményt, 0. szintű eseménynek jelölve tartalmazzák. Jelen cikk táblázatai tehát összesen  $23-1=22$  eseményt tartalmaznak. A továbbiakban vázlatosan ismertetjük a hazai adatbázis alapját képező ezen 22 eseményt és azok besorolását.

Az események hatása és jelentősége három besorolási szempontrendszer keretében vizsgálható. Amennyiben egy eseményre több szempontrendszer is alkalmazható, az esemény osztályát az értékelések után kapott legmagasabb besorolás határozza meg.

## **1. BESOROLÁS AZ „EMBEREKRE ÉS KÖRNYEZETRE VALÓ HATÁSOK” ALAPJÁN**

Ezt a szempontrendszert valós eseményekre kell alkalmazni. Ebben a szempontrendszerben valós eseménynek az emberek nem tervezett (rendkívüli vagy baleseti) sugárterhelésével járó, és/vagy nagy mennyiségű radioaktív anyag környezetbe kerülésével járó eseményeket nevezzük.

A legsúlyosabb környezeti hatások a környezetbe kerülő és ott szétterjedő, nagyon nagy mennyiségű nyitott radioaktív anyagoktól várhatók. A radiológiai események közül súlyos környezeti kihatással járhatnak a környezetbe került és ott nyitottá váló nagy aktivitású zárt sugárforrások, az illékony sugárforrás beolvasztásából származó kibocsátások, valamint a szállítás során bekövetkező balesetek.

Az eddigi (és elképzelhető) legsúlyosabb radiológiai sugárbaeset során, a már említett INES 5. szintű braziliai eseménynél (Goiania, 1987.) sugárterápiás cézium forrás nyitottá válása miatt került nagy mennyiségű radioaktív anyag a környezetbe. A környezet kisebb elszennyezésével járó esemény, pl. zárt sugárforrás nyitottá válása Magyarországon is előfordult, azonban olyan mértékű kibocsátásra, aminek biztonsági jelentősége lett volna, a hetvenes évek óta nem került sor.

A valós események közül a legfontosabbak, amelyek emberek nem tervezett sugárterhelését okozzák. A személyekre vonatkozó tényleges következmények osztályozásának legegyszerűbb módja az elszennvedett dózis alapján történhet. Ez az osztályozás a leginkább egyértelmű és itt lehet leginkább tartani a logaritmikus léptéket. A legnagyobb súlyú (legmagasabb INES osztályú) események mindig emberek besugárzásával járó súlyos sugárbaesetek.

A félreértések elkerülése érdekében hangsúlyozni kell, hogy a dózis alatt minden esetben az adott eseményhez tartozó, nem tervezett besugárzás dózisát kell érteni.

### 1.1. Besorolás az elszennvedett dózisok alapján

Ennek a közleménynek már csak terjedelmi okokból sem lehet a célja az esetenként nagyon szerteágazó és nagyon aprólékosan kidolgozott, a Kézikönyvben 150 oldalon kifejtett besorolási szempontrendszer ismertetése, az elszennvedett dózisok alapján történő besorolás esetében mégis kivétel tehető. A szakmai közvélemény számára ez a legfontosabb és leginkább ismert típusú besorolás, aminek a súlyponti elemei, jelentős egyszerűsítéssel ugyan, de röviden ismertethetők.

- 5. szint, egynél több személy halálával járó esemény besorolása.
- 4. szint a minimális besorolás egy személy halálával járó eseményre.
- 3. szint a minimális besorolás determinisztikus hatással járó eseményre.
- 2. szint a minimális besorolás olyan eseményre, ami a lakosság egy tagjának 10 mSv-t meghaladó effektív dózisú besugárzását; vagy egy dolgozónak a hatósági éves dóziskorlátoknál magasabb besugárzását okozza.
- 1. szint a minimális besorolás olyan eseményre, ami a lakosság egy tagjának a hatósági éves dóziskorlátokon felüli besugárzását; vagy egy dolgozónak a dózismegszorítás(ok)on felüli besugárzását okozza.

*Megjegyzés:* Magyarországon a dolgozókra vonatkozóan nincs érvényes (tehát az Országos Tisztifőorvosi Hivatal által kiadott) dózismegszorítás. A munkahelyi sugárvédelmi szabványokban ugyanakkor van dózismegszorítás funkciójú mennyiség: általános tervezési határérték a 100 mSv/5 év dóziskorlát időarányos részének a 3/10 része, tehát 6 mSv/év effektív dózis. A hazai sugárvédelmi előírásokhoz adaptált INES skála szerint tehát:

„1. szint a minimális olyan eseményre, ami a lakosság egy tagjának a hatósági éves dóziskorlátokon felüli besugárzását; vagy egy dolgozónak 6 mSv effektív dózison felüli besugárzását okozzák.”

### 1.2. Legalább INES 1. szintű nem tervezett besugárzással járó hazai események

1. táblázat. Jelentősebb személyi dózisokkal járó hazai események

| Év   | Város          | S.forrás<br>Aktivitás         | Felhasználási terület                                                 | Személyi dózis                                               | INES<br>szint |
|------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|
| 1977 | Győr           | Ir-192<br>nincs<br>információ | Ipari radiográfia<br>Árnyékolatlan sugár-<br>forrás közúti szállítása | 1,2 Gy egésztest                                             | 3             |
| 1984 | Tiszafüred     | Ir-192<br>1,11 TBq            | Ipari radiográfia<br>Kézbevert sugárforrás                            | 20-30 Gy, ujsérülés                                          | 3             |
| 1999 | Százhalombatta | Ir-192<br>300 GBq             | Ipari radiográfia<br>Árnyékolatlan sugár-<br>forrás szállítása        | 2 radiográfus<br>1 fő 350 mSv és<br>1 fő 200 mSv             | 2             |
| 1999 | Paks           | Ir-192<br>70 GBq              | Ipari radiográfia<br>Elvesztett sugárforrás                           | 3 takarító,<br>max. 6 mSv/fő<br>2 munkás,<br>max. 2,5 mSv/fő | 1             |
| 2008 | Budapest       | Co-60<br>280 TBq              | Sugárterápia<br>Kobaltágyú                                            | 75 mSv<br>effektív dózis                                     | 2             |
| 2011 | Pécs           | 18 MV                         | Sugárterápia<br>Lineáris gyorsító                                     | 20 mSv                                                       | 1             |

Az adatbázisunkba felvett 23 hazai esemény közül az elszenvedett dózisok alapján hatot lehetett besorolni. A fenti táblázat első két sorában feltüntetett két legsúlyosabb hazai eseményt a nemzetközi adatbázisok már korábban is feltüntették. Erről a két sugárbalesetről először az UNSCEAR 2000. évi kiadványa közölt adatokat.

A „győri esemény” ipari radiográfiai sugárforrással bekövetkezett szállítási esemény, amennyiben a legnagyobb sugárterhelést kapott radiográfus a besugárzást árnyékolatlan radiográfiai sugárforrás hosszú közúti szállítása közben szenvedte el.

Tiszafüreden a radiográfus a sugárforrást befogó eszköz, az ún. „torpedó” elgörbült rugós részét úgy próbálta megjavítani, hogy a torpedó sugárforrást tartalmazó végét bal kezével megfogva jobb kezével hajlítgatta a rugós részt. A bal kéz három sérült ujjá közül az egyiknek az ujjperecét el kellett távolítani.

Százhalombattán a felvételkedészítő eszköz (defektoszkóp) kapkodó, szabálytalan szétszerelése következtében a sugárforrást tartalmazó „torpedó” a kivezető gégecsőben maradt. A szétszerelt eszközöket, közöttük az árnyékolatlan forrást „rejtő” gégecsövet, a gépkocsi rakfelületére helyezték. A hiba felfedezéséig a gépkocsival több rövid utat tettek meg az üzemi területen belül és annak közelében. A dózismérők szabálytalan viselése miatt a sugárterhelés mértékét biodozimetriai módszerekkel kellett közelíteni.

Pakson a radiográfusok nem vették észre, hogy a (szerencsére kis aktivitású) torpedó leoldódott. Takarítók a többi szeméttel együtt összegyűjtötték és a szeméttárolóba helyezték, ahol a sugárforrást másnap délelőtt megtalálták. Az esemény során néhány lakossági kategóriájú személy az éves egészségi dóziskorlátot (1 mSv effektív dózis) meghaladó sugárterhelést kapott.

Budapesten egy kobalt sugárterápiás kezelőben túl korán indították a besugárzást. A beteget pozicionáló asszisztens még nem hagyta el a kezelőt és az oldalirányú besugárzás miatt mellkasának nagy részét direkt expozíció érte. A film-dózismérő jelzése 140 mSv személyi dózisegyenérték volt. A biodozimetriai eredmények 100 mSv effektív dózis alatti sugárterhelést valószínűsítettek. A film-dózismérő jelzése és a 30 cm x 40 cm mezőméret alapján kijelenthető volt, hogy az asszisztens sugárterhelése legfeljebb 75 mSv effektív dózis lehetett.

## **2. BESOROLÁS A „LÉTESÍTMÉNYI MÉRNÖKI GÁTAK ÉS SUGÁRVÉDELMI KORLÁTOK” ALAPJÁN**

Ez a szempontrendszer csak a potenciális radioaktív kibocsátás szempontjából jelentős létesítményekben előforduló, „valós” eseményekre alkalmazható. Magyarországon az ipari nagybesugárzók és a zárt sugárforrást gyártó A szintű izotóplaboratóriumok tekinthetők e szempontból jelentős létesítménynek.

Ebben a szempontrendszerben „valós” események közé a következőket soroljuk. Amikor meghibásodás, emberi mulasztás, stb. következtében a sugárbiztonság jelentősen sérül, emiatt az üzemben belül nagy intenzitású sugárzási tér, és/vagy jelentős mennyiségű radioaktív kibocsátás lép fel, de a súlyos sugárbalesetet megakadályozó elsődleges gátak (műszaki megoldások, árnyékolások, védelmi eszközök), épek maradnak, és a biztonságának elsőbbséget adó, megfelelő (biztonsági) kultúrának köszönhetően az eseménynek komolyabb környezeti vagy személyi következményei (dózisai), nincsenek.

2. táblázat. Jelentős létesítményben bekövetkező hazai események

| Év   | Város         | Sugárforrás<br>Aktivitás | Felhasználási terület                     | A besorolás<br>alapja                           | INES szint |
|------|---------------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|
| 1983 | Buda-<br>pest | Co-60<br>720 TBq         | Terápiás besugárzó<br>sugárforrás gyártás | Kikerült<br>radioaktív anyag<br>néhány GBq      | 0          |
| 1992 | Buda-<br>pest | Co-60<br>2,7 PBq         | Ipari nagybesugárzó                       | Sugárzási tér 1<br>m-re a forrástól ><br>1 Sv/h | 3          |

1983. Terápiás kobalt sugárforrások gyártásának alapanyagát tartalmazó tartályban túlnyomás keletkezett, emiatt a tartály fedelének lecsavarásakor a rossz minőségű, poros alapanyag a forró fülkébe „kifújt”, majd onnan kijutva elszennyezte az üzem ellenőrzött területét.

1992. A meghibásodás vizes tárolású, panoráma besugárzó berendezéssel történt, nevezetesen a berendezés sugárforrásokat tartalmazó két tartókeretének egyike a kiemelési folyamat közben, nem sokkal a vízszint alatt, elakadt. A labirintus belső végénél elvégzett mérések szerint az elakadt sugárforrások miatt a teremben nagy intenzitású sugárzási tér alakult ki. Az elakadt tartókeret drótkötélről történő levágását gondosan megtervezték, begyakorolták és a terveknek megfelelően végrehajtották. Ennek köszönhetően ezt a potenciálisan nagy kockázatú eseményt sikerült „valós következmények” nélkül elhárítani. Az elhárítók személyi dózissai jelentéktelenek voltak, illetve egy személy sugárterhelése megközelítette a 2 mSv effektív dózist.

### 3. BESOROLÁS A „MÉLYSÉGBEN TAGOLT VÉDELEM” ALAPJÁN

Az első két szempontrendszer alapján egy valós következmény nélküli esemény csak skála alatti/0. szintű eseményként lenne osztályozható. A tényleges következmények nélküli, más szóval nem valós események a baleset valószínűségének növekedésével járnak. Ezeket az eseményeket, a lehetséges következményeket is figyelembe vevő szempontrendszer, a mélységben tagolt védelem szempontrendszerének az alkalmazásával lehet besorolni.

Ahol súlyos sugárbaeset következhet be, ott a hatékony sugárbiztonság csak többszörös biztonsági intézkedéssel teremthető meg, amelyet „mélységben tagolt védelemnek” neveznek. A biztonsági intézkedések lehetnek műszaki megoldások (pl. egy radiográfiai munkatartó konstrukciójának a biztonsága), lehetnek sugárvédelmi gátak (lokális és nem lokális árnyékolások), védelmi eszközök (kényszerkapcsolatok, fénnel, hanggal riasztók, vészleállítók, stb.) egyéni védőeszközök, sugárvédelmi és egyéb biztonsági előírások (rendeletek, szabványok, MSSZ, hatósági előírások). Az olyan létesítmények esetében, mint a nagy aktivitású, zárt sugárforrást használó orvosi és ipari besugárzók, vagy a lineáris gyorsítók, a megfelelő sugárbiztonságról többszörös biztonsági intézkedések gondoskodnak.

#### 3.1. Radioaktív sugárforrásokkal kapcsolatos események

Az események besorolásánál a radioaktív sugárforrásoknak a [2] NAÜ kiadvány szerinti kategorizálását kell alkalmazni. A kiadvány a sugárforrásokat a legsúlyosabb lehetséges következmények szerint kategorizálja. A legsúlyosabb lehetséges (az összes biztonsági intézkedés elvesztése esetén bekövetkező) következményeket a sugárforrás aktivitása és az adott sugárforrásra vonatkozó D értékből ([3] és [4]) képzett A/D hányados alapján kell meghatározni. A D értékek olyan aktivitás értékek, amelyek fölött a sugárforrás veszélyesnek

tekintendő, mivel súlyos, determinisztikus hatásokat okozhat, ha nem kezelik megfelelő biztonsággal és védettséggel.

A gyakori alkalmazási területek tipikus sugárforrásaira és aktivitás értékeire képezve az A/D hányadosokat, a 3. táblázat szerinti kategóriákat kapjuk.

3. táblázat. Gyakori alkalmazások sugárforrásainak tipikus kategorizálása

| A/D arány<br>{kategória} | Alkalmazási terület                                                                 | Tipikus izotópok                                                                                                          |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A/D ≥ 1000<br>{1}        | Besugárzók (ipari, orvosi, laboratóriumi)                                           | $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$                                                                                      |
|                          | Gamma kés                                                                           | $^{60}\text{Co}$                                                                                                          |
| 10 ≤ A/D < 1000<br>{2}   | Ipari gamma radiográfia                                                             | $^{60}\text{Co}$ , $^{75}\text{Se}$ , $^{192}\text{Ir}$                                                                   |
|                          | Nagy/közepes dózisteljesítményű brachyterápia                                       | $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{192}\text{Ir}$                                                                  |
| 1 ≤ A/D < 10<br>{3}      | Nagy aktivitású zárt sugárforrást alkalmazó, ipari mérő és szabályozó berendezések  | $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$                                                                                      |
|                          | Geofizikai mérések (karotázs)                                                       | $^{241}\text{Am/Be}$ , $^{137}\text{Cs}$ ,                                                                                |
| 0,01 ≤ A/D < 1<br>{4}    | Vastagságmérők, szintmérők                                                          | $^{85}\text{Kr}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ ,<br>$^{241}\text{Am}$ , $^{147}\text{Pm}$ ,<br>$^{244}\text{Cm}$ |
|                          | Hordozható mérőműszerek (pl. nedvesség/sűrűség mérők)                               | $^{137}\text{Cs}$ , $^{226}\text{Ra}$ ,<br>$^{241}\text{Am/Be}$ , $^{252}\text{Cf}$                                       |
|                          | Statikus eliminátorok                                                               | $^{210}\text{Po}$ , $^{241}\text{Am}$                                                                                     |
| A/D < 0,01<br>{5}        | Alacsony dózisteljesítményű brachyterápia (szemlemezek és beültetett sugárforrások) | $^{90}\text{Sr}$ , $^{106}\text{Ru/Rh}$ ,<br>$^{103}\text{Pd}$                                                            |
|                          | Röntgen fluoreszcenciás eszközök                                                    | $^{55}\text{Fe}$ , $^{109}\text{Cd}$ , $^{57}\text{Co}$                                                                   |
|                          | Elektronbefogásos detektorok (ECD)                                                  | $^{63}\text{Ni}$ , $^3\text{H}$                                                                                           |
|                          | Mössbauer spektrometria                                                             | $^{57}\text{Co}$                                                                                                          |
|                          | Pozitron emissziós tomográfia (PET) ellenőrző zárt sugárforrásai                    | $^{68}\text{Ge}$                                                                                                          |

A felsorolt alkalmazási területek közül hazánkban (is) a helyszíni ipari gamma radiográfia sugárforrásaival történik, történt a legtöbb, „nem valós” (azaz jelentős személyi sugárterheléssel, környezet szennyezéssel nem járó), tehát csak a „mélységben tagolt védelem” szempontrendszerével kiértékelhető rendkívüli esemény is. Sok közöttük a biztonsági jelentőség nélküli, tehát INES 0. szintű esemény. Ugyanakkor tanulságaik miatt a skála alatti radiográfiai események többségét is fel kell jegyezni. Ez az alkalmazási terület a leginkább balesetveszélyes, ahol az oktatásnak, különösen a megtörtént események oktatásának biztonságnövelő jelentősége van.

4. táblázat. A helyszíni ipari gamma radiográfia 2-es kategóriájú sugárforrásaival bekövetkező, egy sugárbaesetet vagy jelentős környezetszennyezés kockázatát jelentősen növelő, illetve nagyobb lakossági érdeklődést kiváltó hazai események.

| Év   | Város            | Sugárforrás<br>Aktivitás | INES<br>szint | Megjegyzés                                                                                                                                                                             |
|------|------------------|--------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1991 | Győr             | Ir-192<br>1,1 TBq        | 0             | Lakótelepen leoldódott forrás. Élénk helyi lakossági és média érdeklődés                                                                                                               |
| 2001 | Duna-<br>újváros | Ir-192<br>800 GBq        | 0             | Üzemcsarnokban leoldódott forrás. Szakszerűen eljárva gyorsan felfedezték, szakkéggel elszállították.                                                                                  |
| 1976 | Budapest         | Ir-192                   | 1             | Lengyel gyártmányú radiográfiai sugárforrás(ok) nyitottá válása. Amire felfedezték számos eszköz szennyeződött                                                                         |
| 1988 | Diósgyőr         | Cs-137                   | 1             | Egyszeres alumínium tokozású, több évtizede a Szovjetunióban gyártott radiográfiai forrás(ok) vált(ak) nyitottá. Mintegy 10 GBq nagyságrendű, üzemi területen belül maradó szennyezés. |
| 2009 | Szeged           | Ir-192<br>1 TBq          | 0             | Radiográfiai sugárforrás vált nyitottá. Időben felfedezték.                                                                                                                            |

A sugárforrásokkal kapcsolatos események másik fontos csoportja a gazdátlan sugárforrásokhoz köthető. Gazdátlan sugárforrások több alkalommal is előkerültek, de személyi sérülést egyetlen esetben sem okoztak. Az utóbbi évtizedekben elvesztett, ellopt sugárforrásokkal kapcsolatban sem került sor jelentősebb hazai eseményre. Geofizikai forrásokkal előfordulhat, hogy a mélyben rekednek és a visszaszerzésükről le kell mondani.

5. táblázat. Gazdátlan és elvesztett sugárforrásokkal kapcsolatos események.

| Év   | Város               | Sugárforrás<br>Aktivitás<br>{Kategória} | INES<br>szint | Megjegyzés                                                                                                                  |
|------|---------------------|-----------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1997 | Székes-<br>fehérvár | Co-60<br>≈80 MBq<br>{5}                 | 0             | Üzemi sugárkapu által feltartóztatott tehervagon 20 t alumínium hulladékából előkerülő zárt sugárforrás                     |
| 1999 | Budapest            | Co-60<br>≈3-5 GBq<br>{4}                | 1             | Határról visszaküldött kamion ócskavas szállítmányából előkerülő zárt sugárforrás                                           |
| 2006 | Budapest            | Cs-137<br>≈2-3 GBq<br>{4}               | 2             | Felügyelet nélkül hagyott trezorból véletlenül előkerülő brachyterápiás sugárforrás. A biztonsági kultúra súlyos megsértése |
| 2000 | Pécs                | Cs-137<br>3,5 GBq<br>{4}                | 1             | Fúróluk szondázás közben leszakadt geofizikai sugárforrás, amelynek a visszaszerzéséről lemondtak                           |

### 3.2. Szállítással kapcsolatos események

A jelentősebb személyi sugárterheléssel járó szállítási eseményeket a személyi dózisosk alapján történő besorolások táblázata tartalmazza.

6. táblázat. Szállítással kapcsolatos események.

| Év   | Város    | Sugárforrás<br>Aktivitás<br>{Kategória} | INES<br>szint | Megjegyzés                                                                                           |
|------|----------|-----------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1993 | Budapest | Ir-192<br>180 GBq<br>{3}                | 0             | Rosszul lezárt „kifújó” tartóban külföldre szállított használt HDR afterloading sugárterápiás forrás |
| 2002 | Budapest | Ir-192<br>170 GBq<br>{3}                | 1             | „Üres” feliratú hordozó ládában szállított, rosszul lezárt, „kifújó” radiográfias munkatartó         |

### 3.3. Létesítményekben bekövetkezett, „valós következmények” nélküli események

A gyorsítóknál vagy az 1. kategóriás radioaktív sugárforrásokat alkalmazó (orvosi és ipari besugárzó) létesítményekben bekövetkező összes olyan esemény, amelynek nincsenek tényleges következményei, tartozik ide.

Az alapbesorolást a legsúlyosabb lehetséges következmények, továbbá a rendelkezésre álló biztonsági elemek számának és hatékonyságának, valamint a kiegészítő tényezők figyelembevételével kell meghatározni.

7. táblázat. Létesítményekben bekövetkezett hazai események.

| Év   | Város    | Sugárforrás               | INES<br>szint | Megjegyzés                                                                                      |
|------|----------|---------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2000 | Győr     | sugárterápia,<br>gyorsító | 0             | A gépészeti térben technikus még dolgozott, amikor a gyorsítót rövid ideig üzemeltették         |
| 2006 | Miskolc  | sugárterápia,<br>gyorsító | 0             | Besugárzás alatt a következő beteg a labirintusba lépett és ott várakozott                      |
| 2008 | Budapest | sugárterápia,<br>gyorsító | 1             | A beteg pozicionálását végző asszisztens még a kezelőben volt, amikor a besugárzás megkezdődött |

## ÖSSZEFOGLALÁS

A radioaktív sugárforrásokkal, gyorsítókkal és szállítással kapcsolatos rendkívüli eseményekre kiterjesztett Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála hazai adaptációját, egy OAH által támogatott, OSSKI tanulmány keretében 2010-ben elkészítettük. Ennek során, a sugárvédelmi hatóságok és az OSK SZ munkatársai számára, a radiológiai események előzetes besorolásához tömör besorolási útmutatót állítottunk össze. Összegyűjtve és besorolva az utóbbi 40 év hazai radiológiai eseményeinek többségét, lefektettük a hazai radiológiai események adatbázisát.

**IRODALOMJEGYZÉK**

- [1] INES User's Manual, 2008 Edition, IAEA, Vienna, 2009.
- [2] Categorization of Radioactive Sources, IAEA Safety Standard Series No. RS-G-1.9., IAEA, Vienna, 2005.
- [3] Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-Values), EPR-D-Values-2006, IAEA, Vienna, 2009.
- [4] 11/2010. (III.4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról