



N4.9. sz. útmutató

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

Verzió száma:

1.

2015. október

Kiadta:

Fichtinger Gyula
az OAH főigazgatója
Budapest, 2015

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

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

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

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

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

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

ELŐSZÓ

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

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

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

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

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekintti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

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

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	8
1.1. Az útmutató tárgya és célja	8
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	9
2.1. Meghatározások	9
2.2. Rövidítések	9
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	10
4. A NUKLEÁRIS ÜZEMANYAGRA ÉS AZ AKTÍV ZÓNÁRA VONATKOZÓ AJÁNLÁSOK	11
4.1. Nukleáris üzemanyag beszerzése	11
4.1.1. A friss üzemanyag beszerzése	11
4.1.2. A nukleáris üzemanyag gyártójával szembeni elvárások	12
4.1.3. A gyártóműben elvégzendő vizsgálatok	12
4.2. Nukleáris üzemanyag beszállítása	14
4.2.1. A friss üzemanyag szállítási eszközei, módja, ezek megfelelőségének igazolása	14
4.2.1.1. A friss üzemanyag szállítókonténer	14
4.2.1.2. A szállítással kapcsolatos kérdések	15
4.2.2. Az üzemanyag szállítmány átvétele az országhatáron, nemzetközi reptéren	15
4.3. A friss üzemanyag telephelyen belüli mozgatása	16
4.3.1. Műszaki intézkedések	16
4.3.2. Adminisztratív intézkedések	16
4.3.3. Szállítás közben tapasztalt rendellenességek kezelése	16
4.4. A friss üzemanyag átvételi ellenőrzése	16
4.4.1. A szállítmány átvétele az erőműben	17
4.4.2. Az üzemanyag kazetták átvétele	17
4.4.3. Az üzemanyag kazetták átvizsgálása	17
4.4.4. Az eltérések kezelésének adminisztratív lépései	18
4.5. A friss üzemanyag tárolása	18
4.6. A friss üzemanyagnak a reaktor aktív zónájába történő behelyezése, a zónaátrakás folyamata, a zóna ellenőrzése	19
4.6.1. Zónatervezés	19
4.6.2. Átrakási tervek	21
4.6.3. Az átrakások műveleti sorrendje, az átrakási kartogram	22
4.6.4. Az aktív zóna ellenőrzése átrakáskor	22
4.6.5. Indítási mérések	23
4.6.6. Zónamonitorozás	24
4.6.7. Ex-core detektorok	28

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

4.6.8. További vizsgálatok	29
4.6.9. Az eltérések kezelése	30
4.7. A kiégett üzemanyag pihentetése, ideiglenes tárolása	30
4.8. A kiégett üzemanyag előkészítése az elszállításra	31
4.8.1. Adminisztratív kérdések	31
4.8.2. A konténerek, emelőszervezetek megfelelőségének igazolása	32
4.8.3. A kiégett fűtőelemek adatai	32
4.8.4. Az üzemanyaggal megtöltött szállítókonténer vizsgálata	33
4.8.5. A szállítókonténer kísérő irata	34
4.8.6. Az üzemanyag-szállító szerelvényvel kapcsolatos vizsgálatok	34
4.9. A nukleáris üzemanyag kezelésével kapcsolatos nyilvántartások	35
4.9.1. Az üzemanyag szállítással és az üzemanyag tárolásával kapcsolatos nyilvántartások	35
4.9.2. Üzemvitellel kapcsolatos nyilvántartások, archiválendő dokumentumok	36
4.9.3. A zóna kezelésével kapcsolatos nyilvántartások, archiválendő dokumentumok	36
4.10. Szivárgó fűtőelemek kezelése	36
5. HIVATKOZÁSOK	39

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az NBSZ 4. kötet 7. fejezetében rögzített előírások teljesítésére.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a nukleáris üzemanyag és az aktív zóna kezelésével 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

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi hátterét az Atv. és Rendelet biztosítja.

Az útmutató 4. Verziójában az előző verzióhoz képest található újabb és módosított követelmények nem érintik a 4. Verzió hatályba lépése előtt kiadott hatósági engedélyeket.

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat tartalmazza.

Besugárzott üzemanyag:

Olyan nukleáris üzemanyag, ami az aktív zónában már részt vett az energiatermelésben.

Kiégett üzemanyag:

Az atomreaktorban hasznosított, besugárzott, a reaktorból véglegesen eltávolított nukleáris üzemanyag.

MET üzemállapot:

Az erőmű állapota a minimálisan ellenőrizhető teljesítményen vagyis akkor, amikor a neutronfluxus ellenőrző rendszer már elegendő megbízhatósággal érzékeli, stabilan jelzi a kritikus reaktor neutronfluxus szintjét.

SZBV abszorbensek:

A reaktor szabályozó és biztonságvédelmi rendszerének („SZBV”) mozgatható beavatkozó szervei, amelyek neutronelnyelő anyagot tartalmaznak.

SZBV abszorbens csoport:

A normál üzemben a szabályozó és védelmi rendszer által automatikusan egyszerre mozgott SZBV abszorbensek csoportja.

Üzemanyag-szállító szerelvény:

A friss és/vagy besugárzott üzemanyag biztonságos szállítására alkalmas és az ehhez szükséges műszaki eszközökkel rendelkező vasúti kocsik vagy gépjármű.

2.2. Rövidítések

KU	Kezelési Utasítás dokumentum
PSA	Valószínűségi Biztonsági Elemzés („Probabilistic Safety Analysis”)
ÜFK	Üzemeltetési Feltételek és Korlátok, lásd NBSZ 3a.2.5.
VBJ	Végleges Biztonsági Jelentés

3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

Az engedélyes a teljes üzemanyagciklus minden művelete során betartja a Rendelet 10. sz. melléklet 16. pontjában definiált „belső szabályozás” (eljárásrendek, szabályzatok, vezetői rendelkezések, KU-k, ÜFK, munkaprogramok, ellenőrzési tervek, stb.) előírásait. Ezekben műszaki és adminisztratív előírások egyaránt szerepelnek. Ezeket az útmutató, mint „belső szabályozási dokumentum”, említi a továbbiakban. Bár ugyanebbe a csoportba tartozik az ÜFK dokumentum, azonban – amikor ez utóbbiról van szó, – a dokumentum ezt mindig külön nevesíti.

Az engedélyes az üzemanyaggal végzett összes műveletet dokumentálja.

A besugárzott üzemanyag mozgására csak a belső szabályozási dokumentumok megfelelő előírásai szerint kerülhet sor. Ezeket a műveleteket csak folyamatos, a végrehajtótól független felügyelet mellett szabad végrehajtani.

4. A NUKLEÁRIS ÜZEMANYAGRA ÉS AZ AKTÍV ZÓNÁRA VONATKOZÓ AJÁNLÁSOK

4.7.0.0200. „Az engedélyes kidolgozza, és vonatkozó eljárásrendje szerint jóváhagyja a nukleáris üzemanyaggal kapcsolatos valamennyi tevékenységet. Különösen az alábbi tevékenységek követelményeit, szabályait és eljárásait kell kidolgozni:

- a) beszerzés,
- b) beszállítás,
- c) a friss nukleáris üzemanyagnak a nukleáris létesítmény területén belüli mozgatása,
- d) bejövő ellenőrzés,
- e) a friss nukleáris üzemanyag tárolása,
- f) a friss nukleáris üzemanyag berakása,
- g) a nukleáris üzemanyag üzemeltetése,
- h) időszakos átrakások,
- i) a kiegészített üzemanyagnak a nukleáris létesítmény területén belüli mozgatása,
- j) a kiegészített üzemanyag pihentetése, és
- k) a kiegészített üzemanyagnak a nukleáris létesítmény területéről történő elszállítása.”

4.1. Nukleáris üzemanyag beszerzése

4.1.1. A friss üzemanyag beszerzése

Az atomerőművek biztonságos üzeme megköveteli, hogy az üzemeltető szervezet birtokában legyen az üzemanyagra vonatkozó minden olyan információnak, ami az erőmű biztonságára hatással van, beleértve a 3.6. sz. hatósági útmutató 5. fejezetében megadott tervezési dokumentációt. Ennek értelmében a hatóság az üzemanyag tervezési dokumentációját minden fűtőelem-típusra felülvizsgálja még az adott típusú fűtőelem első beszerzése előtt a 3.6 sz. Útmutató szerinti terjedelemben. A fentiekén kívül rendelkezésre kell állnia a Végleges Biztonsági Jelentés azon változatának, amelyben a beszerzendő fűtőelem típus már szerepel, vagy amennyiben még ez nem szerepel a VBJ-ben, akkor a VBJ-módosítás tervezetének.

4.1.2. A nukleáris üzemanyag gyártójával szembeni elvárások

A nukleáris üzemanyag beszerzésénél az engedélyes olyan szállítókat és gyártókat választ ki, amelyek megfelelő referenciákkal rendelkeznek arra vonatkozóan, hogy képesek a tervezési dokumentáció szerinti fűtőelemeket megbízható minőségben legyártani és szállítani. Az üzemanyag beszerzésekor az üzemanyag fizikai paraméterei, tervezés szerinti alapadatai, specifikációja és a kiviteli tervek mellett a gyártó minimum az alábbi információkat szolgáltatja:

- a) az üzemanyaggyártás szerkezeti anyagai,
- b) az üzemanyag szerkezeti elemeinek mechanikai tulajdonságai,
- c) az üzemanyag szerkezeti anyagaira gyakorolt sugárzási hatások a tervezett élettartam alatt,
- d) az üzemanyag szerkezeti anyagainak fizikai és kémiai összeférhetősége a zóna egyéb szerkezeti anyagaival és a hőhordozóval,
- e) az üzemanyag-berakás elrendezései az egyensúlyi ciklus kialakulásáig,
- f) termohidraulikai elemzések eredményei állandósult üzemvitelre, átmeneti állapotokra és üzemzavari körülményekre vonatkozóan,
- g) az üzemanyag szilárdsági számítása,
- h) hőfejlődés az üzemanyagban, más zónaelemekben és a moderátorban,
- i) a szabályozó rudakban a besugárzás hatására bekövetkező fizikai paraméterváltozások számítása,
- j) az üzemanyag kiegészére vonatkozó számítások.

4.1.3. A gyártóműben elvégzendő vizsgálatok

A gyártómű rendelkezik a gyártás folyamatait és a gyártóművet leíró minőségbiztosítási dokumentumokkal. Ezek megfelelőségét az OAH ellenőrzi. A dokumentumok tartalmazzák az üzemanyag pálcák és kötegek gyártóműben elvégzendő vizsgálatait, amelyek a következő csoportokba sorolhatók:

- a) minden kötegre elvégzendő vizsgálatok
- b) minden pálcára elvégzendő vizsgálatok
- c) szűrőpróbaszerűen folyamatosan végzendő vizsgálatok
- d) a tervezési fázis során elvégzendő egyedi vizsgálatok.

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

Minden kötegre elvégzendő a kazetta végdarabok (fej és láb) felületi hibáinak teljes ellenőrzése.

A minden pálcára elvégzendő vizsgálatok a következők:

- 1) minden burkolat külső és belső átmérőjének, falvastagságának teljes hosszban történő ultrahangos ellenőrzése;
- 2) a kész pálcák átmérőjének teljes ellenőrzése;
- 3) a pálcában található urándioxid tömegének ellenőrzése;
- 4) minden pálca hermetikusságának ellenőrzése vákuum kamrában tömegspektroszkópia módszerrel magas hőmérsékleten.

A szűrőpróbaszerűen folyamatosan végzendő vizsgálatok a következők:

- 1) A tabletták külső átmérőjének és magasságának ellenőrzése mikrométerrel, vagy automatikus berendezéssel;
- 2) a tabletták alakjának ellenőrzése szemrevételezéssel és alak etalonnal;
- 3) a tabletták sűrűségének ellenőrzése gamma abszorpciós vagy hidrosztatikus módszerrel;
- 4) a tabletták vegyi összetételének meghatározása tömegspektroszkópiával;
- 5) a hidrogén tömegarányának ellenőrzése;
- 6) a szemcseméret (átlagos átmérő) meghatározása;
- 7) a burkolat anyagának nem megengedett méretű hibáinak felderítése ultrahangos és örvényáram módszerrel;
- 8) a kész burkolat csövek összetételének ellenőrzése;
- 9) a rés ellenőrzése gamma vagy röntgen besugárzás módszerével;
- 10) a pálca hegesztési varrat hosszának ellenőrzése árnyékolt ultrahangos vagy metallográfiai módszerrel;
- 11) a hélium gáz nyomásának ellenőrzése átszűrős módszerrel;
- 12) a kazetta korrózióálló acélból készült részegységeinek anyagminőségi ellenőrzése
- 13) a köteg szerkezeti elemeinek geometriai és mechanikai anyagvizsgálata;

A tervezési fázis során elvégzendő egyedi vizsgálatok a következők:

- 1) az összesülés ellenőrzése;

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- 2) a burkolat öntecsei vegyi összetételének ellenőrzése (röntgenspektroszkópia, neutronaktivációs módszer, színeképelemzéses módszer);
- 3) a burkolat cső mechanikai tulajdonságainak vizsgálata (szakítópróba);
- 4) a burkolat cső korrózióállóságának ellenőrzése az autoklávus kezelés módszerével;
- 5) a köteg szerkezeti elemei (többek között a távtartó, felső és alsó rácsok, ha vannak, keverőrácsok) vegyi összetételének ellenőrzése;
- 6) a köteg szerkezeti elemei (többek között a távtartó, felső és alsó rácsok, ha vannak, keverőrácsok) korrózióállóságának ellenőrzése;
- 7) a távtartó és felső rács hegesztett kötéseinek szilárdságának roncsolásos vizsgálata;
- 8) a kazetta korrózióálló acélból készült részegységeinek anyagminőségi ellenőrzése;
- 9) a korrózióálló acél kristályközi korrózióállóságának ellenőrzése.

4.2. Nukleáris üzemanyag beszállítása

4.2.1. A friss üzemanyag szállítási eszközei, módja, ezek megfelelőségének igazolása

A friss üzemanyag a Magyarország területére történő beszállítása előtt az üzemeltető figyelembe veszi a vonatkozó jogszabályokat, a veszélyes áruk nemzetközi szállítását szabályozó módozatfüggő egyezményeket, és a beszállítással kapcsolatos engedélyeket beszerzi.

4.2.1.1. A friss üzemanyag szállítókonténer

A friss üzemanyag szállítókonténer megfelelőségét az alábbi dokumentumokkal igazolja:

- a) engedélyező bizonylat a szállítási-csomagolási egységre (magyar és idegen nyelvű dokumentumok együtt),
- b) a szállítási-csomagolási egységre vonatkozó hő-, szilárdsági-, sugárzási és szubkritikusági számítások,
- c) a szállítási-csomagolási egység sugárvédelme,
- d) a szállítási-csomagolási egységre vonatkozó üzemviteli dokumentáció,
- e) műszaki leírás és üzemviteli utasítás,
- f) a szállítási-csomagolási egység szállító járművének üzemeltetési utasítása,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- g) egyeztetett, jóváhagyott technológiák a csomagolási egység és a szállító jármű kiszolgálására.

4.2.1.2. A szállítással kapcsolatos kérdések

A szállítmánnyal kapcsolatban az engedélyes minimálisan az alábbi információkat nyújtja be a vonatkozó jogszabályokban meghatározott hatóságoknak:

- a) a szállítás tervezett idejét és útvonalát (a minősített adat védelmére előírt szabályok szerint)
- b) a szállításra kerülő mennyiségeket, típusonkénti bontásban,
- c) a szállítmány becsült teljes tömegét, az U izotópok tömegét,
- d) az [1] dokumentumban definiált Criticality Safety Index értékét,
- e) az [1] dokumentumban definiált Transport Index értékét,
- f) a szállítás módját,
- g) a kicsomagolás befejezésének várható időpontját.

4.2.2. Az üzemanyag szállítmány átvétele az országhatáron, nemzetközi reptéren

Az üzemeltető szervezet megfelelő létszámú és összetételű, kinevezett felelős vezetővel rendelkező átvevő brigádjával elvégezteti az átvételt, amelynek során legalább az alábbiakat ellenőrzi:

- a) a szállítóeszköz és a csomagolás, valamint ezek felszerelési tárgyainak megléte, állapota,
- b) a gyári árukísérő dokumentumok megléte, teljessége,
- c) a tisztasági (sugárbiztonsági) műbizonylatok megléte, teljessége,
- d) az alapvető műszaki adatokat tartalmazó gépkönyvek, valamint a konténer útleveél megléte konténerenként, azok teljessége,
- e) a vagonok műszaki átadás-átvételi jegyzőkönyvének megléte, teljessége,
- f) a szállítási egységhez tartozó informatikai adathordozók megléte,
- g) a minőségellenőrzési műbizonylatok megléte, teljessége,
- h) a kísérő dokumentációk Szállító és Megrendelő (Üzemeltető) közötti átadás- átvételét igazoló jegyzőkönyv teljessége.

4.3. A friss üzemanyag telephelyen belüli mozgatása

4.3.1. Műszaki intézkedések

A kritikus tömeg kialakulásának megakadályozására és a kazetták épségének megőrzése céljából az üzemanyaggal kapcsolatos technológiai szállítási műveletek lefolytatásához csak olyan hatósági üzemeltetési engedéllyel rendelkező, vagy – amennyiben annak megszerzését az NBSZ nem írja elő – az atomerőmű előírásai szerint szabályosan üzembe helyezett berendezéseket szabad használni, amelyek időszakos szemlét, próbáját és ellenőrző vizsgálatait a munkák lefolytatása előtt elvégezték.

A szállítási technológiai műveletekhez az engedélyes olyan biztonsági intézkedéseket dolgoz ki, amelyek kizárják az üzemanyag, ütésektől és súrlódástól származó károsodását, valamint kizárják az üzemanyag elszennyeződését és idegen tárgyak bejutását az üzemanyag pálcák közé.

4.3.2. Adminisztratív intézkedések

A telephelyen belüli szállítást az engedélyes úgy szervezi meg, hogy a fűtőelemköteg indokolatlan mozgatásait kiküszöböljék.

Üzemanyaggal végzett tevékenységet csak az erre jogosult személyek végezhetnek. Minden mozgatási tevékenységet belső szabályozási dokumentumban rögzített utasítások alapján végeznek, amelyekben megadják a művelet megkezdéséhez szükséges feltételeket, a végrehajtás módját, a szükséges biztonsági intézkedéseket.

4.3.3. Szállítás közben tapasztalt rendellenességek kezelése

A friss üzemanyag szállítás közben észlelt bármely, az üzemanyag kazettákat, a szállítóberendezéseket, a személyzetet, az ezekkel kapcsolatos belső szabályozási dokumentumot érintő rendellenesség észlelése esetére ugyanez a dokumentum eseménykivizsgálási utasítást is tartalmaz, amely részletesen meghatározza az események minősítésének, jelentésének, kivizsgálásának, elemzésének és nyilvántartásának rendjét.

4.4. A friss üzemanyag átvételi ellenőrzése

Az üzemanyag bejövő ellenőrzésének minden lépéséről az engedélyes jegyzőkönyvet vesz fel, és megfelelő adminisztratív intézkedésekkel biztosítja azt, hogy ezek a dokumentumok az atomerőmű teljes élettartama alatt visszakereshetők legyenek.

4.4.1. A szállítmány átvétele az erőműben

A nukleáris üzemanyag szállítmányt csak a szállító plombájával leplombált konténerek sérülésmentessége és a kísérő dokumentációk megléte esetén lehet átvenni. A dokumentációk minimálisan a következőket tartalmazzák:

- a) gyári árukísérő dokumentumok,
- b) tisztasági (sugárbiztonsági) műbizonylatok,
- c) a fűtőelemkötegek és az abszorbensek alapvető műszaki adatait tartalmazó gépkönyvek konténerenként,
- d) a vagonok műszaki átadás-átvételi jegyzőkönyve,
- e) a szállítási egységhez tartozó informatikai adathordozók,
- f) minőségellenőrzési műbizonylatok,
- g) a kísérő dokumentációk Szállító és Megrendelő (Üzemeltető) közötti átadás-átvételi jegyzőkönyve.

4.4.2. Az üzemanyag kazetták átvétele

A konténer kibontása után elvégzik:

- a) a kazetták gyári számának ellenőrzését,
- b) a kazetták méretellenőrzését, és a vizsgált típusnak megfelelő méretellenőrző lap, valamint fűtőelem köteg mozgatási lap kitöltését,

4.4.3. Az üzemanyag kazetták átvizsgálása

A konténer kibontása után elvégzik az alábbi vizsgálatokat.

A méreteket ellenőrzik különböző idomszerekkel, sablonokkal, tolómérővel, méretellenőrző csúszdával. A megengedett méreteket hatóságilag jóváhagyott dokumentum tartalmazza. Az idomszereket, sablonokat, méretellenőrző csúszdát a hatóság szakemberei hagyják jóvá. Az említett dokumentumnak, illetve a fenti eszközökkel végzett vizsgálatok szerint nem megfelelő üzemanyag kötegeket nem szabad berakni az aktív zónába.

Először az üzemanyag köteg külső felületeit szemrevételezik a felületi sérülések felderítése és értékelése céljából. A maximálisan megengedhető sérülésekről mintakollekció áll rendelkezésre, amelyek segítségével elbírálható a kazetta megfelelősége.

A mintakollekciót a hatóság hagyja jóvá. A mintakollekcióval végzett vizsgálatok szerint nem megfelelő üzemanyag kötegeket nem szabad berakni az aktív zónába.

Az üzemanyag köteg külső felületeit szemrevételezik a felületi elszíneződések (védőréteg megfelelősége, korróziós folyamatok) felderítése és értékelése céljából.

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- a) a cirkónium burkolaton a futtatási színek a hajlításból eredő vonalszerű nyom;
- b) a belső és külső felületeken a varrat mentén látható futtatási színek szabálytalan csíkjai;
- c) a belső és külső felületen mechanikus tisztítás nyomai, fémes csillogó felület;
- d) elszíneződés a felületen a szalmától a sötétliláig;
- e) a hegesztési varrat környékén futtatási színek, az előzetes hántolással tisztított felületen korrodálási nyomok

Ha a fenti elváltozásokat tapasztalják, akkor ajánlott szakértő bevonásával dönteni az üzemanyag köteg felhasználhatóságáról, amiről tájékoztatni kell a hatóságot.

4.4.4. Az eltérések kezelésének adminisztratív lépései

Az üzemanyag átvétele során tapasztalt bármely műszaki, vagy adminisztratív rendellenességről az engedélyes eltérési jegyzőkönyvet vesz fel, és azt az eltérés súlyosságának megfelelően kezeli.

Amennyiben egy üzemanyag kazettán tapasztalnak a dokumentációkban foglalt műszaki paraméterektől való eltérést, akkor ezt a kazettát jól elkülönítetten tárolják, további intézkedésig felhasználni nem szabad, és a szállító felé megteszik a szerződés szerinti, valamint az esetlegesen szükséges további lépéseket.

4.5. A friss üzemanyag tárolása

A kritikus tömeg kialakulásának megakadályozása céljából a kazettákat csak erre a célra tervezett tárolóban szabad elhelyezni. Ezekben az engedélyes a friss üzemanyagot csak olyan elrendezésekben tárolhatja, amelyek az atomerőmű Biztonsági Jelentése szerint az előírt mértékben szubkritikusak. Az ezzel kapcsolatos korlátozásokat belső szabályozási dokumentum rögzíti. A tárolást, az ezzel kapcsolatos mozgásokat az engedélyes úgy szervezi meg, hogy az kiküszöbölje az indokolatlan fűtőelemköteg mozgásokat.

Az üzemeltető a friss üzemanyag tároló helyiség belépési rendjét szabályozza, üzemanyaggal kapcsolatos tevékenységet csak az arra feljogosított szervezeti egység dolgozói végezhetnek.

A friss üzemanyag tárolóba nem kerülhet be víz.

Az engedélyes megfelelő módon szabályozza a nyílt lánggal történő munkavégzést a friss üzemanyag tárolóban.

Az üzemeltető a kazetták olajjal történő elszennyeződésének megakadályozására a tároló berendezéseinek hajtóműveit a megfelelő belső szabályozási dokumentumban meghatározott módon és rendszerességgel ellenőrzi. Szivárgás esetére előre megfelelő intézkedéseket dolgoz ki, amit ugyanez a dokumentum tartalmaz.

4.6. A friss üzemanyagnak a reaktor aktív zónájába történő behelyezése, a zónaátrakás folyamata, a zóna ellenőrzése

4.7.0.0100. „Az aktív zóna berakási terveit részletes fizikai számításokkal kell megalapozni és jóváhagyni az erre vonatkozó üzemeltetési feltételek és korlátok teljesülésének igazolása érdekében.”

4.6.1. Zónatervezés

Az engedélyes a reaktor üzemanyagöltetének megváltoztatásakor teljes körű reaktorfizikai elemzést végez. Az elemzés kiterjed az aktív zóna valamennyi fontos neutron- és hőfizikai jellemzőjének vizsgálatára. Ennek során igazolja, hogy a tervezett új töltet minden paraméterében megfelel az erőmű hatóságilag jóváhagyott dokumentumában lefektetett reaktorfizikai korlátoknak, az ún. reaktorfizikai keretparamétereknek.

A zónatervezési számítások során meghatározzák az üzemanyag átrakási műveleteit, valamint az átrakott és kiégetett zóna reaktorfizikai keretparamétereit, amelyek a biztonsági elemzések eredményeit érdemileg meghatározó olyan mennyiségek minimális és/vagy maximális értékei, amelyek korlátozása többek között azért lett bevezetve, hogy az elemzéseket lehetőség szerint ne kelljen minden átrakás előtt megismételni, hanem azok a jövőbeli kampányok egy egész sorozatára érvényesek maradjanak.

Annak ellenőrzését, hogy az új, átrakás utáni zóna teljesíti-e a reaktorfizikai keretparaméterek által meghatározott feltételeket, minden kampány előtt a zónatervezési számítások során ellenőrzik. Ennek megfelelően a reaktorfizikai keretparaméterek értékei figyelembe veszik az egyes kampányok különbözősége által okozott eltéréseket és a zónatervezési számítás bizonytalanságait. A hőhordozó kezdeti állapotát korlátozó keretparamétert úgy kell megválasztani, hogy a forrócsatornára, forrópálcára vonatkozó biztonsági elemzések – itt történik az elfogadási kritériumok teljesülésének közvetlen ellenőrzése – konzervatívak legyenek minden lehetséges pálcánkénti teljesítmény-eloszlás esetén a hőhordozó keveredésének valóság-hű figyelembevétele mellett. Rendelkezni kell a fenti keretparaméter megválasztása megfelelőségének megalapozásával. Az alábbi keretparaméter-lista javasolt:

- a) A reaktor maximális hőteljesítménye
- b) A hőhordozó hőmérséklete az aktív zóna bemenetén
- c) A hőhordozó nyomása az aktív zóna kimenetén
- d) A hőhordozó forgalom minimális értéke az aktív zónán keresztül

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- e) Maximális lineáris hőteljesítmény
- f) Maximális pálcateljesítmény
- g) Maximális szubcsatorna kilépő hőmérséklet
- h) Maximális kazettateljesítmény
- i) Maximális pálca, kazetta, tableta kiégés
- j) Moderátor hőmérséklet szerinti reaktivitás tényező üzemállapotok szerint
- k) Fűtőelem hőmérséklet szerinti reaktivitás tényező értéke
- l) Bórsav koncentráció szerinti reaktivitás tényező értéke
- m) Lezárási reaktivitás
- n) Tartalék reaktivitás
- o) A kilökődő SZBV csoport maximális értékessége a reaktor különböző állapotaiban
- p) A szabályozást végző SZBV abszorbens csoportok maximális és minimális integrális és differenciális értékessége
- q) Rekritikussági hőmérséklet maximális értéke
- r) Az üzemzavari védelem hatékonyság minimális értéke a legértékesebb SZBV abszorbens fennakadása esetén
- s) Későneutron hányad minimális értéke a kampány elejére és végére
- t) Szubkritikusság az átrakás alatt.

A zónatervezés és biztonsági elemzések kapcsolatát biztosító keretparaméterek alkalmazása során olyan biztonsági sávokat (tartalékokat) kell megállapítani, amelyek a számítási bizonytalanságokat figyelembe veszik, amivel kapcsolatban a validálás szolgáltat információt. A számítási rendszerek validálása, a bizonytalanságok számszerűsítése alapvető jelentőségűek. Ezek során figyelembe kell venni, hogy a bizonytalanságok ismeretére legtöbbször a zóna olyan állapotában van szükségünk, amikor a hőmérsékletek a visszacsatolások következtében, valamint a kiégések a zónán belüli helynek bonyolult függvényei. Emiatt az adott blokkon végzett erőművi mérések alapvető szerepet játszanak a validálás során. A számítások validálásához az alábbi méréseket fel kell használni:

- a) kritikus indítási bórsav-koncentrációk nulla teljesítmény közelében,
- b) hőmérsékleti együtthatók a Minimálisan Ellenőrzött Teljesítményen (MET),

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- c) bórsav együtthatók MET-en,
- d) differenciális munkacsoport értékségek,
- e) rúdejtéses mérések eredményei,
- f) kritikus bórsav koncentrációk a kiégés függvényében a névleges teljesítmény közelében,
- g) kazettánkénti egyenlőtlenségi tényezők az in-core mérések alapján,
- h) axiális teljesítmény eloszlások az in-core neutrondetektorok mérései alapján.

A számításhoz használt számítógépes kódnak dokumentálnak, igazoltnak kell lennie, és a modell konzervativizmusát egyrészt kísérletekkel – ha vannak –, másrészt fejlettebb kódok eredményei alapján értékelni kell.

Átrakás előtt az alábbi dokumentumokra van szükség.

- a) Belső szabályozási dokumentum, ami bizonyítja, hogy a tervezett töltet reaktorfizikai jellemzői – a számítási bizonytalanságokat figyelembe véve – a fenti keretparaméter tartományon belül található.
- b) Belső szabályozási dokumentum, ami tartalmazza az átrakás utáni első indítás kritikus paramétereit, valamint az indítási mérések számított jellemzőit. Az itt található számított paramétereknek az indítási mérésekkel való összevetése igazolhatja, hogy a zóna geometriája, berakása, valamint az SZBV abszorbensek pozíciója és mozgása megfelelnek a tervezettnek (pl. szimmetria mérés). Ezen kívül az összehasonlítás a számítógépes programok pontosságának ellenőrzésére, validálására szolgál (pl. rúdejtés).
- c) Belső papíralapú szabályozási dokumentum vagy ugyanilyen funkciójú számítógépes eszköz, ami az operátort segíti a manőverezés megtervezésében, így a reaktivitás szabályozásához nyújt segítséget a teljesítménynek, a hőhordozó hőmérsékletének és a bórsav-koncentrációnak széles tartományában időben változó feltételek (pl. xenon tranziens) esetén.

Az üzemeltető a számításokat megfelelő módon dokumentálja. Gondoskodik arról, hogy az adott kampányra vonatkozó dokumentációt az illetékes személyzet a blokk indulása előtt megkapja.

4.6.2. Átrakási tervek

Az engedélyes rendelkezik érvényes középtávú átrakási tervvel, ami a blokkok tervezett üzemmenetét az üzemanyag átrakásokra történő

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

leállások tekintetében az adott kampányhoz képest néhány további kampányra előre tartalmazza. A szükséges kampányok számát az alapján kell meghatározni, hogy a zóna tervtől eltérő paraméterváltoztatásaira nagy valószínűséggel ne kelljen sort keríteni. A középtávú átrakási tervet az engedélyes kampányonként aktualizálja. Az aktualizált tervben az engedélyes figyelembe veszi, és szerepelteti:

- a) azon körülményeket, amelyek a középtávú tervet esetleg módosíthatják,
- b) a reaktorfizikai számítások eredményeit,
- c) az átrakási terv meghatározó paramétereit (átrakási időpontok, vagyis a kampányok hossza, tervezett teljesítmény kihasználási tényezők).

4.6.3. *Az átrakások műveleti sorrendje, az átrakási kartogram*

4.7.0.1100. „A berakás sorrendjét, a tevékenységek helyes végrehajtásának ellenőrzését és a kialakított konfiguráció fizikai mérésekkel történő ellenőrzését írásos, jóváhagyott dokumentummal kell szabályozni.”

Az üzemeltető a tervezett zóna fizikai megvalósításához átrakási kartogramot készít. Az üzemanyag átrakási műveleteket úgy tervezi meg, hogy a zóna szubkritikussága minden pillanatban az előírtak megfelelő legyen, továbbá a műveletek végrehajtása a legbiztonságosabb sorrendben történjen.

4.6.4. *Az aktív zóna ellenőrzése átrakáskor*

Az átrakás alatt folyamatosan, a nukleáris üzemanyag aktív zónából történő ki-, ill. a berakáskor – a tevékenység megkezdéséhez szükséges technológiai feltételek ellenőrzését követően – az alábbi paramétereket ellenőrzik:

- a) az átrakó és pihentető medence vízszintje,
- b) az átrakó és pihentető medence hőmérséklete,
- c) neutronfluxus,
- d) gamma dózisteljesítmény.

Az átrakás befejeztével az aktív zóna helyes, zónatérképnek megfelelő berakását ellenőrzik a kazetták koordinátáinak és gyári számainak visszaellenőrzésével.

4.6.5. Indítási mérések

Az üzemeltetés során az átrakások után, a felterhelés előtt és közben indítási méréseket végeznek. Az átrakást követően, a MET elérése után végrehajtandó indítási mérések feladatai az alábbiak:

- a) Annak bizonyítása, hogy a zóna geometriája, berakása megfelel a tervezettnek (pl. szimmetriamérés)
- b) Egyes nukleáris paraméterek biztonságos voltának bizonyítása (pl. hőmérséklet szerinti reaktivitás-együttható)
- c) A számítógépes programok pontosságának ellenőrzése, validálása (pl. rúdejtés)

Az üzemeltetés során az átrakások után, a felterhelés előtt, ill. közben az alábbi indítási méréseket végzik el.

- a) A kritikusság elérése
- b) Az SZBV abszorbensek és a hajtások összekapcsoltságának ellenőrzése
- c) A zóna szimmetriájának ellenőrzése nullához közeli teljesítményen
- d) A zónaellenőrző rendszer hőmérőinek ellenőrző kalibrálása
- e) dp/dT mérése a primer kör felmelegítése során
- f) Rúdejtési kísérletek
- g) Abszorbens csoport és egyedi abszorbensek értékességének mérése
- h) A dp/dp nyomástényező mérése (csak a reaktor első indításakor)
- i) A dp/dCb meghatározása
- j) $\partial\rho/\partial H$ mérés
- k) $\partial\rho/\partial N$ mérés
- l) Bórdugó mérése (csak a reaktor első indításakor)
- m) A zóna üzemzavari hűtőrendszerének vizsgálata
- n) A zónán belüli teljesítmény-eloszlás ellenőrzése

A feni ellenőrzéseket a vonatkozó belső szabályozási dokumentum szerint végzik el. MET-en különös figyelmet fordítanak az alábbiakra:

- a) az ex-core detektorok jelei alapján kiértékelt teljesítmény,
- b) periódusidők,
- c) primerköri bórsav koncentráció,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- d) az SZBV abszorbens csoportok helyzete,
- e) reaktivitás a fizikusi kísérletek ideje alatt,
- f) egyenlőtlenségi tényezők a felterhelés alatt.

A számítógépes programok pontosságának ellenőrzése, validálása során a számítás és mérés közötti eltéréseknek fizikailag célszerűbb, a reaktivitás szintjén való összehasonlítása céljára felhasználhatók az inverz kinetika által adott eredmények, de ilyenkor mind a számított, mind a mért ex-core jelek konverziójára egyöntetűen, pontosan ugyanazt az eljárást, ugyanolyan belső paraméterekkel kell használni.

Szükség van az indítási mérések elfogadási kritériumainak megalapozására. Az eltérések megengedett mértékének meghatározása során a bizonytalansági elemzések módszerét és egyes esetekben az előzőekben elvégzett kódvalidáció eredményeit alkalmazni kell. A számítás és mérések közötti eltérések megengedett mértékét belső szabályozási dokumentumban rögzítik mérés-típusonként. Az eltéréseket dokumentálják indításonként.

4.6.6. Zónamonitorozás

4.7.0.0400. „Az engedélyesnek olyan programmal kell rendelkeznie, amely érvényes az online és offline zónaszámítások számítógépes alkalmazásaira, és biztosítja az információk visszakereshetőségét, valamint független számítási eszközökkel történő párhuzamos ellenőrizhetőségét.”

4.7.0.0600. „Az aktív zóna paramétereit monitorozó rendszert kell létesíteni, amely biztosítja a változások követését és kiértékelését azért, hogy az abnormális viselkedés észlelhető, továbbá a zónatervezési követelmények teljesülése ellenőrizhető legyen, valamint a kulcsfontosságú paraméterek értékei feljegyezhetők és logikus, konzisztens formában megőrizhetők legyenek.”

4.7.0.0700. „Az engedélyesnek hatékony, a nukleáris üzemanyag épségét biztosító programmal kell rendelkeznie, amelynek ki kell terjednie:

- a) a nukleáris üzemanyag üzemelési paramétereinek monitorozására,*
- b) bevezető tesztkazetták alkalmazására,*
- c) a besugárzott nukleáris üzemanyag vizsgálataira, és*
- d) speciális esetekben laboratóriumi vizsgálati lehetőségekre.”*

4.7.0.0800. „A 4.7.0.0700. pontban meghatározott programban megfelelő eljárásokat és műszaki megoldásokat kell alkalmazni annak érdekében, hogy

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- a) az üzemeltetési stratégiák minimalizálják a nukleáris üzemanyag meghibásodásának lehetőségét;
- b) biztosítani lehessen a nukleáris üzemanyag állapotát jelző radiokémiai adatok szisztematikus elemzését a változások és meghibásodások észleléséhez; továbbá
- c) legyen hatékony intézkedési terv a hibás nukleáris üzemanyag kezelésére, a meghibásodás okának feltárására.”

Az engedélyes méréseken alapuló zónaellenőrző rendszert működtet, aminek részét képezik fizikai modelleken alapuló számítások, és ellátja az alábbi funkciókat:

1. a zóna abnormális állapotának jelzése
2. a zóna mérhető paramétereinek számszerű értékeinek kijelzése
3. normál állapotban egyes reaktorfizikai keretparamétereknek a zónatervezésénél pontosabb meghatározása és a korlátozás feltételeinek, ennek alapján való biztosítása

Új blokkok esetén már a tervezés időszakában részleteiben meg kell határozni és alapozni a zónaellenőrző rendszer funkcióit és az ezek ellátásához szükséges mérések (a továbbiakban „felhasznált mérések”) minimális számát és elrendezését. A felhasznált mérések köre a különböző fenti funkciókhoz különböző lehet. Meg kell határozni a teendőket – megengedett üzemképtelenségi idő, leterhelés, leállítás előírása – arra az esetre, ha ezek a feltételek nem teljesülnek. Mindezek szükségességét és elegendőségét meg kell alapozni. A teendőket az ÜFK-ban kell rögzíteni. Ugyancsak itt rögzítendő azok a feltételek, amelyek szerint az egyedi méréseket hitelesnek kell tekinteni, vagy el kell vetni. Rendelkezni kell a mérések primer mérési bizonytalanságaival, ezek megalapozásához az [2] dokumentumban leírt módszer ad további útmutatást.

A fenti lista 1. számú funkciója ellátása érdekében meg kell határozni azokat az üzemzavarokat (pl. téves átrakás, abszorbens beszorulás, abnormális forgalomcsökkenés közül egyesek), ezek jellemzőit, mértékét, amelyek jelzésére a zónaellenőrző rendszer idejekorán (pl. a felterhelés időszakában) képes, és ily módon megfelelő operátori beavatkozás esetén az ilyen üzemzavarok következményei enyhíthetők (lásd pl. [3]). Ez különösen fontos akkor, ha a zónaellenőrző rendszernek ezt a képességét az üzemzavarelemzések (beleértve mind a determinisztikus, mind a valószínűségi elemzéseket), kihasználják (lásd pl. [3]). Ebből a célból meg kell határozni a mért és/vagy számított értékek azon kombinációit – például a mért

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

szimmetria faktorokkal vagy a számított és mért értékek eltéréseivel jellemezve –, amelyek esetén az adott típusú, adott mértékű üzemzavar valószínűsíthető. A megalapozásnak lényeges része a megfelelő bizonytalansági elemzés.

Új blokkok esetén a fenti lista 3. számú funkciójával kapcsolatban meg kell határozni a mért és/vagy számított értékek azon kombinációit (például a mért szimmetria faktorokkal, vagy a számított és mért értékek eltéréseivel jellemezve), amelyek mellett a fizikai modelleken alapuló számítások felhasznált input adatai már nem tekinthetők hihetőnek, mert például egy üzemzavar esetén az input adatokra vonatkozó feltételezések teljesülése nem tekinthető biztosítottnak. Ebben az esetben a zónaellenőrző rendszer által számított keretparaméterek értékei sem tekinthetők hihetőnek. A megalapozásnak lényeges része a megfelelő bizonytalansági elemzés.

A zónaellenőrző rendszert a fenti három bekezdés szerinti információ alapján kell az NBSZ előírásainak megfelelő biztonsági osztályba sorolni.

A zónaellenőrző rendszer szoftverében lévő, egyes mennyiségek között kapcsolatot teremtő algoritmusoknak a folyamatokat, állapotokat leíró, elméletileg megalapozott, valóság-hű fizikai modelleken kell alapulniuk, amelyeknek validáltnak, bizonytalanságaiknak ismertnek kell lenniük. Ezek input adatainak bizonytalanságait, azok korrelációit ismerni kell.

Új blokkok esetén a számítások modelljeinek normál üzemben képesnek kell lenniük a mért jelek reprodukálására. Képezni kell a számított és mért jelek eltéréseire alapozott statisztikát, ennek trendjét. A trend szignifikáns változásait magyarázni kell tudni. Az input paraméterek (hatáskeresztmetszet, technológiai adatok, rendszer paraméterek) és a modellezés bizonytalanságaiból kiindulva meg kell határozni a számítás bizonytalanságait. A fenti statisztikának ezzel számszerűleg összhangban kell állnia.

A fenti 3. funkció ellátása érdekében a számítások modelljeinek normál üzemben képesnek kell lenniük a teljesítmény- és a hűtőközeg-jellemzők lokálisan korlátozott (pálcaszakasz, pálca, szubcsatorna szintű) keretparamétereinek meghatározására. Az input és modell bizonytalanságokból kiindulva meg kell határozni a számítás bizonytalanságait. Amennyiben a mérési adatokat felhasználják a számítás eredeti input adatainak (például a hatáskeresztmetszeteknek) és eredményeinek pontosításához, akkor a vonatkozó eljárásnak megalapozott matematikai statisztikai módszeren kell alapulnia, beleértve az eredeti input adatok bizonytalanságainak megfelelő korrelációit. Az input adatok

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

módosításai nem térhetnek el lényegesen attól, mint amit azok bizonytalanságai és korrelációi statisztikailag lehetővé tesznek.

Amennyiben a megengedett üzemképtelenségi időt nem alapozza meg PSA elemzés, akkor a számítás bizonytalanságán felül pótlólagos tartalékot kell képezni és azt érvényesíteni az üzemvitel során, ami megalapozott módon figyelembe veszi a keretparaméterek lehetséges változásait a megengedett üzemképtelenségi idő alatt.

Meg kell határozni a teendőket arra az estre, ha a bizonytalanságokkal megnövelt számított keretparaméter értékek meghaladják a biztonsági elemzésekben feltételezett értékeket. Az erre az esetre vonatkozó teendőket az ÜFK-ban rögzíteni kell.

A mérés és számítás eredményeképpen az alábbi keretparaméterekhez tartozó eloszlásokat kell előállítani:

- a) Maximális lineáris hőteljesítmény,
- b) Maximális pálcateljesítmény,
- c) Maximális szubcsatorna kilépő hőmérséklet,
- d) Maximális kazettateljesítmény,
- e) Maximális pálca, kazetta, tabletták kiégés.

A fentiekén kívül még az alábbi, a nukleáris jellemzők tekintetében lényeges paraméterek megfigyelése szükséges:

- a) a reaktor neutron fluxus szerinti teljesítménye,
- b) a reaktor teljesítménye a szekunderköri hőmérleg alapján,
- c) a hőhordozó átlagos felmelegedése a reaktorban,
- d) a zónaforgalom,
- e) az átlagos belépő hőmérséklet,
- f) az SZBV abszorbensek helyzete,
- g) a primerköri bórsav-koncentráció.

Meg kell határozni az on-line zónamonitorozó rendszer által számított mennyiségek bizonytalanságait, aminek során az alábbi típusú bizonytalanságokat kell figyelembe venni:

- a) modellezési bizonytalanságok,
- b) mérési bizonytalanságok,
- c) technológiai bizonytalanságok,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

d) a nukleáris adatok bizonytalanságai.

Új atomerőművi blokkok esetén – a fentiekén túl – a tervezésnek méréstípusonként és/vagy a mérések együttes feldolgozásának esetére meg kell határozni az on-line zónamonitorozó rendszer funkcióit:

- a) Mely és milyen mértékű változásokkal járó nem tervezett anomáliák jelzésére alkalmas (pl. téves átrakás, SZBV hajtás meghibásodás, hűtőcsatornák elzáródása).
- b) A meghibásodás jelzése a biztonsági rendszerek működése előtt kellő időben bekövetkezik-e ahhoz, hogy a reaktorvédelmi működés elkerülhető legyen megfelelő intézkedésekkel.

A biztonsági elemzések kezdeti feltételei, feltételezett meghibásodásai (a posztulált kezdeti események köre) felhasználják-e, hogy bizonyos eseményeket, bizonyos paraméterekkel nem kell vizsgálni, mert a monitorozás ezeket kizárja. Ebben az esetben a monitorozó rendszer biztonsági osztályba sorolása során ezt figyelembe kell venni.

Új blokkok esetén axiális irányban elegendő számú és elrendezésű detektornak kell rendelkezésre állnia ahhoz, hogy a xenon-lengések által keltett teljesítményalak változások, az axiális offset kiértékelhető legyen.

A rendszernek képesnek kell lennie a mért és számított adatok archiválására és visszajátszására, valamint hasznos, ha rendelkezik az operátort segítő prediktív funkcióval.

4.6.7. *Ex-core detektorok*

Az ex-core detektorok összességükben a kis neutronfluxusú forrástartományban való működtetéstől – ami a reaktor spontán hasadások, esetleg az új blokkok első kampányában a zónába helyezett neutronforrás által fenntartott láncreakció szubkritikus állapota – az energetikai tartományban történő üzemeltetésen át, egészen az üzemzavari védelmi működés által kezelt legmagasabb neutronfluxus szint esetén képesek a neutronfluxus mérésre. A detektorok csak a lineáris tartományukban tekinthetők működőképesnek. A várható legkisebb, spontán hasadásból, vagy mesterséges neutronforrásból származó neutronfluxus szint értékét az üzemeltető meghatározza. A különböző fluxus szintek érzékelésére különböző detektorok jelei felhasználhatók, de a mérési tartományoknak átfedésben kell lenniük.

A detektorokat rendszeresen kalibrálni kell, jeleik értelmezését összhangba kell hozni a hőfizikai mérések eredményeivel.

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

Azoknak a detektoroknak az esetében, amelyek a védelmi rendszer részei, biztosítani kell a redundancia és a diverzitás feltételeit. Ezért az ilyen detektorok hármásával készleteket alkotnak – minden fluxus szint tartományban külön –, és egy készlet három detektora azimutálisan egyenletesen van elosztva a zóna körül. Minden készlet többszörözve van, legalább két készletnek mindig ellenőrzött módon működőképesnek kell lennie, ezért célszerű mindig egy harmadik működőképes készlet fenntartása.

Rendelkezni kell azokkal az érzékenység függvényekkel, ami az egyes kazetták nódusainak teljesítménye (fluxusai) és a detektorok jele között teremt lineáris kapcsolatot, és függvénye a kosár és reaktortartály közötti hűtőközegek hőmérsékletének. Erre az indítási mérési eredmények értelmezhetősége, feldolgozhatósága miatt van szükség. Ezen kívül ezt az aszimmetrikus teljesítmény-eloszlású üzemzavarok elemzése is szükségessé teszi.

Új blokkok esetén axiális irányban is elegendő számú és elrendezésű ex-core detektornak kell lennie ahhoz, hogy a xenon-lengések által keltett teljesítményalak változások követhetők, az axiális offset kiértékelhető legyenek.

Működőképes ex-core detektoroknak rendelkezésre kell állniuk az átrakás alatt, nyitott reaktor esetén is a reaktivitás nem megengedett mértékű növekedésének jelzése céljából.

A méréshatár váltások nem okozhatnak szakadásokat a jelek időfüggésében. Ezek fluxusszintjeit a feldolgozhatóság érdekében meg kell adni. A folytonosság megtartásáról gondoskodni kell a kalibrálás esetén is.

4.6.8. További vizsgálatok

- a) A fűtőelemek besugárzás utáni ellenőrzése a primerkörü aktivitás rendellenes növekedése esetén szemrevételezéses vizsgálatok révén, aminek elvégzésére videokamerák állnak rendelkezésre
- b) Az in-core mérések által kimutatott hidraulikai eltérések esetén a hidraulikai ellenállás pontosabb mérése, közvetlen vizsgálatára alkalmas eszközzel
- c) A primerkörü aktivitás rendellenes növekedése esetén a reaktorba, vagy egy aknába helyezett, az egyes fűtőelemkötegek hermetikusság-vizsgálata sipping berendezésen
- d) A kiégett fűtőelemkötegek tárolását biztosító pihentető medencék vizének rendszeres radiokémiai ellenőrzése

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- e) Ha a tároló és szállítóeszközök bármelyikében a szubkritikusság érdekében a kiégést alulról korlátozzák („burnup credit”), akkor a kiégéssel szoros kapcsolatban lévő aktivitások, aktivitásarányok (pl. Cs-137/Cs-134) mérése kazettánként.

4.6.9. Az eltérések kezelése

Az átrakási kartogramban foglaltak végrehajtása során tapasztalt bármely rendellenesség esetén az éppen folyó műveletet az engedélyes abba hagyja, és a továbbiakban minden műszaki és adminisztratív intézkedést meghoz az üzemanyag kazetták esetleges sérülésének elkerülésére.

Adminisztratív intézkedést hoz, hogy az átrakás alatt esetleg megsérült, vagy az üzemelés alatt inhermetikussá vált kazettát a zónába ne lehessen be/visszahelyezni.

Intézkedéseket dolgoz ki a 4.6. pont ellenőrzéseinek esetleg tapasztalt rendellenességek kezelésére.

4.7. A kiégett üzemanyag pihentetése, ideiglenes tárolása

4.7.0.0900. „Folyamatosan fenn kell tartani a biztonsági jelentésben indokolt mértékű tervezési üzemzavari zónakirakás feltételeit.”

A kiégett üzemanyag pihentetését, mozgatását, tárolását, ellenőrzését csak az ezekre a feladatokra tervezett berendezésekkel, eszközökkel szabad végezni, továbbá üzemanyaggal kapcsolatos tevékenységet csak az arra feljogosított szervezeti egység dolgozói végezhetnek.

Az engedélyes a kiégett üzemanyagok pihentetése, ideiglenes tárolása során a kazettákat csak olyan elrendezésekben tárolhatja, amelyek az atomerőmű Biztonsági Jelentése szerint az előírt mértékben szubkritikusak.

A víz alatti tárolás úgy valósuljon meg, hogy:

- a) a medencében levő víz tiszta állapotának megőrzése megkönnyítse az üzemanyag kezelését;
- b) a medence terében levő vizet
 - megfelelő technológiai rendszerekkel tisztítani lehessen,
 - megfelelő technológiai berendezésekkel hűteni lehessen a párolgás csökkentésére;
- c) megfelelő légtechnikai rendszerekkel az esetleges párolgás hatását csökkenteni lehessen;

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- d) ne következzen be bór kikristályosodás a kazetták és a medence felületein;
- e) a víz pH értékét és a szennyező ionok megengedett maximális koncentrációját úgy határozza meg, ill. azok figyelembevételével az üzemeltetést úgy végzi, hogy ne érje korróziós kár a fűtőelemeket, ill. a medence vizével kapcsolatba kerülő egyéb szerkezeti elemeket;
- f) megfelelő víz alatti világítást biztosít a mozgatási műveletek alatt;
- g) a kazetták feletti vízoszlop magassága elegendő legyen a sugárvédelmi árnyékoláshoz,
- h) a medence rendszerelemeinek állapotát időszakosan ellenőrizték, inhermetikusságát folyamatosan monitorozzák, az esetleges sérüléseket elhárítják és a bórsav szivárgásokat megbízhatóan eltávolítják és gyűjtik.

A tárolóban lévő kazetták sérülésének megakadályozására a kiégett üzemanyag tároló felett az emelőszervezetek részét nem alkotó nehéz tárgyak mozgatása tilos.

Az atomerőmű területén a kiégett üzemanyag tárolókban elegendően nagy tartalékkapacitást fenntart arra, hogy ott bármikor egy teljes reaktortöltetet és – amennyiben az abszorbensek nem helyezhetők el a kötegek belsejében – egy teljes szabályzórudd készletet helyezhessenek el.

Megfelelő eszközökkel és tárolókapacitással kell rendelkezni az engedélyes által becsült mennyiségű inhermetikus kazetta biztonságos tárolásához.

4.8. A kiégett üzemanyag előkészítése az elszállításra

Az útmutatóban az üzemanyag elszállításra történő előkészítése alatt a kazettáknak a pihentető medencéből való kivételétől a konténereknek a szállítóeszközre történő felhelyezéséig tartó műveleteket értjük. Ezen tevékenységekkel kapcsolatban az alábbi ajánlások irányadók:

4.8.1. Adminisztratív kérdések

Az engedélyes a középtávú átrakási tervek birtokában rendelkezik a kiégett üzemanyagok kezelésének (elszállítás, vagy további ideiglenes tárolás) ütemtervével az aktuális kampányt követő négy kampányra.

A kiégett üzemanyag mozgatását, szállítását, ellenőrzését csak az ezekre a feladatokra tervezett berendezésekkel, eszközökkel szabad végezni, továbbá üzemanyaggal kapcsolatos tevékenységet csak az arra feljogosított szervezeti egység dolgozói végezhetnek.

4.8.2. A konténerek, emelőszervezetek megfelelőségének igazolása

A kiégett üzemanyag elszállítását megelőzően az engedélyes meggyőződik a szállításban résztvevő konténerek, emelőszervezetek megfelelőségéről, ehhez legalább az alábbiakat dokumentáltan elvégzi:

- a) a szállítókonténer roncsolásmentes vizsgálatát, festésének, idegentest mentességének vizsgálatát,
- b) a szállítókonténerek emelő keretének vizsgálatát,
- c) az üzemanyag elszállításában résztvevő, emelő és megfogó berendezések alkalmasságának vizsgálatát,
- d) az üzemanyag elszállításnál szerepet játszó aknák idegentest mentességének, alkalmasságának ellenőrzését,
- e) a csavaros kötések, tömítések állapotának ellenőrzését.

A műveletek végzése közben minimum az alábbi vegyi ellenőrzéseket, dekontaminálási műveleteket szükséges elvégezni:

- a) a szállítókonténerek feltöltésére szolgáló közegek (pl. nitrogén, tiszta kondenzátum, bóros oldat) kémiai vizsgálatát,
- b) a kiégett üzemanyaggal megtöltött és a szállításhoz közeggel feltöltött konténerből vett gáz- és vízminta kémiai vizsgálatát,
- c) a szállítókonténerek és a konténerek kiszolgálásában felhasznált eszközök dekontaminálását,
- d) az adott blokkról elszállításra kerülő utolsó konténer dekontaminálása után bórkoncentráció mérést a pihentető medencében.

4.8.3. A kiégett fűtőelemek adatai

A kiégett fűtőelemek kísérő dokumentációja minimum az alábbiakat tartalmazza:

- a) az atomerőmű típusát és megnevezését,
- b) a blokk számát,
- c) az üzemanyag fűtőelem köteg dúsítását és gyári számát,
- d) az üzemanyag fűtőelem köteg típusát,
- e) az üzemanyag fűtőelem köteg rajz szerinti azonosítóját,
- f) az üzemanyag fűtőelem köteg tömegét,
- g) az üzemanyag fűtőelem kötegben eredetileg levő U tömegét,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- h) az üzemanyag fűtőelem kötegben eredetileg levő U-235 tömegét,
- i) az üzemanyag fűtőelem köteg gyártási évét,
- j) a berakás időpontját,
- k) a pihentetés kezdetének időpontját,
- l) az üzemanyag fűtőelem köteg kiegészését (MWnap / kgU),
- m) a számított U-235 tömeget a fűtőelem kötegben,
- n) a számított összes U tömeget a fűtőelem kötegben,
- o) a számított Pu-izotópok tömegét a fűtőelem kötegben,
- p) a hermetikussági vizsgálat eredményét,
- q) a szállító tok sorszámát,
- r) az üzemanyag fűtőelem köteg tokon belüli koordinátáját,
- s) az üzemanyag fűtőelem köteg remanens hőfejlesztését,
- t) az összesített remanens hőfejlesztést a szállító tokban.

4.8.4. Az üzemanyaggal megtöltött szállítókonténer vizsgálata

A szállítással kapcsolatban az engedélyes a veszélyes áruk nemzetközi szállítását szabályozó módoszatfüggő egyezmények összes releváns előírását betartja. Az engedélyes a fűtőelemek berakását követően elvégzi a szállítókonténerek megfelelő dozimetriai, vegyi vizsgálatát, valamint tömörségi próbáját.

A dozimetriai méréseket a következő terjedelemben végzi el:

- a) dózisegyenérték teljesítmény a szállítókonténer külső felületén,
- b) nem fixált α szennyezettség a szállítókonténer külső felületén,
- c) nem fixált β szennyezettség a szállítókonténer külső felületén.

A konténerben lévő víz és gáz vegyi összetételét az alábbi terjedelemben vizsgálja:

- a) ammónia koncentráció,
- b) hidrazin koncentráció,
- c) bórsav koncentráció,
- d) réz koncentráció,
- e) vas koncentráció,
- f) oxigén koncentráció,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- g) száraz maradék,
- h) permanganátos oxidálhatóság meghatározása.

A tömörségi próba eredményét dokumentálja, ez tartalmazza a nyomás értékét és a mérés időtartamát percben.

4.8.5. A szállítókonténer kísérő irata

A szállítókonténer kísérő dokumentációja minimum az alábbiakból áll:

- a) a reaktor típusa és megnevezése,
- b) a tokok azonosítói,
- c) a tokok gyári számai,
- d) a berakott fűtőelemek száma,
- e) a tokok kartogram szerinti berakása,
- f) a szállítókonténer azonosítója,
- g) a szállítókonténer gyári száma,
- h) a szállítókonténer berakása befejezésének időpontja,
- i) a stacioner állapot elérésének időpontja,
- j) a hűtőközeg hőmérséklete a konténerben,
- k) a szállítókonténerben lévő nyomás,
- l) a dozimetriai mérések eredményei,
- m) az [1] dokumentumban definiált CriticalitySafety Index értéke,
- n) az [1] dokumentumban definiált Transport Index értéke.

4.8.6. Az üzemanyag-szállító szerelvényvel kapcsolatos vizsgálatok

Az üzemanyag-szállító szerelvényvel kapcsolatban az engedélyes az alábbi vizsgálatokat végzi el:

A speciális berendezések teljességének vizsgálatát. Eltérés esetén felsorolja a hiányzó, vagy sérült berendezéseket, ill. ezek hatását a biztonságra, továbbá megállapítja az eltéréssel kapcsolatos felelősséget.

A dozimetriai ellenőrzések során a következő méréseket végzik el:

- a) gamma- és neutronsugárzás maximális dózisegyenérték teljesítménye a vagonkonténer külső felületein, tetszőleges pontban,
- b) gamma- és neutronsugárzás maximális dózisegyenérték teljesítménye a vagonkonténertől 2m távolságban, tetszőleges pontban,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- c) nem fixált radioaktív szennyezettség maximális mértéke a vagonkonténerben a felületeken, a csomagolás külső felületein,
- d) nem fixált radioaktív szennyezettség maximális mértéke a vagonkonténer külső felületein.

A c) és d) pontokban történő mérések esetére igazolni kell, hogy mely sugárzásfajtára elegendő a mérést elvégezni.

4.9. A nukleáris üzemanyag kezelésével kapcsolatos nyilvántartások

4.7.0.1000. *„Az engedélyes teljes körű nyilvántartási és ellenőrzési rendszert működtet, amely igazolja a nukleáris üzemanyagra vonatkozó nemzetközi egyezmények és hazai jogszabályok követelményeinek betartását.”*

4.7.0.1100. *„A berakás sorrendjét, a tevékenységek helyes végrehajtásának ellenőrzését és a kialakított konfiguráció fizikai mérésekkel történő ellenőrzését írásos, jóváhagyott dokumentummal kell szabályozni.”*

4.7.0.1200. *„A fűtőelemkötegek élettörténeti adatait, azaz a fűtőelemkötegek viselkedését a szállítóeszközökben, a tárolókban, az aktív zónában, az aktív zónában töltött időszak üzemeltetési paramétereit és a nukleáris biztonsággal kapcsolatos egyéb információkat a nukleáris létesítménybe szállítástól a kiszállításig rögzíteni és értékelni kell.”*

A nukleáris üzemanyag kezelésével kapcsolatos nyilvántartást az engedélyes úgy szervezi meg, hogy az erőmű élettartama alatt az elegendő tájékoztatást adjon az üzemanyag telephelyen belüli megfelelő kezeléséről a zóna biztonságával összefüggő tevékenységek részletes kiértékeléséhez.

4.9.1. Az üzemanyag szállítással és az üzemanyag tárolásával kapcsolatos nyilvántartások

Az erőmű élettartama alatt a szállítással és üzemanyag tárolással kapcsolatban az alábbiakról vezet nyilvántartást:

- a) az üzemanyagra vonatkozó gyártóművi műszaki és minőségbiztosítási információkról,
- b) az üzemanyag szállítás eszközeinek engedélyeztetésére vonatkozó információkról,
- c) az üzemanyag szállítmány átvételével és átadásával kapcsolatos információkról,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

- d) az üzemanyag tárolásával, a tárolóban történt mozgásokkal kapcsolatos információkról.

4.9.2. Üzemvitellel kapcsolatos nyilvántartások, archiválandó dokumentumok

A nukleáris üzemanyagra vonatkozó alábbi, üzemvitellel kapcsolatos információkat őrzik meg:

- a) a nukleáris üzemanyag élettörténetére vonatkozó adatokat,
- b) a zóna üzemelésének történetét,
- c) a hőteljesítményt, a villamosenergia termelést, a hőmérsékletet,
- d) a zónán belüli fluxusmérések eredményeit,
- e) az üzemanyag átrakási programokat és a hozzá szükséges információkat,
- f) minden egyes üzemanyagköteg elhelyezési pozícióit az aktív zónában, ill. pihentetési, ideiglenes tárolási helyein,
- g) az egyes üzemanyagkötegek besugárzásának történetét,
- h) az üzemanyag meghibásodási adatokat, a szivárgó fűtőelemek azonosítására végzett mérések eredményeit,
- i) az üzemanyag vizsgálati eredményeit.

4.9.3. A zóna kezelésével kapcsolatos nyilvántartások, archiválandó dokumentumok

Az alábbi információ megőrzése szükséges:

- a) A zónaparaméterek, teljesítmény- és neutronfluxus-eloszlások, az izotóp összetétel (vagyis azok mennyiségének) változása, az üzemanyag biztonsága szempontjából fontosnak ítélt további adatok számítógépes számításai, illetve mérési eredményei.
- b) Üzemanyag berakási sémák és menetrendek.
- c) A mérési eredmények és számított értékek összehasonlító értékelése, a számítási módszerek érvényességének dokumentumai.
- d) Olyan üzemi adatok, amelyek alapadatokat képeznek az üzemanyag átrakási terv elkészítéséhez és az üzemviteli biztonság értékeléséhez.

4.10. Szivárgó fűtőelemek kezelése

4.7.0.0300. „A sérült – besugárzott és nem besugárzott – nukleáris üzemanyag kezelését különös részletességgel kell szabályozni, beleértve a

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

nukleáris üzemanyag megsérülésének detektálására vonatkozó kritériumok indoklását.”

Az engedélyesnek megfelelő stratégiával kell rendelkeznie a normál üzemelés során inhermetikussá vált (szivárgó) fűtőelemek kezelésére.

Az erőműnek a fűtőelemek integritását folyamatosan figyelemmel kell kísérnie. A monitorozó program részét képezhetik legalább az alábbiak:

- a) az új üzemanyag bevezetése teszt kazettákkal,
- b) a primerköri hűtőközeg aktivitásának rendszeres ellenőrzése,
- c) a kiégett üzemanyag vizsgálata.

A kiégett üzemanyag vizsgálatának egyik fontos eleme azoknak a folyamatoknak a felderítése, amelyek a szivárgó fűtőelemek megjelenéséhez vezetnek.

A reaktor hűtővizében található hasadási termékek aktivitáskoncentrációját korlátozni kell úgy, hogy sem az erőműben dolgozók, sem a lakosság egészségét ne veszélyeztesse. A korlátokat célszerű a jód izotópokra megadni. A maximálisan megengedhető aktivitáskoncentrációk mellett meg kell adni olyan alsóbb korlátokat, amelyekkel a folyamatos üzemelés megengedhető, de az aktivitások csökkentésére, illetve az aktivitás forrásának azonosítására intézkedéseket kell tenni.

Rendelkezni kell olyan számítási eljárással, amely a primerköri aktivitáskoncentrációk alapján jelzi, hogy a vannak-e szivárgó fűtőelemek a zónában. Az eljárással becslést kell adni a szivárgó fűtőelemek számára és lehetőség szerint egyéb olyan jellemzőire (pl. kiégés, dúsítás, kazetta típus), amelyek elősegítik a szivárgó kazetták azonosítását.

Ha a normál üzemi adatok alapján szivárgó fűtőelem van a zónában, akkor a leálláskor meg kell vizsgálni, hogy fellépett-e a szivárgó fűtőelemek jelenlétét jelző jód és nemesgáz aktivitáscsúcs.

Az erőműnek rendelkeznie kell olyan roncsolásmentes eljárással, amellyel a kirakott kazetták közül kiválaszthatóak a szivárgó fűtőelemet tartalmazó kazetták. Ilyen eszköz lehet például a teleszkóp sipping berendezés, vagy zárt hűtőkörrel rendelkező vizsgálótok. Ha az adott kampányban voltak szivárgó kazetták a zónában, akkor minden kirakott kazettát meg kell vizsgálni.

A szivárgó fűtőelem helyére egy megfelelően kiválasztott másik fűtőelem, vagy egy üzemanyagot nem tartalmazó rúd behelyezhető az új blokkokon. Vizsgálni kell az így átalakított kazetta tulajdonságait, a fűtőelem pálcáira,

A nukleáris üzemanyag és a reaktor aktív zónájának kezelése az atomerőműben

valamint a zónára gyakorolt hatásokat, a limitek teljesülését. A szétszereléshez rendelkezésre álló eszközök alkalmazhatóak lehetnek nagymértékben sérült kazetták olyan jellegű szétszereléshez, ami a további tároláshoz szükséges. A szétszerelés során a kazetta nem melegedhet fel és a műveletek során biztosítani kell megfelelő sugárvédelmi árnyékolást.

Az erőműben rendelkezni kell a szivárgó fűtőelemet tartalmazó kazetta nedves tárolására alkalmas műszaki megoldásokkal és eszközökkel. A szivárgó fűtőelem eltávolítása nem feltétlenül szükséges.

A kazettákból eltávolított szivárgó fűtőelemek nedves tárolására speciális eszközök és műszaki megoldások szükségesek.

A szivárgó fűtőelemek és kazetták tárolóit úgy kell kialakítani, hogy a hasadóanyag kikerülés kockázata minimális legyen. Továbbá biztosítani kell a geometria, neutronabszorbensek vagy egyéb módon, hogy a hasadóanyag kritikussá válása ne következhesen be.

Legkésőbb az erőmű leszerelésének időpontjában megfelelő szállítóeszközökkel kell rendelkezni a szivárgó fűtőelemek és kazetták erőműből történő kiszállításához és be kell mutatni a végleges elhelyezés lehetőségeit.

A szivárgó fűtőelemek erőműből történő kiszállításához részletes adatokat kell megadni, amelyek alapján megbecsülhető a fűtőelemekből történő aktivitáskikerülés a szállítás és az átmeneti tárolás során.

5. HIVATKOZÁSOK

- [1] IAEA Safety Standards Series No. SSR-6: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material - 2012 Edition. Elérhető az IAEA honlapján.
- [2] Adorján Ferenc, Végh János: A VERONA-u rendszer input adataként használt mérések hibaanalízise I. rész: Az in-core mérések analízise II. rész: A technológiai mérések és a közvetlenül meghatározott technológiai paraméterek hibaanalízise, AEKI jelentés, 1996
- [3] Keresztúri A, Molnár A, Temesvári E, Korpás L, Statistical evaluation of the online core monitoring effectiveness for limiting the consequences of the fuel assembly misloading event, NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN 238:(7) pp. 1569-1576. (2008)