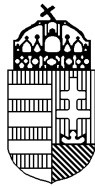


**Országos Atomenergia Hivatal**



**4.4. sz. útmutató**

**Műszaki sugárvédelem és radioaktív  
hulladékkezelés az atomerőművek  
üzemeltetése során**

Verzió száma:

**2.**

**2005. december**

Kiadta: Dr. Rónaky József, az OAH főigazgatója  
Budapest, 2005. december

A kiadvány beszerezhető:  
Országos Atomenergia Hivatal  
Nukleáris Biztonsági Igazgatóság  
Budapest

## ELŐSZÓ

A nukleáris biztonság szabályozási rendszerének hierarchiája a következő:

1. A legfelső szintet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. *törvény* képviseli.
2. A következő szintet alapvetően a törvény végrehajtására kiadott *két kormányrendelet* alkotja. A 114/2003. (VII. 29.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) jogállását, míg a 89/2005. (V.5.) Korm. rendelet az OAH nukleáris biztonsággal összefüggő hatósági ügyekben lefolytatott eljárásainak általános szabályait határozza meg. Ez utóbbi melléklete a kiadott 7 nukleáris biztonsági szabályzat, melyek közül négy az atomerőművekre, az ötödik az oktató és kutató atomreaktorokra, a hatodik a kiegészítő nukleáris fűtőelemek átmeneti tároló létesítményeire szabja meg a konkrét nukleáris biztonsági követelményeket, míg a hetedik az NBSZ-ekben alkalmazott speciális fogalmak definícióit adja meg. Ezekről a követelményektől eltérni csak a kormányrendeletben foglaltak szerint lehet.
3. Azt, hogy a szabályzatokban meghatározott követelmények teljesítésére milyen módszert ajánl az eljáró hatóság, a szabályozás következő szintje, az egyes szabályzatokhoz kapcsolódó *útmutatók* tartalmazzák. Ezeket az útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki, és az időről-időre felhalmozódott tapasztalatok alapján módosult újabb kiadásai jelennek meg. Az eljárás gyors és akadálymentes lefolytatásának érdekében a hatóság az engedélyeseket az útmutatókban foglalt ajánlások minél teljesebb követésére ösztönzi.
4. Konkrét berendezésekre, tevékenységekre, eljárásokra a leírt általános jellegű szabályozások mellett *egyedi hatósági előírások, állásfoglalások* is vonatkozhatnak.
5. A felsorolt szabályozásokat magától értetődően kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók, stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket a minőségirányítási rendszerükkel összhangban készítenek és tartanak karban.

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

## 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</b>	<b>8</b>
<b>3. A MŰSZAKI SUGÁRVÉDELEMMEL SZEMBEN TÁMASZTOTT RÉSZLETES ELVÁRÁSOK</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Az ALARA elv alkalmazásának alapjai az üzemeltetésben</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Forrás oldal</b>	<b>17</b>
3.2.1. <i>Az üzemanyag kazetták, mint a fővízköri hőhordozóba kerülő radioaktív izotópok lehetséges forrásai</i>	17
3.2.2. <i>Felaktiválódott korróziótermékek a fővízköri hőhordozóban</i>	18
3.2.3. <i>Szerkezeti anyagok felaktiválódása, kontaminációja</i>	19
<b>3.3. A megelőzést szolgáló üzemviteli rendszerek működtetése</b>	<b>20</b>
3.3.1. <i>Az atomerőmű üzemi területének csoportosítása</i>	20
3.3.2. <i>A szívó-nyomó és recirkulációs szellőző rendszerek</i>	21
3.3.3. <i>Üzemi gáztisztító és hidrogénégető rendszerek működtetése</i>	22
3.3.4. <i>Speciális víztisztító rendszerek működtetése</i>	22
3.3.5. <i>Az üzemi szellőző és légtisztító rendszerek</i>	23
3.3.5.1. <i>Jódszűrők</i>	23
3.3.5.2. <i>Az aeroszol szűrőkkel szemben támasztott követelmények</i>	24
3.3.5.3. <i>Aktív szenes adszorberek</i>	25
3.3.6. <i>A hermetikus tér tömörségvizsgálata</i>	25
<b>3.4. A karbantartás előkészítése</b>	<b>26</b>
3.4.1. <i>Dózistérképek</i>	26
3.4.2. <i>Dekontaminálási eljárások, eszközök a megbontott berendezésekhez</i>	27
<b>3.5. Üzemeltetési korlátot meghaladó radioaktivitás kezelése</b>	<b>28</b>
3.5.1. <i>A fővízkör dekontaminálási lehetősége</i>	28
3.5.2. <i>A szekunderkörbe, és egyéb, ellenőrzött zónán kívülre kerülő radioaktivitás kezelése</i>	29
<b>4. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK GYŰJTÉSE, KEZELÉSE</b>	<b>31</b>
<b>4.1. A hulladékkezelés célja</b>	<b>31</b>

<b>4.2. A radioaktív hulladékok kezelésével, mint sugárzással járó tevékenységgel szembeni alapvető ajánlások</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Biztonsági értékelések, elemzések rendeltetése</b>	<b>33</b>
<b>4.4. A radioaktív hulladékok fogalma és osztályozása.</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Hulladékok forrásai</b>	<b>39</b>
4.5.1. <i>A szilárd radioaktív hulladékok forrásai</i>	39
4.5.2. <i>Folyékony radioaktív hulladékok forrásai és jellemzésük.</i>	39
4.5.3. <i>Szelektív hulladékgyűjtés</i>	40
4.5.4. <i>A folyékony radioaktív hulladékok jellemzőiből adódó kezelési lehetőségek</i>	42
<b>4.6. Hulladékformák</b>	<b>43</b>
4.6.1. <i>A hulladékformák aktivitás koncentrációjára vonatkozó megkötések</i>	43
4.6.2. <i>Az összaktivitást meghatározó tényezők vizsgálata</i>	43
4.6.3. <i>A hulladékformákkal szembeni egyéb megkötések</i>	44
4.6.3.1. <i>A csomagolással szembeni elvárások</i>	46
4.6.4. <i>Hulladékkezelési szabályzat</i>	47
4.6.4.1. <i>Szilárd radioaktív hulladékok jellemzése, osztályozása</i>	47
4.6.4.2. <i>A kis- és közepes aktivitású szilárd hulladékok gyűjtése, szállítása</i>	48
4.6.4.3. <i>Szilárd radioaktív hulladékok ideiglenes tárolása</i>	49
4.6.4.4. <i>Szilárd radioaktív hulladékok kezelése</i>	50
4.6.4.5. <i>A nagyaktivitású szilárd radioaktív hulladékok gyűjtése, elhelyezése, átmeneti tárolása és nyilvántartása</i>	51
4.6.4.6. <i>A nem szilárd halmazállapotú radioaktív hulladékok kezelése</i>	52
4.6.4.7. <i>Abnormális hulladékok kezelése</i>	53
<b>4.7. Kibocsátások</b>	<b>54</b>
4.7.1. <i>A folyékony radioaktív kibocsátások</i>	54
4.7.2. <i>Légnemű radioaktív anyagok kibocsátása</i>	55
<b>4.8. Sugárvédelmi ellenőrzések</b>	<b>56</b>
4.8.1. <i>Az Üzemeltető sugárvédelmi szervezete</i>	56
4.8.2. <i>A sugárvédelmi ellenőrző rendszer</i>	58
4.8.3. <i>A forró pontok kezelése</i>	60

## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 4. kötetének 13. és 14. fejezetében rögzített előírások teljesítésének az OAH által lehetségesnek tartott módjára vonatkozóan.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a műszaki sugárvédelem és a radioaktív hulladékkezeléssel kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat és ezzel elősegítse az érvényes előírásokban meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően a nukleáris biztonság szempontjából.

### 1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

Az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris biztonsággal összefüggő hatósági ügyekben történő eljárásáról szóló 89/2005. (V.5.) Korm. rendelet 11. § (2) bekezdése előírja a műszaki sugárvédelem ellenőrzését a nukleáris létesítmény üzemeltetésével kapcsolatos berendezésekre.

A műszaki sugárvédelem ellenőrzésére vonatkozó általános előírásokat, valamint a radioaktív hulladékok kezelésére vonatkozó hatósági elvárásokat a rendelet 4. § (1) bekezdése alapján mellékletként kiadott szabályzatok (NBSZ) 4. kötetének 13. és 14. fejezete határozza meg.

*„Az üzemeltető szervezetnek sugárvédelmi tevékenységét megfelelő módon, a hatályos törvények és jogszabályok figyelembe vételével szabályoznia kell. A sugárvédelmi szabályozással szemben támasztott alapvető követelmény, hogy tartalmazza azokat a tevékenységeket és felelősségi viszonyokat, amelyekkel biztosítható:*

- a) *a sugárveszélyes tevékenység indokoltságának ellenőrzése*
- b) *az üzemeltető személyzet sugárterhelésének, a létesítményből a környezetbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségének és az üzemeltetéssel összefüggő lakossági többlet sugárterhelésnek a hatóságilag előírt határérték alatt tartása*
- c) *az üzemeltető személyzet és a lakosság sugárterhelésének, továbbá a radioaktív kibocsátásoknak az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartása.”* (NBSZ 4. kötet 13.001 pont)

*„Az üzemeltető szervezetnek a radioaktív hulladékok kezelésével kapcsolatban komplex dokumentációt kell kidolgoznia és megfelelően jóváhagynia. A komplex dokumentáció az alábbi fő követelmények megvalósítását szolgáló tevékenységeket tartalmazza:*

- a) az üzemeltetés során keletkező radioaktív hulladékok mennyiségének és aktivitásának minimalizálása*
- b) a radioaktív hulladékok szelektív gyűjtése és tárolása aktivitáskoncentráció és halmazállapot szerint*
- c) a létesítményből a környezetbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségének a hatósági határértékek alatt tartása*
- d) a létesítményben zajló, radioaktív hulladékokkal kapcsolatos tevékenységeknek az összhangban tartása a radioaktív hulladékok kezelésének nemzeti programjával.” (NBSZ 4. kötet 14.001 pont)*

## 2. MEGHATÁROZÁSOK

Ez a fejezet az NBSZ kötetben már meglévő meghatározásokat nem tartalmazza.

### ***ALARA elv:***

Valamely tevékenységből, vagy eljárásból származó dózisterhelést olyan alacsony értéken kell tartani, amekkora a gazdasági és társadalmi körülményeket figyelembe véve ésszerűen elérhető.

### ***Aktív zóna:***

A reaktor üzemanyagot tartalmazó része, ahol a nukleáris energia szabályozott átalakítása történik.

### ***Atomerőmű:***

Olyan energia-átalakító létesítmény, amely nukleáris láncreakció felhasználásával villamos energiát termel. Ebben az irányelvben a fogalomba egyaránt beleértjük a technikát és a hozzátartozó személyzetet.

### ***Átmeneti tárolás:***

Radioaktív hulladék elhelyezése egy nukleáris létesítményben, ahol az izolálást, a környezetvédelmet és az emberi ellenőrzést (monitorozás) a hulladék későbbi visszanyerésének igényével végzik, amikor is azt vagy felmentik (exemption), feldolgozzák, vagy véglegesen elhelyezik.

### ***A létesítmény üzemeltető szervezetének vezetése:***

A telephelyi személyzet egyes tagjai, akiket az üzemeltető szervezet az üzemeltetés irányítására vonatkozó jogokkal, kötelezettségekkel ruházott fel.

### ***Biztonsági analízis (safety analyses):***

Valamely javasolt tevékenység bevezetéséhez kapcsolódó potenciális veszélyek elemzése.

### ***Biztonsági becslés (safety assesment) :***

A teljes rendszer viselkedésének (performance) és hatásának előrejelzésére szolgáló analízis, ahol a viselkedés mértéke a radiológiai hatás, vagy a biztonságra gyakorolt hatás valamilyen más globális mérőszáma.



***Biztonsági határértékek:***

A biztonsági határértékek a paraméterek változásának azon határai, amelyekben belül az atomerőművek üzemeltetése biztonságos.

***Dekontaminálás:***

Radioaktív szennyezettség eltávolítása, vagy csökkentése fizikai vagy/és kémiai módszerrel.

***Dokumentáció:***

Valamely tárgykorre vonatkozó dokumentumok, írásos, képi információk összessége.

***Felszabadítás:***

Egy adott ország szabályozó hatósága által használt megjelölés azon sugárforrásokra, melyek olyan kicsi radiológiai kockázatot képviselnek, hogy esetükben a nukleáris felügyeletől el lehet tekinteni. Az így megjelölt anyagok esetében különbséget lehet tenni azon források között, melyek soha nem estek a nukleáris felügyelet kategóriájába, szemben azokkal, melyeket mentesítettek a felügyelet alól. Mindkét esetben a radiológiai hatás elhanyagolható. Az utóbbi eset elsősorban a radioaktív hulladékkezelés gyakorlatában ismert.

***Forrópont:***

A környezetében mérhető háttér értéknél legalább egy nagyságrenddel nagyobb dózisteljesítményű pont. Megkülönböztetjük:

- nyitott forrópont, ha a magas dózisteljesítményű pont (forrás) nem technológiai rendszerbe, vagy eszközbe zártan helyezkedik el.
- zárt forrópontról beszélünk minden más esetben.

***Független biztonsági szervezet:***

Az üzemeltető szervezeten belül létrehozott olyan szervezeti egység, ami profitérdektől mentes, és amelyet belső jóváhagyó és engedélyező hatáskörrel ruház fel az üzemeltető szervezet vezetése a nukleáris biztonságot érintően.

***Fűtőelem meghiúsodás:***

A fűtőelem gyártásakor, vagy az üzemeltetés következtében kialakuló olyan repedés a fűtőelem, vagy annak burkolatán, amely a fűtőelem burkolat sérüléséhez és ilyen módon radionuklid kibocsátáshoz vezethet.

***Friss üzemanyag:***

A nukleáris reaktor azon üzemanyaga, melyben a szabályozott nukleáris láncreakció még egyetlen ízben sem indult be, ezért benne az izotóp összetétel megfelel a gyártás időpontjában meghatározott összetételnek.

***Gát:***

Fizikai akadály, amely megakadályozza, vagy késlelteti a radionuklidok, vagy más anyagok mozgását (migrációját) valamely rendszer (pl. hulladéktároló) komponensei között.

Általában a gát lehet épített mérnöki, vagy pedig természetes gát. Ez utóbbi tároló környezetének szerves része.

***Hosszú életű hulladék:***

Hosszú életű radionuklidokat tartalmazó hulladék, amelynek a mennyiségben, vagy koncentrációban kifejezhető radiotoxicitása miatt a bioszférától való izolálásához nagyon hosszú időre van szükség. A „hosszú életű radionuklid” megnevezés rendszerint a 30 évnél hosszabb felezési idejű izotópokra vonatkozik.

***Hulladékcsomag:***

A kondicionálás eredményeként létrejövő termék, amely tartalmazza a hulladékformát, valamilyen konténert (konténereket) és a belső gátakat (pl. abszorbens anyagok és belső bevonatok), mely a kezelésre, szállításra, tárolásra és a végső elhelyezésre meghatározott követelményekkel összhangban van.

***Hulladék elfogadási kritérium (WAC) :***

A radioaktív hulladék kezelésekor, tárolásakor és végső elhelyezésekor a hulladékcsomagok elfogadhatóságára vonatkozó kritériumok.

***Hulladékforma:***

A hulladék fizikai és kémiai formája a kezelést és/vagy a kondicionálást (amely szilárd terméket eredményez) követően, de még a csomagolást megelőzően. A hulladékforma a hulladékcsomag egy komponense.

***Hulladék leltár (inventory):***

A hatósági előírásoknak megfelelő, az üzemeltető által készített és kezelt részletes és tételekre bontott jegyzőkönyv. A leltár többek között a következő adatokat tartalmazhatja: fizikai mennyiségek (hulladékos

göngyölegek száma, a hulladék aktivitása, radionuklid tartalma és/vagy a hulladékforma jellemzői).

***Integrált megközelítés:***

Olyan logikai és preferenciákat kellően rangsoroló stratégia, melyet egy radioaktív hulladékkezelési program tervezésekor és bevezetésekor alkalmaznak a feladat egészére vonatkozóan, kezdve a hulladék keletkezésétől, egészen a végső elhelyezéséig. A hulladékkezelés különböző fázisai közötti kapcsolatok meghatározásánál figyelemmel vannak arra, hogy az egyik fázisban hozott döntések eleve ne zárják ki a következő fázisba vezető alternatívákat.

***Izoláció:***

A radionuklidoknak az emberi környezettől való elszigetelése oly módon, hogy a környezetbe esetlegesen kikerülő anyag mennyisége és koncentrációja az előírt határok alatt maradjon.

***Kémiai ballaszt:***

A radioaktív hulladékok sűrítményeiben kémiai ballaszt a bórsav, és annak nagykoncentrációjú oldatban tartásához adagolt nátriumhidroxid.

***Kiégett üzemanyag:***

A nukleáris reaktor azon üzemanyaga, mely egy, vagy több ízben berakásra került az aktív zónába, és energiatermelésre már felhasználták. A kiégés szokásos mértéke: MWnap/kgU, mely a fűtőelem pálcákra limitálva van.

***Kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék (LLW/ILW):***

Olyan radioaktív hulladékok, melyben a radionuklidok koncentrációja, vagy mennyisége a szabályozó hatóság által meghatározott szabad szinteknél (clearance level) magasabbak, de a radioizotóp tartalmuk és hő fejlődési szintjük alacsonyabb, mint a nagy aktivitású hulladékokra definiált értékek. A kis és közepes aktivitású hulladékokat gyakran sorolják rövid életű és hosszú életű kategóriába. A rövid életű hulladékok elhelyezhetők felszín közeli tároló létesítményben, míg a hosszú életű hulladékok elhelyezésére geológiai tárolók szolgálnak.

***Kondicionálás:***

Azon műveletek, melyek alkalmazásával kezelésre, szállításra, tárolásra és/vagy végső elhelyezésre alkalmas hulladékcsomag állítható elő. A kondicionálás jelentheti a hulladéknak szilárd formájúvá történő átalakítását,

a hulladék konténerbe helyezését, illetve – szükség esetén – másodlagos konténerezést (overpack)

***Konténer:***

Olyan tartály, melybe a hulladékot helyezik kezelés, szállítás, tárolás és/vagy végleges elhelyezés céljából, továbbá az a kiegészítő védelmi gát, mely a külső behatolástól védi meg a hulladékot. A hulladék konténer egy komponense a hulladékcsomagnak.

***Költség-haszon elemzés:***

Valamely tevékenység/intézkedés pozitív és negatív hatásainak szisztematikus gazdasági értékelése. A költség-haszon elemzés alkalmazható a sugárvédelmi értékelésben az optimalizálási vizsgálatokhoz.

***Környezeti hatástanulmány:***

Egy olyan dokumentumcsomag, mely valamely tervezett létesítmény (pl. hulladéktároló), illetve egy új technológia fizikai, ökológiai, kulturális és társadalmi-gazdasági hatásainak elemzésekor kapott eredményeket tartalmazza.

***Közvetlen elhelyezés:***

Kondicionált kiegészítő fűtőelem elhelyezése reprocessálás nélkül.

***Kritérium:***

Feltételek, melyekben döntések vagy ítéletek alapulnak. Lehetnek kvantitatív vagy kvalitatív, és megalapozott elvekből és szabványokból kell, hogy származzanak. A radioaktív hulladékkezelésben a kritériumokat és a követelményeket egy szabályozó hatóság adja meg, melyeket egy jóval általánosabb elv adott célra történő alkalmazásából származtathatnak.

***Mátrix:***

A hulladékkezelés során a radioaktív hulladék megkötése (immobilizálására) használt nem radioaktív anyag (pl. bitumen, cement, műanyag, üveg).

***Mesterséges korlát:***

Az elhelyezési rendszer ember készítése része. Azért tervezik, hogy megakadályozzák a radioaktív anyagok kiszabadulását a telephelyről. A kifejezés vonatkozik a hulladék formájára, csomagolására, a csomagolást körülvevő anyagokra és minden egyéb olyan megoldásra, amely

megakadályozza a hulladék környezetbe jutását. Az egyes korlátokból felépített rendszert „mesterséges korlátok rendszerének” (multi-barrier system) szokás nevezni.

#### ***Műszaki sugárvédelem:***

A műszaki sugárvédelem alatt kell érteni azon műszaki intézkedések összességét, amelyek arra irányulnak, hogy a nukleáris létesítményben munkát végzőknek, illetve a lakosságnak a létesítmény üzemeltetéséből származó sugárterhelése ne haladja meg a hatályos előírásokban meghatározott értéket, és melyekkel a sugárterhelés mindenkor az ésszerűen legalacsonyabb szinten tartható, továbbá a radioaktív hulladék keletkezése a gyakorlatilag lehetséges legkisebb mértékű lesz

A hatóság műszaki sugárvédelmi engedélyezési és ellenőrzési tevékenységének hatálya kiterjed:

- a) A nukleáris létesítmény működésével kapcsolatos azon berendezésekre, amelyek által keltett sugárzási tér, vagy amelyekből kijutó radioaktív anyag, mint forrástag potenciális vagy tényleges sugárveszélyt jelent a sugárzás-intenzitással és/vagy radioaktív anyag koncentrációval jellemzett térrel kapcsolatba kerülő élőlényre.
- b) A forrástag káros hatását korlátozó vagy csökkentő berendezésekre.
- c) A forrástag vagy azt magába foglaló térrész sugárzási viszonyairól információt szolgáltató berendezésekre.

#### ***Nagyaktivitású hulladék (HLW):***

- a) Eredetileg a kiegészítő fűtőelemekben jelenlevő hasadási termék és aktinidák legnagyobb részét tartalmazó radioaktív folyékony, azaz a fűtőelem újrafeldolgozása során az első oldószeres extrakció után maradó rész, valamint az ezzel kapcsolatos hulladékáramok egy része.
- b) Az a. pont hulladékainak szilárdításából származó hulladék, illetve a kiegészítő fűtőelem (ha azt hulladékká nyilvánították).
- c) Bármely olyan hulladék, amelynek aktivitásszintje összemérhető az a.) vagy b.) pontban definiáltakkal. A nagy aktivitású hulladékok általában hosszú életű hulladékok. Az egyik jellemző, amely megkülönbözteti a nagy aktivitású hulladékot a kevésbé aktív hulladékoktól, az a hő fejlődési szint.

***Radioaktív hulladékkezelés:***

A nukleáris létesítményekből származó radioaktív hulladékok – a műszaki és igazgatási követelményeknek megfelelő – kezelése, kondicionálása, ideiglenes tárolása és végső elhelyezése.

***Üzemi viselkedés:***

A radioaktív hulladékkezelés esetén annak mérőszáma, hogy egy hulladéktároló rendszer mennyire hatékony a hulladékok izolálására, illetve – esetleges radionuklid kijutás esetén – visszatartására és diszperziójára, a tervezési specifikációkat és követelményeket figyelembe véve.

A „viselkedés” vonatkozhat továbbá egy rendszer egyedi részeire is. Például egy konténer viselkedése jelentheti azt, hogy mennyire marad a hulladékot tartalmazó konténer ép, és mennyire akadályozza meg a radionuklidok kijutását egy adott időszak alatt.

***Végső elhelyezés:***

A radioaktív hulladékok elhelyezése egy jóváhagyott tárolóban a későbbi visszanyerési igénye nélkül. Ebbe a kategóriába tartozik a környezetbe ellenőrzöttén történő közvetlen folyékony és légnemű kibocsátás is.

***Viselkedés becslés (performance asses-ment):***

Valamely rendszer vagy alrendszer viselkedésének előrejelzésére szolgáló analízis, majd ezt követően ezen analízis eredményeinek összehasonlítása a megfelelő szabványokkal, vagy kritériumokkal.

A viselkedésbecslés (performance assessment) akkor válik biztonsági becsléssé (safety assessment), amikor a vizsgált rendszer maga a teljes hulladék elhelyező rendszer, és a viselkedés mértéke a radiológiai hatás, vagy a biztonságot érintő hatás valamilyen globális mérőszáma.

***Visszanyerhetőség:***

Annak lehetősége, hogy a hulladékot visszahozzák onnan, ahova egyszer elhelyezték.

### **3. A MŰSZAKI SUGÁRVÉDELEMMEL SZEMBEN TÁMASZTOTT RÉSZLETES ELVÁRÁSOK**

#### **3.1. Az ALARA elv alkalmazásának alapjai az üzemeltetésben**

Az üzemeltető szervezet vezetése rendelkezik olyan programmal az ALARA elv gyakorlati alkalmazására, melynek célja az ALARA szemlélet kiterjesztése az erőmű üzemeltetésével kapcsolatos összes sugárveszélyes tevékenységre. A program meghatározza azokat a szervezési és műszaki sugárvédelem tárgyköréhez tartozó műszaki intézkedéseket, amelyek segítségével az üzemeltető személyzet és a lakosság üzemeltetéssel összefüggő sugárterhelése az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartható a gazdasági és társadalmi szempontok figyelembe vétele mellett. A program a következő elveket, szempontokat veszi figyelembe:

- a) Az engedélyes olyan indikátorokat és célokat alkalmaz, illetve határoz meg előre, melyek jellemezni fogják az ALARA elv megvalósulási szintjét. Ilyenek lehetnek például az alábbiak:
  - a létesítmény éves kollektív dózis adatai,
  - a főjavításra jellemző kollektív dózis adatai,
  - az egyéni dózisok megoszlása időszakonként és tevékenységenként,
  - kollektív dózisadatok szervezeti egységenként,
  - az üzemeltetést (beleértve a karbantartást is) meghatározó műveletek kollektív dózis adatai,
  - a radioaktív hulladékok mennyisége és aktivitása,
  - a radioaktív anyagok éves kibocsátási értékei.
- b) A munkák ALARA elvnek megfelelő irányításánál a védelemre és a biztonságra vonatkozó intézkedéseket előre meghatározza, figyelembe véve az előforduló sugárforrásokat és dózisteljesítményeket.
- c) Az üzemeltető rendelkezik olyan, a sugárvédelmi optimalizálást támogató döntés-előkészítő eljárásokkal, amelyek indokolt esetben felhasználhatóak a tevékenységek megtervezése és előkészítése során.

A döntés-előkészítő eljárásban az adott konkrét esettől függően szükséges mértékben az alábbi számadatokat, tevékenységeket veszi figyelembe:

- egyéni dózis,
  - kollektív dózis,
  - a környezet radioaktív szennyeződése,
  - dózisteljesítmények,
  - a radioaktív anyagok lokalizálását biztosító műszaki megoldások,
  - a szükséges egyéni védőeszközök,
  - a munkaterületek, gyülekező helyek árnyékoló falainak megtervezése, ezeknek, és egyéb védelmi eszközöknek a tárolási helye,
  - a fejlett technika használata (pl. robot technika),
  - az alkalmazott, kvalifikált, gyakorlattal rendelkező dolgozók száma,
  - az adott tevékenységre fordítandó munkaórák száma.
- d) Az egyes sugárveszélyes tevékenységek tervezésekor minden lehetséges esetben számításba veszi másik alternatívaként a dózisok csökkentését, vagy teljes kiküszöbölését célzó megoldások alkalmazásának lehetőségét. A megfelelő alternatíva az atomerőmű üzemeltetője által megállapított és deklarált alfa-érték segítségével választható ki. Az alfa-érték egyértelmű számadat arról, hogy egységnyi dózis megtakarítására az üzemeltető mekkora pénzüsszeget fordít. Minden olyan esetben, amikor a kollektív dózisok alfa-értékkel való szorzatánál olcsóbb műszaki megoldás található az adott feladat hasonló színvonalú ellátásához, ez utóbbi megvalósítása indokolt a dózisok csökkentése, vagy elhagyása érdekében.
- e) A tevékenységek nyomon követésénél azonosítja és ellenőrzi az eltéréseket, illetve a közbejött pozitív és negatív eseményeket. A vezetés információs és munkaszervezési rendszert alakít ki a korrekciós intézkedések időben történő meghozásához.
- f) A munkák befejezését követően a munkatervezők a vezetők irányításával elemezik a következő szempontokat:



- a megvalósult állapot összehasonlítása a tevékenységek előre becsült terjedelmével, a sugárzási szintekkel, az egyéni és kollektív dózissal,
  - az eltérések azonosítása,
  - az eltérések okainak azonosítása, az ALARA elv alapján meghatározott intézkedések hatékonysága,
  - a tanulságok és a korrekciós intézkedések analízise,
  - a tapasztalatok visszacsatolása a sugárveszélyes tevékenységben érintett személyzet felé.
- g) A dokumentáltság a tapasztalatok későbbi felhasználhatósága, továbbá az ALARA elv alkalmazásával kapcsolatos hatósági ellenőrzések lebonyolításakor fontos létjogosultsággal bír.

## **3.2. Forrás oldal**

### *3.2.1. Az üzemanyag kazetták, mint a fővízköri hőhordozóba kerülő radioaktív izotópok lehetséges forrásai*

Az üzemanyag kazetták külső felülete gyártás során elszennyeződhet az urán különböző kémiai formájú izotópjával, melyek az aktív zónában tartózkodva magátalakulások során más radioaktív izotópokká alakulnak, és a felületekről a fővízköri hőhordozóba mosódhatnak.

A fűtőelem pálcák töltetének térfogata az aktív zónában tartózkodás idejétől függően sugárirányban növekszik, duzzad a hóciklusok, és az allotróp átalakulások okozta alak- és méretváltozások következtében. Ez a fűtőelem burkolat sérüléseihez vezethet, illetve a meglevő hibahelyeket növelheti, ami az üzemanyag töltet állapotának - a korábban meglevő duzzadásához, repedéséhez képest - (a hűtőközeg és az üzemanyag közvetlen érintkezése okán) további romlását, a radioaktív izotópok fővízkörbe jutását eredményezheti.

- a) Az előző két folyamat együttes hatásaként az engedélyes a fővízkörbe jutó radioaktív hasadvány és hasadási termékek megengedhető aktivitás-koncentrációját - az atomerőmű műszaki tervét és az aktuális biztonsági elemzéseket figyelembe véve - limitálja, továbbá külön korlátozza az üzemanyag kazetták gáz-inhermetikusságának, és az ennél nagyobb

hibahelyet jelentő inhermetikusságának az aktív zónában levő összes üzemanyag kazettára vonatkoztatott megengedhető mértékét.

- b) Az üzemeltető gondoskodik arról, hogy az aktív zónába olyan friss üzemanyag kazetták kerüljenek, melyek felületének urán szennyezettsége nem lépi túl az adott technikai feltételek mellett elérhető minimális szintet.
- c) A hasadási termékek és hasadványok fővízköri aktivitás-koncentrációjának fentiek szerint limitált értékeken belül tartását az üzemeltető folyamatos monitorozó mérésekkel és periodikus mintavételezésen alapuló mérésekkel igazolja.
- d) Az üzemeltető a fővízkörben levő hasadási termékek és hasadványok aktivitás-koncentrációiból kiszámítva igazolja, hogy az aktív zónában levő összes üzemanyag kazettára vonatkoztatott kazetta inhermetikusság a fentiek szerint korlátozott értékeken belül mozog egy-egy reaktor üzemanyag töltet teljes kampány-időszaka alatt.
- e) Az üzemeltető rendelkezik üzemanyag-kazetta inhermetikusságot jelző mérőberendezéssel, melynek alkalmazására a hasadási termékek üzem közbeni fővízköri koncentrációinak limitértékeivel összhangban levő kritérium rendszert dolgoz ki.

### 3.2.2. *Felaktiválódott korróziótermékek a fővízköri hőhordozóban*

A fővízkörben radioaktív korróziótermékek keletkeznek úgy, hogy az aktív zóna besugárzott anyagainak korróziótermékei a vízbe kerülnek, továbbá a reaktoron kívül keletkezett korróziótermékek a hűtővízzel együtt áramolva az aktív zónába kerülve felaktiválódnak. A korróziótermékek (köztük a radioaktívak is) a fővízkörben a hűtőközeggel együtt mozogva bizonyos egyensúlyi állapotnak megfelelően lerakódnak a fémfelületeken, többek között a fűtőelemek felületén is, és felszaporodnak az áramlás holttereiben, illetve az eltérő fizikai, vagy kémiai tulajdonságú felületeken.

- a) Az engedélyes - az atomerőmű műszaki tervét és az aktuális biztonsági elemzéseket figyelembe véve - a felaktiválódott korróziós termékek, illetve a még nem aktív korróziós termékek kémiai koncentrációira olyan határértékeket állapít meg, melyeknél a fűtőelemek felületén képződő lerakódások még nem veszélyeztetik azok megbízható működését.
- b) Az engedélyes a felaktiválódott korrózió termékek aktivitás-koncentráció határértékeinek megállapításánál figyelembe veszi azt, hogy elkerülendő

a fővízkör berendezéseinek oly mértékű kontaminációja, mely veszélyeztetheti ezen berendezések üzemeltetését, illetve javítását, karbantartását.

- c) A korróziótermékek fővízköri aktivitás-koncentrációinak, illetve kémiai koncentrációinak fentiek szerint limitált értéken belül tartására az üzemeltető a műszaki tervből kiinduló, az üzemeltetési tapasztalatokat és a nemzetközi tapasztalatokat figyelembe vevő, megfelelően jóváhagyott vízüzemet alkalmaz, a határértékek betartását periodikus mintavételezésen alapuló mérésekkel igazolja.
- d) Az üzemeltető megfelelő technológiákkal rendelkezik a fűtőelemeken esetlegesen, a normál üzemet veszélyeztető módon vagy mértékben kialakuló lerakódások eltávolítására, illetve a fővízköri csővezetékek, berendezések tisztítására.
- e) Az üzemeltető megfelelő technológiákat fejleszt ki, illetve szerez be és megfelelő jóváhagyási folyamat után szükség szerint, alkalmazza a fővízkörben a korróziótermékek túlzott felhalmozódásának elkerülésére, illetve a fővízkör feltöltési útvonalaiból bekerülő szennyeződések, a karbantartások során esetleg bekerülő idegen testek eltávolítására. 4 évente, a teljes zónakirakással járó főjavítások alatt, megfelelően kidolgozott, jóváhagyott tisztítási programot hajt végre.

### 3.2.3. *Szerkezeti anyagok felaktiválódása, kontaminációja*

A reaktortartály és az aktív zóna szerkezeti anyagai, beleértve az üzemanyagot is, az üzemanyagban zajló magreakciók következtében különböző neutron-, elektron-,  $\gamma$ -, stb. sugárzásnak vannak kitéve, melyek hatására nemcsak mechanikai tulajdonságuk változik meg, hanem fel is aktiválódnak. Így a reaktortartály belső berendezései a karbantartási, üzemanyag-átrakási műveletek céljára szolgáló helyiségekben az üzemanyag átrakás alatt jelentős sugárforrásnak számítanak.

- a) Az üzemeltető meghatározza azon tevékenységek körét, melyek a reaktor tartályon belüli berendezések szerkezeti anyagainak felaktiválódása miatt kiemelten sugárveszélyesnek minősülnek.
- b) Az üzemeltető szabályozza a kiemelten sugárveszélyesnek minősített tevékenységek munkaprogram készítési rendjét.

- c) Az üzemeltető szabályozza a kiemelten sugárveszélyesnek minősített tevékenységek engedélyezési rendjét, a tevékenységekben résztvevők felelősségét.
- d) Az üzemeltető - még a kiemelten sugárveszélyesnek minősített tevékenységek megkezdése előtt - előkészíti a felaktiválódott, kontaminált berendezések tárolását, a keletkező, esetleg nagyaktivitású hulladékok kezelését, tárolását.

### **3.3. A megelőzést szolgáló üzemviteli rendszerek működtetése**

Az üzemeltető a betervezett, létesített szellőző és víztisztító rendszerek előírás szerinti működtetésével, az üzemi terület sugárzási helyzettől függő zónákra osztásával, illetve az ellenőrzött zóna helyiségeinek kezelhetőség szerinti kategorizálásával, továbbá mobil árnyékoló falak alkalmazásával biztosítja:

- a) a sugárbiztonsági előírások betartását az erőmű helyiségeiben és az erőmű környezetében,
- b) az erőmű berendezéseinek normál üzemviteli feltételeit,
- c) a kiszolgáló személyzet munkájához előírt sugárvédelmi és egészségügyi normák betartását.

#### *3.3.1. Az atomerőmű üzemi területének csoportosítása*

- a) Az engedélyes az atomerőmű üzemi területét a technológiai folyamatoktól, az elhelyezett berendezésektől, illetve a helyiségekben uralkodó sugárzási-szennyezettségi viszonyoktól függően ellenőrzött, illetve szabad zónákra osztja.
- b) A szabad zónában sugárforrást tartalmazó berendezést üzemeltetni, tárolni, valamint sugárveszélyes munkát végezni csak az illetékes hatóságok által kiadott engedély birtokában lehet.
- c) Az ellenőrzött zóna az atomerőmű radioaktív berendezéseit, ezek kiegészítő egységeit, illetve az ezekhez kapcsolódó közlekedési útvonalakat tartalmazza.
- d) Az engedélyes az ellenőrzött zóna helyiségeit a bennük uralkodó, illetve a várható sugárzási helyzettől függően három osztályba sorolja az alábbiak szerint:

- I-es helyiség csoport: nem kezelhető helyiségek. Üzemelő reaktorblokk mellett ezekbe a helyiségekbe belépni egyáltalán nem, vagy csak fokozott sugárvédelmi felügyelet mellett lehet.
  - II-es helyiség csoport: korlátozottan kezelhető helyiségek. Ezekben a helyiségekben a mindenkori dózisteljesítménynek, illetve szennyezettségnek megfelelően a személyzet ott-tartózkodása időbeli korlátozás alá esik.
  - III-as helyiség csoport: kezelhető helyiségek. Az alkalmazott védelem lehetővé teszi, hogy az ott dolgozók a teljes munkaidejüket eltölthessék az ebbe a csoportba tartozó helyiségekben.
- e) Az üzemeltető gondoskodik arról, hogy a helyiségek osztályba sorolása igazodjon az aktuális sugárvédelmi helyzethez. Szabályozza az egyes helyiségcsoportokba történő belépések rendjét, illetve helyiségcsoportonként az ajtók zárását.

### 3.3.2. *A szívó-nyomó és recirkulációs szellőző rendszerek*

- a) Az üzemeltető az atomerőmű műszaki tervét és az üzembe helyezési tapasztalatokat figyelembe vevő részletes kezelési utasítással rendelkezik a reaktorüzem és a segédépület szívó-nyomó szellőző rendszereire. A kezelési utasítás betartásával biztosítja a következőket:
- a túlnyomásra méretezett helyiségekben a reaktor normál üzeme alatt a depresszió fenntartása (1-3 mbar),
  - a levegő áramlási irányának fenntartása a feltehetően kisebb szennyezettségű helyiségek felől a nagyobb szennyezettségű helyiségek felé,
  - az erőmű normál üzeménél a minimálisan szükséges légcserre biztosítása külső levegő befűvése útján, a folyamatosan elszívott levegő tisztításával és a szellőzőkéményen történő kibocsátásával,
  - karbantartás alatt levő blokkon az ehhez a munkához szükséges normális levegőtisztasági feltételek biztosítása,
  - a nem túlnyomásra tervezett, korlátozottan kezelhető és nem kezelhető helyiségekben a depresszió fenntartása (0,3-0,5 mbar),

- a levegő tisztítása az aeroszoloktól, nemesgázoktól és a jódtól izotópoktól,
  - a segédépület szellőztetése.
- b) Az üzemeltető az atomerőmű műszaki tervét és az üzembe helyezési tapasztalatokat figyelembe vevő részletes kezelési utasításokat dolgoz ki az ellenőrzött zóna recirkulációs szellőző rendszereire. A kezelési utasítások betartásával biztosítja a következőket:
- a hermetikus térben a levegő mentes az aeroszoloktól és a radiojódtól olyan mértékben, hogy teljesüljenek az atmoszférába történő kibocsátás előírt normái és engedélyezett útvonalai,
  - a pihentető medence légfüggönyének kialakítása.

### 3.3.3. Üzemi gáztisztító és hidrogénégető rendszerek működtetése

Az üzemeltető az atomerőmű műszaki tervét és az üzembehelyezési tapasztalatokat figyelembe vevő részletes kezelési és karbantartási utasításokkal rendelkezik a gáztisztító és hidrogénégető rendszerek működtetésére, karbantartására. Ezen utasítások betartásával biztosítja a következőket:

- a) A primerköri hőhordozóból a primerköri pótvíz gáztalanítóban, a buborékoltató tartályban, a szervezett szivárgások hőcserélőjében és tartályában kiváló hidrogén - és ezzel együtt annak trícium izotópja - szervezett módon eltávolítható és elégethető.
- b) A hidrogénégető felől jövő, illetve az egyéb technológiai rendszerek aktív légnemű anyagokat tartalmazó gáz-gőz teréből elszívott gázok és radiojód származékok megtisztítása oly módon, hogy az atomerőmű gáz és radiojód kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok ne sérüljenek.

### 3.3.4. Speciális víztisztító rendszerek működtetése

Az üzemeltető az atomerőmű műszaki tervét és az aktuális biztonsági elemzéseket figyelembe véve olyan részletes kezelési és karbantartási utasításokkal rendelkezik, melyek alkalmazásával biztosítottak az alábbiak:

- a) Normál üzemeltetési körülmények mellett a fővízkörben a korróziótermékek koncentrációi a 3.2.2. pont szerint megállapított felső határértékek alatt maradnak.

**Műszaki sugárvédelem és radioaktív hulladékkezelés az atomerőművek üzemeltetése során**

---

- b) A fővízkör leürítésére, a leürített víz megtisztítására minden üzemállapot mellett elegendő üres tartálykapacitás, illetve megfelelő állapotú víztisztító ág áll rendelkezésre.
- c) A fővízkör és az egyéb primerköri rendszerek szervezetlen szivárgásainak feldolgozása minden üzemállapot mellett biztosított.
- d) A zóna üzemzavari hűtőrendszereinek tartályaiban lévő oldatok összetétele, tisztasága megfelel a vonatkozó előírásoknak.
- e) A gőzfejlesztők leiszapolási víztisztítójának üzemeltetésével a gőzfejlesztők szekunder oldali vizére előírt normák betarthatók, ezzel minimálisra csökken a gőzfejlesztő hőátadó csöveit érő korróziós kockázat.
- f) A szekunderkör kondenzátum rendszerénél elhelyezett víztisztító és tartály parkja a szekunderkör esetleges radioaktív izotópokkal való elszennyeződése esetén megfelelően ellátja feladatát, és ezzel minimálisra csökkenti a radioaktív izotópok környezetbe való kibocsátásának lehetőségét.
- g) A víztisztítók üzemeltetése során a lehetőségeket figyelembe véve minimalizálják a másodlagosan keletkező hulladékok mennyiségét.

### 3.3.5. *Az üzemi szellőző és légtisztító rendszerek*

#### 3.3.5.1. Jódszűrők

Az atomerőművi szellőzőrendszerekbe beépített jódszűrők feladata, hogy normál üzem, illetve karbantartás és átrakás közben a fővízköri hőhordozóból a primerköri helyiségek légterébe jutó, különböző kémiai formában lévő jódiotópokat kiszűrjék.

Az atomerőművi szellőzőrendszerekbe beépített jódszűrők normál üzemviteli tevékenység esetére érvényes minősítési kritériumait a 3-1. sz. táblázat tartalmazza.

**3-1. sz. táblázat**  
**Az atomerőművi szellőzőrendszerekben működő jódszűrők minősítési**  
**kritériumai normál üzemviteli tevékenység mellett**

Szellőző rendszer	Minimális leválasztási hatásfok	Vizsgálat gyakorisága
Hermetikus tér karbantartási szívó szellőzőrendszere.	99,90 % (CH <sub>3</sub> I)	Szűrőcsere után, illetve 12 havonta, a főjavítási ciklusnak megfelelően.
Hermetikus tér üzemi depresszióját biztosító szellőző, szűrő rendszer.	97,50 % (CH <sub>3</sub> I)	Szűrőcsere után, illetve 12 havonta, a főjavítási ciklusnak megfelelően.
Hermetikus tér recirkulációs szűrő szellőzőrendszere.	90,00 % (CH <sub>3</sub> I)	Szűrőcsere után, illetve 12 havonta, a főjavítási ciklusnak megfelelően.

Az engedélyes a jódszűrőkben alkalmazandó aktív szén fizikai paramétereit (szemcseméret-eloszlás, keménységi szám, gyulladási hőmérséklet, halmazsűrűség, esetleg teljesítménytényező, impregnáló anyag tartalom) úgy választja meg, illetve a gyártóval azt igazoltatja, hogy a fenti táblázatban megadott leválasztási hatásfokok a szénszűrőkben üzemszerűen előforduló legmagasabb hőmérsékleten és páratartalomnál is megmaradnak.

#### 3.3.5.2. Az aeroszol szűrőkkel szemben támasztott követelmények

Az atomerőművi szellőző rendszerekbe épített aeroszol szűrők feladata, hogy a primerköri helyiségekben keletkező radioaktív aeroszokok környezetbe való kijutását megakadályozzák.

- a) A szűrők típusának kiválasztásánál az engedélyes figyelembe veszi a környezetvédelmi hatóság aeroszokokra vonatkozó kibocsátási normáit, valamint a tűzvédelmi előírásokat, és a primerköri helyiségekre jellemző fizikai paramétereiket. (sugárzás, páratartalom, hőmérséklet). A szűrők hatékonyságának gyors leromlását szükség esetén beépített, cserélhető por előszűrővel akadályozza meg.



- b) Az aeroszol szűrők üzemenkötbeni leválasztási hatásfokának mérésére olyan berendezést alkalmaz, mellyel garantálható, hogy azok a szellőzőrendszerekben megfelelő leválasztási hatásfokkal működnek. Ezen méréseket legalább 12 havonta, a főjavítási ciklusoknak megfelelően ütemezi.

### 3.3.5.3. Aktív szenes adszorberek

A gáztisztító rendszerek aktívszéntöltetű adszorbereinek retenciós állapota alapvető fontosságú az atomerőmű légköri kibocsátása, és így annak környezeti hatása szempontjából, tekintettel arra, hogy ezeken a berendezésekben történik meg a nemesgáz izotópok retenciója, mialatt az aktivitásuk – a megfelelő retenciós idők alatt – felezési idejüknek megfelelően csökken.

- a) Az adszorber szűrők töltetanyagát az engedélyes úgy választja meg, hogy a gáztisztítók normál üzem melletti terhelése esetén (10 normál m<sup>3</sup>/h) az atomerőmű műszaki tervében meghatározott retenciós idők teljesüljenek, az adott radioaktív nemesgázok 99,9 %-os visszatartására.
- b) Mintavételezési technikát és vizsgálati módszert dolgoz ki, valamint alkalmaz évente annak igazolására, hogy a szűrőtöltet anyagának öregedése a retenciós idöket még nem csökkentette az előzőek szerinti értékek alá.

### 3.3.6. *A hermetikus tér tömörségvizsgálata*

A hermetikus helyiségek rendszere szükséges mindazon üzemzavarok lokalizálására, melyek a technológiai rendszerekből a hermetikus tér helyiségeibe történő aktivitás kibocsátással járnak.

- a) Az üzemeltető a hermetikus tér szivárgását olyan alacsony értéken tartja, hogy a maximális tervezett üzemzavarnál, a legpesszimistább időjárási körülményeket figyelembe véve, a kritikus lakossági csoport belső és külső sugárterhelése az egészségügyi hatóság által meghatározott korláton belül maradjon. A forrásoldali és a terjedési számításokból levezetett szivárgási korlát a hermetikus tér teljes térfogatára vonatkozóan 14,7 %/nap a tervezési üzemzavarra méretezett nyomás értéken, azaz a mérés hibáját is figyelembe vevő maximálisan megengedhető szivárgási érték :  $LP_M=14,7 \text{ \%/nap} - |\delta L|$ , ahol  $\delta L$  a mérés hibája és  $|\delta L| \leq 2 \text{ \%/nap}$ .

- b) Az atomerőművi blokkok üzembehelyezési fázisában az üzemeltető ellenőrzi a hermetikus tér épületszerkezeteit, illetve a burkolatok tömörségét a tervezési üzemzavarra méretezett nyomáson. A mérés időtartama legalább huszonnégy óra. Ezen ellenőrzés alatt legalább három különböző - a próbanyomás értékén belüli - nyomásértéken méri a szivárgás mennyiségét. Ezek az adatok a későbbiekben kiinduló információkat szolgáltatnak egy szivárgási jelleggörbe felvételéhez.
- c) Az üzemeltető a hermetikus tér tömörségének ellenőrzését minden főjavítás után elvégzi a hatóság által engedélyezett program szerint. A program készítésénél, beleértve a mérési eredmények kiértékelésének metodikáját is, mindenkor figyelembe veszi a témával kapcsolatos hazai és nemzetközi tapasztalatokat.
- d) Az évenkénti tömörségvizsgálatok előkészítéseként a hermetikus tér megbontott szerelőnyílásainál lokális tömörségvizsgálatot végez. Ezen vizsgálatok megfelelőségi kritériumait (a megengedhető szivárgásokat liter/óra-ban kifejezve) úgy állapítja meg, hogy a még megengedhető szivárgások együtt se veszélyeztessék az elvégzendő integrális tömörségvizsgálat sikerességét.

### **3.4. A karbantartás előkészítése**

#### *3.4.1. Dózistérképek*

- a) Az üzemeltető sugárvédelmi szervezetének a főjavításra leállt blokkok főberendezései környezetében mért dózisteljesítmény adatokból olyan dózistérképet állít össze és ismerteti meg a karbantartásban résztvevő személyzettel, melyből az adott blokk általános sugárzási helyzetét, illetve az egyes főberendezések radiációs helyzetét az említett személyzet átlátja, és tevékenysége során hasznosítja. A dózistérkép alkalmas arra, hogy a főberendezések közelében tevékenykedő munkacsoportok ennek segítségével tartózkodási helyeiket optimálisan, lehetőleg a kisebb dózisteljesítményű területeken választhassák meg.
- b) A nem helyhez kötött egészségügyi zsilipek, illetve mozgatható sugárvédelmi árnyékoló falak telepítését a dózistérképeket, illetve az adott munkaterület potenciális felületi szennyezettségét figyelembe véve célszerű tervezni.

### 3.4.2. Dekontaminálási eljárások, eszközök a megbontott berendezésekhez

- a) Az üzemeltető megfelelő szintű dokumentumban szabályozza az atomerőmű radioaktív anyagokkal elszennyezett berendezéseinek szükség szerint elvégzendő dekontaminálási tevékenységet. A dokumentum tartalmazza az alábbiakat:
- a dekontaminálási tevékenység megrendelése, a megrendelő feladatai,
  - a sugárvédelmi ellenőrzést végző szervezet feladatai, a dekontaminálás elrendelésének kritériumai,
  - a dekontaminálást végző szervezet feladatai, a dekontaminálási technológia kiválasztásának kritériumai,
  - a dekontaminálás során a radioaktív szennyeződés terjedését akadályozó módszer,
  - a dekontaminálást követő tevékenységek felsorolása és az ezekért felelős szervezetek megnevezése,
  - a dekontaminálási és a kapcsolódó tevékenységek dokumentálása,
  - a dekontaminálás során képződő hulladékok kezelésére vonatkozó előírások.
- b) Az üzemeltető berendezés típusonként dekontaminálási technológiával rendelkezik műveleti utasítás szinten, mely az alábbiakra tér ki:
- a művelet célja,
  - a műveleti utasítás érvényessége,
  - a művelet végrehajtásának feltételei, ezen belül;
    - adminisztratív feltételek (engedélyek, munkautasítások, stb.),
    - a dekontaminálási technológia végrehajtásának személyi és szervezési feltételei,
    - az adott blokk üzemállapota,
    - az adott berendezéshez kapcsolódó rendszerek műszaki állapota,
    - a dekontaminálási művelethez kapcsolódó technológiai rendszerek állapota,

- a dekontaminálási műveletet végző berendezések műszaki állapota,
  - a vegyszerek mennyisége, minősége, tárolási helye, (amennyiben azok szükségesek a művelethez)
  - amennyiben azt az emelési műveletek megkívánják, megfelelő teherbírású daru rendelkezésre állása,
- a dekontaminálási művelet végrehajtásának részletes lépései,
  - a művelet során betartandó biztonsági intézkedések,
  - biztonságtechnikai, tűzvédelmi és sugárvédelmi intézkedések,
  - a dekontaminálási művelet kiértékelésének és dokumentálásának módja.
- c) Az üzemeltető a témával kapcsolatos nemzetközi gyakorlatot és műszaki haladást, valamint az ALARA elvet figyelembe véve folyamatosan fejleszti az alkalmazott dekontaminálási technológiákat, illetve az ezeknél használt berendezéseket.

### **3.5. Üzemeltetési korlátot meghaladó radioaktivitás kezelése**

A fővízkörben a radioaktív hasadványok, hasadási termékek és a felaktiválódott korróziótermékek koncentrációja a fűtőelem pálcák nem megengedett mértékű sérülése következtében, illetve vízüzemi problémák miatt az üzemeltethetőségre megállapított határértékeket meghaladhatja. Súlyosabb esetben ez a fővízköri berendezések nem megengedett mértékű radioaktív elszennyeződéséhez vezethet.

A gőzfejlesztő hőátadó csöveinek szivárgása oly mértékűvé válhat, melynek hatására a szekunderkörbe - a műszaki tervet, illetve az aktuális biztonsági elemzést figyelembe vevő - megállapított koncentráció értékek feletti mennyiségben radioaktív izotópok kerülhetnek. Súlyosabb esetben ez a szekunderköri csővezetékek illetve berendezések radioaktív elszennyeződéséhez, valamint az engedélyezett kibocsátási útvonaltól eltérő radioaktív anyagot tartalmazó közeg kibocsátásához vezethet.

#### *3.5.1. A fővízkör dekontaminálási lehetősége*

Az üzemeltető a fővízköri berendezések üzemeltetését és karbantartását veszélyeztető - a fűtőelempálcák nem megengedett mértékű inhermetikussá válásából, illetve vízüzemi problémákból következő - radioaktív

elszennyeződésének kezelésére olyan technológiával rendelkezik, melyet a hatóság jóváhagyott és amelyik figyelembe veszi az alábbiakat:

- a) Az alkalmazandó technológiának a fővízkör belső felületeire gyakorolt mellékhatásait.
- b) Az elérhető maximális dekontaminálási faktort, azaz a dekontaminálás hatékonysága olyan, mely lehetővé teszi, hogy visszaálljon az üzemanyag pálcák sérülése előtti eredeti állapot.
- c) A keletkező másodlagos hulladékok mennyisége olyan, hogy az, az erőművön belüli hulladékkezelő rendszerekkel feldolgozható legyen.
- d) Az újrakontaminálódás lehetőségének minél későbbi jelentkezését.
- e) A várható „haszon” és a ráfordítás szempontjából elvégzett optimalizálást.

### 3.5.2. *A szekunderkörbe, és egyéb, ellenőrzött zónán kívülre kerülő radioaktivitás kezelése*

A gőzfejlesztők inhermetikusságából, esetleg technológiai fegyelemsértésből következően a szekunderkörbe, illetve az ellenőrzött zónán kívülre nem megengedhető módon, illetve mennyiségben radioaktív anyag kerülhet.

- a) A szekunderkör dekontaminálására az üzemeltető olyan technológiával rendelkezik, melyet a hatóság jóváhagyott, és amelyik figyelembe veszi az alábbiakat:
  - az alkalmazandó technológiának a szekunderkör belső felületeire gyakorolt mellékhatásait,
  - az elérhető maximális dekontaminálási faktort, azaz a dekontaminálás hatékonysága olyan legyen, hogy visszaálljon a radioaktív elszennyeződést okozó esemény előtti eredeti állapot,
  - a keletkező másodlagos hulladékok mennyisége olyan legyen, hogy fel lehessen dolgozni az erőművön belüli hulladékkezelő rendszerekkel.
- b) A technológiai fegyelemsértés vagy egyéb okok miatt az ellenőrzött zónán és a szekunderkör gőzfejlesztővel kapcsolatban levő csővezetékeken kívülre kerülő radioaktivitás kezelésére az üzemeltető megfelelő eljárásokkal rendelkezik, melyek figyelembe veszik a jelen útmutató „abnormális hulladékok kezelése” fejezetében megjelölteket és

**Műszaki sugárvédelem és radioaktív hulladékkezelés az atomerőművek üzemeltetése során**

---

az egészségügyi, valamint a környezetvédelmi hatóság vonatkozó előírásait.

## **4. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK GYŰJTÉSE, KEZELÉSE**

### **4.1. A hulladékkezelés célja**

A hulladékkezelés, átmeneti tárolás illetve végleges elhelyezés alapvető célkitűzése a hulladékok izotóptartalmának elszigetelése az ember környezetétől azért, hogy a radionuklidok visszakerülése az emberi környezetbe ne vezethessen káros következményekhez sem az ember, sem a közvetlen környezetet alkotó élőlények vonatkozásában. Az izoláció szükséges mértéke függ az aktivitástartalomtól, a hulladékformától, a csomagolástól, műszakilag létrehozott mesterséges korlátoktól és a befogadó geológiai formációtól, amelyeket az üzemeltető úgy tervez és választ meg, hogy az izoláció mértéke az alapkövetelményt kielégítse.

### **4.2. A radioaktív hulladékok kezelésével, mint sugárzással járó tevékenységgel szembeni alapvető ajánlások**

#### a) A tevékenység indokoltsága

A sugárzással járó tevékenység bevezetése a társadalom számára nettó pozitív haszonnal járjon.

A radioaktív hulladékok esetén a nettó pozitív hasznot az a gyakorlat hozza (pl. az energiatermelés, az oktatás, az ipari, vagy az orvosi alkalmazás), amelynek részeredményeként a radioaktív hulladékok előállnak. Ily módon önmagában a tevékenység indokoltságának bizonyítása a hulladékkezelésre és a hulladék elhelyezésre nem lehetséges, azaz a bizonyítást már a radioaktív hulladék „termelésével” járó alap tevékenység tervezésénél, illetve végrehajtásánál ajánlatos elvégezni.

#### b) Optimalizálás

Alapvető követelmény, hogy az üzemeltető valamennyi besugárzást az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartsa, figyelembe véve a gazdasági és szociális tényezőket is. Ez az ALARA elv, amelynek az érvényesítéséhez az üzemeltető az alábbiakat veszi figyelembe:

- A hulladékkezelés, elhelyezés értékelése során külön problémát jelent a jövőben várható, de nem biztosan bekövetkező események figyelembevétele. Ezek az úgynevezett potenciális sugárterhelések nem vehetők a várhatóan bekövetkező

eseményekkel azonos elbírálás alá, ezért a nemzetközi (mind a NAÜ mind az ICRP) ajánlásoknak megfelelően a potenciális sugárterhelés esetén a kockázati alapú megközelítés javasolt.

- E szerint a sugárvédelmi követelményeket, intézkedéseket az engedélyes úgy határozza meg, illetve hajtja végre, hogy a  $10^{-6}$ /év gyakoriságú események általában a társadalom által tolerálhatóak és így ezekkel a biztonsági elemzések során nem foglalkozik. A  $10^{-4}$  –  $10^{-6}$ /év kockázatot jelentő eseményeknél a tervezési alapokat illetve a végrehajtandó intézkedéseket választja meg, hogy az ALARA elv érvényesüljön. Amennyiben a kockázati vizsgálatok  $10^{-2}$  -  $10^{-3}$ /év szintű eredményt adnak, javító, azaz biztonságnövelő intézkedéssort és programot hajt végre az üzemeltető. Abban az esetben, ha egy-egy esemény a  $10^{-2}$ /év kockázatot meghaladja, az illetékes hatóságok azonnali emberi beavatkozást rendelnek el, míg a  $10^{-3}$  –  $10^{-4}$  kockázati tartományban a beavatkozások szükséges ütemezéséről a hatóságok dönthetnek.

c) Az egyéni dózisok korlátozása

A dózisekvivalens értékét valamennyi sugárzással járó tevékenységet figyelembe véve egy, a hatóságok által meghatározott határérték alatt tartja az egyes személyek besugárzását figyelembe véve.

d) A hosszú távú hatások figyelembe vétele

A jövőbeni hatások értékelésére az engedélyes az alábbi tételket veszi figyelembe:

- a radioaktív hulladékkezelés az emberi szervezet védelmét megfelelő szinten biztosítja,
- a hulladékkezelést úgy végzi, hogy a környezet megfelelő szintű védelme biztosított legyen,
- a határokon esetleg átnyúló hatások mind az emberi egészség, mind a környezet szempontjából minimum olyanok, mint a létesítményt vagy gyakorlatot folytató országon belül (nem lehetnek kevésbé szigorúak),
- radioaktív hulladékokat úgy kezeli és helyezi el, hogy a jövőbeni generációkat érő hatások ne legyenek nagyobbak, mint a jelenleg elfogadhatóak.



- A radioaktív hulladékok kezelésénél abból indul ki, hogy a jövő generációkra jelentős gazdasági kihatású döntéseket és tevékenységet ne hagyományozzon. A hulladékképződéséhez vezető gyakorlat előnyeit a jelenlegi generáció is élvezi, így célszerű a későbbi ráfordításokat, szükséges tevékenységeket limitálni.
- a radioaktív hulladékok képződését a minimális szinten tartja,
- a radioaktív hulladékok kezelésével kapcsolatos egyes tevékenység összefüggő voltát figyelembe veszi a rendszerek tervezésénél, átalakításánál,
- a hulladékkezelésre szolgáló létesítmények, rendszerek biztonságát teljes élettartamukra biztosítja.

### **4.3. Biztonsági értékelések, elemzések rendeltetése**

A végleges, illetve időszakos biztonsági elemzések készítése során a teljes radioaktív hulladékkezelési, tárolási rendszert és az egyes jellemzők biztonságra gyakorolt hatását is értékeli. Ennek megfelelően az elemzéseknel az alábbiakat veszi figyelembe:

- a) A telephely elfogadhatósága (a létesítmény megépíthető, üzemeltethető, lezárható a biztonsági követelményeknek megfelelően).
- b) Az egyes rendszerek által biztosított védelem (konténer, korlátok, a rendszer stabilitása, stb.) értékelése, annak vizsgálata, hogy a biztonsági funkciók teljesülnek-e.
- c) A hatósági határértékek és tervezési specifikációk elégségességének értékelése (pl. a hulladék kezelése, átmeneti tárolása, a hulladék átvételi követelmények, hőmérsékleti korlátok, aktivitásszintek, kémiai szennyezők jelenléte, stb.).
- d) A hagyományos biztonsági kritériumoknak és környezetvédelmi követelményeknek való megfelelés dokumentálása.
- e) A környezetre vonatkozó, radioaktív hulladékkezelésből, átmeneti tárolásból származó radiológiai hatások következményeinek értékelése.

#### **4.4. A radioaktív hulladékok fogalma és osztályozása.**

A radioaktív hulladékok precízebb meghatározása a következő:

Minden olyan anyag, melynek további hasznosítására nincs igény, és amely az ellenőrzést nem igénylő elhelyezésre/kibocsátásra vonatkozó, hatóságilag meghatározott koncentrációnál nagyobb koncentrációban tartalmaz radionuklidokat.

A nukleáris fűtőelem ciklussal kapcsolatos radioaktív hulladékokat az alábbiak szerint lehet csoportosítani:

- a) forrásuk szerint,
- b) halmazállapotuk szerint,
- c) a radioaktivitás mértéke szerint,
- d) a hosszú és a rövid élettartamú radioaktív izotópok aránya szerint,
- e) az ionizáló sugárzás intenzitása szerint,
- f) a végleges elhelyezés követelményei szerint,
- g) a toxicitásuk szerint.

A hulladékfajták a fentiek alapján általában három csoportba oszthatók:

- a) hosszú élettartamú nagyaktivitású hulladék (HLW),
- b) hosszú élettartamú, közepes- és kis aktivitású hulladék (LILW-LL),
- c) rövid élettartamú, közepes- és kis aktivitású hulladék (LILW-SL).

Már a radioaktív hulladékok szelektív gyűjtésénél, illetve kezelésénél figyelembe veszik a hulladék tárolás szempontjait, ezért a fenti hulladékfajtákat az alábbi táblázat szerinti kategóriákba sorolják:

<b>Hulladék kategória</b>	<b>Elhelyezési lehetőség</b>	<b>Fontos jellemzők</b>
I Nagyaktivitású <i>hosszú élettartamú</i>	Átmeneti tárolás után geológiai elhelyezés	Magas béta/gamma intenzitás Jelentős alfa aktivitás Nagyfokú radiotoxicitás Nagy hőtermelés >2kW/m <sup>3</sup>
II. Közepes aktivitású <i>hosszú élettartamú</i>	Kezelés után átmeneti tárolás, majd geológiai elhelyezés	Közepes béta/gamma intenzitás Jelentős alfa aktivitású Közepes radiotoxicitás
III Kisaktivitású <i>hosszú élettartamú</i>	Kezelés után átmeneti tárolás, majd geológiai elhelyezés	Alacsony béta/gamma intenzitás Jelentős alfa aktivitás Kis/közepes radiotoxicitás Jelentéktelen hőtermelés
IV Közepes aktivitású <i>rövid élettartamú</i>	Kezelés után felszín közeli átmeneti tárolás, majd geológiai elhelyezés.	Közepes béta/gamma intenzitás Jelentéktelen alfa aktivitás Közepes radiotoxicitás Kis hőtermelés
V. Kisaktivitású <i>rövid élettartamú</i>	Kezelés után felszín közeli átmeneti tárolás, majd geológiai elhelyezés	Alacsony béta/gamma intenzitás Jelentéktelen alfa aktivitás Kis radiotoxicitás Jelentéktelen hőtermelés
Felszabadítási eljárás alá tartozó hulladék	Nincs radiológiai korlátozás	A felszabadítási szinteknél alacsonyabb aktivitás szintek, melyeket a lakosság egyedeit érő éves sugárterhelés alapján határoznak meg (<30μSv)

Ezt a kategorizálást használva, a különböző radioaktív hulladékok az alábbiak szerint sorolhatók be:

a) Elhasznált üzemanyag (I)

Amennyiben az elhasznált üzemanyagot nem dolgozzák fel újra (reprocessálásra), akkor azokat hulladékként kezelik, amely az eredeti üzemanyaggal azonos formájú szilárd hulladék. Az elhasznált üzemanyag

nagy aktivitású hasadási termékből és transzuránokból adódik. További járuléka a hasadatlan urán (amely az elhasznált fűtőelem anyagának zömét alkotja) és a gázalakú hasadási termékek. Az elhasznált üzemanyag jelentős hőtermelése speciális hűtést igényel.

b) Sérült üzemanyag (I)

Üzemelés közben az üzemanyag pálcák mikro-, illetve makro- hibássá válhatnak. Ezek átmeneti tárolását ajánlott hermetikus tokokban végezni, további kezelésük során az előző bekezdésben mondottak az irányadók.

Üzemelés közben, illetve egyéb, az üzemanyaggal végzett műveletek közben előfordulhat az üzemanyag kötegek jelentős sérülése. Ekkor már a hulladék nem tekinthető az eredeti üzemanyaggal azonos formájúnak.

c) Üzemanyag reprocessálásból származó nagyaktivitású folyékony hulladékok (I)

Ez a fajta hulladék a fűtőelem feloldásával, az uránium és plutónium kivonása után visszamaradó vizes oldatból keletkezik. Ez tartalmazza az összes keletkező, nem párolgó hasadási termék legnagyobb részét.

d) Fűtőelem burkolat (II)

A kiégett fűtőelemek burkolatát eltávolítják a fűtőelem feldolgozás előtt. Ezek aktivitása az ötvözet alkotóinak és szennyezőinek felaktiválásából, valamint a felületén megkötött kiégett üzemanyag aktivitásából származik. A radiotoxicitás szempontjából a hulladék legfontosabb eleme a benne lévő plutónium.

e) Közepes aktivitású hulladékok (II.-IV.)

Az üzemanyagciklusban nagy mennyiségben keletkező hulladék csoportját az alábbi összetevők alkotják:

- légszűrők,
- ioncserélő gyanta,
- bepárlók koncentrátuma,
- a reprocessálás 2. és 3. ciklusának folyékony hulladékai,
- hulladékégetőből származó hamu,
- meghibásodott berendezések,
- dekontamináló vegyszerek.

Az ebbe a kategóriába tartozó hulladékok aktivitásszintje jelentősen függ az üzemeltetés feltételeitől, néhányuk jelentős mennyiségű hosszú életű radionuklidot tartalmazhat, néhányuk hűtést igényelhet.

f) Kis aktivitású folyékony hulladékok (III.-V.):

A kis aktivitású hulladékok a nukleáris tevékenységek során különböző szivárgásokból és folyadékkezelésekből származnak.

Kezelésükkor általában nem szükséges árnyékolást alkalmazni. Térfogatuk jelentős, hacsak nincs újrafeldolgozás. Némelyikük aktivitás szintje alig haladja meg a kibocsátási határértéket.

g) Alfa-sugárzó hulladékok alacsony béta/gamma aktivitással (III)

Üzemanyaggyártásnál és reprocessálásnál keletkező hulladékok.

Alacsony béta/gamma aktivitású folyadékok szilárd maradékai és olyan zagyok, amelyek jelentős mennyiségben tartalmaznak aktinidákat, valamint a nagy aktivitású folyékony hulladékok aktinida-szeparációjából keletkező hulladékok.

A hulladékok veszélyességét a benne lévő alfa-sugárzó nuklidok mennyisége határozza meg, plutónium tartalmuk is jelentős lehet.

h) Üzemanyag sérüléssel járó üzemzavar elhárítás következtében keletkező hulladékok

Üzemanyag kötegek jelentős sérülésével járó üzemzavar felszámolásakor az egyébként kis és közepes aktivitású hulladékok összetétele megváltozik, hasadvány termékek és transz uránok is előfordulnak bennük. A hulladékok veszélyességét a benne lévő alfa-sugárzó nuklidok mennyisége határozza meg.

i) Gáznemű hulladékok (II, III, IV, V.):

A reaktorból, a kiégett üzemanyagból, a gáztalanítási folyamatokból és szellőző rendszerekből származó hulladékok.

A megfelelő eljárás (adszorpció, szűrés, gáztisztítás) útján, a radionuklidon eltávolítása után a tisztított gázok visszakerülnek a környezetbe. A  $^{131}\text{I}$  és a  $^{133}\text{Xe}$  rövid ideig visszatartathatók, hogy bomlással csökkenjen aktivitásuk. A hosszabb életű  $^{85}\text{Kr}$  és  $^{14}\text{C}$  döntően a reprocessálás során keletkezik, és általában kikerül a környezetbe.

j) Kis aktivitású szilárd hulladékok (III.-V.):

A legkülönbözőbb fajtájú hulladékok, eszközök, berendezés-elemek, védőfelszerelések. Egy részük nem is radioaktív, de keletkezésükkor fennáll a potenciális szennyeződésük lehetősége, ezért kis aktivitású hulladékként kezelik.

k) Trícium tartalmú hulladékok (IV, V):

A reaktorban keletkező trícium egy részét visszatartja a fűtőelem burkolat, egy része a hűtőközeg adalékanyagaiból (bór, lítium) keletkezve közvetlenül a hűtőközegbe kerül. Az üzemanyagból kikerülve kis aktivitású hulladékként tekintélyes mennyiségben a környezetbe kerül különböző hulladékvizekkel. Viszonylag kis hányada az atmoszférába jut gőz, vagy gáz alakban.

l) Leszerelésből származó hulladékok és szennyezett talaj (II, III, IV, V.)

A lebontásból származó hulladékok (beton, berendezések, stb.) és a szennyeződött talaj adják ennek a csoportnak a zömét. A nem dekontaminálható anyagok és azok, amelyek aktivitása nem csökken egy bizonyos szint alá. A leszereléskor alkalmazott dekontamináló anyagok egy része szintén ebbe a csoportba tartozik. A leszerelés elhalasztásával jelentősen csökkenthető ennek a hulladéktípusnak a mennyisége, mivel a rövid felezési idejű radioizotópok időközben jelentősen lebomlanak

m) Abnormális hulladékok

Abnormális hulladéknak nevezzük az olyan szilárd, folyékony, vagy légnemű hulladékokat, melyekre az alábbi jellemzők közül valamelyik vonatkozhat:

- mennyisége meghaladja a beépített feldolgozó rendszer kapacitását,
- a fajlagos és/vagy teljes aktivitása meghaladja a feldolgozó rendszer normális, biztonságos működését lehetővé tevő határértékeket,
- a radionuklid összetétel, illetve a hulladék vegyi összetétele vagy fizikai formája az üzemi feldolgozó rendszerekkel nem kompatibilis,
- a hulladék keletkezési helye nincs összeköttetésben a meglévő hulladék feldolgozó rendszerrel,

- egyéb, más okból a hulladék természete nem kompatibilis a beépített rendszerekkel.

## **4.5. Hulladékok forrásai**

### *4.5.1. A szilárd radioaktív hulladékok forrásai*

A normál üzemviteli tevékenység, az átrakási periódusok és a berendezések karbantartása, javítása során különböző forrásokból képződnek a különböző aktivitású szilárd radioaktív hulladékok.

Ezeknek a főbb forrásai a következők:

- a) Elhasználódott és felaktiválódott, vagy felületileg szennyezett berendezések, csővezetékek, szerelvények, hőszigetelések, állványozási anyagok, festékes dobozok, stb.
- b) Átalakításból származó építési anyagok (betontörmelék, faanyag, üveg, stb.)
- c) Az ellenőrzött zónában lévő karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok, elhasználódott szerszámok, stb.)
- d) Karbantartás és üzemeltetés során keletkező „puha” hulladékok (védőruhák, egyéni és kiegészítő védőfelszerelések, szűrőbetétek, törlőrongyok, műanyag fóliák, papír, stb.) és gyöngykovafölddel felitatandó radioaktív iszapok
- e) Az ellenőrzött zónában lévő laboratóriumokban képződő segédanyagok, eszközök (üveg, kémcső, stb.)
- f) Folyadékot tartalmazó törlőrongyok, használt festékes dobozok, használt spray dobozok, stb.

### *4.5.2. Folyékony radioaktív hulladékok forrásai és jellemzésük.*

A nukleáris erőművekben általában a technológiából eredően folyékony radioaktív hulladékok keletkezhetnek. A hulladékok mennyiségi és minőségi jellemzői alapvetően az alábbi tényezőktől függhetnek:

- a) Az erőmű típusától (nyomott vizes, forraló vizes, gázhűtésű, stb.).
- b) Technológiai és rendszerbeli adottságoktól, üzemeltetésüktől.
- c) A technológiai rendszer felépítése, víztisztítók üzemeltetési gyakorlata.

- d) Az üzemeltetési és karbantartási gyakorlattól.
- e) Az üzemeltetés és a karbantartás során alkalmazott technológiai vegyszerek és segédanyag fajtáitól és mennyiségétől.
- f) A dekontaminálások gyakoriságától és az alkalmazott módszerektől.
- g) A hulladékgyűjtés szelektivitásának fokától.

A víz hűtőközegű atomerőművekben keletkező fluid (folyékony és légnemű) hulladékok fő típusai a következők lehetnek:

- a) Radioaktívan szennyezett vizes közegek.
- b) Szennyezett olajok és szerves oldószerek.
- c) Kimerült és szennyezett ioncserélő gyanták és szorbensek.
- d) Szennyezett iszapok.
- e) Szennyezett gázok.

A vízhűtésű atomerőművekben a vizes közegű radioaktív hulladékokat tovább lehet csoportosítani az aktivitás tartalmú és vegyi anyag tartalmuk alapján az alábbiak szerint:

- a) Nagy-tisztaságú hulladékok (berendezés ürítések, reaktor hűtőközeg, bepárlási kondenzátum, stb.).
- b) Alacsony-tisztaságú hulladékok (padlóvizek, szervezetlen szivárgások, stb.).
- c) Vegyszeres hulladékok (dekontaminálás, regenerátumok, bórsav oldatok, stb.).
- d) Detergens tartalmú hulladékok (mosodai vizek, zuhanyvizek, stb.)
- e) Különleges hulladékok (labor vizek stb.).

#### 4.5.3. *Szelektív hulladékgyűjtés*

A hulladékkezelés egyik alapvető követelménye a különböző hulladékfajták szelektív gyűjtése – szegregációja – a hulladék alapvető fizikai és kémiai tulajdonságainak és szennyezettségének alapján.

- a) A szelektív hulladékgyűjtés fő céljai a következők:
  - az aktív és az inaktív hulladékok elkülönítése,
  - a felmenthető hulladékok elkülönítése,



**Műszaki sugárvédelem és radioaktív hulladékkezelés az atomerőművek üzemeltetése során**

---

- a végleges elhelyezésre kerülő különböző kategóriájú hulladékok mennyiségének csökkentése (kis, közepes és nagy aktivitású),
  - a hulladékok elkülönítése a meglévő kezelési technológiai adottságok figyelembe vételével azok optimális hatékonysággal történő kihasználhatósága érdekében,
  - a különböző hulladékok elkülönítése a kezelhetőségük megkönnyítése érdekében.
- b) A folyékony radioaktív hulladékok szelektív gyűjtésének alapvető szempontjai:
- az aktivitás tartalom abszolút értéke, az egyes radionuklidok fajlagos aktivitása,
  - a szennyező radionuklidok felezési ideje,
  - a fizikai állapot, és tulajdonságok (sűrűség, illékonyság, stb.),
  - vegyszer tartalom (összes sótartalom),
  - a hulladékban lévő anyagok kémiai jellemzői (szerves, szervesetlen, lúg, sav, detergens, oxidáló vagy redukáló anyag tartalom, stb.),
  - a pH,
  - a forrás, mint berendezés, vagy rendszer technológiai helyzet.
- c) A csurgalékvizek összetevői a következők lehetnek:
- a bórsavas primerköri ürítések és szervezett szivárgások,
  - a bórsavas és nem bórsavas (primerköri helyiségek takarítása) szervezetlen szivárgások és légtelenítések,
  - a dekontaminálás hulladékai,
  - a primerköri víztisztítók regenerátumai, mosó és lazító vizei.
- d) Ezen kívül a folyékony radioaktív hulladékokhoz tartoznak még az alábbiak
- kimerült primerköri ioncserélő gyanták és transzportvizek,
  - evaporátor savazó oldatok,
  - mosodai és laboratóriumi hulladékok,

- szennyezett szerves oldószerek (mosóbenzin, mosóalkohol, petróleum) és olajok.
- e) Potenciális radioaktív hulladék forrás még a szekunderkör elszennyeződése (pl. gőzfejlesztő szivárgás) esetén:
- a gőzfejlesztő leiszapolás,
  - 5. víztisztító (leiszapolás tisztítása) gyantái, regenerátuma mosó és lazító vizei,
  - a kondenzátum tisztító gyantáinak regenerátuma, mosó és lazító vizei,
  - a fentebb felsorolt folyékony radioaktív hulladékok közül mennyiség szempontjából alapvető jelentőséggel bírnak a csurgalék vizekhez sorolt hulladékok, az evaporátor savazó oldatok, valamint a mosodai és laboratóriumi hulladékok. A szerves oldószerek a tűzveszélyességük miatt alapvetően más kategóriát jelentenek, amelyet az angolszász terminológiában az ún. kevert hulladékok (mixed waste) kategóriájába sorolnak azért, mert egyrészt veszélyes hulladékok, másrészt radioaktív hulladékok is.

#### 4.5.4. *A folyékony radioaktív hulladékok jellemzőiből adódó kezelési lehetőségek*

A radioaktív hulladékok kezelésének két fő célja a térfogatuk csökkentése és a tovább már nem kezelhető radioaktív hulladékok végleges tárolásra alkalmas – kondicionált – formába hozása. A folyékony hulladékok térfogatának csökkentését el lehet érni az alábbi szempontok szerint elvégzett kezeléssel:

- a) Az inaktív ballaszt anyagok eltávolítása a hulladékból lehetőleg újra hasznosítható formában.
- b) A radioaktív szennyezők kis térfogatban történő koncentrációja.
- c) A radioaktív szennyezők megkötése a lehető legkisebb térfogatú szorbens mátrixban nagy dekontaminálási faktorral és nagy térfogat-csökkentési tényezővel.
- d) Az inaktív és radioaktív anyagokra meghatározott kibocsátási korlátok betartásával a hulladékok feldolgozásából eredő effluensek kibocsátása a környezetbe.

A végleges tárolásra alkalmas forma kialakítása a tovább már nem kezelhető folyékony radioaktív hulladék radionuklid tartalmának beágyazása a végleges elhelyezés alapvető kritériumainak megfelelő alkalmas mátrix anyagba.

## **4.6. Hulladékformák**

A hulladék kezelés eredményeként a következő hulladékformákkal lehet számolni:

- a) Tömörített és tömörítetlen vegyes szilárd hulladék.
- b) Kondicionált ioncserélő gyanta.
- c) Kondicionált iszapok.
- d) Kondicionált bepárlási maradék.
- e) Kondicionált egyéb folyékony hulladék.
- f) Folyékony hulladék feldolgozás termékeként keletkező cézium szűrőpatron.
- g) Folyékony hulladékfeldolgozás melléktermékeként keletkező szűrőpatronok.

A leszerelési hulladékok esetén új hulladékformák (öntecsek, építési törmelék, stb.) megjelenésével is lehet számolni.

### *4.6.1. A hulladékformák aktivitás koncentrációjára vonatkozó megkötések*

- a) A hulladékok aktivitás tartalmának gamma sugárzó hányadára a kontakt dózisból kiindulva lehet koncentráció határértéket származtatni.
- b) A gamma és béta sugárzó izotópokra a csomag leejtéséből, elárasztás utáni kioldódásból és szállítás vagy átmeneti tárolás közben tüzesetből lehet koncentráció határértékeket képezni.
- c) A hosszú élettartamú komponensekre a biztonsági elemzés metodikájának megfelelően lehet koncentráció határértékeket képezni.

### *4.6.2. Az összaktivitást meghatározó tényezők vizsgálata*

- a) A hulladékmennyiségből valamint az egyes adagok átlagos és maximális aktivitás koncentrációiból becsülhető az összaktivitás értéke.

- b) Az üzemviteli, üzemzavari és leszerelési hulladékok becsült mennyisége és az aktuális, mért aktivitás eloszlások alapján meghatározhatók a tárolókba lerakásra kerülő hulladékok izotóp tartalmának egyedi értékei.
- c) Célszerű vizsgálni a bioszféráig eljutó aktivitás környezeti következményei alapján meghatározható összaktivitást is oly módon, hogy a biztonsági elemzésben szereplő bioszféra modell alapján visszaszámíthatók azok az izotóp specifikus értékek, amelyek a környezetben az engedélyezhető lekötött dózis egyenérték megszorítást, vagy annak tört részét okozzák. A számítást az alkalmazott forгатókönyvekhez, s az egyszerűsített geoszféra modellhez rendelik hozzá.
- d) Üzemanyag sérüléssel járó üzemzavar következtében a hulladékban a normál üzemi értékeknél jóval nagyobb koncentrációban mérhetők transzurán (TRU) radioizotópok. A geológiai tárolókra készült biztonsági elemzések alapján meghatározzák azon TRU összaktivitás koncentrációt és hulladék mennyiséget, melynél még kellő tartalékkal be lehet tartani a jogszabályban megadott 100  $\mu\text{Sv}/\text{év}$  dózis-megszorítási értéket anélkül, hogy TRU szeparációt kelljen végezni.

#### 4.6.3. *A hulladékformákkal szembeni egyéb megkötések*

- a) A szilárd hulladéknak olyan szerkezeti stabilitása legyen, hogy hosszabb távon képes legyen megkötni az anyagmátrixban lévő radioizotópokat a nyomás, a hő és sugárzásbehatások ellenére. Cementezett hulladékoknál a nyomószilárdság 200-400  $\text{kp}/\text{cm}^2$  legyen, a kioldási tényező pedig nem több mint naponta  $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ g}/\text{cm}^2$
- b) A hulladékok között csak olyan mennyiségű korróziós folyamatot előidéző (elősegítő) anyag legyen, amennyi nem okozza a hulladékcsomag integritásának elvesztését, annak tervezett élettartama alatt.
- c) Az engedélyes a hulladékformát oly módon állítja össze, hogy a hő és sugárzás által közölt energia illetve az általuk előidézett hatások ne kockáztassák az egész tárolás biztonságát. Az elkészített hulladékcsomagok feleljenek meg a kis- és közepes aktivitású hulladékokra vonatkozó korlátnak.
- d) A radioaktív hulladékot tartalmazó csomag nem lehet „Tűzveszélyes” minősítésű, így gyulladási hőmérséklete (gyújtóforrással vizsgálva) a 300 °C-ot meghaladja.

**Műszaki sugárvédelem és radioaktív hulladékkezelés az atomerőművek üzemeltetése során**

---

- e) Az engedélyes a hulladékokban elfogadható alacsony szinten tartja a gáztermelést előidéző anyagokat és mikrobiológiai szennyeződéseket, hogy ez által ne sérüljön a hulladék elhelyezés gát rendszere és megakadályozza a radioizotópok kikerülését a környezetbe.
- f) Szerves anyagok – elsősorban cellulóz származékok (fa, papír, textil) - csak oly mennyiségben forduljanak elő a hulladékokban, hogy bomlásuk ne veszélyeztesse a tárolás, elhelyezés biztonságát, beleértve a szellőztetést is.
- g) A hulladékcsomagban a szabad folyadéktartalom olyan alacsony legyen, hogy káros kémiai reakciók ne tudjanak számottevő mértékben megindulni. A szabad víztartalom minden csomagban 1 térfogat% alatti.
- h) A folyékony hulladékokba bekerülő, vagy esetleg kémiai átalakulások során képződő komplexképzők mennyiségének korlátozását abból a feltételezésből kiindulva lehet becsülni, hogy a komplexhez kötött aktivitástartalom megkötődés nélkül fog eljutni a bioszféráig. A hulladékokban várhatóan előforduló EDTA mellett vizsgálják a citromsav komplexeket és a szilárd hulladék biológiai bomlásakor esetleg keletkező cellulóz származékokat, poliszaharidokat is. A kelát- és komplexképző vegyületek mennyiségét a hulladékokban megfelelő technológiák alkalmazásával (komplex bontó) minimális értékre szorítja. Az összes ilyen jellegű szennyező mennyisége nem lehet több 0,1 %-nál. Annak érdekében, hogy a tárolás biztonságát megfelelően számolni lehessen megbecsüli a csomagban lévő kelát-és komplexképző vegyületek mennyiségét
- i) Robbanó anyag a hulladékok között nem fordulhat elő.
- j) A hulladék kezelést végzők kizárják, hogy a kezelés során gyúlékony, öngyulladásra hajlamos anyag a hulladékba kerüljön.
- k) A toxikus és veszélyes anyagok jelenlétét a hulladékcsomagban lehetőleg ki kell zárni. A veszélyes anyagok mennyisége az 1 tömegszázalékot nem haladhatja meg a hulladékban.
- l) Hasadó anyag a hulladékban csak olyan mennyiségben szerepelhet, ami kizárja a kritikusság előállítását, továbbá a kezelés eredményeül kapott csomag kielégíti az adott tárolóra készült biztonsági elemzés követelményeit.

- m) Az üzemeltető törekszik az egyes hulladék csomagokon belül a hulladék egyenletes elosztására, illetve arra, hogy azonos hulladékfajták egy hulladékformába kerüljenek.

#### 4.6.3.1. A csomagolással szembeni elvárások

A csomagolás, mint a védelem része a hulladék feldolgozás és tárolás folyamatában fontos szerepet játszik. Az üzemeltető a csomagolást egységesíti, ami megkönnyítheti a tárolást, és a végleges elhelyezés tervezését. Ezt figyelembe véve a csomagolásra vonatkozóan az alábbi elvárások tehetők:

- a) A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokra a következő csomagolási formák ajánlhatók:
- 200 l-es hordó,
  - 400 l-es hordó,
  - szabványos, vagy egyedi konténer,
  - egyedi formák korlátozott mennyiségben, illetve továbbcsomagolási lehetőséggel. (PI Cs- patronok konténerben, speciális szűrő patronok stb).
- b) A végleges elhelyezésre előkészített göngyöleg felületén mért dózisteljesítmény lehetőleg ne legyen nagyobb, mint 2,5 mGy/h.
- c) A hulladékcsomag tetszőleges pontjain vett dörzsmintákkal meghatározza az alfa, béta és gamma felületi szennyezettséget.
- d) A hulladékcsomag felületén nem fixált szennyezettség nem lehet.
- e) Meghatározza a csomagok maximális töltő súlyát és terhelhetőségét a csomagok egymásra pakolásának, szállíthatóságának figyelembe vételével.
- f) A csomagok lezárását kinyílás mentesen oldja meg, továbbá a csomagon belüli, tervezett túlnyomást, hőmérséklet hatásokat bírja.
- g) A csomagolás geometriája és a választott anyag minősége tegye lehetővé a csomag roncsolás mentes aktivitás tartalom meghatározását és dekontaminálhatóságát.
- h) Az üzemeltető megvizsgálja a csomagolás külső és belső bevonattal való ellátásának szükségességét.

- i) A csomagolással összefüggő műveletek kiválasztásának fő szempontja, hogy a csomagsérülés kockázata minél kisebb legyen.
- j) A csomagokat azok teljes kezelési ideje alatt megmaradó azonosító adatokkal látják el, a következő tartalommal:
  - azonosító szám,
  - felszíni dózisteljesítmény,
  - csomagolás dátuma,
  - összsúly.

#### 4.6.4. *Hulladékkezelési szabályzat*

Az üzemeltető olyan dokumentummal rendelkezik, amit belső minőségbiztosítási rendszere jóváhagyott és a témakör fontosságának megfelelően tárgyalja a radioaktív hulladékok gyűjtését, tárolását és kezelését. Ebben a dokumentumban dolgozza ki az alábbi adminisztratív és műszaki intézkedéseket:

- a) Az üzemeltetésben résztvevő szervezetek feladatai és felelőssége a radioaktív hulladékok vonatkozásában.
- b) A radioaktív hulladékok jellemzése, osztályozása.
- c) A nagyaktivitású hulladékok gyűjtésének szabályozása.
- d) A kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok gyűjtésének szabályozása.
- e) A nem szilárd radioaktív hulladékok (folyékony, iszap), továbbá a tűz- és robbanásveszélyes radioaktív hulladékok kezelésének szabályozása.

##### 4.6.4.1. Szilárd radioaktív hulladékok jellemzése, osztályozása

- a) Az üzemeltető az atomerőmű ellenőrzött zónájában keletkező szilárd hulladékokat mindaddig radioaktív hulladékoknak tekinti, amíg a vonatkozó, hatóság által jóváhagyott szabályozás szerint elvégzett mérés alapján ez ki nem zárható.
- b) Az üzemeltető a szilárd radioaktív hulladékoknak azokat a meghatározott alakú és térfogattal rendelkező hulladék anyagokat tekinti, melyeket sugárvédelmi jellemzőik miatt nem lehet közönséges hulladékként kezelni. A gyakorlatban ez a sugárvédelmi jellemző a 200-400 literes göngyölegek felületétől, illetve nagyobb tárgyak felületétől 10

cm-re mérhető legnagyobb dózisteljesítmény. A szilárd hulladékok, illetve iszapok közönséges hulladékká minősítését a sugáregészségügyi hatóság által megadott kritériumok szerint hajtják végre.

- c) A radioaktív hulladékká minősített anyag kis- és közepes vagy nagyaktivitású lehet. Az osztályozás alapja elsősorban az aktivitáskoncentráció, azonban ha alfasugárzó nuklid jelenléte kizárható, és az aktivitáskoncentráció alapján az osztályozás megbízhatóan nem végezhető el, akkor a hulladékok felületétől 10 cm-re mért legnagyobb dózisteljesítmény alapján történik az osztályozás.

#### 4.6.4.2. A kis- és közepes aktivitású szilárd hulladékok gyűjtése, szállítása

- a) A szilárd radioaktív hulladékok gyűjtésére a sugárveszély nemzetközi jelével, illetve egyértelmű színkóddal ellátott fémhordó vagy műanyag zsák használható.
- b) Az üzemeltető az üzemeltetés és karbantartás alatt a tevékenységeket úgy szervezi, hogy a lehető legkevesebb hulladék keletkezzen, és a hulladékokat szervezeten, még a keletkezés helyén összegyűjtsék.
- c) A radioaktív hulladék mennyiségének csökkentésére az ideiglenes tárolás alatt, de még a térfogatcsökkentő technológia alkalmazása előtt olyan válogató eljárás iktatható be, mely az esetleg inaktívvá minősíthető hulladékdarabokat kiszűri az egyes csomagokból.
- d) A gyűjtőedényekbe nem helyezhetők tűz- és robbanásveszélyt okozó anyagok, illetve azok, melyek a tárolás, szállítás során folyadékkiválást eredményeznek. Ezen anyagok csomagolását, gyűjtését esetileg szabályozzák.
- e) A gyűjtőedények köré vont kordonnál a dózisteljesítmény ne haladja meg a 20  $\mu\text{Sv/h}$  értéket. A kordont a sugárveszély felirattal, valamint a sugárveszély mértékét jellemző felirattal látja el.
- f) Szilárd radioaktív hulladék szállítása további kezelésre, közbenső tárolási helyre, illetve az ideiglenes tárolókba a hulladék minősítésének megfelelő szállítóeszközzel történhet. A szállító eszközöket sugárveszélyt jelző táblával látják el.
- g) A szállítást végzők a szállításhoz a legrövidebb biztonságos útvonalat veszik igénybe.



- h) Amennyiben a hulladékkezelési technológia szükségessé teszi a hulladékok ellenőrzött zónán kívüli szállítását a szállítást végzők a következők betartása mellett végzik el:
- A szállító jármű rakfelület radioaktív elszennyeződésének megakadályozására dekontaminálható edények, illetve fóliaborítás használható. Ez a megoldás a radioaktív anyagok, szennyeződések lokalizálására is alkalmas.
  - A járművön csomagolatlan hulladék nem helyezhető el.
  - A szállítás során a jármű ne maradjon őrizetlenül, mert ez személyek indokolatlan sugárterhelését eredményezheti. Megállni csak forgalmi, vagy műszaki okból szabad.
  - A rakomány elrendezésével, illetve árnyékolásával biztosítandó, hogy a vezetőülésnél a dózisteljesítmény ne haladja meg a 20  $\mu\text{Sv/h}$ , a gépkocsi oldallapjától 10 cm-re a 2 mSv/h, 2 m-es távolságban pedig a 100  $\mu\text{Sv/h}$  értéket.
  - A szállítást végzők a szállító járművön a sugárveszély jelzésének elhelyezésére figyelmet fordítanak.
  - A szállítást nyilvántartás tartalmazza, mely rögzíti a szállítás időpontját és az átszállított göngyölegek mennyiségét.
- i) Amennyiben a szállítás az atomerőmű telephelyén kívülre történik, a kiszállításkor a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás (ADR) 7. osztálya (Radioaktív Osztály) előírásai a mértékadók.

#### 4.6.4.3. Szilárd radioaktív hulladékok ideiglenes tárolása

- a) Az engedélyes az atomerőmű ellenőrzött zónájában a zsákos csomagolású hulladékok napi tárolására helyiségeket, illetve helyiségrészeket biztosít és jelöl ki. A napi tárolóhelyeken kívül gondoskodik a tárolás szempontjából biztonságos, tartaléknak tekintendő helyiségekről is.
- b) A préseléssel vagy egyéb technológiával kezelt, hordós csomagolású radioaktív hulladékok tárolására az ellenőrzött zónán belül ideiglenes tároló helyeket biztosít és jelöl ki.
- c) A zsákokban és hordókban ideiglenesen tárolt radioaktív hulladékok mennyiségét olyan szinten tartja, hogy az ideiglenes tárolóban történő

elhelyezés és tárolás során az ne veszélyeztesse a normál üzemviteli tevékenységet.

- d) A szállításnál, illetve a tárolásra történő lerakásnál esetleg megsérült zsákokat a radioaktív anyagok kiszóródásának megakadályozása érdekében újra csomagolják.
- e) Az üzemeltető, vagy karbantartást végző személyzet esetlegesen jelentős mértékű, indokolatlan sugárterhelése miatt olyan göngyölegek tárolása, melyeknek dózisteljesítménye meghaladhatja az adott helyiségkategóriára jellemző dózisteljesítmény értékét, csak árnyékoló fal mögött, vagy figyelmeztető feliratokkal ellátott kötélkordon mögött lehetséges.
- f) Az ideiglenes tároló helyek legyenek ellátva sugárvédelmi jelzésekkel és a szükséges tűzvédelmi eszközökkel.

#### 4.6.4.4. Szilárd radioaktív hulladékok kezelése

- a) A radioaktív hulladékok kezelésének célja a keletkezett hulladék térfogatának csökkentése, illetve előkészítése az atomerőmű telephelyén lévő ideiglenes tárolóba történő szállításra. Ennek során a hulladékot olyan göngyölegbe helyezik, mely a szállításnál és az elhelyezésnél környezetvédelmi és sugárvédelmi célokat is szolgál.
- b) Az üzemeltető a térfogat csökkentésre kiválasztott technológia alkalmazásánál kiemelten figyelembe veszi a sugárvédelmi szempontokat. A térfogatcsökkentés eredményeként ne jöjjön létre nagyaktivitású hulladék.
- c) A térfogatcsökkentést követően az alkalmazott göngyöleget biztonságosan lezárja, sugárveszély jellel és sorszámmal látja el.
- d) A térfogat csökkentési technológia alkalmazását követően az elkészített hulladékcsomagokról nyilvántartást vezet a következő adatokkal:
  - a göngyöleg száma,
  - a kezelés időpontja,
  - a kezelés módja,
  - a göngyöleg tömege,
  - a felülettől 10 cm-re mérhető max. dózisteljesítmény ( $\mu\text{Sv/h}$ -ban)

- aktivitás (Co60 -ra vonatkoztatott számított érték),
- a tárolás helye.

#### 4.6.4.5. A nagyaktivitású szilárd radioaktív hulladékok gyűjtése, elhelyezése, átmeneti tárolása és nyilvántartása

- a) Olyan hulladék anyagokat, melyeknél a göngyöleg, vagy a nagyobb méretű hulladék felületétől 10 cm-re mérhető maximális dózisteljesítmény a 10 mSv/h értéket meghaladja, az üzemeltető nagyaktivitású hulladékként kezeli.
- b) A nagyaktivitású szilárd hulladékok erőművön belüli átmeneti tárolására az erre a célra tervezett, illetve létesített tároló kutak használhatók. A nagy aktivitású szilárd hulladékok keletkezésüktől a tároló kútba való elhelyezésükig erre a célra engedélyezett, illetve minősített tároló konténerekben is elhelyezhetők, amennyiben ennek módja megfelelően szabályozott. A nagyaktivitású hulladékok végleges elhelyezése az atomerőmű leszerelésével egyidejűleg kerül megoldásra.
- c) A kutakba csak előre elkészített hulladékcsomagok helyezhetők. A későbbi visszanyerhetőség érdekében a hulladékcsomagok daruzás szempontjából megfelelő megfogási lehetőséggel rendelkeznek.
- d) A hulladékcsomagok előkészítése során fontos, hogy azok külső felülete - amennyiben ez ésszerűen elérhető - ne szennyeződjön el.
- e) A tároló kutakba folyadékkiválást, gázok képződését eredményező anyag, illetve gyúlékony, robbanásveszélyes hulladék ne kerüljön.
- f) Az egyes tároló kutakba csak azonos típusú hulladékok kerüljenek optimális térkitöltéssel.
- g) A feltételezhetően nagyaktivitású hulladékokat az üzemeltető a keletkezés helyén dozimetriai mérések alapján szelektálja. A tároló kapacitást feleslegesen ne terhelje nem nagyaktivitású hulladék.
- h) A kutakban elhelyezett hulladékokról nyilvántartás tartalmazza mindegyik kút vonatkozásában a következőket:
  - az elhelyezés időpontja,
  - a felülettől 10 cm-re mérhető maximális. dózis teljesítmény (mSv/h-ban) az elhelyezés idején,

- az aktivitás becsült értéke (Co60-ra vonatkoztatott számított érték) az elhelyezés idején,
- tárolási pozíció,
- az elhelyezett anyag jellege, származási helye.

#### 4.6.4.6. A nem szilárd halmazállapotú radioaktív hulladékok kezelése

Az üzemeltető minden lehetséges intézkedéssel ügyel a technológiai rendszereken üzem közben tapasztalható szivárgások, folyások csökkentésére, továbbá ezen hulladékok gyűjtésére, feldolgozására. A következő alapelvek szerint:

##### a) Az atomerőmű alábbi hulladékfajtáinak gyűjtése és kezelése:

- primerköri szervezetlen szivárgások és légtelenítések bórsavas hulladékai,
- helyiség dekontaminálások hulladékai és egyéb csurgalékvizek,
- primerköri víztisztítók regenerálási hulladékai és lazító vizei,
- primerköri víztisztítók ioncserélő gyantái,
- berendezés dekontaminálások vegyszeres hulladékai,
- evaporátor savazó oldatok,
- primerköri laboratóriumi és mosodai hulladékok, szennyezett zuhanyvizek,
- radioaktív iszapok, melyek a tárolás, illetve kezelés során keletkeznek,
- a szekunderköri víz radioaktív elszennyeződésével járó üzemzavarok esetén a teljesáramú kondenzisztító mágnesszűrőjének mosóvize és kevertágyas ioncserélőjének regenerátuma,
- szerves anyagokat tartalmazó radioaktív hulladékok.

##### b) A betervezett és létesített víztisztító, hulladékkezelő, illetve tároló rendszerek biztosítsák az előző pont szerinti hulladékok szelektív gyűjtését, feldolgozását, tárolását.

- c) A folyékony radioaktív hulladékok tárolása során olyan manipulációs lehetőséget biztosít, mellyel üzemzavari szituációban megoldható bármely hulladéktároló tartály tartalmának egy másikba történő áttöltése.
- d) Folytonos javító intézkedéseket tesz a következők érdekében:
- a bórsavas hulladékok egyéb folyékony hulladékoktól való elkülönített gyűjtése, kezelése,
  - a nagymennyiségű hulladékot termelő dekontaminálási műveletek hulladékainak kezelésére in-szitu mobil tisztító rendszereket alkalmaz,
  - olyan hulladékkezelési technológiát alkalmaz, mely a folyékony hulladékokból szilárd, csomagolt kis-, vagy közepesaktivitású radioaktív hulladékot állít elő,
  - az evaporátor savazó oldatok tisztítására külön speciális technológiát alkalmaz,
  - az elsődlegesen illetve másodlagosan keletkező radioaktív iszapok transzportálására, kezelésére és feldolgozás utáni tárolására megfelelő technológiákat alkalmaz,
  - a hulladékkezelési technológiák másodlagos radioaktív hulladékainak kezelésére, kondicionálására megfelelő technológiákat alkalmaz.

#### 4.6.4.7. Abnormális hulladékok kezelése

- a) Abnormális hulladék keletkezése esetén annak gyűjtését azonnal megkezdik. Gondoskodnak a hulladékok szeparált gyűjtéséről, biztosítva, hogy amennyiben üzemzavar következményeként keletkezett az adott hulladék, az üzemzavart követő intézkedések eredményeként ne jöjjön létre feldolgozhatatlan hulladék.
- b) Abnormális folyékony hulladék (pl. üzemzavari primerköri leürítés) tárolására folyamatosan biztosít üres tárolókapacitást.
- c) Az abnormális hulladékok feldolgozási technológiájának kiválasztásakor figyelembe veszik a hulladékok eredetét, a meglévő kezelési technológiákat, valamint a végleges tárolás formáját és a tárolás módját, amennyiben az ismert. A kiválasztáskor olyan elemzést készítenek, mely kitér az alábbiakra:

- a hulladék végleges formája,
- a hulladék belső szállítása,
- ha az szükséges, a hulladék atomerőművön belüli átmeneti tárolása,
- a hulladék végső csomagolása és végső elhelyezése, beleértve az ekkor megengedett aktivitás mértékét,
- a szükséges sugárvédelmi árnyékolások,
- az üzemviteli személyzet jártassága a kiválasztott technológiában,
- a másodlagos hulladékok mennyisége,
- a kiválasztott rendszer meghibásodási lehetőségei, és azok következményei.

## **4.7. Kibocsátások**

### *4.7.1. A folyékony radioaktív kibocsátások*

Az üzemeltető a környezetvédelmi hatóság vonatkozó előírásait is figyelembe vevő, megfelelően jóváhagyott vízkibocsátási rendet alkalmaz az atomerőmű radioaktív anyagokkal szennyezett, vagy potenciálisan szennyezett hulladék vizeire. A vízkibocsátási rend az alábbiakat tartalmazza:

- a) Részletes, - a műszaki tervet és az üzembe helyezési tapasztalatokat figyelembe vevő - engedélyezett kibocsátási útvonalak az ellenőrzött zónában. Itt az egyes számításba jöhető víztisztítókhoz tartozó ellenőrző tartályok és az ellenőrzött zónából kivezető csővezeték alfanumerikája mellett a kibocsátás célállomása is feltüntetve. Külön gondot fordít arra, hogy a javításon, illetve főjavításon levő blokkokon a berendezések műszaki felülvizsgálatából, tisztításából származó kibocsátásra kerülő vizek útvonala is előre meghatározott legyen.
- b) A műszaki tervet, az üzembe helyezési tapasztalatokat és a kibocsátásra kerülő vizek víznormáira vonatkozó hatósági előírásokat figyelembe véve részletesen szabályozza a kémiai és radioaktív szennyeződésre vonatkozó ellenőrzési szinteket. Itt nem hagyható figyelmen kívül a vízkibocsátási útvonal kiindulópontjára vonatkozó technológiai

paraméterek mellett a kibocsátás célállomása sem. Az egyes ellenőrzési szintekhez lépcsőzetes engedélyezési eljárást kapcsol.

- c) A kibocsátások időszakára vízkibocsátási útvonalanként részletezi az üzemeltetői tevékenységeket és felelőségeket.
- d) Az ellenőrző tartályokban előfordult, a kibocsátási víznormák határértékeit túllépő összetételű közegek kezelésére eljárásokat dolgoz ki.
- e) A vízkibocsátás végrehajtásának ügyviteli rendje, melyben szerepelteti:
  - a kibocsátás kezdeményezésének adminisztratív rendjét,
  - az armatúrák plombálásának adminisztratív rendjét,
  - a reprezentatív mintavétel érdekében tett intézkedéseket és a mintavétel rendjét,
  - a minták feldolgozásának rendjét,
  - a teendőket nem hihető mérési eredmények esetén,
  - a minták mérési eredményeit rögzítő jegyzőkönyvezés rendjét,
  - a kibocsátás mérési eredmények alapján történő engedélyezésének rendjét.
- f) Az üzemeltető megfelelően jóváhagyott és aktualizált kezelési utasításokkal rendelkezik a vízkibocsátásban résztvevő valamennyi technológiai rendszerre.

#### 4.7.2. *Légnemű radioaktív anyagok kibocsátása*

- a) Az atomerőmű légnemű hulladékai a hermetikus tér szívó szellőzőrendszereiből, valamint az aktív gáztisztító rendszerekből kerülnek ki a szellőzőkéményen keresztül. Átrakási üzemmódban a depressziót biztosító szellőzőrendszer helyett a karbantartási szellőzőrendszer van üzemben. Ezen üzem-állapotban üzemben legyen az átrakás során nyitott vízfelületű medencék felett légfüggőnyt biztosító szellőzőrendszer minden olyan esetben, mikor annak működése az alkalmazott technológiát nem zavarja.
- b) Célszerű megteremteni annak lehetőségét, hogy a reaktor csarnok levegője üzemzavari helyzetekben jódtól megszűrve jusson a szellőzőkéménybe.

- c) Az üzemeltető a reaktorblokkok normál üzeme és a karbantartások alatt is folyamatosan biztosítsa a kibocsátásban résztvevő rendszerek megfelelő műszaki állapotát, a kéményen kiáramló közeg mennyiségének, hőmérsékletének, páratartalmának eseti mérését, aktivitásadatainak folyamatos mérését, illetve rögzítését.
- d) A légnemű radioaktív kibocsátások dokumentálása olyan legyen, hogy abból az atomerőmű teljes élettartama alatt visszamenőleg is bizonyítani lehessen a vonatkozó hatósági korlátok betartását.

## **4.8. Sugárvédelmi ellenőrzések**

### *4.8.1. Az Üzemeltető sugárvédelmi szervezete*

- a) Az üzemeltető olyan, az üzemviteli és karbantartási szervezetektől független szervezeti egységgel rendelkezik, illetve működtet, melynek vezetője az üzemeltető szervezet legfelső vezetősége előtt képes és köteles képviselni a sugárvédelmi szempontokat.
- b) Az engedélyes a sugárvédelmi szervezeti egységét létszámban és szakmailag úgy tölti fel, illetve csoportosítja alegységekbe, hogy az képes legyen az alábbi feladatok szervezett elvégzésére:
- az üzemi terület komplex sugárvédelmi ellenőrzése,
  - dózistérképek készítése a fővízköri berendezések és főbb sugárveszélyes területek környezetéről,
  - a személyzet dozimetriai ellenőrzése, a dózisadatok értékelése a kompetenciájába tartozó terjedelemben,
  - a sugárvédelmi előírások betartásának ellenőrzése,
  - az ellenőrzött zóna helyiségeinek kezelhetőség szerinti kategorizálása, illetve ennek a mindenkori dozimetriai helyzetnek megfelelő állapotban tartása,
  - a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások ellenőrzése, az utóbbiak üzemi engedélyezése,
  - az üzemegészségügyi szolgálat tájékoztatása a személyzet sugárterheléséről,
  - a radioaktív hulladékok minősítése,



**Műszaki sugárvédelem és radioaktív hulladékkezelés az atomerőművek üzemeltetése során**

---

- az erőmű környezetének üzemi sugárvédelmi ellenőrzése az illetékes hatóságok által jóváhagyott program szerint,
  - az ÁVIT-ből a szervezeti egységre háruló feladatok teljesítése,
  - a szennyvízkezelő telepen keletkezett hulladék iszapok kategorizálása, a kiszállítás engedélyezése,
  - a sugárvédelmi szabályozással kapcsolatos előkészítő munkák,
  - a sugárvédelmi oktatással kapcsolatos rájuk háruló tevékenységek,
  - sugárvédelmi előírások megszegésének kivizsgálása,
  - a sugárvédelmet érintő események tapasztalatainak megismertetése az érintett személyzettel,
  - jelentések készítése az érintett sugárvédelmi hatóságoknak,
  - kezelési, karbantartási, üzemviteli utasítások szakvéleményezése sugárvédelmi szempontból,
  - sugárveszélyes munkavégzés engedélyezése a kompetenciájába tartozó terjedelemben,
  - a sugárveszélyes munkavégzéssel kapcsolatos indokoltság ellenőrzése,
  - az ALARA elv alkalmazásának folyamatos elősegítése és felügyelete.
- c) A sugárvédelmi szervezet jogkörét a fenti feladatainak ellátására megfelelő szinten szabályozza. A szabályozás kitér az alábbiakra:
- a sugárvédelmi szervezet által kiadott sugárvédelmi rendelkezések betartásának kötelezővé tétele az atomerőműben dolgozó minden személy részére,
  - a sugárvédelmi rendelkezések üzemeltető szervezeten belüli megváltoztatásának rendje,
  - a sugárvédelmi előírások megsértésével kapcsolatos rendszabályok,
  - az atomerőmű üzemi, karbantartási körülményei és a sugárbiztonsági előírások közötti eltérés kezelése,

- az egyes sugárveszélyes munkák során alkalmazandó egyéni dózismérők, védőeszközök illetve védőfelszerelések meghatározásának rendje,
- a belső sugárterhelés ellenőrzésének rendje.

#### 4.8.2. A sugárvédelmi ellenőrző rendszer

Az üzemeltető a műszaki tervben és az aktuális biztonsági jelentésben foglaltaknak, továbbá a mindenkori műszaki színvonalnak megfelelő olyan, lehetőleg központi helyről irányított sugárvédelmi ellenőrző rendszert működtet, mely az alábbi alapelemekből áll:

##### a) Mintavételi rendszerek

- Biztosítva legyen, hogy az ellenőrzött zónában folyamatos vagy szakaszos mintavételi lehetőség legyen a helyiségek levegőjéből illetve a szellőző rendszerekből és a gáztisztító rendszerekből.
- Biztosítva legyen, hogy a fővízkörben, illetve azoknál a technológiai rendszereknél, melyek azzal kapcsolatban állnak, mintavételi lehetőség álljon rendelkezésre.

##### b) Légnemű közegek ellenőrzése

- A levegő- mintavételi rendszer egyes ágai által szállított levegő mennyiségét úgy helyes beállítani, hogy minden olyan helyiség, illetve szellőző és gáztisztító rendszer esetében, ahol légnemű radioaktív anyagok megjelenése feltételezhető, a jelen levő radioaktív nemesgáz, aeroszol vagy jód mennyiségének meghatározására minél pontosabb információ álljon rendelkezésre.
- Radioaktív nemesgázok megjelenése a technológiai rendszerek inhermetikusságáról, a gáztisztító rendszer hatékonyságáról, illetve a kibocsátásokról ad információt. Ezeknek az információknak a megfelelő felhasználásával rejtett hibák, egyes technológiai rendellenességek állapíthatók meg. Ezért fontos az ellenőrzés a következő területeken:
  - olyan helyiségekben, ahol primerköri folyásra lehet számítani,
  - a gáztisztító rendszer megfelelő kimeneti pontjain,
  - az ellenőrzött zóna szívó szellőzőrendszereiben, illetve a kéményben.

- A légnemű radioaktív anyagok mérésére szolgáló eszközök típusát, méréstartományát úgy választja meg, hogy a szennyezett, vagy felaktiválódott berendezések karbantartásra történő megnyitása, illetve a primerköri szervezett és szervezetlen szivárgások miatt a levegőbe kerülő, valamint a gáztisztító rendszerekbe, illetve a kéménybe jutó radioaktív aeroszolok és jód mennyiségéről megfelelő információ álljon rendelkezésre.

c) Technológiai rendszerek ellenőrzése

- Az üzemanyag kazetták üzem közbeni inhermetikussá válásának időben való jelzésére, továbbá a fővízkörhöz, illetve radioaktív közegeket tartalmazó primerköri technológiai rendszerekhez kapcsolódó, de azoktól leválasztott technológiai rendszerekben üzemzavar miatt megjelenő radioaktivitás időben való jelzésére megfelelő detektáló egységek álljanak rendelkezésre és kerüljenek alkalmazásra.
- Eljárások legyenek a mérőrendszerek meghibásodásának elhárítására, illetve a mérések hihetőségének vizsgálatára.

d) Dózisteljesítmény mérések

- Az ellenőrzött zóna helyiségeinek, az üzemi területnek és a kiemelt technológiai rendszerek (a hőhordozó részáramú víztisztítója, gáztisztító rendszerek) környezetének sugárzási helyzetét folyamatosan ellenőrzi a dózisteljesítmény mérők alkalmazásával.
- Megfelelő műszaki és szervezési intézkedésekkel biztosítva legyen a detektorok folyamatos működőképességének fenntartása.
- Amikor a dózisteljesítmény elér egy-egy, az adott helyre megállapított határértéket, akkor a növekedést hang- és fényjelzés kísérje, mely a helyszínen tartózkodók figyelmét, vagy a sugárvédelmi személyzet figyelmét felhívja a megváltozott sugárzási körülményekre.
- A dózisteljesítmény növekedés okának megállapítására készüljön eljárás.

#### 4.8.3. A forró pontok kezelése

- a) A forró pontok fogalma alatt a környezetükre jellemző dózisteljesítménytől legalább 1 nagyságrenddel magasabb dózisteljesítményű, rendszerint kis felületre, vagy térfogatra lokalizálódott területeket értjük. A forró pontok a következők szerint jöhetnek létre:
- Csővezetékek, technológiai rendszerek belső felületein a rövidebb, vagy hosszabb ideig bennük pangó radioaktív szennyezőket tartalmazó vízből történő kirakódásokkal, melynek során kisebb felületeken nagyobb aktivitások halmozódnak fel (belső felületek fokozottabb kontaminációja).
  - Nagy aktivitású eszközök, anyagok mozgásánál, megmunkálásánál, dekontaminálásánál való elszóródással.
- b) A forró pontokat kétféleképpen különböztethetők meg:
- zárt forrópont, mikor a magasabb dózisteljesítményt a csővezeték, vagy technológiai rendszer belső felületén lévő lerakódás okozza,
  - nyitott forrópont, mikor a nagy fajlagos aktivitású szemcse, vagy darab a helyiség padozatán, egyéb felületén, légtérben, vagy tárgyain helyezkedik el.
- c) A forró pontok jelenléte az egyes munkaterületeken az ott tartózkodó, vagy tevékenységet végző személyzet nem tervezett mértékű, indokolatlan külső, vagy belső sugárterhelését eredményezhetik. Ennek kiküszöbölése érdekében az alábbi szervezési és intézkedési feladatok megvalósítása indokolt:
- a munkaterületek részletes sugárvédelmi felmérésével a forró pontok beazonosítása,
  - a nyitott forró pont lokalizálásának biztosítása, majd eltávolítása,
  - a beazonosított forró pontok kötélkordonnal elkerítése, ezen figyelmeztető feliratok elhelyezése a sugárzási helyzet feltüntetésével,
  - a magasabb dózisteljesítmény megszüntetése, vagy ésszerű mértékű csökkentése az érintett csőszakasz, vagy rendszer átmosásával, illetve árnyékolásával,

- a forró pontok nyilvántartása, mely időrendileg tartalmazza a forrópont dózisteljesítmény adatán kívül a kezelésével kapcsolatos körülményeket.
- d) A nyitott forró pontok létrejöttének megakadályozását a következő műszaki és szervezési intézkedésekkel biztosítja:
- Fóliázással biztosítja, hogy a reaktor belső szerkezeti elemeinek, az azokat vizsgáló eszközöknek, a kiégett és friss üzemanyag mozgatásával kapcsolatban a vízzel érintkező eszközöknek, a reaktor és a pihentető medence vizével érintkező egyéb eszközöknek és a pihentető medence tartalék tálcáinak kiemelésekor, ezek felületéről ne szóródhasson nagy fajlagos aktivitású szemcse a reaktorcsarnok padozatára.
  - A kontaminált felületek mozgatását nedves állapotban végzi, így megakadályozható a felületükről a nagy fajlagos aktivitású szemcsék kiporzással való elszóródása, vagy légáramba keveredése.
  - A kontaminált felületek megmunkálásánál, tisztításánál és dekontaminálásánál ügyel a felületekről eltávolított radioaktív anyag lokalizálására, összegyűjtésére.
  - Az olyan tevékenységeknél, melyeknél számítani lehet nagy fajlagos aktivitású szemcsék kikerülésére, az azokkal való tevékenység befejezését követő rövid időn belül sugárvédelmi mérésekkel meggyőződik a környező területek forró pont mentességéről.