

# Üzemeltetésből származó radioaktív hulladékok helyzete a paksi atomerőműben

*Elter Enikő, Feil Ferenc*

Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, pf. 71.

---

*A nukleáris alapú villamosenergia-termelés elkerülhetetlen melléktermékei a radioaktív hulladékok, melyek kezeléséről, átmeneti és végleges tárolásáról gondoskodni kell. A téma kiemelt jelentőséggel bír az atomerőmű üzembe helyezése óta és az erőmű üzemidő hosszabbítási céljának megvalósítása kapcsán is.*

---

## Bevezetés

A paksi atomerőmű szakemberei már a tervezési fázisban felismerték, hogy a szovjet tervekben szereplő radioaktív hulladékkezelési, tárolási megoldások fejlesztése elengedhetetlen. A tervezési fázisban tett javaslatok alapján, illetve az blokkok üzembe helyezése során olyan technológiai megoldásokat alkalmaztak, amelyek lehetővé tették a kis-és közepes aktivitású szilárd hulladékok visszanyerhető, rendezett, nyilvántartott módon történő elhelyezését, valamint az üzemviteli folyékony hulladékok forrásoldali mennyiségi csökkentését, átmeneti tárolását. Ez volt az egyik alapja az 1990-es években elkészített koncepciónak, amely a radioaktív hulladékkezelésre vonatkozó közép- és hosszú távú megoldásokat, berendezés igényeket foglalta össze. Elkészítésekor az erőmű üzemeltetése óta megvalósult hulladékkezelési technológiák hatásait, az erőmű beépített tárolókapacitásainak áttekintését, továbbá a nemzeti hulladékkezelési stratégiában történt előrehaladásokat, változásokat is elemezték. A koncepció a hazai jogszabályi változások, a nemzetközi gyakorlatban nyomon követett előrehaladások figyelembe vételével többször változott, de egyben alapul szolgált a hulladékkezelési technológiák alkalmazására kiírt nemzetközi tendereztetésnek s az éves jelentések készítésének.

A koncepció mai formájában az időközben megvalósult hulladékkezelési technológiák és alkalmazásukkal kezelt hulladékok mennyiségének általános összefoglalását, az üzemidő hosszabbítással kapcsolatban a tárolókapacitások folyamatos értékelését, illetve az Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) aktuális közép- és hosszú távú terveivel való kapcsolatot mutatja be. Az erőmű évenként értékeli az előrehaladást, a hulladék mennyiségében és összetételében bekövetkezett változásokat, ennek kihatását a végleges elhelyezésre, mindezeket folyamatosan egyeztetni a végleges elhelyezésért felelős RHK Kft.-vel.

A radioaktív hulladékok kezelése, kategorizálása, elhelyezése témában több cikket, könyvet publikáltak már itthon és külföldön egyaránt, cikkünkben azonban az üzemeltető szemével mutatjuk be a működésből származó radioaktív

hulladékok helyzetét, az üzemeltetőre háruló feladatokat [1], [2], [3], [4].

## A radioaktív hulladékok osztályozása

Radioaktív hulladék minden olyan anyag, amely valamilyen tervezett nukleáris tevékenység során keletkezik, és további felhasználására már nincs igény, ugyanakkor a benne lévő radioizotópok koncentrációja meghaladja a környezetbe történő és biztonságosnak tekintett felszabadítás, kibocsátás, vagy kihelyezés (deponálás) határértékeit.

Az üzemeltetés során keletkező radioaktív hulladékokat többféleképpen lehet csoportosítani, de jellemzően az aktivitás és a halmazállapot alapján történik a gyűjtésük, amelynek alapját az érvényes jogszabályi előírások képezik.

A radioaktív hulladékok osztályozásának általános szempontjait az MSZ 14344-1/2004 szabvány adja meg [6]. A szabvány első verziója már az 1980-as években [5] segítette az erőmű hulladékkezeléssel foglalkozó szakembereit. Azonban jelentős változást eredményezett a napi munkában a 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM [7] rendelet hatályba lépése, amely „a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről” rendelkezik. Az új rendelet hatályba lépését követően át kellett gondolni a radioaktív hulladékok gyűjtésének, válogatásának, minősítésének gyakorlatát.

A hulladékkategorizálás szöveges részletezését mellőzve az 1. táblázat mutatja be a radioaktív hulladékok aktivitás, aktivitás-koncentráció alapján történő osztályba sorolását.

Azonban a napi üzemeltetési gyakorlatban a szilárd hulladékok kezelésével kapcsolatos műveletek során az egyes göngyölegek, gyűjtőedények felületi dózisteljesítményét mérik. A dózisteljesítmény szerinti besorolás viszont csak akkor alkalmazható az üzemviteli szilárd hulladékok esetében, amennyiben alfa-sugárzó és aktinida jelenléte kizárható a hulladékaramból, továbbá a göngyöleg mérete nem haladhatja meg a 400 litert.

1. táblázat A radioaktív hulladékok aktivitás koncentráció szerinti osztályba sorolása

Radioaktív hulladék osztály	Aktivitás-koncentráció viszonyítás
Kis aktivitású	$\sum_i \frac{AK_i}{MEAK_i} > 1 - \sum_i \frac{AK_i}{MEAK_i} \leq 10^3$
Közepes aktivitású	$\sum_i \frac{AK_i}{MEAK_i} > 10^3 - \sum_i \frac{AK_i}{MEAK_i} \leq 10^6$
Nagy aktivitású	$\sum_i \frac{AK_i}{MEAK_i} > 10^6$

ahol  $AK_i$  a radioaktív hulladékban előforduló egyes  $i$ -edik radioizotópok aktivitás-koncentrációi; míg  $MEAK_i$  az  $i$ -edik radioizotóp mentességi aktivitás-koncentrációja.

A 2. táblázat a gyakorlatban alkalmazott, dózisteljesítmény szerinti osztályozást szemlélteti.

2. táblázat A szilárd radioaktív hulladékok dózisteljesítmény szerinti osztályba sorolása

Radioaktív hulladék osztály	Környezeti dózisegyenérték teljesítmény ( $\mu Sv/h$ )
Kis aktivitású	$< 3 \times 10^2$
Közepes aktivitású	$3 \times 10^2 - 10^4$
Nagy aktivitású	$> 10^4$

## A radioaktív hulladékok mennyisége, tárolókapacitások

A bevezetőben már említésre került, hogy az erőmű műszaki tervében leírt koncepcióval összhangban az erőmű üzemidejére a keletkezett hulladékok ideiglenes tárolása az erőmű fő- és segédépületeiben kiépített tárolókapacitásokkal biztosított. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a folyékony hulladékok gyűjtésére 380-550 m<sup>3</sup> térfogatú korrózióálló acéltartályok, míg a szilárd hulladékok átmeneti tárolására szekcionált betonmedencék létesültek. A műszaki tervben a szilárd hulladékok gyűjtése válogatás, kezelés nélkül

szerepelt a gyűjtő zsákok, hordók betonmedencében történő elhelyezésével. Ebben az esetben az erőmű leszerelésekor kellett volna kezelni az összegyűjtött hulladékot, folyamatosan bővítve a tárolókapacitást.

A beépített kapacitások optimális kihasználása érdekében a keletkező hulladék térfogatának forrásoldali csökkentése, a feldolgozás során pedig térfogatcsökkentő technológiák alkalmazása volt az üzemeltetés során az elsődleges feladat. Ennek eredményeként az eddigi üzemeltetés során a tervezettnél jóval kevesebb folyékony és szilárd radioaktív hulladék keletkezett.

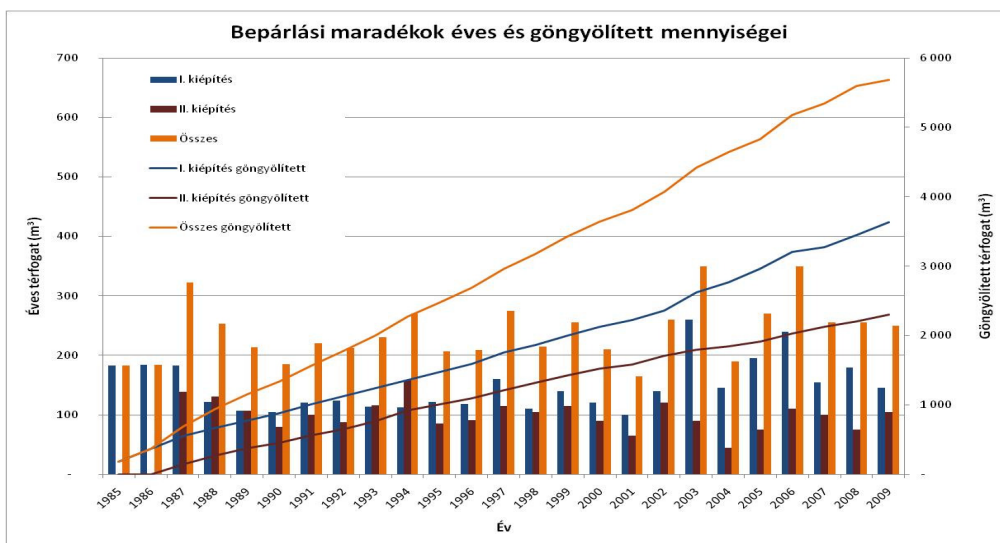
A folyékony hulladékok zömét adó bepárlási maradék (sűrítmény) esetében a végrehajtott műszaki, technológiai fejlesztések jelentősen növelték a besűrítés hatásfokát, amely 180-200 g/dm<sup>3</sup> bórsavtartalmú és 300-400 g/dm<sup>3</sup> összes sótartalmú hulladékot eredményezett. A jelentős térfogatcsökkentés ellenére a folyékony hulladékkezelő technológiák bevezetésében előállt időbeli csúszás miatt 2002-2004 között szükségessé vált a tartálypark bővítése.

A bepárló berendezés felületére lerakódott szennyeződések eltávolítására periodikusan 1-2 pH-jú, jelentős nitrát tartalmú savas oldatokat használnak, így azokat a felhasználást követően külön tartályban gyűjtik. Az evaporátor savazó oldatok bórsavtartalma minimális, összes sótartalma 100-200 g/dm<sup>3</sup>, iszaptartalmuk a leoldott lerakódásokból adódóan jelentős.

A primerköri víztisztítóban használt ioncserélő gyanták esetében a jó vízüzemnek, kiváló vízüzemi paramétereknek köszönhetően az elvégzett regenerálások, töltetcserek száma a műszaki tervben előírtakhoz képest jóval kevesebb volt. Ennek eredményeként a használt, hulladékba került ioncserélő gyanták mennyisége a tervezettnél jelentősen kevesebb.

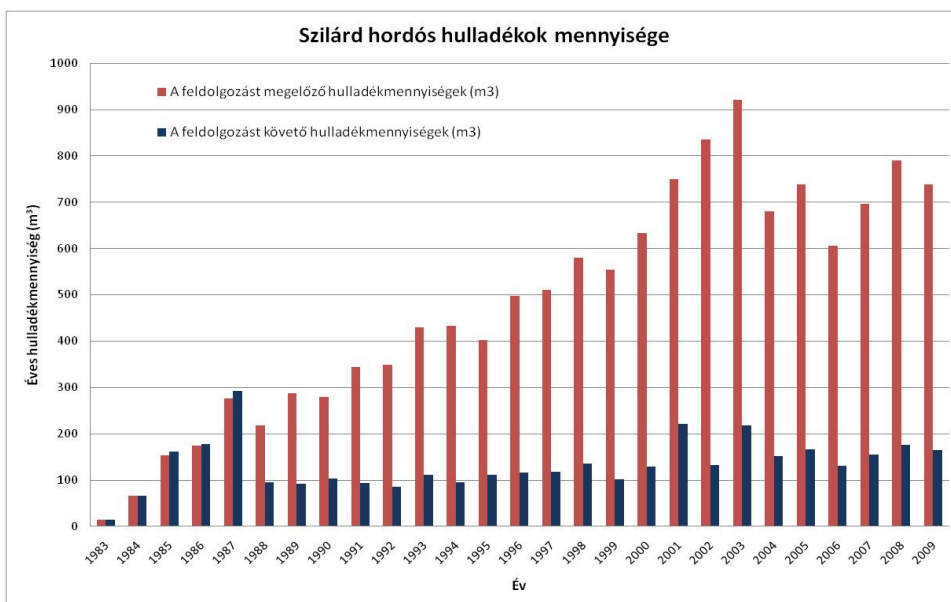
A primerköri berendezésekben (pl. tartályok, hőcserélők) az üzemeltetés, közegek tárolása során különböző összetételű radioaktív iszapok keletkeznek. Külön tartályban gyűjtésük nem megoldott, azonban mennyiségüket évről-évre felméri, ami a további kezelésük, feldolgozásuk miatt fontos.

A kis és közepes aktivitású szilárd és folyékony hulladékok éves keletkezési és göngyöltített mennyiségeit a 1. és 2. ábrák mutatják be.



1. ábra:

A bepárlási maradékok éves és göngyöltített mennyiségei



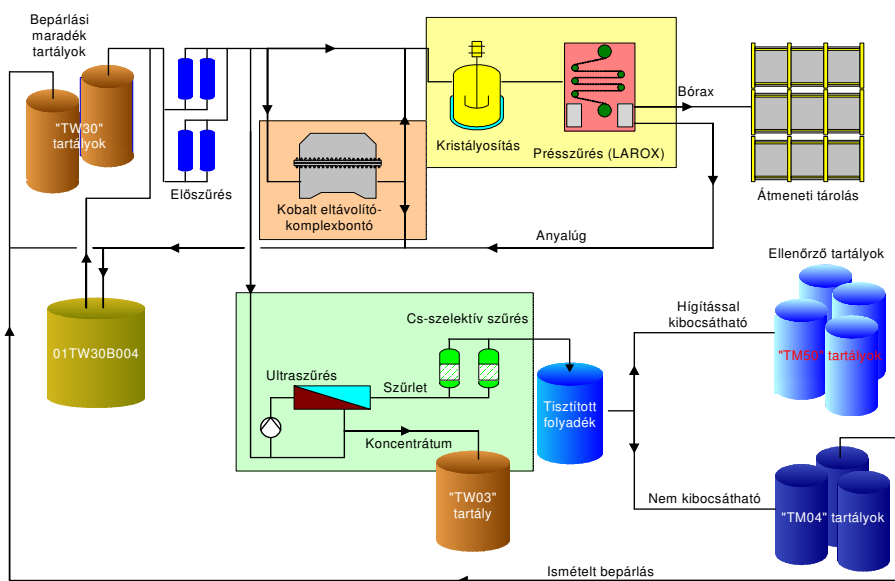
2. ábra: A kis-és közepes aktivitású szilárd hulladékok éves keletkezési mennyiségei

## A radioaktív hulladékkezelési technológiák bemutatása

Az előző pontban leírtakból is látszik, hogy a műszaki tervek alapvetően a hosszú idejű, átmeneti hulladéktárolást irányozták elő, s a gyűjtött hulladék kezelését az erőmű leszerelésének fázisára időzítették. Azonban az üzemeltetés kezdetétől fogva az erőmű arra törekedett, hogy minimalizálja a keletkező hulladékok mennyiségét, figyelemmel kövesse a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott hulladékkezelési megoldásokat. Ennek eredményeként a szilárd radioaktív hulladékokat az üzemeltetés kezdetétől már a gyűjtés során külön válogatják tömöríthető (préselhető) és nem tömöríthető részre. A tömöríthető hulladékok térfogatcsökkentésére 1988-tól egy 500 kN-os prést alkalmaznak, amely átlagosan ötszörös térfogatcsökkenést eredményez. A szilárd hulladék tárolása 200 literes, egyedi azonosítóval ellátott fémhordóban történik. A visszanyerhetőség érdekében, 4 hordónként hordkereteket alkalmazva helyezik el a

hulladékot az átalakított betonmedencékben. Így a hordkeretek pozíciójának, a hordók azonosítójának ismeretében biztosított a hulladékcsomag visszakereshetősége a végleges lerakóba történő kiszállításhoz.

Az átmeneti tárolóban tárolt folyékony hulladékok mennyiségének további csökkentése érdekében 1994-ben nemzetközi tendereztetés során választották ki a Folyékony Hulladékvíz Feldolgozó Technológiát (FHFT), amelynek engedélyeztetése, kivitelezése megtörtént, üzembe helyezése lépcsőzetesen valósul meg. Az FHF technológia elsősorban a sűrítmények térfogatának csökkentésére szolgál, s két alapvető funkciója van. Az első a bepárlási maradékok jelentős részét kitevő borátok kivonása, a második az aktív izotópok elválasztása, elkülönítése. A technológia több alrendszerből áll: kobaltkivonó-komplex bontó rendszer, bórsav kristályosító és eltávolító rendszer, cézium-szelektív szűrő, valamint a mikron és szubmikron méretű szennyezők eltávolítását végző ultraszűrő rendszer. Az FHFT rendszer sematikus felépítését a 3. ábra mutatja be.



3. ábra: Az FHFT rendszer felépítése

Az ábrán is jól látható a technológia alkalmazásának célja, hogy a feldolgozást követően olyan hulladékvizet kapjunk, amely megfelel az erőmű kibocsátási rendjében előírtaknak, és az egyéb mérlegen felüli vizek mellett kibocsátható a Dunába. A leválasztott bórsav aktivitáskonzentrációja a „felszabadítási korlátokat” nem haladja meg, amelyet mérési eredmények, független laboratóriumi minősítések igazolnak, így hagyományos veszélyes hulladéknak minősül majd. Évente egy 550 m<sup>3</sup>-es tartály tartalmának feldolgozása engedélyezett.

A technológia alkalmazása során képződő másodlagos szilárd hulladékok (előszűrők, cézium szűrők patronja, ultraszűrő membránok, stb.) kezelése megoldott. A képződő másodlagos folyékony hulladékok (mosóvizek, ultraszűrő koncentrátum) az erőmű beépített hulladékkezelő rendszerébe kerülnek visszavezetésre.

A technológia modul rendszerű, ezt kihasználva különböző csőkapcsolásokkal a jövőben lehetővé válik az evaporátor savazó oldatok, dekontamináló oldatok feldolgozása is.

A végleges tároló csak szilárd hulladékokat fogad be, ezért az erőműnek meg kell oldania a különböző forrásokból származó folyékony hulladékok (iszapok, ioncserélő gyanták, stb.) szilárdítását. Ez a folyékony hulladékok cementmátrixba történő ágyazásával valósítható meg. A cementezési technológia alkalmazásához minden hulladék-összetételre más-más receptúra szükséges, amelyek kidolgozása folyamatban van.

Az erőmű már az 1990-es évek elején vásárolt egy mobil cementező berendezést, de üzemszerű alkalmazására a végleges tároló hiányában, - s ebből adódóan az erőmű területén rendelkezésre álló átmeneti tároló kapacitások szűkössége miatt, - nem került sor. Az erőmű hulladékkezelésében, a végleges tároló létesítésében történt előrehaladás, az átvételi követelmények kidolgozása és hatósági jóváhagyása vezetett ahhoz a döntéshez, hogy új, modern, üzemi kapacitású cementező berendezés beszerzése szükséges. A beszerzés előkészítése jelenleg is folyamatban van.

## Hulladéksomagok, kiszállítás a végleges tárolóba

Az erőmű hulladékkezelési folyamatának elsődleges célja olyan hulladéksomagok létrehozása, amelyek megfelelnek a hatóság által jóváhagyott hulladékátvételi követelményeknek,

tehát kielégítik a végleges tárolóban történő elhelyezés követelményeit.

A vonatkozó jogszabályok értelmében a radioaktív hulladék végleges elhelyezéséről a kormány által kijelölt szerv, az RHK Kft. gondoskodik. A Bataapátiban lévő Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (NRHT) a végső befogadója az erőmű rövid élettartamú, kis és közepes aktivitású hulladékainak, amelyet az RHK Kft. üzemeltet.

A végleges tároló felszíni létesítményét 2008. október 6-án adták át, s ezt követően megkezdődött a kis és közepes aktivitású hordós hulladékok kiszállítása az erőműből, a végső tárolásra történő előkészítés céljából. A kiszállítás előkészítése, adminisztrációja, a kiszállításhoz kapcsolódó engedélyek beszerzése időigényes folyamat volt. Az elmúlt közel két év kiszállítási tapasztalatai azt mutatják, hogy a jogszabályi követelményeknek, hatósági előírásoknak, nemzetközi gyakorlatnak megfelelő a folyamat. A kiszállításra kerülő hulladékok minősítését az erőmű végzi, a hulladékok átvételi követelményeknek való megfelelését az RHK Kft. ellenőrzi. Minden hordó az egyedi számozásos címetűn túlmenően a kiszállításkor külön vonalkódos jelölést kap, s a minősítési értékek, a keletkezés dátumára, helyére vonatkozó információk mindkét félnél egy adatbázisba kerülnek. Ez az alapja a hatóságok részére történő adatszolgáltatásnak, nyilvántartás-ellenőrzésnek.

## Összegzés

A cikkben bemutatásra kerültek az eddigi üzemeltetés során keletkezett radioaktív hulladékok mennyiségi adatai, az átmeneti tárolókapacitások és a hulladékkiszállítások. Továbbra is kiemelt prioritással kell kezelni a beruházási fázisba jutott, a folyékony hulladékok jelentős térfogatcsökkentését biztosító térfogat-redukációs technológiák üzembe vételét, illetve üzemeltetését.

A nemzetközi vonatkozásban elfogadható mértékű éves folyékony hulladék keletkezés mellett az eltelt 95 reaktorév alatt keletkezett hulladékok átmeneti tárolása megoldott, és az a tartálypark-bővítés üzembe helyezésével továbbra is biztosított.

A kis és közepes aktivitású hulladékok tekintetében a Bataapátiban létesülő végleges tároló üzembe lépése azt jelenti, hogy az erőmű telephelyén további átmeneti tárolókapacitások létesítésére nincs szükség. A hulladékok végleges elhelyezésre történő átadása a 2008. év végén megkezdődött.

---

## Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Ormai Péter: Nemzetközi és hazai törekvések a radioaktív hulladékok biztonságos kezelésére és elhelyezésére, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság kiadványa, 2003. szeptember
- [2] Németh Zoltán, Somlai János, Kovács Tibor: Az atomerőmű vegyészeti vonatkozásai, vegyészeti képzési jegyzet, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2008.
- [3] Sz. A. Dimitrijevo, A. Sz. Baranyinovo, O. G. Battyuhnova, A. Sz. Volkovo, M. I. Ozsovan, T. D. Serbaktova: Tehnologicseskije osznovi szisztemi upravlenijija radioaktionimi othodami, Moszkva, 2007.
- [4] Radioactive Waste Management: Status and Trends, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001.
- [5] MSZ 14344-1:1989 Radioaktív hulladékok. Fogalom meghatározások és osztályozás Magyar szabvány
- [6] MSZ 14344-1:2004: Radioaktív hulladékok. Fogalom meghatározások és osztályozás Magyar szabvány, 112/1. MSZ közzététel
- [7] 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet: A radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugáregészségügyi kérdéseiről