



**T2.18. sz. útmutató**

# **A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

Verzió száma:

**1.**

**2019. július**

Kiadta:

---

Fichtinger Gyula  
az OAH főigazgatója  
Budapest, 2019

A kiadvány beszerezhető:  
Országos Atomenergia Hivatal  
Budapest

## FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi kormányzati igazgatási szerv, kormányzati főhivatal. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemen kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról ([www.oah.hu](http://www.oah.hu)) töltheti le.

## ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését a tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és annak mellékletei, a Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: TBSZ) határozzák meg.

A biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint a Rendeletben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a radioaktív hulladék-tároló létesítmény biztonsága érdekében határozatban állapíthat meg.

A Rendelet mellékletét alkotó TBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A Rendelet 3. § (3) bekezdése alapján, ha a kötelezettség teljesítése az útmutatókban foglaltak szerint történik, akkor az OAH a választott módszert a követelmények teljesítésének igazolására alkalmasnak tekinti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat. Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, az eltérést indokolnia kell.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásában vagy végleges elhelyezésében közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Az útmutató tárgya és célja</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások</b>	<b>6</b>
<b>2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Meghatározások</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Rövidítések</b>	<b>8</b>
<b>3. A RADIOLÓGIAIKOCKÁZAT-ELEMZÉS KÖVETELMÉNYEI</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Általános ajánlások</b>	<b>9</b>
<b>3.2. A tárolólétesítmény biztonságát meghatározó események</b>	<b>10</b>
3.2.1. Külső veszélyeztető tényezők értékelésének módszertana	10
3.2.2. Rendszerek, rendszerelemek meghibásodásával, emberi hibával kapcsolatos, vagy mindkettő következtében bekövetkező belső kezdeti események értékelése	12
<b>3.3. A tárolólétesítmény üzemeltetési ciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatok meghatározása</b>	<b>14</b>

## **1. BEVEZETÉS**

### **1.1. Az útmutató tárgya és célja**

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz a Rendelet 2. mellékletében, a TBSZ-ben rögzített előírások teljesítésére.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési ciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázat-elemzéssel kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse a tárolólétesítményre vonatkozó biztonsági kritériumok teljesülésének igazolását.

### **1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások**

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az Atv. tartalmazza.

A radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését a Rendelet és annak mellékletei, a TBSZ-ek határozzák meg.

Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet rendelkezik.

A radioaktív hulladék-tároló létesítmények általános és sajátos tűzvédelmi követelményeit az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet, illetve az 5/2015. (II. 27.) BM rendelet tartalmazza.

## **2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK**

### **2.1. Meghatározások**

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 2. §-ában ismertetett meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat tartalmazza.

#### ***Forgatókönyv***

Az elhelyezési rendszer és annak környezete lehetséges jövőbeni állapotainak leírása.

#### ***Kezdeti esemény***

Olyan esemény, amely veszélyezteti a tárolólétesítmény valamely, biztonság szempontjából fontos rendszere vagy rendszerleme biztonsági funkciójának teljesítését, ezáltal a tárolólétesítmény területén tartózkodó személyek vagy a lakosság meg nem engedett sugárterhelését okozhatja; vagy a balesetmegelőző vagy következményenyhító funkciót ellátó rendszer vagy rendszerelem hibáját okozva biztonságot veszélyeztető folyamatot indít el, vagy csökkenti valamely potenciális rendellenesség tervezett kezelésének végrehajtási esélyét.

#### ***Kockázatelemzés***

Kockázati kritériumok teljesítését igazoló, kockázatalapú biztonsági értékelés.

#### ***Kvalitatív/félkvantitatív elemzési módszer***

Minőségi vagy részben mennyiségi adatokon alapuló elemzési módszer, a kapott eredmény hozzájárulhat akár egy új hipotézis felállításához, vagy a kvantitatív elemzés megalapozásához.

#### ***Kvantitatív elemzési módszer***

Számszerű adatokon, statisztikai adatokon alapuló elemzési módszer, formális és szisztematikus megközelítést alkalmazó elemzés, mely az eredmények számszerű, numerikus formában történő meghatározására szolgál.

#### ***Tároló létesítmény***

A radioaktív hulladék-tároló minden létesítményrész, ahol radioaktív hulladékot tárolnak, kezelnek és véglegesen elhelyeznek.

**A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési ciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

---

**2.2. Rövidítések**

Atv.	Atomtörvény; 1996 évi CXVI törvény az atomenergiáról
HAZOP	HAZards and OPerability (veszély- és működőképesség-elemzés)
IBF	Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság)
LOPA	Layer of Protection Analysis (védelmi réteg megfelelőség-elemzés)
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
PHA	Process Hazard Analysis (folyamatok veszélyességi elemzése)
Rendelet	155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet
TBSZ	Tárolók Biztonsági Szabályzata
ÜMBJ	Üzemelést Megalapozó Biztonsági Jelentés



### **3. A RADIOLÓGIAIKOCKÁZAT-ELEMZÉS KÖVETELMÉNYEI**

#### **3.1. Általános ajánlások**

A kockázati alapú megközelítés célja, hogy a radioaktív hulladék-tároló létesítmény viselkedését, működését befolyásoló egyes események valószínűségeit és hatásait, majd ezek alapján kockázatukat számszerűsíteni lehessen. A Rendelet 2. § 41. pontja szerint a *kockázat valamely potenciálisan veszélyes tevékenység, történés lehetséges kedvezőtlen következményeinek és azok bekövetkezési gyakoriságának együttes mértéke, matematikai szorzata.*

A TBSZ 2.2.8. 2000. pontja szerint „A tároló létesítmény biztonságát az egyéni dózis vagy az egyéni kockázat alapján kell értékelni. A biztonság igazolására szolgáló elemzéseket oly módon és olyan mélységben kell dokumentálni, hogy azok megismételhetők, független felülvizsgálatnak alávetethetők, és az átalakítások értékeléséhez szükséges terjedelemben módosíthatóak legyenek, továbbá az alkalmazott konzervatívizmusok mértéke és az elemzés alapján rendelkezésre álló tartalékok mértéke felülvizsgálható és újraértékelhető legyen.”

A radioaktív hulladék-tároló létesítmény üzemeltetésének néhány évtizedes időtávlatára a létesítmény viselkedését, működését befolyásoló események gyakorisága megalapozottan becsülhető, igazolható.

A biztonsági értékelésekben a létesítmény lezárása után figyelembe vett, esetenként több százezer éves időszakra a külső események bekövetkezési gyakoriságát és a következmények becslését is jelentős mértékű bizonytalanság terheli. Ezért míg az üzemelés időszakára a bevált ipari kockázatértékelési módszerek (HAZOP, LOPA, stb.) jól alkalmazhatók és a kockázat megalapozottan értékelhető, addig a hosszú távú eseményeket, folyamatokat forgatókönyvek kidolgozásával lehet értékelni. Erre vonatkozó ajánlásokat mind a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség [1], mind a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság [2] megfogalmazott. A tároló lezárása utáni időszakra vonatkozóan a forgatókönyvekre alapozott elemzés tekinthető konzervatívnak, hiszen azt feltételezi, hogy a lezárás után valamely időpontban az adott esemény, folyamat biztosan bekövetkezik, és azt elemzi, hogy ez milyen következménnyel járna. Ezért a jelen útmutató csak a radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázat-elemzésre tesz ajánlásokat. A tároló létesítmény lezárását követő életciklusszakaszokra vonatkozó biztonsági értékeléssel külön útmutató foglalkozik.

### **3.2. A tárolólétesítmény biztonságát meghatározó események**

A TBSZ 2.2.8.0800. pontja szerint: „Az egyedi események minden reális kombinációját figyelembe kell venni a tervezés során – beleértve a külső és a belső eredetű eseményeket is. A tervezésnél figyelembe veendő eseménykombinációkat mérnöki megfontolás vagy valószínűségi elemzések alapján kell kiválasztani. A tároló létesítmény tervezésekor a figyelembe vett forgatókönyvek, események köréből kiszűrhetők:

a) a rendszerek, szerelemek meghibásodása vagy emberi hiba, vagy mindkettő következtében bekövetkező belső kezdeti esemény, ha a gyakorisága kisebb, mint  $10^{-6}/\text{év}$ , és

b) a telephelyre jellemző külső emberi tevékenységből vagy természetes eredetű eseményből származó olyan esemény, amelynek gyakorisága  $10^{-7}/\text{évnél}$  kisebb, vagy ha a veszélyeztető tényező olyan távolságban van, hogy igazolható az, hogy a tároló létesítményre várhatóan nem gyakorol hatást.”

#### *3.2.1. Külső veszélyeztető tényezők értékelésének módszertana*

A tároló létesítmény viselkedését, működését befolyásoló külső események meghatározása során a hasonló céllal készült nemzetközi listákból, ajánlásokból célszerű kiindulni. Az OECD Nukleáris Energia Ügynökségének (OECD NEA) Radioaktív hulladék-kezelési Bizottsága (Radioactive Waste Management Committee (RWMC)) keretében működő, a radioaktív hulladék-tárolók biztonsági értékelésével foglalkozó munkacsoport (Integration Group for the Safety Case (IGSC)) üzemeltetési biztonsággal foglalkozó szakértői csoportja (Expert Group on Operational Safety (EGOS)) 2018-ban kiadta a geológiai tárolók üzemviteli biztonságának értékelése során figyelembe veendő kockázatok adatbázisát.

Az OECD NEA Kockázatok-adatbázisa mellett célszerű a radioaktív hulladék-tároló telephelyét érhető emberi és természeti eredetű külső veszélyeztető tényezők listájának összeállításához az atomerőművek tervezéséhez „legjobb gyakorlat”-ként használt útmutató figyelembevétel is. Az ASAMPSA\_E keretprogramban készült „List of external hazards to be considered in ASAMPSA\_E” című jelentés [4] a külső események listáját atomerőművekre vonatkozóan a teljeskörűség igényével tárgyalja. A természeti eredetű események listája a Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) új reaktorokra adott ajánlásán [5] alapul.

Az egyedi veszélyeztető tényezők elemzésének célja meghatározni azon eseményeket, amelyek a tárolólétesítményre, annak telephelyére hatással vannak, vagy amelyeket az eseménykombinációk vizsgálatába be kell vonni.

**A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

Az eseménykombináció relevánsnak minősül, ha súlyosabb vagy tartósabb hatásai vannak, mint a kombinációt képező egyedi eseményeknek. A természeti eredetű események kombinációin kívül vizsgálni kell a természeti eredetű és az emberi eredetű események lehetséges kombinációit is.

A külső veszélyeztető tényezők kombinációinak azonosítása során az alábbi korrelációk azonosítása a cél:

- a) forráskorrelált kombináció: pl. földrengésből eredő megrázottság és lejtőmozgás (mindkettőnek ugyanaz a forrása),
- b) jelenségkorrelált kombináció: pl. erős szél és felhőszakadás (azonos hatással vannak az épületekre),
- c) ok-okozati kombináció: pl. földrengés és földrengés okozta tűz (okozati relációban állnak),
- d) a nem korrelált események relevánsak lehetnek, ha magas a bekövetkezés gyakoriság-/meghaladás valószínűség-értékük és/vagy az időtartamuk.

A módszer releváns külső eseménynek tekinti azokat, amelyek a létesítmény rendszereire, szerkezeteire, komponenseire olyan módon képesek hatással lenni, hogy

- a) bekövetkezhet egy vagy több biztonsági funkció sérülése, és ezzel egy időben
- b) szükségessé válhat a biztonsági rendszerek működése a létesítmény biztonságos állapotban tartásához, vagy biztonságos állapotba hozásához.

A külső veszélyeztető tényezők értékelésének első lépéseként egy szűrést kell elvégezni, amelynek célja, hogy egy teljes listából azonosítsa azokat az egyes eseményeket, amelyek a fentiek szerint relevánsnak minősülnek. A szűrés során az alábbi szempontokat célszerű figyelembe venni.

- a) Hazai földrajzi, éghajlati környezetben nem értelmezhető tényezők (pl. cunami) „*Hazai földrajzi környezetben nem értelmezhető*”.
- b) A tárolólétesítményben alkalmazott technológia általános ismerete alapján, további elemzés nélkül kizárható a biztonságos üzemeltetésre gyakorolt hatás (pl. alacsony talajhőmérséklet), vagy a technológia sajátosságai alapján fogalmilag kizárható az esemény (pl. hűtővíz-hőmérséklet): „*Alkalmazott technológia sajátossága miatt kizárható*”.
- c) A tárolólétesítmény helyi adottságai és/vagy a szűkebb környezet jellemzői alapján elemzés nélkül belátható, hogy az esemény nem jelent

## A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések

veszélyt (pl. tó lengés, ha a telephely közelében nincs tó). Hasonlóan, ilyen minősítést kapnak azok a tényezők is, amelyek ezekhez kapcsolhatók, (pl. hajók ütközése, folyami szállítás): *„Helyi adottságok miatt kizárható”*.

Üzemelő létesítmények esetén vannak olyan külső események, amelyekre vonatkozóan rendelkezésre áll olyan korábbi, a telephely vizsgálata és értékelése, a tároló telepítése és létesítése során készített értékelés vagy dokumentum, amely a telephelyi jellemzőket elemzi és megalapozza a létesítmény védettségét, illetve a korábbi tervezés, kivitelezés fázisában műszaki megoldásokkal vagy adminisztratív intézkedésekkel (pl. feltöltés, alapozás) megfelelő védelmet alakítottak ki. Ezek az események: *„Telephelyi jellemzők alapján további elemzést nem igényel”* minősítést kapnak. Ebbe alapvetően három eset tartozik:

- a) olyan veszélyeztető tényezők, amelyek létezését azonosították, de a vonatkozó telephelyvizsgálat és -értékelés alapján hatásukkal nem kell számolni, vagy a létezésük kizárható (pl. karszt, talajelmozdulás);
- b) az azonosított veszély ellen műszaki megoldás, tervezési intézkedés biztosítja a védettséget (pl. talajfolyósodás, dinamikus tömörödés);
- c) a veszély ellen adminisztratív intézkedés, biztonsági övezet kijelölése biztosítja a védettséget (pl. az emberi eredetű talajmozgások).

A fenti kategóriák egyikébe sem besorolható, ezért további értékelést igénylő veszélyeztető tényezők részletes elemzése az *„Elemzendő esemény”* besorolást kapja.

A releváns külső események tekintetében a védelem meglétének és megfelelőségének elemzését is el kell végezni.

### 3.2.2. Rendszerek, rendszerelemek meghibásodásával, emberi hibával kapcsolatos, vagy mindkettő következtében bekövetkező belső kezdeti események értékelése

A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszában a belső események vizsgálatához megfelelő elemzési módszer lehet a veszély- és működőképesség-elemzés (HAZOP-elemzés) vagy más, azzal egyenértékű kvalitatív/félkvantitatív veszélyelemzési módszer, pl. előzetes veszélyelemzés (Preliminary Hazard Analysis PHA), hibafaelemzés (Fault Tree Analysis), „Mi van, ha” elemzés („What If” method), meghibásodásmód- és hatáselemzés (Failure Mode and Effect Analysis FMEA), MOSAR-elemzés (Method Organised for Systematic Analysis for Risk). A bekövetkezés valószínűségének meghatározásához, a kockázat értékeléséhez szükség esetén a vizsgálatot ki kell egészíteni kvantitatív módszerekkel, mint pl. a LOPA-eljárás (Layer of

## A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések

Protection Analysis). Az egyes veszélyelemzési módszerek részletes ismertetése publikusan elérhető forrásokban szerepel [6], [7].

A jelen útmutatóban illusztratív jelleggel a HAZOP-elemzés folyamatának ismertetése szerepel. A HAZOP-eljárás során az egyes események bekövetkezésének valószínűsége számszerűsíthető, ezáltal elvégezhető egy olyan szűrés, amelynek alapját a jogszabályban rögzített szűrés kritérium adja.

A HAZOP-elemzési módszert a működésbiztonsági elemzésre fejlesztették ki. A módszert az IEC 61882 nemzetközi (International Electrotechnical Commission, 2001) és a hazai MSZ EN 61882 szabvány rögzíti.

A HAZOP-technika olyan, normálistól (a tervezői szándéktól) eltérő viselkedések, rendszerállapotok okait kutatja, amelyek káros következményeket válthatnak ki a vizsgált üzemmenetre, technológiára vagy a dolgozókra, lakosságra illetve a környezetre.

A HAZOP-elemzés kockázati mérőszámokkal kiegészített elvégzése során a kockázati szintek definiálása egyrészt a következmények súlyossága, másrészt a hibák bekövetkezési gyakorisága alapján történik. Ehhez célszerű kockázati mátrixot alkalmazni, amely a súlyossági és gyakorisági szinteket kvalitatív vagy félkvantitatív módon határozza meg.

A kockázati mátrix rögzíti a tolerálható kockázati szinteket is. A kockázati mátrixot mindig telephely-specifikusan kell meghatározni és definiálni az engedélyesnek. A kockázati szintet matematikailag a következmény súlyosságának és a hiba bekövetkezési gyakoriságának szorzata határozza meg:

$$\text{Kockázat} = \text{Súlyosság} \times \text{Gyakoriság}$$

Amennyiben egy vizsgált esemény vonatkozásában nem azonosítható védelem, vagy a meglévő védelmek száma és/vagy a kockázatcsökkentés mértéke nem elégséges, úgy a kockázati szintekhez tartozó biztonságnövelő intézkedések differenciáltsága az alábbiak szerint kezelendő:

- a) **Alacsony vagy elfogadható szintű kockázat** esetén kockázatcsökkentő intézkedések nem szükségesek.
- b) **Közepes vagy nem kívánatos szintű kockázat** esetén kockázatcsökkentő intézkedések lehetnek indokoltak, az ALARP-elv (As Low as Reasonably Practicable) követendő.
- c) **Magas vagy elfogadhatatlan szintű kockázat** esetén a kockázat szintje önmagában is indokolja a védelem szükségességét. Ha az elemzés során

**A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

biztonságnövelő javaslat fogalmazódik meg, annak bevezetése feltétlenül indokolt.

A HAZOP-eljárás általános menete a következő:

- a) Elemzendő rendszerek, technológiák fizikai és működési peremfeltételeinek definiálása és releváns adatok körének meghatározása.
- b) A technológiai, illetve üzemeltetési folyamatra jellemző, a tervezett, normál működést jellemző műveleti paraméterek összeállítása.
- c) Eltérések definiálása a rendszerek csomópontjaihoz. A definiált, feltételezett eltérések mindegyikéhez fel kell tárni a lehetséges kiváltó okokat, körülményeket, amelyek a tervezett működést megakadályozzák.
- d) A feltárt hibaokokhoz meg kell határozni a lehetséges következményeket a definiált kategóriákhoz a védelmek figyelembevételével.
- e) Kockázati mérőszám meghatározása a védelmek figyelembevételével.
- f) Minden egyes okhoz meg kell határozni azokat a független, tervezett védelmeket, intézkedéseket, amelyek azt szolgálják, hogy megakadályozzák, korlátozzák az ok bekövetkezését vagy mérsékeljék a lehetséges káros következményeket.
- g) Kockázati mérőszám meghatározása a védelmek figyelembevételével.
- h) Amennyiben a rendelkezésre álló védelmek, intézkedések nem nyújtanak megfelelő szintű védelmet, azaz nem elégségesek a kockázat megfelelő szintű csökkentéséhez, úgy biztonságnövelő intézkedésekre vonatkozó javaslatok megtétele szükséges.
- i) Kockázati mérőszám meghatározása a biztonságnövelő intézkedésre tett javaslat figyelembevételével.

**3.3. A tárolólétesítmény üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatok meghatározása**

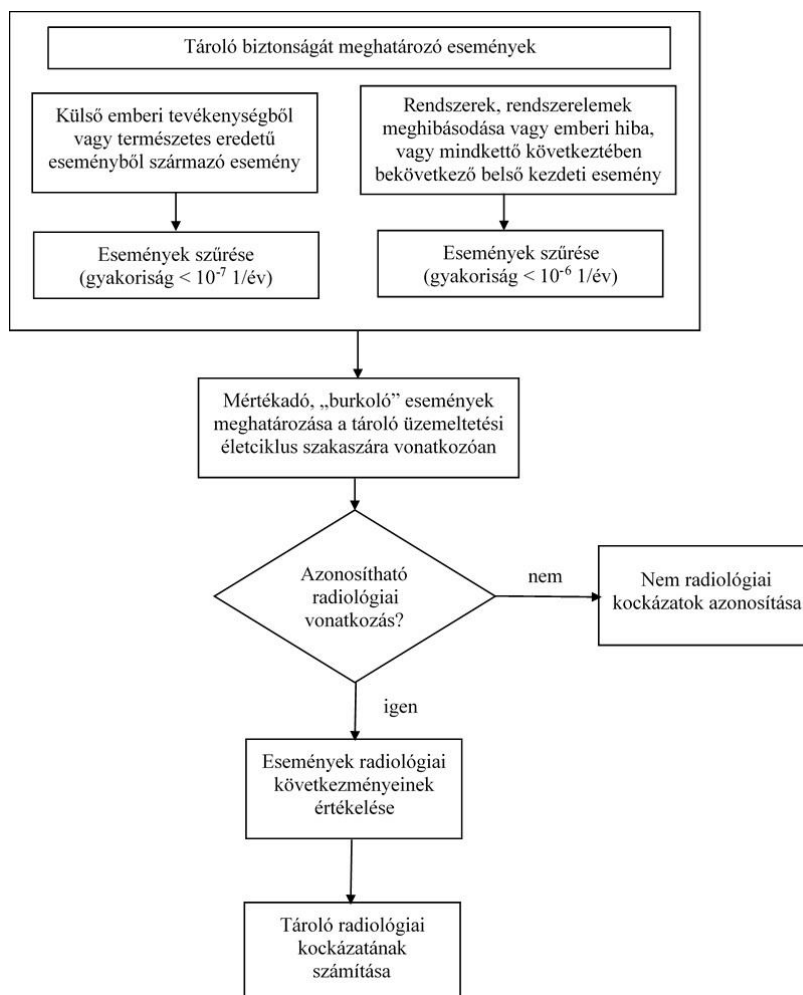
A kockázati alapú megközelítéssel a radioaktív hulladék-tároló létesítmény viselkedését, működését befolyásoló egyes események valószínűségeit és hatásait, majd ezek segítségével kockázatukat számszerűsíteni lehet.

A tárolólétesítmény biztonságos üzemeltetésének kockázati alapú értékelése a következő lépésekre bontható:

### A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések

- Összes elképzelhető (külső, belső) esemény, eseménykombináció azonosítása, az események szűrése.
- Mértékadó, „burkoló” események meghatározása a tároló üzemeltetési életciklus-szakaszára vonatkozóan.
- Az események kapcsán a radiológiai vonatkozás megállapítása.
- Amennyiben nincs radiológiai vonatkozás, a „hagyományos” kockázat meghatározása (környezeti, munkaegészségügyi, üzemfolytonosság).
- Amennyiben van radiológiai vonatkozás, a hatás (többlet-sugárterhelés) meghatározása.
- A kvantitatív következmény és a valószínűség szorzataként előállítható a kockázati érték.

A fenti lépések logikai sémáját mutatja be az 1. ábra.



1. ábra: A radiológiai kockázat származtatásának fő lépései a tároló üzemeltetési életciklus-szakaszára

**A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési ciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

A radiológiai hatások számszerűsítése jellemzően dózisbecsléssel, számítással történik. Ebben az esetben a számítások célja annak meghatározása, hogy a vizsgált események, eseménykombinációk bekövetkezése esetén a kritikus lakossági csoport / üzemeltető személyzet által elszenvedett effektív dózis milyen viszonyban van az engedélyező hatóság által a telephelyre meghatározott dózismegszorítással.

A tárolólétesítmény biztonságát befolyásoló események azonosítása és szűrése után fennmaradt, radiológiai következményekkel is járó üzemzavari vagy baleseti események külön-külön történő értékelése helyett megengedett olyan, ún. burkolóesemények definiálása, amelyek alkalmasak a hasonló kimenetellel járó üzemzavarok, balesetek eltérő súlyosságú radiológiai hatásait felülről közelíteni, burkolni. A külső veszélyforrások is generálhatnak olyan eseményeket, amelyek következményeikben hasonlók a belső események okozta hatásokhoz.

A modellek felépítése során lényeges szempont a fokozatosság elve. A számítási modelleknek ésszerűen konzervatív megközelítéseken kell alapulniuk, és annyira egyszerű felépítésűnek kell lenniük, amennyire ez a megbízható értékeléshez elégséges. A nagymértékű konzervativizmuson alapuló robusztus modell elegendő, ha az eredmények teljesítik a kitűzött célt. Akkor szükséges a modellen finomítani, csökkenteni a konzervativizmust, ha a számítási eredmények csak így teljesítik a kitűzött célt, vagy további alkalmazási területeken akarják felhasználni az elemzés eredményeit. A bizonytalanságokat célszerű bizonytalanságelemzéssel vagy konzervatív feltételezésekkel kezelni.

A radiológiai kockázat az alábbi összefüggéssel számszerűsíthető:

$$R = P \times D \times DR$$

ahol:

- R (eset/év): az esemény hatására a lakosság vagy az üzemeltető személyzet tagját érő többlet-sugárterhelésből eredő kockázat;
- P (1/év): a vizsgált esemény bekövetkezésének valószínűsége (egy évre vonatkoztatva);
- D (Sv): a referenciaszemély vizsgált eseménnyel járó sugárterhelése;
- DR (eset/Sv): Dóziskockázat-tényező



**A radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetési ciklus-szakaszára vonatkozó radiológiai kockázatelemzések**

A radiológiai esemény kockázati alapon való megközelítése az ICRP 103 ajánlását [3] követi. Ennek alapján a radiológiai esemény okozta halálozás a következőképpen számszerűsíthető: egy év alatt elszenvedett 1 Sv effektív dózis ~5,7 % eséllyel okoz halálos daganatot vagy örökletes hatást.

1. táblázat: A végzetes kimenetelű rosszindulatú daganat (halálozás) és örökletes megbetegedés kialakulásának valószínűsége az egységnyi effektív dózis elszenvedése esetén

<b>Exponált népesség</b>	<b>Rosszindulatú daganat [%/Sv]</b>	<b>Örökletes hatások [%/Sv]</b>	<b>Összesen [%/Sv]</b>
Teljes	5,5	0,2	5,7
Felnőtt	4,1	0,1	4,2

A TBSZ 2.2.8.2000. pontja szerint a tárolólétesítmény biztonságát az egyéni dózis vagy az egyéni kockázat alapján kell értékelni.

A TBSZ 2.2.8.1000. pontja szerint az optimált tervezési alapokon kívül eső külső - emberi vagy természeti eredetű - események és eseménykombinációk okozta, eredő kockázat nem haladhatja meg a  $10^{-5}$  eset/év értéket.

A rendszerek, rendszerelemek meghibásodása vagy emberi hiba, vagy mindkettő következtében bekövetkező belső kezdeti esemény okozta, a lakosság bármely egyedének többlet sugárterhelésével járó eset eredő kockázatára javasolt a  $10^{-5}$  eset/év értékű korlát alkalmazása.

## Hivatkozott irodalmak jegyzéke

- [1] The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste; IAEA SSG-23; 2012
- [2] Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste; ICRP-122; 2013
- [3] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP 103; 2007
- [4] List of external hazards to be considered in ASAMPSA\_E; Technical report ASAMPSA\_E /WP21/D21.2/2017-41; IRSN PSN-RES/SAG/2017-00011
- [5] Guidance Document, Issue T: Natural Hazards, Head document, WENRA RHWG, 21 April 2015
- [6] Methods for Risk Analysis, Environmental strategies research, Department of Urban studies, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2010
- [7] HAZOP/LOPA elemzés alkalmazása radioaktív hulladék-tároló tervezésében, Kelemen István, dr. Czakó Sándor, Gyöngyösi Péter - Nukleon folyóirat VIII. évfolyam, 2015. április