

The background image shows two large, cylindrical metal containers for nuclear waste. The one on the left is painted blue, and the one on the right is painted red. Both have vertical ridges and are mounted on concrete bases. In the foreground, several thick, braided steel cables are visible on the floor. The text is overlaid on a semi-transparent blue rectangle.

THE WORLD NUCLEAR WASTE REPORT 2019

Összefoglaló

A **Radioaktív hulladékokról szóló globális jelentés 2019 (WNWR 2019)** áttekintést ad arról a küzdelemről, amit a kormányok végeznek szerte a világon azért, hogy átfogó stratégiákat dolgozzanak ki és valósítsanak meg a radioaktív hulladékok kezelésére. A feladat legjava azonban bizonyosan a jövő generációira fog hárulni.

Radioaktív hulladékok kezelése

Több mint 70 évvel az atomkorszak hajnala után még mindig ott tartunk, a világ egyik országa sem rendelkezik a **kiégett fűtőelemek befogadására alkalmas, működő mélységi geológiai tárolóval**. Finnország az egyetlen olyan ország, ahol érdemben folyik a leginkább problémás, nagy aktivitású radioaktív hulladékokat befogadó végleges tároló építése. Finnországon kívül csupán Svédország és Franciaország rendelkezik de facto kijelölt helyszínnel, ahol kezdeti fázisban van egy-egy ugyanilyen célokat szolgáló hulladéktároló megépítése. Az USA a Hulladék Izolációs Pilot Projektet (Waste Isolation Pilot Project, WIPP) igyekszik életben tartani, ám ott a hulladéktárolót csupán nukleáris fegyverekből származó, hosszú élettartamú transzurán hulladékok tárolására használják, kereskedelmi reaktorokból származó **kiégett fűtőelemek** tárolására nem.

Bár több példa is van sikertelen helyszínekiválasztási folyamatokra és félbehagyott tárolókra, a nemzeti kormányok és nemzetközi szervezetek egyelőre még mindig a geológiai tárolók létesítésében látják a megoldást. Ehhez világos és ambiciózus elképzelésekre van szükség a helyszínekiválasztási, feltárási és engedélyeztetési folyamatok minden lépése során. Ugyanakkor még így sincs garancia arra, hogy valóban megvalósítható egy efféle projekt. Éppen ezért a megfelelő helyszín kiválasztása során különös figyelmet kell fordítani az ipari megvalósíthatóság szempontjaira és a megfelelő monitorozásra. Egyetértés van abban, hogy a kutatás és a tudományos vita jelenlegi állása, illetve a politikusokkal és az érintett állampolgárokkal folyó egyeztetés még nem elfogadható mélységű a kihívás súlyához képest.

A radioaktív hulladékok kondicionálása, szállítása, tárolása és végleges elhelyezése óriási és egyre növekvő kihívást jelent az atomenergiát használó országok számára. Ezen fejlemények fényében érthető, hogy a **kormányok és hatóságok fokozódó nyomás alatt vannak az átmeneti tárolást és végleges elhelyezést szolgáló programok fejlesztése terén.** Ehhez szabványosítani kell ezen programok irányítását, ide értve a tervezés minőségét, valamint az állampolgári részvételt és a biztonsági kultúrát.

Napjaink kiégett fűtőelemeinek és más nagy aktivitású hulladékainak átmeneti tárolása legalább egy évszázadig folytatódik még. A mélységi geológiai tárolók még évtizedekig nem épülnek meg, így a **kockázatok jelentős része az átmeneti tárolás irányába tolódik.** A kiégett fűtőelemek és más közepes és nagy aktivitású hulladékformák jelenleg alkalmazott tárolási gyakorlatait nem hosszú távra tervezték, így ezek növekvő és kifejezetten magas kockázatot jelentenek. A nukleáris hulladékok hosszan tartó tárolása fokozódó fenyegetettséget, több milliárdos költséget jelent, és hárít a jövő generációira.

A radioaktív hulladék mennyisége

Az európai országokban több millió köbméter radioaktív hulladékot termeltek (még úgy is, hogy az uránbányászat és a hulladékfeldolgozás maradékait figyelmen kívül hagyjuk). 2016 év végéig **Franciaország, az Egyesült Királyság és Németország** voltak Európa legjelentősebb radioaktív hulladék-termelő országai.

Ami az eddig felhalmozódott mennyiséget illeti, több mint 60 000 tonna kiégett fűtőelemet tárolnak valamilyen ideiglenes módon Európában (Oroszországot és Szlovákiát nem számolva), legnagyobb részét Franciaországban. Az EU-ban jelenleg tárolt kiégett fűtőelemek 25%-a Franciaországban, 15%-a Németországban és 14%-a az Egyesült Királyságban keletkezett. A kiégett fűtőelemek nagy aktivitású hulladékok - bár mennyiségi viszonylatban a radioaktív hulladékok kis százalékát teszik ki, a problémák döntő része mégis ezekre vezethető vissza. Az Egyesült Királyságban a nagy aktivitású hulladék az összes radioaktív hulladék csupán 3%-át teszi ki, míg az összes radioaktivitás 97%-a származik innen.

A kiégett fűtőelemek nagy részét pihentetőmedencékbe helyezték (úgynevezett vizes tárolókba), hogy kivárják, amíg csökken a hőmérsékletük és radioaktivitásuk. 2018-ban Európában a kiégett fűtőelemek 81%-át vizes tárolókban tárolták. Biztonságosabb lenne ezeket száraz tárolókba, külön létesítményekbe áthelyezni. Az elképzelések szerint a Franciaországban és Hollandiában tárolt kiégett fűtőelemek nagy részét igyekeznek újrafeldolgozni. A többi európai ország többsége (Belgium, Bulgária, Németország, Magyarország, Svédország, Svájc, és nemrégiben az Egyesült Királyság) véglegesen felfüggesztette vagy megszüntette a kiégett fűtőelemek újrafeldolgozását - amit sok esetben nem is saját üzemekben végeztek, hanem például a Szovjetúnióban/Oroszországban. Ugyanakkor azt is látni kell, hogy nem minden ország tesz jelentést az újrafeldolgozott kiégett fűtőelemek mennyiségéről. Többnyire csak az üvegesített, nagy aktivitású hulladékok újrafeldolgozására vonatkozó adatok kerülnek be a beszámolóba. Ugyanez jellemző az óriási mennyiségben felhalmozódott újrafeldolgozott uránra, plutóniumra, közepes aktivitású hulladékokra és a kiégett kevert oxid fűtőanyagokra (MOX), amelyek jelentősen hosszabb átmeneti tárolást igényelnek.

Ami a kis és közepes aktivitású hulladékot illeti, kb. 2,5 millió m³ keletkezett Európában. Ez az adat azonban csak becslés, ami nem tartalmazza a Szlovákiában és Oroszországban keletkezett hulladék mennyiségét. Ennek körülbelül 20%-át (0,5 millió m³) Európában tárolják, végleges elhelyezésük még nem megoldott. A hulladék körülbelül 80%-át elhelyezték ugyan, ám ez nem jelenti azt, hogy a hulladékot évszázadokra sikerült volna ártalmatlanítani. Például a németországi Asse II tárolóban, amely korábban sóbányaként üzemelt, rendszeres a talajvíz-betörés. A tárolóból eddig 220 000 m³ radioaktív hulladékot és sótt kellett kitermelni, ami rendkívül összetett és költséges feladat. Az eredeti hulladékmennyiség az ötszörösére nőtt, ahogy a radioaktív hulladék összekeveredett a sóval. Ez az eset is jól mutatja, hogy az atomenergia-szektor képviselőinek nem lehet elbizakodottan használniuk a „végleges elhelyezés” kifejezést.

A nukleáris létesítmények leszerelése további nagy mennyiségű radioaktív hulladékot fog eredményezni. Az üzemanyaglánc egyéb létesítményeivel nem számolva, ez csak Európában legkevesebb 1,4 millió m³ radioaktív hulladékot jelent. Ugyanakkor ez egy konzervatív becslés, hiszen kevés tapasztalat áll rendelkezésre az atomerőművek leszereléséről.

A fentiek egyre növekvő kihívást jelentenek, hiszen az európai hulladéktároló létesítmények lassan megtelnek, különösen a kiégett fűtőelemeket ideiglenesen befogadó tárolók. Finnországban például a telítettség már elérte a 93%-ot, Svédország a 80%-ot. Azonban - mivel nem minden ország közli a tárolólétesítményeinek kapacitására vonatkozó információkat -, lehetetlen teljesen átfogó képet adni a kialakult helyzetről.

Becslések szerint az európai atomerőmű-flotta teljes élettartama alatt minimum 6,6 millió m³ radioaktív hulladék keletkezhet (Oroszország és Szlovákia nélkül). Ha az összes hulladékot ugyanott helyeznék el, a hulladék egy szabványos futballpályán felhalmozva egy 1630 m magas tornyot képezne - figyelembe véve az erőművek működéséből, a kiégett fűtőelemekből és a leszerelésből származó hulladékot is. Ami a földrajzi dimenziót illeti - ha Oroszországot nem számítjuk -, 30%-os részesedéssel Franciaország Európa legjelentősebb nukleáris hulladék-termelője, utána következik az Egyesült Királyság (20%), Ukrajna (18%) és Németország (8%). Ebben a négy országban keletkezik a kontinens radioaktív hulladékának több, mint 75%-a.

A fentiekén túlmenően van egy további szegmens, ami az eddigi leírásban nem került még elő, ám mégis a legjelentősebb hulladékmennyiséget termeli: az uránérc bányászata. Oroszország mellett Németország és Franciaország számít a legjelentősebb kitermelőnek Európában. Franciaország a hivatalos adatok szerint mindeddig 50 millió tonna bányászati hulladékot termelt, de független szakértők jóval magasabbra becsülik a keletkezett hulladék mennyiségét. Ennél is nagyobb az egykori Német Demokratikus Köztársaság (NDK) területén kitermelt és felhalmozott meddő mennyisége. Az egykori uránbányászat öröksége 32 km² létesítményi terület, 48 hányóban 311 millió m³ kis aktivitású közet, és összesen 160 millió m³ radioaktív iszap négy zagytározóban. Ugyanakkor Európa ma már importálja az urán nagy részét, így a kontinensen kívül keletkezik jelentős mennyiségű radioaktív hulladék, aminek sorsa az esetek jelentős részében finoman szólva is bizonytalan.

Költségek és finanszírozás

Elméletben szinte minden kormány alkalmazza a „szennyező fizet” elvet, vagyis a nukleáris létesítmények üzemeltetőinek feladata finanszírozni a radioaktív hulladékok kezelésének, tárolásának és végleges elhelyezésének költségeit. Gyakorlatban azonban a kormányok következetessége erősen megkérdőjelezhető. A legtöbb ország csupán az atomerőművek leszerelése kapcsán igyekszik számon kérni az üzemeltető felelősségét, de olyan országok is vannak, ahol még ennek költségeit is magára vállalja a kormány (pl. az egykori Kelet-Németországban működő reaktorok) - pontosabban az adófizető polgárokra terheli. Bulgária, Litvánia és a Szlovák Köztársaság uniós támogatást kapnak a leszereléshez cserébe azért, hogy bezárták régebbi, szovjet-típusú

atomerőműveiket. Elgondolkodtató, hogy a legtöbb ország nem alkalmazza a „szennyező fizet” elvet például a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének finanszírozása kapcsán. Többnyire a nemzeti hatóságok vállalják magukra ezt a felelősséget, a hulladékok hosszú távú kezelésének és elhelyezésének felelősségével együtt. Az üzemeltetőt ugyanakkor arra kötelezik, hogy járuljon hozzá a hosszú távú költségek finanszírozásához. Még azokban az országokban is, ahol törvénybe foglalták a „szennyező fizet” elvet, hiányosan alkalmazzák azt, ami részben azzal magyarázható, hogy nincs precedens a várható költségekre. Sok esetben az atomerőmű üzemeltetője nem tartozik anyagi felelősséggel semmilyen problémáért, amely a végső elhelyezést szolgáló létesítmény lezárása után merül fel. Ez történt a kis- és közepes aktivitású hulladékokat befogadó németországi Asse II projekt esetében is, ahonnan a vízbetörések okozta károk költségeket az adófizetők állták.

Kijelenthető tehát, hogy a kormányok nem végeztetnek megfelelő számításokat a leszerelés, tárolás és végleges elhelyezés költségeivel kapcsolatosan. Valamennyi költségbecslésben vannak bizonytalanságok a hosszú időtáv (százezer éves időlépték), a folyamatos költségnövekedés és a becsült leszámítolási (pénzfelhalmozás) ráta miatt. A bizonytalanság elsődleges oka, hogy igen szerények a leszerelési és végleges elhelyezési programokkal kapcsolatos tapasztalatok. Csupán három ország, az USA, Németország és Japán hajtott végre teljeskörű leszerelési projekteket, amelyekből adatokhoz juthatunk. 2019 derekán 181 leállított atomreaktor volt világszerte, és ebből csupán 19 reaktornak történt meg a teljeskörű leszerelése. Ezek közül 10 esetben történt „zöldmezős” lebontás. Ugyanakkor ez a kevés számú eset is jelentős eltéréseket mutat, akár ötszörös árkülönbség is megfigyelhető, még egy országon belül is: az USA-ban a reaktoronkénti lebontási költség \$280/kW és \$1,500/kW között alakult. Németországban az egyik reaktor lebontásának költsége \$1,900/kW, míg a másiké \$10,500/kW volt.

Igen problémás, hogy sok kormány elavult adatokra alapozza költségbecsléseit. Számos ország, amelyeket ez a jelentés áttekint (például Franciaország, Németország és az USA) 1970-es, 1980-as években készült tanulmányok becsléseire támaszkodnak, ahelyett, hogy a néhány megvalósított projektre vonatkozó tényadatokat vennék figyelembe. Az elavult adatokra alapozott költségbecslések, amelyeket legtöbb esetben az üzemeltetők, a nukleáris ipar képviselői vagy állami ügynökségek állítottak össze, a reálisnál alacsonyabb költségeket vetítenek előre, túlzottan optimista következtetésekhez vezetnek.

A leszerelési és hulladékkezelési költségek alulbecslésének egyik fő tényezője, hogy a kalkulációkban rendre túlzottan optimista diszkontrátákkal számolnak. A hulladékkezelés és a leszerelés finanszírozásának megtervezése során alapvető az a feltételezés, hogy az e célokra elkülönített alapokba befizetett összeg idővel növekedni fog. Németországban a radioaktív hulladékok kezelése kapcsán felmerülő költségek finanszírozására elkülönített €24 milliárd 2099-ig várhatóan közel négyszeresére, €86 milliárdra fog duzzadni. A számításokban alkalmazott leszámítolási ráták nagy szórást mutatnak, ráadásul nem minden ország számol költségnövekedéssel, bár a költségek vélhetően az inflációt meghaladó mértékben fognak emelkedni.

Ahhoz, hogy biztosítani lehessen a leszerelés, hulladékkezelés és végleges elhelyezés finanszírozásához szükséges forrásokat, biztonságos birtokbantartási feltételeket kell létrehozni az alapok számára (elhatárolás). Arról is meg kell bizonyosodni, hogy az elkülönített források elegendők lesznek-e a tényleges költségek fedezésére. Néhány ország ezek közül csak az egyik feltételnek tesz eleget.

Jelentős eltérés tapasztalható az országok között abban a tekintetben, hogy miképpen kezelik a radioaktív hulladékok kezelésének, tárolásának és végleges elhelyezésének költségeire szánt összeget. Nem minden atomenergiát használó országban követelmény, hogy a reaktorok leszerelésére szánt forrásokat az üzemeltetőhöz vagy az engedély jogosultjához nem kötődő, elkülönített, külső alapon kezeljék. Néhány esetben a leszerelést továbbra is belső, elkülönített, kizárólag leszerelési célokra felhasználható alapból finanszírozzák, míg a hosszú távú hulladékkezelésre szánt forrásokat a legtöbb országban külső alapon kezelik. Azt is látni kell, hogy a hulladéktárolás és a reaktorok leszerelésének finanszírozása összetett feladat; ezért legtöbb esetben egy adott ország is több finanszírozási konstrukciót használ.

Az eltérő megközelítésekből adódóan a kormányok nem mindig definiálják, hogy pontosan mit is foglal magában a „leszerelés”. A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése, csakúgy mint a kiégett fűtőelemek kezelése fontos aspektusai a leszerelésnek. Ugyanakkor a „leszerelés” definíciójába nem minden ország érti bele mindkét tevékenységet, így nehéz összehasonlítani a különböző országok leszerelési költségekre vonatkozó elképzeléseit. **A leszerelés, tárolás és végleges elhelyezés folyamatai egymással szoros összefüggésben állnak. Éppen ezért ezen folyamatok jövőbeli költségeinek finanszírozására egy integrált, külső, kizárólag ezekre a célokra elkülönített alap tűnik a legmegfelelőbb megoldásnak.** Csupán néhány ország alkalmazza ezt a megközelítést, nevezetesen Svédország, az Egyesült Királyság. **Ám egy ország sem biztosította még a leszerelés, tárolás és végleges elhelyezés teljes finanszírozási igényét.** Ez a feladat valamennyi atomenergiát használó ország számára komoly kihívás lesz.

Legtöbb esetben csupán a szükséges összeg egy részét különítették el. Svédország például a becsült hulladékkezelési és leszerelési költségek kétharmadának megfelelő összeget különített el, az Egyesült Királyság a működő reaktorokra becsült költségek kevesebb, mint felét, Svájc pedig kevesebb, mint a becsült költségek harmadát. A hulladékok végleges elhelyezésére szánt források esetében is hasonló képet láthatunk. Franciaország és az USA a hulladékok végső elhelyezéséhez szükséges becsült összegnek csupán harmadát különítette el. A kedvezőtlen gazdasági körülmények miatt egyre több reaktort állítanak le a tervezett idő előtt, ami tovább növeli a finanszírozási kockázatokat. A korai reaktorleállítások, a forráshiány és a növekvő költségek arra készítetnek néhány üzemeltetőt, hogy késleltessenek más bezárásokat és leszereléseket a további források előteremtésére. Egyes országok, például az USA és Japán szakértői olyan lehetőségeken gondolkoznak, ami lehetővé tenné, hogy a létesítmények magasabb díjak, támogatott árak és meghosszabbított élettartam segítségével térítsék meg legalább részben a várható költségeiket.

Radioaktív hulladékok osztályozása

Jelentősen eltér az egyes országokban a radioaktív hulladékokra vonatkozó fogalommeghatározás. Eltérés van abban, hogy a kiegészített fűtőelemeket és az azokból visszanyert anyagokat (plutóniumot és újrafeldolgozott uránt) **hulladéknak vagy másodlagos erőforrásnak** tekintik-e. A kiegészített fűtőelemek és a bennük található plutónium a legtöbb országban hulladéknak minősül, mivel a plutónium visszanyerése és felhasználása rendkívül költséges. Franciaország ugyanakkor a plutóniumot potenciális erőforrásként definiálja és törvény írja elő újrafeldolgozást. Ez azonban késlelteti és egyben bonyolultabbá és költségesebbé teszi a hulladékkezelést.

Jelentősen különbözik az egyes országok radioaktív hulladékokra vonatkozó osztályozási rendszere. Valójában nincs két ország, amely ugyanazt az osztályozási rendszert alkalmazná. Németország csupán a hőtermelő és egyéb hulladékok között tesz különbséget. Az Egyesült Királyság az aktivitás szintje alapján osztályozza a hulladékokat. Franciaország és a Cseh Köztársaság az aktivitás szintjét és a radioaktív bomlást (felezési idő) is figyelembe veszi. Az USA alapvetően abban tér el az európai országoktól, hogy a hulladék eredete, nem pedig annak tulajdonságai alapján különbözteti meg a hulladéktípusokat.

Más és más az egyes országok jelentési gyakorlata a keletkezett radioaktív hulladék mennyiségére vonatkozóan. Minden ország rendszeresen jelentést tesz közzé a keletkezett radioaktív hulladék mennyiségéről és a hulladékkezelési rendszerről. Viszont nem minden ország jelentései egyformán alaposak. Néhány esetben a jelentésben közölt információk alapján nem lehet becsléseket készíteni a hulladék mennyiségéről (pl. Szlovákia). Néhány ország jelentéséből hiányzik a kiegészített fűtőelemekre vonatkozó naprakész leltár. Oroszország általában kevés információt szolgáltat a radioaktív hulladék-leltárról és a hulladékok osztályozásáról.

Az országok fogalommeghatározási, osztályozási és jelentési gyakorlataiban tapasztalt eltérések és következetlenségek rendkívül összetett feladattá teszik az adatgyűjtést és az országok összehasonlítását. Pedig vannak nemzetközi erőfeszítések egységes biztonsági alapelvek meghatározására és az országok gyakorlatait vizsgáló szakértői értékelő folyamat létrehozására. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség széles keretet ad a radioaktív hulladékok osztályozására. Számos ország a kiegészített fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról szóló 2001-es közös egyezményt veszi kiindulási pontnak, ugyanakkor a végrehajtási gyakorlatban jelentős eltérések tapasztalhatók. A 2011-es EURATOM irányelvvel az EU kísérletet tett az uniós tagországok által használt hulladékosztályozási rendszerek harmonizálására, de korlátozott eredményeket sikerült elérni.

Környezeti és humán egészségügyi kockázatok

A radioaktív hulladékok számos szempontból hordoznak egészségügyi kockázatot. Először is dokumentált egészségügyi hatást jelentenek a nukleáris létesítményekből elszökő légnemű és folyékony hulladékok. Másodsorban óriási

globális kollektív dózis származik az újrafeldolgozásból. Harmadsorban pedig nem kielégítő és nem stabil a már megtermelt radioaktív hulladék nagy részének állapota. A nagy aktivitású hulladékok, vagyis a kiégett fűtőelemek és az újrafeldolgozásból eredő üvegesített hulladékok tartalmazzák a radioaktivitás több mint 90%-át. Ugyanakkor még nincsen a világon egyetlen teljeskörűen üzemelő, nagy aktivitású hulladékokat befogadó végleges tároló. A fennálló gyakorlat, hogy a kiégett fűtőelemeket hosszú ideig az atomerőműveknél kialakított pihentető medencékben tárolják (vizes tárolás) jelentős kockázatot jelent mind a társadalomra, mind a környezetre.

A kiégett fűtőelemek újrafeldolgozása során a radioaktív hulladékok fokozottan hozzáférhető és diszpergálható formában keletkeznek, így megnövekedett kihívást jelentenek, ide értve a proliferációs kockázatokat, a dolgozók és a lakosság nagymértékű kitétettségét, valamint a környezet radioaktív szennyeződését.

Nincs elegendő információ a radioaktív hulladékokból eredő kockázatok megfelelő értékeléséhez és a veszélyesség rangsorolásához. Csupán néhány ország tesz közzé információt a radioaktív hulladékokban található radionuklidok leltárára vonatkozóan. Az ilyen adatok gyűjtése és közzé tétele elsősorban a nemzeti kormányok és állami ügynökségek felelőssége. A kitétettség mértéke és az egészségügyi hatások közti potenciális ok-okozati összefüggés megfelelő értékeléséhez szükség van ezekre az adatokra. Jelenleg nem létezik a radioaktív hulladékokban található radionuklidok veszélyességét leíró átfogó rendszer.

Ismereteink szerint nem állnak rendelkezésre a radioaktív hulladékokból eredő kockázatokat kellő mélységben értékelő, átfogó, magas színvonalú tanulmányok. Egyes tanulmányok a daganatos megbetegedések gyakoribb előfordulását sugallják, de a vizsgálati minta mérete nem teszi lehetővé a statisztikailag szignifikáns eredmények kimutatását. Metaanalízissel több kisebb tanulmány eredményeit össze lehetne vonni, hogy nagyobb adathalmazt vizsgálva statisztikailag szignifikáns eredményeket kapjunk. Azonban tudomásunk szerint nem létezik metaanalízis a radioaktív hulladékok egészségügyi hatásairól. Továbbá a kockázatok értékeléséhez pontos dózismérésre is szükség volna. Összességében az elemzések azt mutatják, hogy megdöbbentően kevés információ áll rendelkezésre a radioaktív hulladékokból eredő kockázatok értékelésével kapcsolatban.

Megjegyzés a felhasznált módszertanról és a kitekintésről

A Radioaktív hulladékokról szóló globális jelentés 2019 (WNWR 2019) nemzetközi összehasonlítást ad arról, hogy a különböző országok hogyan kezelik a radioaktív hulladékokat, bemutatva a jelenlegi helyzetet és a korábbi trendeket - amivel jelentős kutatási úr betöltésére vállalkozik. A jelentés középpontjában Európa áll. Az elemzés tanulság szerint az Európán kívül térség országaiban igen nagy eltérés tapasztalható az atomerőművek üzemeltetői és a kormányok hulladékkezelési gyakorlata között, ami akadályozza az érdemi összehasonlításokat. Azonban világos, hogy óriási társadalmi, politikai, műszaki és pénzügyi kihívásokkal kell szembenézni, hogy józan, hosszú távú megoldást találjunk a radioaktív hulladék-kezelés problémáira.

Mivel korábban nem készült ehhez hasonló jelentés, így számos akadállyal kellett megküzdeni annak érdekében, hogy tényszerű és konkrét adaton alapuló érdemi áttekintést lehessen nyújtani a vizsgált kérdéskörben. Jelentés az eltérés az egyes országok között abban, ahogyan definiálják a radioaktív hulladék fogalmát, ahogyan osztályozzák a különböző hulladéktípusokat, és ahogyan a keletkezett mennyiségre vonatkozó jelentéseket kezelik. A kutatás során számos más problémával is meg kellett küzdeni: hiányzó adatokkal, nyelvi korlátokkal, nem egységes terminológiahasználattal, valamint a különböző források közti ellentmondásokkal. Mindezek rendkívül megnehezítették a jelentés összeállítását.

Az akadályok leküzdése és a hibák elkerülése érdekében a projektcsapat külön minőségirányítási folyamatot dolgozott ki a hozzájárulók, szerkesztők és lektorok munkájának ellenőrzésére. Többek között sor került egy brüsszeli műhelymegbeszélésre (2019. február), kidolgoztunk egy szerzői stilisztikai útmutatót (ide értve a terminológiahasználatot), létrehoztunk egy sablont az egyes országoknak szentelt fejezetekhez, és számos visszajelzési körből álló alapos felülvizsgálati folyamatot alkalmaztunk. Mindegyik fejezetnek egy, a témában különleges szakértelemmel bíró szerzője van; néhány szerző több mint egy fejezetet írt. Az egyes fejezetek lektorálásánál a magas minőségű szerkesztői folyamat biztosítása érdekében nem jelent meg a szerző neve. Mindegyik fejezet szövege az alábbi, négy szakaszból álló felülvizsgálati folyamaton ment át:

- előzetes szerkesztés a főszerkesztő és további két projekt munkatárs által;
- fejezeteket összevetése a főszerkesztő által;
- a teljes szöveg átfogó felülvizsgálata a főszerkesztő és további három projekt munkatárs, valamint további két külső lektor által;
- és egy végső felülvizsgálat a vezetői összefoglaló elkészítéséhez.

A jelentés összeállításán több, mint egy tucat szakértő dolgozott másfél éven keresztül. A szerzők, szerkesztők és a lektorok minden tőlük telhetően megtekintették, hogy többszörösen is ellenőrizzék a jelentésben foglaltak helyességét. Ugyanakkor az intenzív folyamat ellenére is lehetnek hibák a jelentésben. Amennyiben hibát talál a szövegben, köszönettel fogadunk módosítási, javítási javaslatokat.

A WNWR első kiadásának célja, hogy megalapozza a témában készülő jövőbeli kutatásokat. A jelentés megírása óta újabb kérdések merültek fel, amelyek közül néhányal a jelentés következő kiadásban fogunk foglalkozni. Ilyenek például a nem megfelelő átmeneti tárolók meghosszabbított használatából eredő kockázatok, az átmeneti tárolólétesítmények előrevetíthető elégtelen befogadóképessége, a proliferáció, a terrorizmus veszélye és egyéb biztonsági kérdések az atomenergia kockázatértékelésével összefüggésben, az uránbányászat gyakorlata, a nyilvános részvétel szerepe a telephelykiválasztási folyamatban. A következő kiadás földrajzi szempontból további országokra is kiterjedhet, mint például Kanada, Kína, Finnország, Japán, Oroszország, Dél-Korea, Spanyolország és Ukrajna.

FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSOK

Radioaktív hulladékok kezelése

- A világon egyetlen ország sem rendelkezik kiégett fűtőelemek végleges elhelyezésére alkalmas, működő mélygeológiai tárolóval. Finnország az egyedüli ország, ahol jelenleg végleges elhelyezést szolgáló tárolót építenek.
- Bár több példa is van sikertelen helyszínekiválasztási folyamatokra és félbehagyott tárolókra, továbbra is a geológia elhelyezés a preferált megoldás. Széleskörű egyetértés van abban, hogy a kutatások jelenlegi állása még mindig elégtelen, a civil társadalommal folytatott párbeszéd pedig nem kellően érett az előttünk álló kihívások kezelésére.
- A mélygeológiai tárolók még évtizedekig nem épülnek ki, így a kockázatok egyre inkább az átmeneti tárolólétesítmények irányába tolnak, amelyeknek folyamatosan telítődik a kapacitásuk. Finnországban például a kiégett fűtőelemek befogadására alkalmas átmeneti tárolókapacitás 93%-os telítettségen van.

Radioaktív hulladékok mennyisége

- Több mint 60 000 tonna kiégett fűtőelemet tárolnak Európa-szerte (Oroszországon és Szlovákián kívül), legnagyobb részét Franciaországban. A kiégett fűtőelemek a nagy aktivitású hulladékok közé tartoznak, és ezek tartalmazzák a radioaktivitás döntő részét. 2018-ban Európában a kiégett fűtőelemek 81%-a vizes tárolókban volt elhelyezve, ami önmagában is biztonsági kockázatokat hordoz.
- Körülbelül 2,5 millió m³ kis és közepes aktivitású hulladék keletkezett Európában. A hulladék körülbelül 20%-a (0,5 millió m³) tárolókban van; 80%-át (közel 2 millió m³) elhelyezték.
- Európa atomreaktorainak leszerelése során 1,4 millió m³ radioaktív hulladék keletkezhet.
- Európa atomreaktorainak teljes élettartama alatt 6,6 millió m³ radioaktív hulladék keletkezhet. Ha az összes hulladékot ugyanott helyeznék el, a hulladék egy 919 m magas futballpályát lenne képes megtölteni, ami 90 méterrel magasabb, mint a világ legmagasabb épülete, a dubaji Burj Khalifa. Négy ország felelős a keletkezett radioaktív hulladék 75 százalékáért: Franciaország (30%), az Egyesült Királyság (20%), Ukrajna (18%) és Németország (8%).
- Oroszországon kívül, amely továbbra is állít elő uránt, Németország és Franciaország rendelkeznek a legnagyobb uránbányászattól származó radioaktív hulladék-leltárral Európában.

Költségek és finanszírozás

- A kormányok nem alkalmazzák következetesen a „szennyező fizet” elvet. Bár az atomerőművek üzemeltetői felelősek a radioaktív hulladékok kezelésének, tárolásának és végleges elhelyezésének finanszírozásáért, a költségeket végül lehet, hogy az adófizetőknek kell fedezniük.
- A kormányok nem végeznek megfelelő becsléseket a leszerelés, tárolás és végleges elhelyezés költségeiről. Számos kormány túlzottan optimista leszámítolási rátára és elavult adatokra alapozza költségbecsléseit, ami komoly forráshiányhoz vezethet a hulladékkezelés finanszírozásában.

- **Összességében nincs olyan ország, amely pontos költségbecsléssel rendelkezne és ezzel együtt biztosította volna a költségbecslés szerint szükséges összeg rendelkezésre állását.**

Radioaktív hulladékok osztályozása

- **Jelentősen eltér az egyes országok radioaktív hulladékokra vonatkozó fogalommeghatározása, osztályozási rendszere és a keletkezett hulladékmennyiségre vonatkozó jelentési gyakorlata.** Annak dacára, hogy vannak nemzetközi erőfeszítések a közös biztonsági alapelvek és gyakorlatok meghatározására, továbbra is jelentős eltérések tapasztalhatók az egyes országok között, ami az összehasonlító elemzést rendkívül összetett feladattá teszi.

Radioaktív hulladékokkal kapcsolatos kockázatok

- **A radioaktív hulladékok egészségügyi kockázatot jelentenek a nukleáris létesítményekből rutin-szerűen elszökő légnemű és folyékony hulladékok, valamint az újrafeldolgozásból eredő globális kollektív dózis miatt. A kiégett fűtőelemek újrafeldolgozása megnövekedett kihívást jelent, ide értve a proliferációs kockázatokat, az emberek magas kitettségét és a környezetszennyezést. Összességében hiányoznak a radioaktív hulladékokkal összefüggő kockázatokra vonatkozó átfogó, mennyiségi és minőségi információk.**

Támogatta:

 **HEINRICH
BÖLL
STIFTUNG**