
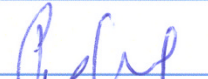



Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk

CÉLZOTT BIZTONSÁGI FELÜLVIZSGÁLAT ELŐREHALADÁSI JELENTÉS



Paks, 2011. augusztus 15.

Név	Beosztás	Aláírás	Dátum
Eiler János	Projekt operatív irányító		2011.08.05.
Elter József	Projekt szakmai vezető		2011.08.05.
Hamvas István	Vezérigazgató		2011.08.05.

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ.....	5
1. A TELEPHELY ÉS AZ ERŐMŰ LEGFONTOSABB SAJÁTSÁGAI	8
1.1 ALAPVETŐ INFORMÁCIÓK.....	8
1.1.1 Elhelyezkedés, környezet	8
1.1.2 Blokkok száma	9
1.1.3 Az engedélyes személye.....	10
1.1.4 A reaktorok típusa, teljesítménye	10
1.1.5 Az üzembe helyezések időpontjai.....	10
1.1.6 A pihentető medencék sajátosságai.....	10
1.1.7 A külső villamoshálózati kapcsolatok.....	12
1.1.8 A biztonság és a felülvizsgálat szempontjából releváns különbségek a blokkok között.....	13
1.2 A TELEPHELYEN LEHETSÉGES TERMÉSZETI EREDETŰ VESZÉLYFORRÁSOK	15
1.2.1 Földrengés	15
1.2.2 Árvizek	18
1.2.3 A Duna alacsony vízszintje	20
1.2.4 Időjárási hatások	20
1.3 A KORÁBBI VALÓSZÍNŰSÉGI BIZTONSÁGI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	22
2. A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	25
2.1 A VILLAMOS BETÁPLÁLÁS TARTÓS ELVESZTÉSE	25
2.1.1 A villamos betáplálási funkciót biztosító rendszerek kialakítása, teljesítőképessége és működésük korlátai.....	25
2.1.2 A villamos betáplálás tartós elvesztésének lehetséges belső okai és az azok elleni védelem.....	29
2.1.3 A villamos betáplálás rendszereinek védelem a külső természeti hatásoktól ..	30
2.1.4 A villamos betáplálási funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatásokra.....	33
2.1.5 A villamos betáplálás tartós elvesztése megelőzésének és preventív balesetkezelésének lehetséges módjai	34
2.2 A VÉGSŐ HŐELVEZETÉSI LEHETŐSÉG TARTÓS ELVESZTÉSE	37
2.2.1 A végső hőelnyelő funkciót biztosító rendszerek kialakítása, teljesítőképessége és működésük korlátai.....	37
2.2.2 A végső hőelnyelő tartós elvesztésének lehetséges belső okai és az azok elleni védelem.....	41
2.2.3 A végső hőelnyelő funkció rendszereinek védelem a külső természeti hatásoktól.....	44
2.2.4 A végső hőelnyelő funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatásokra.....	47

2.2.5	A végső hőelnyelő tartós elvesztése megelőzésének és preventív balesetkezelésének lehetséges módzatai	48
2.3	A KONTÉNMENT FUNKCIÓ SÉRÜLÉKENYSÉGE TERVEZÉSI ALAPON TÚLI KÜLSŐ HATÁSOK ESETÉN	51
2.4	JELENTŐS RADIOAKTÍV KIBOCSÁTÁSRA VEZETŐ SÚLYOS BALESETI FOLYAMATOK	52
2.5	A NEM URALT KULCSESEMÉNYEK KÖVETKEZMÉNYEIT ENYHÍTŐ BALESETKEZELÉS	54
2.6	A NEM URALT KULCSESEMÉNYEK KÖVETKEZMÉNYEI TELEPHELYI KEZELÉSÉNEK MÓDOZATAI	55
3.	VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ	60
	RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	63

TÁBLÁZATOK

1.1-1. táblázat:	A blokkok fő technológiai paramétereink értékei	10
1.1-2. táblázat:	A súlyos baleset kezeléshez kapcsolódó átalakítások státusza illetve a megvalósítás tervezett időpontja	14

ÁBRÁK

1.1-1. ábra:	A paksi atomerőmű elhelyezkedése.....	8
1.1-2. ábra:	A paksi atomerőmű telephelye	9
1.1-3. ábra:	Az erőmű nézeti képe	9
1.1-4. ábra:	A pihentető medence üzemi és tartalék tárolóállványai	11
1.1-5. ábra:	A 400 kV-os alállomás.....	12
1.1-6. ábra:	A magyar országos alaphálózat	13
1.1-7. ábra:	Az I. és II. kiépítés dízelgenerátorai	13
1.2.1-1. ábra:	A földrengés-veszélyeztetettségi görbe a paksi telephelyre	16

Előszó

2011. március 11-én a japán írott történelmének legnagyobb földrengését követően létrejött extrém méretű cunami következtében súlyos reaktorbaleset történt a Fukushima I. atomerőműben. A tengerparttól mintegy 130 km-re, 24 km-es mélységben a Richter-skála szerint 9-es erősségű földrengés történt, amely az erőmű tervezési alapját¹ kissé meghaladó mértékben megrázta az atomerőmű területét. Ennek következtében az erőmű működésben lévő blokkjai leálltak.

Mivel a földrengés következtében súlyosan megsérült a villamos távezeték-hálózat, a telephely külső áramellátása megszűnt. A veszélyhelyzeti villamos betáplálást automatikusan az erre a célra szolgáló dízelgenerátorok vették át. Ezekkel biztosítható volt a leállt reaktorblokkok és a pihentető medencék megfelelő hűtése.

Mintegy 50 perccel a földrengést követően a telephelyet elérte az óceán alatt kirobbant földmozgás miatt kialakult szökőár. A telephely környékét teljes mértékben letaroló víz magassága lényegesen meghaladta az erőmű tervezési alapját. Különböző berendezések elárasztása miatt a dízelgenerátorok működésképtelenné váltak. Teljesen megszűnt a blokkok áramellátása. Mivel a leállított blokkok hőtermelése még jelentős mértékű volt, a szükséges hűtés hiányában a hűtővíz elforrt, a fűtőelemek szárazra kerültek, részben megolvadtak.

A fűtőelemek túlhevülése során keletkezett hidrogén az 1., 2. és 3. reaktorokon alkalmazott nyomáscsökkentések során kijutott a hermetikus védőépületekbe, onnan a reaktorépületekbe, ahol felrobbant. Súlyosan megsérült az 1., 2., 3. és 4. reaktor épülete, aminek következtében jelentős mennyiségű radioaktív anyag került ki a környezetbe. A pihentető medencékben tárolt kiégett fűtőelemek hűtésének kimaradása a későbbiekben ugyancsak a fűtőelemek károsodására vezetett.

A kibocsátott radioaktív anyagok következtében a telephelyen igen magas lokális dózisteljesítmény értékek alakultak ki, jelentősen megnehezítve a balesetkezelés és balesetelhárítás végrehajtását.

A lakosságra gyakorolt egészségügyi hatások minimalizálása érdekében a japán hatóságok még a jelentős környezeti kibocsátások előtt kiürítették az erőmű 3, majd 10 km-es környezetét. A későbbiekben a lezárt zónát 30 km-es körig bővítették, ahova korlátozott a civil lakosság belépése.

A személyzet óriási erőfeszítéssel, példamutató fegyelmezettséggel és önfeláldozással, a külső áramellátás helyreállítása után, a megfelelő eszközök birtokában stabilizálta a reaktorblokkok és a pihentető medencék állapotát. Ezzel jelentősen lecsökkentették a további nagymértékű radioaktív kibocsátások veszélyét.

A Fukushima I. atomerőmű 1-4. reaktorai végleg tönkrementek, a környezeti és a telephelyi szennyezés felszámolása feltehetőleg éveket, illetve évtizedeket fog igénybe venni. A baleset igen súlyosan érintette Japán egész gazdaságát és az egész világon megrendítette az atomerőművek biztonságába vetett, az utóbbi években fokozatosan javuló bizalmat.

¹ Tervezési alap: A létesítmény tervezésekor figyelembevett állapotok és kezdeti események összessége, amelybe beletartoznak a normálüzem, a várható üzemi események és a tervezési üzemzavarok, és amelyeknek a létesítmény meghatározott kritériumok megsértése nélkül ellenáll. Egy adott küszöbértéknél kisebb valószínűségű események a tervezési alapon túlinak számítanak, de ezek figyelembe vételére és elemzésére is szükség van.

Az európai országok különböző módon ugyan, de szinte azonnal reagáltak a fukusimai balesetre. Még javában tartott a japán erőmű személyzetének harca a baleset elhárításáért, illetve következményeinek csökkentéséért, amikor nagy vita alakult ki arról, hogy Európa hogyan reagáljon egységesen a balesetre.

A nemzeti nukleáris hatóságok, amelyek szuverén módon döntenek az atomerőművek működésének engedélyezéséről, önként vállalták, hogy az általuk felügyelt atomerőműveket egységes felülvizsgálatnak vetik alá (ezt nevezték a bankvilágból átvett, meglehetősen félrevezető kifejezéssel „stress test”-nek, amelyet pontosabb magyarul célzott biztonsági felülvizsgálatnak nevezni).

Az egységes európai álláspont kialakítása során olyan megállapodás született, hogy a nemzeti nukleáris hatóságok az atomerőművektől bekért jelentések alapján elkészítik nemzeti jelentésüket, amelyben értékelik az adott ország atomerőműveinek helyzetét és meghatározzák a további teendőket. Annak érdekében, hogy az értékelés egységes alapon történjék, meghatározták a vizsgálat terjedelmét. A nemzeti nukleáris hatóságok jelentéseit egységesen szervezett nemzetközi szakértői vizsgálat részeként fogják áttekinteni.

A nukleáris iparban követett általános gyakorlat szerint a szokatlan eseményeket, üzemzavarokat, baleseteket eddig is részletesen megvizsgálták annak érdekében, hogy ezek újabb előfordulását kizárják vagy bekövetkezésük esélyét, lehetséges következményeit csökkentsék. Ennek megfelelően az atomerőművek biztonságát igen magas színvonalon lehet tartani. Éppen ezért volt váratlan, hogy a fukusimai baleset igen súlyos következményekkel járt. A bekövetkezett baleset a fukusimai atomerőmű alábbi gyengeségeire világított rá:

- a természeti eredetű külső hatásokra vonatkozó tervezési alap korszerűsítésének elmaradása,
- a tervezési alapot meghaladó külső hatások katasztrofális következménye,
- a villamos betáplálás teljes elvesztésének tartóssága,
- a reaktorban és a pihentető medencében lévő fűtőelemek szükséges hűtésének tartós kimaradása,
- a reaktorok súlyos balesete során létrejött hidrogén felrobbanása,
- a balesetelhárítási szervezet működésének kezdeti zavarai.

Jogosan merül fel a kérdés, hogy hasonló esetekben mi történne a világ különböző atomerőműveiben. A felülvizsgálatnak ezért alapvetően a következő kérdéseket kell megválaszolnia:

- A telephelyen lehetséges természeti eredetű külső hatásoknak megfelelően van-e megválasztva az adott erőmű tervezési alapja?
- Hogyan viselné el az erőmű a tervezési alapot meghaladó külső természeti hatásokat?
- Milyen módon következhet be tartósan az erőmű villamos betáplálásának teljes elvesztése és mik ennek a következményei?
- Milyen módon következhet be tartósan az erőműben a szükséges fűtőelemhűtés tartós kimaradása és mik ennek a következményei?
- Megfelelően felkészült-e az erőmű a reaktorok és a pihentető medencék súlyos balesetének elkerülésére, az esetlegesen bekövetkező súlyos balesetek következményeinek csökkentésére?
- Megfelelően felkészült-e az erőmű balesetelhárítási szervezete a fenti események kezelésére, beleértve a fenti események kombinációit, valamint a valamennyi blokk reaktorára és pihentető medencéjére kiterjedő baleseti helyzeteket?

A vizsgálatnak az adott erőmű 2011. június 30-i műszaki állapotára kell vonatkoznia. A feltárt esetleges hiányosságok felszámolására javaslatokat kell összeállítani.

A fentiekben megfogalmazott követelmények alapján az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) 2011. május 2-án előírta a Paksi Atomerőmű Zrt. részére a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat (CBF) végrehajtását, amelyhez átadta a felülvizsgálat tartalmi követelményeit tartalmazó dokumentumát is.

A Paksi Atomerőmű Zrt-nek 2011. augusztus 15-ig a felülvizsgálat eredményeiről előrehaladási jelentést (CBF EJ) kellett készítenie, míg a végleges jelentést október 31-ig kell benyújtania.

Az OAH az előrehaladási jelentés, majd a végleges jelentés alapján értékeli a felülvizsgálat végrehajtását, annak eredményeit, megállapításait. Szükség esetén biztonságnövelő intézkedések végrehajtását rendelheti el.

A jelentések alapján az OAH elkészíti a kormány által az Európai Bizottságnak megküldendő Nemzeti Jelentést.

1. A telephely és az erőmű legfontosabb sajátosságai

1.1 Alapvető információk

1.1.1 Elhelyezkedés, környezet

A paksi atomeromu telephelye Paks város központjától kb. 5 km-re délre, míg Budapesttől kb. 114 km-re délre, a Dunától 1 km-re nyugatra és a 6. sz. főközlekedési úttól 1,5 km-re keletre helyezkedik el (ld. [1.1-1. ábra](#)). A paksi telephely Balti-tenger szintje feletti magassága 97,00 mBf.

A telephely súlyponti koordinátái:

46°34'43,05" É;
18°51'09,56" K.

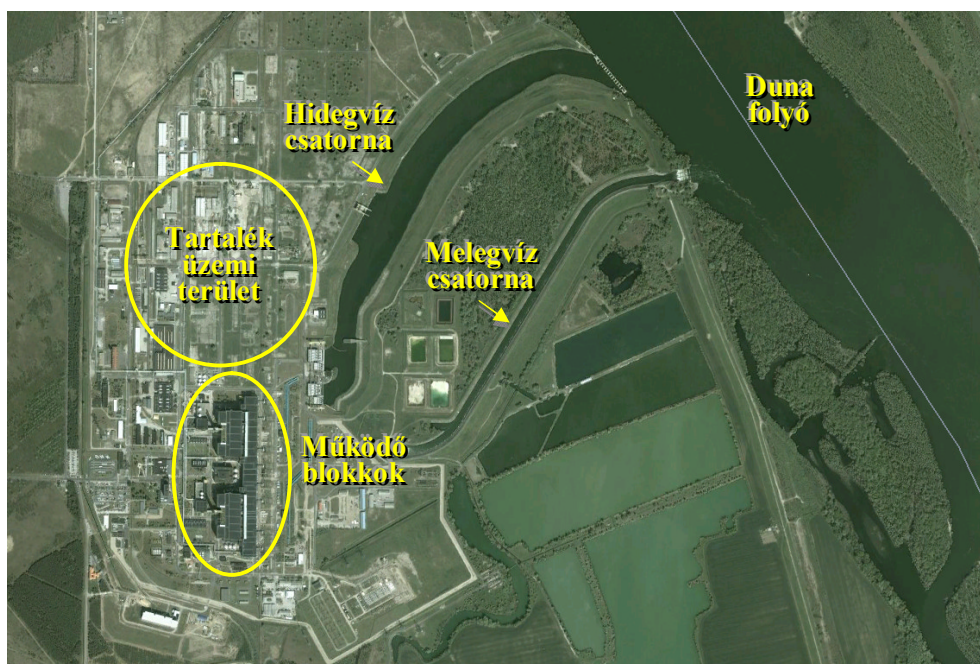


1.1-1. ábra: A paksi atomeromu elhelyezkedése

A telephely közvetlen környezetét az erőmű körüli 3 km-es kör alkotja, amelyen a szorosan vett üzemszén kívül tartalék üzemi terület, horgásztavak, megközelítési útvonalak és erdők találhatók.

Az erőmű tágabb környezetét – amely egy 30 km sugarú területet – falvak, városok és alapvetően mezőgazdasági művelés alá vett területek jellemzik.

A telephelyet az [1.1-2. ábra](#) mutatja.



1.1-2. ábra: A paksi atomerőmű telephelye

1.1.2 Blokkok száma

A telephelyen összesen négy darab reaktorblokkot létesítettek, amelyek két-két reaktoronként ikerkiépítésű épületszerkezetben helyezkednek el.

Az erőmű nézeti képe az [1.1-3. ábrán](#) látható.



1.1-3. ábra: Az erőmű nézeti képe

1.1.3 Az engedélyes személye

Az engedélyes a Paksi Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság (Paksi Atomerőmű Zrt.), amely 2006. április 14-e óta működik a jelenlegi társasági formában. A társaság többségi tulajdonosa a Magyar Villamos Művek Zrt. 99, 99%-ot meghaladó tulajdoni hányaddal.

1.1.4 A reaktorok típusa, teljesítménye

Az erőmű mind a négy blokkja VVER-440/V-213 típusú, könnyűvíz hűtésű, könnyűvíz moderátoros reaktorral üzemel, amelyek névleges hőteljesítménye 1 485 MW. A blokkok villamos teljesítménye 500 MW, amit két jelentős teljesítménynövelési lépésen keresztül értünk el az eredeti 440 MW-hoz képest. Így a négy blokk kapacitása összesen 2 000 MW erőművi elektromos teljesítményben összegződik. A fő technológiai paraméterek névleges értékeit az [1.1-1. táblázat](#) mutatja.

1.1-1. táblázat: A blokkok fő technológiai paramétereink értékei

Paraméter	Érték
Reaktor hőteljesítmény	1 485 MW
Primerköri vízforgalom	40 800 m ³ /h
Primerköri nyomás	123 bar
Primerköri hidegági hőmérséklet	267 °C
Primerköri melegági hőmérséklet	297 °C
Leállási bórsavkoncentráció	13,5 g/kg
Frissgőz nyomás	46 bar
Frissgőz tömegáram	1 467 t/h
Frissgőz hőmérséklet	260 °C

1.1.5 Az üzembe helyezések időpontjai

Az erőmű egyes blokkjai az alábbi időpontokban kezdték meg kereskedelmi villamosenergia-termelésüket:

- 1. blokk: 1982. december 28.
- 2. blokk: 1984. szeptember 6.
- 3. blokk: 1986. szeptember 28.
- 4. blokk: 1987. augusztus 16.

1.1.6 A pihentető medencék sajátosságai

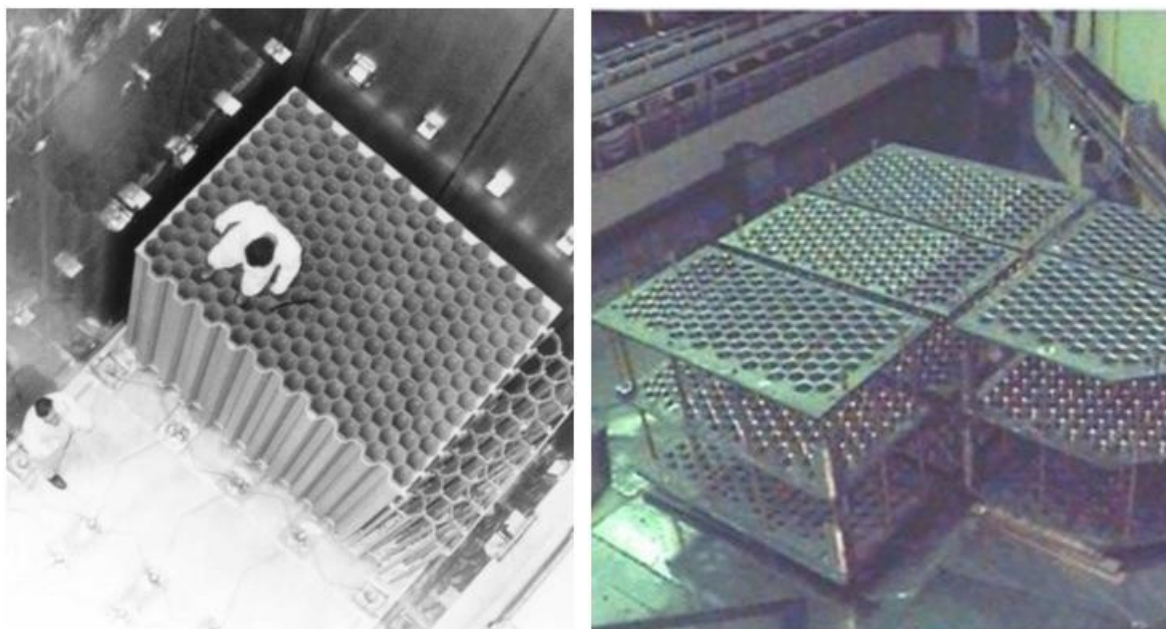
A reaktorok üzemeltetése során elhasznált (kiégett) fűtőelemek tárolására a reaktorok közvetlen szomszédságában elhelyezkedő, kettős burkolattal ellátott pihentető medencék szolgálnak. A pihentető medencét szállítófolyosó köti össze a reaktort magába foglaló

betonakna felső részével, az ún. átrakó medencével. A fűtőelemek átrakása idején összenyitott átrakó és pihentető medence egyesített vízteret alkot. A manipuláción kívüli időszakban a pihentető medencét fedőlapok takarják és zsilip választja el az átrakó medencétől. Ez a zsilip ilyenkor a hermetikus tér határának részét képezi.

A medencében két szinten lehet kiégett fűtőelemeket tárolni. A pihentető medence alján helyezkedik el az üzemszerű tárolást biztosító állványzat, amelyen 650 darab kiégett fűtőelem tárolóhely, valamint 56 darab hermetikus köpeny tárolását biztosító pozíció áll rendelkezésre.

Efölé emelhetőek be a tartalék tárolóállványok azokra a ritka és rövid ideig tartó esetekre, amikor a teljes zónát ki kell rakni. (Az említett időszakokon kívül a polcok tárolása a reaktorcsarnokban történik.) Az üzemi tárolóállvány felett elhelyezett tartalék állvány 350 darab tárolóhelyet tartalmaz.

Az üzemi és a tartalék tárolóállványokat az [1.1-4. ábra](#) mutatja.



1.1-4. ábra: A pihentető medence üzemi és tartalék tárolóállványai

A pihentető medence hűtőköre két redundáns ággal rendelkezik, amelyekben egy-egy hőcserélő és egy-egy szivattyú található. Normál üzemi állapotban az egyik ág üzemi, a másik ág tartalék. A hűtőkörök a szivattyúk szívó és nyomóágán is összeköthetők. Ezzel a megkövetelt szinten tartható a hűtés megbízhatósága, mivel így egy szivattyú és egy hőcserélő meghibásodása bármilyen kombinációban lépne is fel, a hűtési funkció fenntartható.

A pihentető medencében tárolt fűtőelemek sérülési gyakoriságának várható értéke a közelmúltban bevezetett preventív balesetkezelési intézkedések és üzemzavar elhárítási utasítások hatására kicsi. A pihentető medence esetleges balesete esetén a radioaktív kibocsátás közvetlenül a reaktorcsarnokba, majd innen a környezetbe történne. Ezért a kibocsátás az erőműből számottevő lehetne, bár annak környezeti következményei – a pihentetési időszak figyelembe vételével – kisebbek, mint a reaktor környezeti kibocsátással járó súlyos baleseteinél.

A 2. blokki pihentető medencében az ép fűtőelem-kötegek mellett átmenetileg a 2003. áprilisi üzemzavar felszámolásából származó – hermetikus tokokban lehelyezett – sérült fűtőelemeket is tárolnak.

1.1.7 A külső villamoshálózati kapcsolatok

A termelt villamos energia 400, illetve 120 kV-os feszültségszinten kerül kiadásra az országos hálózati rendszerbe.

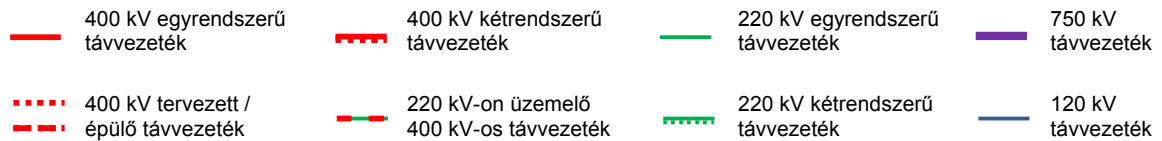
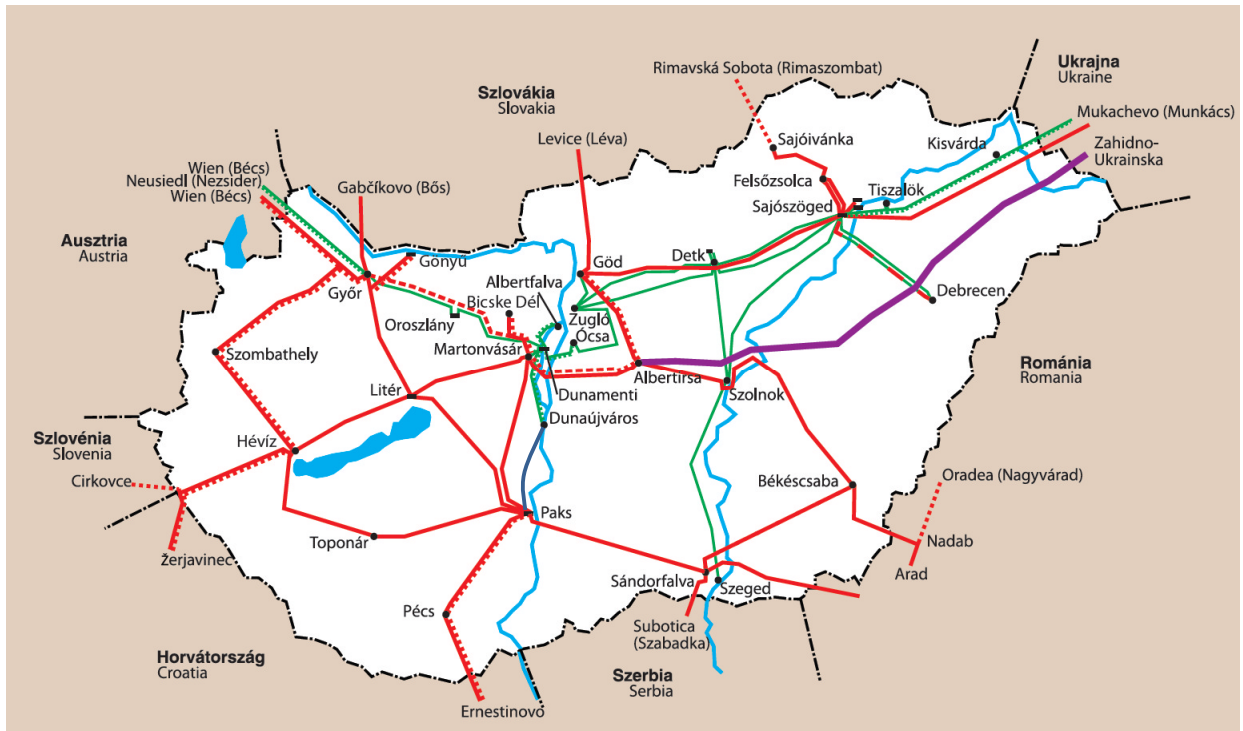
Az egy reaktorblokkhoz tartozó két főtranszformátor 400 kV-os blokkvezetéken keresztül csatlakozik az országos alaphálózat részét képező 400 kV-os alállomáshoz (ld. [1.1-5. ábra](#)). Ennek megbízhatósága az erőmű üzembiztonságának fontos eleme. A turbógenerátorok megszakítókön keresztül csatlakoznak a főtranszformátorokhoz. Ezen főtranszformátorok 15,75 kV-os oldaláról vannak ellátva a blokkok háziüzemi transzformátorai is. Így a 400 kV-os hálózat felől is biztosítható az erőmű háziüzemének energiával való ellátása (például a blokkok indítása során).



1.1-5. ábra: A 400 kV-os alállomás

A 400 kV-os rendszer két booster transzformátoron keresztül táplálja a kettős gyűjtősínes 120 kV-os alállomást. Ez amellet, hogy a termelt energiát az országos főelosztó hálózat felé továbbítja, az erőmű tartalék indító transzformátoraihoz is kapcsolódik, biztosítva ezzel az erőmű energiaellátását 120 kV-os szinten is az országos hálózat felől.

A paksi alállomások az országos alaphálózathoz (400 kV) öt különböző irányú távvezetéken, míg az országos főelosztó hálózathoz (120 kV) a booster transzformátorokon és hét távvezetéken keresztül kapcsolódnak. Ez a villamos kapcsolati rendszer kellő biztonságot ad azokra az esetekre, ha az egyes távvezetéseken üzemzavar következne be. Az országos alaphálózat térképét az [1.1-6 ábra](#) mutatja.


1.1-6. ábra: A magyar országos alaphálózat

1.1.8 A biztonság és a felülvizsgálat szempontjából releváns különbségek a blokkok között

1. Dízel gépegyesek közötti különbség

A telepített dízel gépegyesek különböző típusúak az I. és a II. kiépítésen. Az [1.1-7. ábra](#) mutatja külön-külön a két kiépítés egy-egy dízel gépegyesét.


1.1-7. ábra: Az I. és II. kiépítés dízelgenerátorai

Az I. kiépítés dízelgenerátorainak épületébe blokkonként 3 darab 15D100 típusú, 10 ikerhengeres, kétütemű, szovjet (ukrán) gyártású dízelgenerátor került telepítésre, amelyek névleges teljesítménye egyenként 1,6 MW, de 10 órán át 1,8 MW-ig is terhelhetőek. A gépegységek névleges fordulatszáma 750/perc, felfutási ideje $t \leq 15$ másodperc.

A II. kiépítés dízelgenerátorainak épületébe blokkonként 3 darab GANZ-SEMT PIELSTIK típusú, 18 hengeres, négyütemű, négyselepes, 2,1 MW névleges teljesítményű magyar gyártású dízelgenerátor került telepítésre. A gépegységek névleges fordulatszáma 1500/perc, felfutási ideje $t \leq 15$ másodperc.

2. A súlyos baleset kezelési átalakítások státusza

A tervezési alapon túli, kis valószínűségű, de a reaktorzóna súlyos sérüléséhez vezető ún. súlyos balesetek következményeinek csökkentésére átfogó elemzési, majd átalakítási program indult még 2008-ban. A munka eredményeként a súlyos baleset kezelési intézkedések bevezetéséhez szükséges számos technológiai átalakítás már megvalósult a paksi atomerőműben, de a CBF jelentés benyújtási időpontjában a különböző blokkokon eltérő mértékben. Az egyes intézkedések blokkonkénti helyzetét az [1.1-2. táblázat](#) mutatja be.

1.1-2. táblázat: A súlyos baleset kezeléshez kapcsolódó átalakítások státusza illetve a megvalósítás tervezett időpontja

Intézkedés	1. blokk	2. blokk	3. blokk	4. blokk
Reaktor akna elárasztás rendszerének kiépítése	Megvalósult	2012 főjavítás	2013 főjavítás	2014 főjavítás
Autonóm energiaellátás kiépítése kijelölt fogyasztókhoz	Megvalósult	Megvalósult	2011 főjavítás	Megvalósult
Passzív hidrogén rekombinátorok telepítése	Megvalósult	Megvalósult	2011 főjavítás	Megvalósult
Pihentető medence hűtőkörének megerősítése hűtőközeg vesztes ellen	2011 nov-dec	2012 nov-dec	2013 feb-már	2012 jan-feb
Súlyos baleseti mérőrendszer telepítése	Megvalósult	2012 jún-aug	2013 sze-okt	2013 máj-jún

3. A II. kiépítés sótalanvíz tartályainak elhelyezkedése

A sótalanvíz (ioncserélt víz) készlet biztosítása és megóvása céljából kiemelt szerepe van a sótalanvíz tároló tartályok (kiépítésenként három darab 900 m³-es tartály) funkciómegtartó képességének. A II. kiépítés három tartályát az egészségügyi épület közvetlen közelében helyezték el. Ez az épület nincs minősítve földrengésre, falainak esetleges kidőlése nagyobb földrengést követően hatással lehet a tartályokra.

4. A biztonsági hűtővíz rendszer helyreállítása

A kiépítéseken eltérő módon lehetséges a biztonsági hűtővíz rendszer teljes kiesését követő helyreállítása, visszaindítása. Az I. kiépítésen a rendszer a szivattyúk indulását követően képes önmagát feltölteni, míg a II. kiépítésen idegen rendszerről való feltöltést követően lehet a szivattyúkat elindítani.

1.2 A telephelyen lehetséges természeti eredetű veszélyforrások

Az atomerőmű telephelyén lehetséges természeti eredetű veszélyforrások vizsgálata korábban több alkalommal és különböző mélységben megtörtént.

A CBF részként vizsgáltuk a telephely földrengés veszélyeztetettségét, a telephelyen lehetséges egyéb természeti eredetű veszélyforrások között a Duna áradása illetve alacsony vízszintje miatti hatásokat, valamint a jellemző időjárási hatásokat. Mindegyik természeti eredetű veszélyforrásra meghatároztuk a terhelési jellemzőket a tervezési alapon belül, valamint a tervezési alapon túlmutató esetekre.

A Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban meghatározott követelmények szerint a természeti eredetű veszélyforrások esetében a tervezési alap részeként a 10^{-4} 1/év vagy annál nagyobb visszatérési gyakoriságú eseményeket kell figyelembe venni. Az ennél ritkábban bekövetkező természeti hatások kiszűrhetőek a tervezési alapból, de az általuk okozott kockázat mértékét meg kell határozni. A célzott biztonsági felülvizsgálat során nem találtunk olyan természeti eredetű veszélyforrást, amelyre az atomerőmű biztonsági jelentésében korábban rögzített megállapításainkat módosítani kellett volna.

1.2.1 Földrengés

1.2.1.1 A felülvizsgálat célja

A földrengés-veszélyeztetettségére vonatkozó felülvizsgálat részként a tervezési alaphoz tartozó földrengéseket és azok jellemzőit, a tervezési alap megválasztását vizsgáltuk. Ezek részeként értékelni kellett, hogy a telephelyi földrengésveszély meghatározása megfelelő volt úgy módszertanilag, mint a különböző szaktudományi területek (geológiai, geofizikai, szeizmológiai, stb.) szerinti megalapozottság tekintetében.

1.2.1.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt a telephely korszerű követelményeknek megfelelő, komplex földtani értékelésére, a telephelyre jellemző mértékadó földrengés meghatározására, valamint az annál ritkább földrengésekre, illetve a földrengés által esetleg kiváltott szakadékszél („cliff-edge”) effektusokra. Ezek olyan helyzetek, amikor kis változásoknak hirtelen súlyosbodó következményei lehetnek. Ilyen hatásként a hirtelen tönkremeneteleket eredményező talajfolyósodás és talajsüllyedés került értékelésre.

A paksi atomerőművet a telephely szeizmicitásának és a tervezési alap meghatározásának hatvanas-hetvenes években érvényes szabályai és gyakorlata szerint eredetileg földrengésre nem tervezték, a biztonsági rendszereket, rendszer elemeket földrengés hatásaira nem minősítették. Az 1990-es években egy komplex felülvizsgálati program keretében történt meg a kritikus rendszerek földrengésre való újratervezése, minősítése, illetve ahol szükséges volt, a mértékadó földrengésre való megerősítése. A jelen célzott biztonsági felülvizsgálat keretében értékeltük az utólagosan megvalósított földrengés-biztonsági intézkedések keretében kidolgozott és alkalmazott technológiai koncepciót, bemutattuk, hogy földrengést követően az alapvető biztonsági funkciók megvalósulnak, beleértve a pihentető medence integritásának és hűtésének biztosítását is.

1.2.1.3 A felülvizsgálat megállapításai

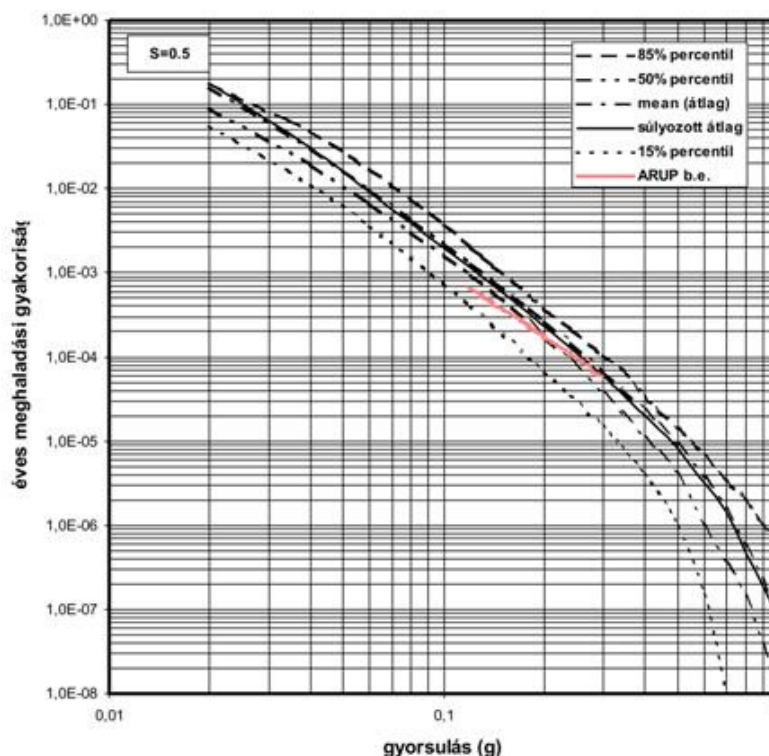
Földrengés-veszélyeztetettség

A paksi atomerőmű telephelyének földrengés-veszélyeztetettségét a hazai követelményeknek, a nemzetközi normáknak és jó gyakorlatnak megfelelő geológiai, geofizikai, szeizmológiai és geotechnikai kutatások alapján, korszerű valószínűségi módszerrel határoztuk meg. Ennek a folyamatnak a részeként definiáltuk a tervezési alapba tartozó földrengés jellemző paramétereit is.

A telephelyre a földrengés veszélyeztetettségi görbe egészen a 10^{-7} 1/év gyakoriságig az [1.2.1-1. ábrán](#) látható. A tervezési alap jellemzőit a súlyozott átlag veszélyeztetettségi görbe 10^{-4} /év meghaladási gyakoriságnál mutatja, amelyre a maximális szabadfelszíni vízszintes gyorsulás várható értéke 0,25 g, a maximális szabadfelszíni függőleges gyorsulásé 0,2 g.

Meghatároztuk a 10^{-4} 1/év meghaladási gyakoriságú földrengés egyenletes veszélyeztetettségi válaszspektrumát a pannon felszínre mint kőzetkibúvársra, és kiszámítottuk a szabadfelszíni válaszspektrumot a felső laza takaró nemlineáris átvitelének figyelembevételével.

A rendszerek földrengésre történő minősítéséhez és megerősítéseinek tervezéséhez használt válaszspektrumot a fent említett spektrumok alkalmasan választott, frekvenciafüggő tartaléktényezővel való megszorzásával nyertük. Így biztosítottuk, hogy a tervezési válaszspektrumban legyen megfelelő tartalék a „cliff-edge” helyzet elkerülésére, azaz a tervezési alapba tartozó válaszspektrum fedje le a meghaladási valószínűség kis megváltozásával járó spektrális amplitúdó-változást.



1.2.1-1. ábra: A földrengés-veszélyeztetettségi görbe a paksi telephelyre

A földrengés-veszély meghatározásának alapját képező komplex geológiai, geofizikai, szeizmológiai vizsgálatok a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) előírásait követték. A

földtani-szerkezeti modell megalkotása geológiai, geomechanikai, geofizikai, tektonikai, rétegtani, hidrogeológiai, fejlődéstörténeti, valamint szeizmológiai vizsgálatokat foglalt magába.

A részletesen vizsgált terület kiterjedt a telephely 300 km sugarú környezetére. A távoli területekre vonatkozó regionális vizsgálat a régió fejlődésének megértését és az általános geodinamikai kép felvázolását szolgálta. A közvetlenül a telephelyre vonatkozó vizsgálat a geológiai fúrások mellett sekélyszeizmikus szelvényezést, georadar vizsgálatokat, és részletes geotechnikai vizsgálatokat foglalt magába.

Az értékelés alapját képező tudományos adatokat folyamatosan kiegészítettük az újabb neotektonikai, szeizmológiai tudományos eredményekkel, és immáron több mint egy évtizede évente aktualizáljuk a telephely környezetében kialakított mikroszeizmikus monitorozás adataival.

A telephely komplex földtudományi értékelésének központi kérdése volt, hogy a telephely környezetében látható törésvonalak aktívak voltak-e bármikor is a jelen tektonikai időszak során. A közvetett adatok értékeléséből megállapítható volt, hogy geológiai és geomorfológiai bizonyítékok nincsenek a telephely alatt húzódó törésvonal aktivitására. Következtetésként rögzíthető, hogy a paksi telephelyen és környezetében a pannon rétegekben lévő szerkezetek igen nagy valószínűséggel nem aktívak, nem okoznak felszínre kifutó elvetődést.

A telephelyre jellemző talajrétegek részletes helyszíni és laboratóriumi geotechnikai vizsgálata korábban megtörtént. Megállapítottuk, hogy a telephely földfelszín közeli részét laza, vízzel telített fiatal talajréteg borítja. A területen a telephelyet borító fiatal talajrétegekben 10-20 méteres mélységben nem zárható ki a földrengés hatására bekövetkező talajfolyósodás lehetősége.

A tervezési alapba tartozó földrengés esetén a talajfolyósodással szembeni tartalék – konzervatív módon számítva – nem nagy. A talajfolyósodás által okozott sérülés nem a stabilitás elvesztése, hanem az épületek egymáshoz képest eltérő mértékű süllyedése miatt jelent veszélyforrást.

A süllyedés által okozott meghibásodással szembeni tartalékok pontosabb azonosítása, a meghibásodások kiküszöbölését szolgáló intézkedések meghatározása céljából tovább kell vizsgálni az épület-süllyedés és a talajfolyósodás jelenségét.

Földrengés-biztonsági intézkedések

Az évekkel korábban végrehajtott felülvizsgálat, megerősítések és minősítés eredményeként a paksi atomerőmű blokkjain a tervezési alapba tartozó földrengések esetén teljesülnek az alapvető biztonsági funkciók, így biztosított a reaktor leállítása, szubkritikus állapotban tartása, lehűtése és a reaktor tartós hűtése, továbbá a radioaktív közegek visszatartása.

A fentiek megvalósításakor azzal a feltételezéssel éltünk, hogy földrengéskor a blokk normál teljesítményen üzemel, a földrengésre megerősített primerkörü főkeringtető vezeték törése nem következik be, és legalább 72 óráig nem áll rendelkezésre külső villamosenergia-ellátás és pótvíz-forrás.

Megfelelő műszerezés és jelzőrendszer szolgál a biztonsági funkcióval nem rendelkező, földrengésre nem megerősített rendszerek automatikus leválasztására, a kezelő személyzet támogatására, a biztonságos üzemeltetés kritériumainak, illetve az erőmű állapotának vizsgálatára.

Gyorsulás-szint meghaladására nincs automatikus üzemzavari reaktorleállítás. A leállítás a nem megerősített rendszerek izolálásának hatására, vagy egyéb technológiai jel fellépése nyomán, más védelmi működésre történik meg.

A földrengés esetére kidolgozott reaktor leállítási, lehűtési és tartós hűtési folyamat – eltekintve néhány közvetlenül e célból végzett átalakítástól – ugyanazokkal az eredeti üzemi és biztonsági rendszerekkel és lényegében ugyanolyan módon valósul meg, mint minden más normál vagy üzemzavari leállítás esetén.

A reaktivitás-szabályozás a biztonságvédelmi és szabályozó rendszerrel és a nagynyomású zónahűtő rendszer szivattyúival az aktív zóna feletti térbe történő bór bevitellel történik a reaktor felsőblokk légtelenítőn át. A lehűtést és felbórozást a primerköri hőhordozó természetes cirkulációja mellett elvégezni, amikor a pótvízrendszer és a töménybór-rendszer nem áll rendelkezésre.

A maradványhő elvonása kezdetben a szekunder oldali gőzt az atmoszférába lefűtató berendezésekkel, vagy szükség esetén a gőzfejlesztő biztonsági szelepek nyitásával és a sótanvíz betáplálásával, majd a későbbi, alacsonyabb hőmérsékletű fázisban a normálüzemi lehűtő rendszerrel történik.

A földrengés-biztonsági program részként értékeltük a pihentető medence integritását is. A pihentető és átrakó medence hűtő rendszerének azon elemeit, amelyek biztosítják a hűtővíz folyamatos keringetését, illetve a hűtőközeg-vesztés megakadályozásához szükséges rendszerelemeket első földrengés-biztonsági osztályba soroltuk és minősítettük, illetve szükség szerint megerősítettük.

Végrehajtottuk mindazokat a földrengés-biztonsági intézkedéseket, amelyek megakadályozzák, illetve korlátozzák a földrengés másodlagos hatásait, a tüzek, elárasztások és más kölcsönhatások kialakulását (a generátor hidrogén és tengelyzár-olaj veszleürítésének megvalósításával, a tűzoltórendszer megerősítésével).

A földrengés esetén a reaktor leállításának, lehűtésének és tartós hűtésének, valamint a pihentető medence hűtésének feltétele a biztonsági energia-ellátás, valamint a biztonsági hűtővíz rendszereinek működőképessége, rendelkezésre állása. Az ezekre vonatkozó részletes értékeléseket a [2.1.3.](#) és [2.2.3.](#) alfejezetek ismertetik.

A primer hűtőköröknek a tervezési alapba tartozó földrengésre történő ellenőrzése és minősítése megtörtént. Tervezési alapon túli eseménynek kell tekinteni ezért azt az esetet, ha a biztonsági földrengés primerköri hűtőközeg-vesztést okozna. Tekintettel arra, hogy az üzemzavari zónahűtés rendszereit a tervezési alapba tartozó biztonsági földrengésre minősítettük, ezért földrengést követően is megvalósíthatók a hűtőközeg-vesztés esetén szükséges alapvető biztonsági funkciók. Ilyen esetben az üzemzavar-elhárítási utasítások alapján a kezelőszemélyzet a hűtőközeg veszteses esetekre megfelelő eljárást fogja alkalmazni a speciálisan a földrengésre kidolgozott eljárás helyett.

1.2.2 Árvizek

1.2.2.1 A felülvizsgálat célja

Az árvizekre vonatkozó felülvizsgálat célja volt bemutatni a Duna áradásával kapcsolatos, a tervezési alapba tartozó események jellemzőit, megadni a tervezési alap megválasztásának indoklását, valamint igazolni a tervezési alap megfelelőségét. Értékelni kellett, hogy a tervezési alapnál kisebb gyakoriságú áradások reálisan veszélyeztethetik-e az atomerőművet.

1.2.2.2 A felülvizsgálat terjedelme

Az árvízveszély értékelésére vonatkozó felülvizsgálat kiterjedt a helyi vízmércék segítségével gyűjtött jellemzők statisztikai feldolgozására, valamint hidrológiai szimulációs elemzések alapján a „lehetséges legnagyobb árvíz” számítására.

1.2.2.3 A felülvizsgálat megállapításai

Az árvízveszély értékelésének alapját korábban a helyi vízmércék segítségével gyűjtött jellemzők statisztikai feldolgozása képezte. Ezek alapján a telephely környezetében a 10^{-4} 1/év gyakoriságú jegesárvíz szintje 96,07 mBf (Balti-tenger vízszintje fölötti vízmagasság), a jégmentes árvíz szintje 95,51 mBf, a telephely feltöltési szintje pedig 97,00 mBf. Mivel a feltöltési szint mind a két említett árvíz-szintnél magasabb, árvíz eredetű elárasztással az atomeromu és erőművet alkotó rendszerek tervezési alapjában nem kellett számolni.

Az árvízvédelmi töltés koronaszintje mind a felvízi szakaszon, mind az erőmű környezetében mindkét oldalon (így a Duna túlszéljén található ártérnél is) 96,6 mBf, ami alacsonyabb, mint a telephely feltöltési szintje. Ezért a tervezési alapon túli, azaz a 10^{-4} 1/év gyakoriságnál ritkábban előforduló árvizeket a telephelytől északra lévő területek, valamint a túlszéljén lévő árterek vezetnek le. Ezek alapján feltételezhető, hogy extrém árvizek sem érik el az erőmű közvetlen környezetét.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

A fenti megfontolások „statikus” áradások esetére geodéziai ellenőrzéssel igazolhatók voltak, de az áradás lehetőségét dinamikus, időben gyorsabban lejátszódó hatások esetére is igazolni kell. Ezért a jelen felülvizsgálat céljára kiegészítő elemzéseket kezdeményeztünk, amelynek keretében az alábbi vizsgálatokra kerül sor:

1. A lehetséges legnagyobb jégmentes árvízszint kiszámítása áramlási modell segítségével. Bekövetkezési gyakoriságtól függetlenül meghatározzuk, hogy egy-egy szelvényben mekkora lehet a legnagyobb hóolvadásból és esőzéstől származó lefolyás. Eközben figyelembe vesszük a valós mederkialakítást, valamint azt, hogy a levonuló árhullám meghaladja a töltések szintjét és nem csak a töltések közötti mederben, hanem a védett (dunai balparti) ártéren is vízborítást okoz.

2. Dinamikai hatásként értékeljük, hogy kiterjedt földrengés hatására a bösi vízeromu egyes részeinek tönkremenetelét feltételező, esetleg természetes árhullámra halmozódó esemény (pl. a tározótöltés átszakadása) és ennek hatására a tározóból kifolyó víz egy lökéshullámot indít el a Dunán. Áramlási modell segítségével vízügyi szakemberek meghatározzák, hogy az így kialakuló lökéshullám milyen vízszinteket hoz létre az atomeromu szelvényében.

3. Meghatározzuk a lehetséges legnagyobb jégtorlasz/jégdugó hatására előálló nagyvízi helyzetet. Külön esetként értékeljük, amikor a jégtorlasz hatása, illetve a jégtorlasz kialakulása földrengéssel, földcsuszamlással együtt járó gyors medermorfológiai változásokhoz kapcsolódik.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezet rész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

1.2.3 A Duna alacsony vízszintje

1.2.3.1 A felülvizsgálat célja

Az alacsony Duna vízszintre vonatkozó felülvizsgálat célja volt bemutatni az alacsony vízállással kapcsolatos, a tervezési alapba tartozó események jellemzőit, megadni a tervezési alap megválasztásának indoklását, valamint igazolni a tervezési alap megfelelőségét. Értékelni kellett, hogy a tervezési alapnál kisebb gyakoriságú események reálisan veszélyeztethetik-e az atomerőmű hűtővízellátását.

1.2.3.2 A felülvizsgálat terjedelme

Az alacsony vízállás értékelésére vonatkozó felülvizsgálat kiterjedt a helyi vízmércék segítségével gyűjtött jellemzők statisztikai feldolgozására, valamint hidrológiai szimulációs elemzések alapján a „lehetséges legkisebb kisvízszint és kisvízhozam” számítására.

1.2.3.3 A felülvizsgálat megállapításai

A hűtővízellátás biztonságának vizsgálatához és az alacsony vízállás szélsőséges értékeinek meghatározásához mindaddig a helyi vízmércék segítségével gyűjtött jellemzők statisztikai feldolgozása szolgált.

A statisztikai feldolgozás alapján a 10^{-4} 1/év gyakoriságú kisvízszint 84,65 mBf. A tervezési alapnál ritkább esetekben ennél alacsonyabb vízállás kialakulása sem zárható ki. A 10^{-7} 1/év gyakorisággal előforduló extrém alacsony vízállás, pusztán statisztikai kiértékelés alapján 84,48 mBf. A biztonság szempontjából meghatározó hűtővízszivattyúk jelenlegi kialakítása szerint az ennél alacsonyabb 83,50 mBf szintig indíthatók és üzemben tarthatók.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

A fenti megfontolások csak statisztikai számítások eredményein, valamint a paksi vízgyűjtő hidrológiai aszály/kisvíz vizsgálatán alapulnak, ezért a jelen felülvizsgálat céljára kiegészítő elemzéseket kezdeményeztünk, amelynek keretében az alábbi vizsgálatokra kerül sor:

1. A lehetséges legkisebb vízhozam és kisvízszint mértékének meghatározása, figyelembe véve a medret közvetlenül tápláló felszín alatti víztartók szélsőséges vízszintcsökkenését, kiürülését.
2. A hűtővíz ideiglenes elvesztése lehetőségének értékelése a Dunán esetleg kialakuló jégtorlasz hatására. Külön esetként értékeljük azt is, amikor a jégtorlasz hatása, illetve a jégtorlasz kialakulása földrengéssel, földcsuszamlással együtt járó gyors medermorfológiai változásokhoz kapcsolódik.
3. Meghatározzuk, hogy kiterjedt földrengés milyen hatással lehet a vízkivételi lehetőségekre a hidegvíz csatorna várható deformációja vagy mederváltozása miatt.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

1.2.4 Időjárási hatások

1.2.4.1 A felülvizsgálat célja

A szélsőséges időjárási hatásokra vonatkozó felülvizsgálat célja volt azonosítani és jellemezni azon természeti veszélyforrásokat, amelyeket az erőmű tervezési alapjában szerepeltetni szükséges.

1.2.4.2 A felülvizsgálat terjedelme

A telephelyen lehetséges természeti eredetű veszélyforrások között az alábbi időjárási hatásokra terjedt ki a felülvizsgálat:

- nagy erejű szellőkések,
- extrém magas és alacsony külső hőmérséklet,
- szélsőséges esőzés,
- szélsőséges havazás,
- villámcsapás.

A felülvizsgálat egyaránt vonatkozik a tervezési alapba tartozó gyakorisággal fellépő extrém meteorológiai hatásokra, valamint az ennél sokkal ritkább, tervezési alapan nem szereplő hatásokra. Rögzíteni kell, hogy a néhány évtized alatt gyűjtött statisztikai adatok alapján a meteorológiai jellemzők becslése a tervezési alapnál ritkább esetekre már igen jelentős hibával terhelt. Így bizonyos jellemzők esetén már irreális szélsőséges terhelések is adódhatnak.

1.2.4.3 A felülvizsgálat megállapításai

Az egyes vizsgált meteorológiai jellemzőkre – a földrengésre vonatkozóhoz hasonló – veszélyeztetettségi görbéket határoztunk meg. Így a terjedelemben tartozó meteorológiai jellemzőkre 10^7 éves visszatérési időkhöz rendelkező állnak a becsült szélsőséges értékek különböző konfidencia szintekre. Ezek közül a tervezési alap jellemzőit a medián veszélyeztetettségi görbe 10^{-4} /év meghaladási gyakoriságnál lehet felvenni.

A szélsőséges időjárási jellemzők meghatározásához az Országos Meteorológiai Szolgálat Paks településen működő meteorológiai állomásán 1980-2009 közötti időszakban rögzített megfigyelési adatokat használtuk úgy, hogy az egyes mintasorokra többnyire – a vonatkozó NAÜ útmutatókkal összhangban – a Gumbel-féle elméleti eloszlásfüggvényt illesztettük.

Szélsőséges szélterhelés

Az uralkodó szélirány Paks térségében ÉÉNY-i. A szélsőséges és szélirány együttes gyakoriságát vizsgálva rögzíthető, hogy a nagyobb sebességű (>15 m/s) szelek legnagyobb gyakorisággal északnyugatiak. A maximális szélsőséges, amelyet az épületek és szabadterei létesítmények tervezési alapjában kell figyelembe venni: 48,8 m/s.

Szélsőséges külső hőmérsékletek

Az erőmű érintett létesítményeinek, épületeinek és rendszereinek tervezési alapjában feltételezni szükséges hőmérsékleti minimum $-39,6$ °C, míg az extrém magas hőmérséklet $43,0$ °C.

Szélsőséges esőzés

A mértékadó csapadék meghatározása különböző időintervallumokra vonatkozó csapadékatlagok alapján történt. A szélsőségesen intenzív csapadékkihullást egészen rövid, akár 5-10 perces csapadékösszegek meghatározásával is jellemezni kellett. A tervezési alap szerint a napi extrém csapadék mértéke $320,5$ mm. A telephely esetleges elárasztása szempontjából a rövid idő alatt lehulló csapadék a mértékadó. A tervezési alap szerinti 60 perces csapadékösszeg $68,0$ mm, míg a 10 perces csapadékösszeg 38 mm.

Szélsőséges havazás

A szélsőséges hóterhelést az egyenértékű vízréteg-vastagsággal és az abból eredő nyomással jellemezzük. A tervezési alap szerinti maximális hóterhelés $1,5$ kPa, amelyet az atomerőművi

biztonsági osztályba sorolt épületek és szabadtéri technológiai berendezések tervezési alapjánál figyelembe kell venni.

Villámcsapás

A villámcsapások miatti veszélyeztetettség meghatározása a többi meteorológiai jellemzőtől eltérően történt. Az erre vonatkozó gyűjtött adatok lényegesen rövidebb – néhány éves – időtávot fognak át. A lecsapó villámok áramerőssége ezért mint terhelési jellemző a gyűjtött adatok alapján nem rendelhető össze egyértelműen meghaladási valószínűségekkel.

A mért adatok alapján a telephely környékén a becsapó villámok fajlagos gyakoriságára $1,27 \text{ villám/km}^2 \text{ 1/év}$ érték adódik, ami lényegében az országos átlaggal egyezik meg.

A villámvédelmi szabvány az atomerőmű épületeire is vonatkozó villámvédelmi szinthez tervezési értéként 200 kA áramerősséget ad meg. Az adatgyűjtési időszakban ezt meghaladó áramerősségű villámot nem regisztráltak. Így a 200 kA áramerősséget meghaladó villámok becsült feltételes valószínűségére $1,45 \cdot 10^{-4}$ adódott.

Figyelembe véve az atomerőmű villámra érzékeny épületeihez tartozó gyűjtőterület méretét rögzíthető, hogy a tervezési alapon nem szükséges a szabványban előírt 200 kA áramerősségnél nagyobb terhelést okozó villámokat szerepeltetni.

1.3 A korábbi valószínűségi biztonsági vizsgálatok eredményei

Magyarországon csakúgy, mint a világ valamennyi atomerőművet üzemeltető országában, az atomerőművek engedélyezésének alapja (biztonsági szempontból) az erőmű működésének determinisztikus elemzése, amelyet biztonsági jelentés foglal össze. A biztonság legfontosabb garanciája a mélységi védelem megfelelő kidolgozottsága, állapota. A mélységi védelem elve szerint az erőművi blokkok rendszereinek biztosítaniuk kell, hogy:

- az erőmű – működése során – a normál üzemi határértékek között maradjon,
- ezek átlépését időben észlelni lehessen és az önfenntartó láncreakció automatikusan leálljon,
- az esetleges üzemzavarok során a beépített biztonsági rendszerek és a kezelési utasítások biztosítsák a láncreakció leállítását és a fűtőelemek megfelelő hűtését, azaz a fűtőelemek ne sérüljenek meg, a megengedett mértéket meghaladó radioaktív kibocsátás ne következzen be,
- amennyiben az üzemzavarok során olyan körülmények lépnének fel, amelyek következtében a fűtőelemek mégis megsérülnek, akkor az így kialakuló balesetek kezelésére megfelelő kezelési utasítások biztosítsák a következmények csökkentését, azaz a nagy radioaktív kibocsátás elkerülését,
- ha mindez sikertelen maradna, akkor az erőmű balesetelhárítási intézkedései összhangban az országos balesetelhárítási intézkedésekkel biztosítsák a lakosság számottevő egészségkárosodásának megakadályozását.

A mélységi védelem biztosítására a radioaktív anyagok négy gáttal el vannak zárva a környezettől: a fűtőelem pasztillák speciális, nagy állékonyságú keramikus anyagszerkezete, a fűtőelemek fém burkolata, a reaktortartály és a primerkör fémszerkezete, továbbá a hermetikus védőépület (konténment) fala jelenti ezeket a gátakat.

A mélységi védelem megfelelőségének, valamint az erőmű biztonság szempontjából fontos valamennyi rendszerének értékelését alapvetően determinisztikus elemzési módszerek

alkalmazásával, a nukleáris hatóság által előírt módon, adott esetben nagy konzervativizmusok alkalmazásával kellett elvégezni. Az elemzések eredményeinek nemzetközileg egyeztetett elfogadási kritériumoknak is meg kellett felelniük.

Minden működő atomerőmű, így a paksi atomerőmű is az adott ország nukleáris hatósága által kiadott üzemeltetési engedéllyel rendelkezik, amely szavatolja, hogy a determinisztikus elemzések szerint a mélységi védelem elve az atomerőműben megfelelően teljesül.

A determinisztikus elemzések módszereit a fukusimai baleset nem kérdőjelezte meg, ezért részletes felülvizsgálatokra a jelen tevékenység keretében nincs szükség.

Tekintettel arra, hogy a determinisztikus elemzések az események előírt körére vonatkoznak, ezek hasznos kiegészítője a valószínűségi biztonsági elemzés (Probabilistic Safety Assessment – PSA). A PSA elemzések elvileg minden elképzelhető eseményre kiterjednek. Céljuk a fűtőelemek sérülési esélyének (1. szint), illetve a nagy radioaktív kibocsátás esélyének (2. szint) meghatározása. Azon túl, hogy a PSA eredményeknek is bizonyos hatósági elvárásokat kell kielégíteniük, nagyon hasznosak az esetleges javító intézkedések meghatározásában. Ezeknek a javító intézkedéseknek a mélységi védelem hatékonyságát azokra a rendkívül ritka helyzetekre kell kiterjeszteniük, amelyek kívül esnek a determinisztikus elemzések hatóság által meghatározott körén.

A fukusimai események kapcsán felmerült a korábban vizsgált esetek teljeskörűségének ellenőrzésére vonatkozó igény. Ezért szükséges vizsgálni az elvégzett PSA elemzések teljes körűségét. Meg kell azonban említeni, hogy a célzott biztonsági felülvizsgálat eleve olyan rendkívül valószínűtlen események és folyamatok vizsgálatát tűzte ki célul, amelyek kezelését a kis valószínűség miatt eddig sem a nemzetközi gyakorlatban, sem a Paksi Atomerőmű esetében nem tartották szükségesnek.

1.3.1. A felülvizsgálat célja

A jelen felülvizsgálat célja annak bemutatása és igazolása, hogy a paksi atomerőműre az elvégzett valószínűségi alapú biztonsági elemzések mind terjedelmükben mind módszereikben megfelelnek a korszerű nemzetközi gyakorlatnak és az eredmények kielégítik a nemzetközi ajánlásokban szereplő előírásokat, követelményeket.

1.3.2. A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat terjedelme megegyezik a korábban elkészített és rendelkezésre álló PSA elemzések terjedelmével. Így az kiterjed az 1. és 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzésekre, valamint kibocsátási forrásként mind a reaktorokra, mind a pihentető medencékre. Jelenleg vannak folyamatban a súlyos balesetek kezelésére vonatkozó átalakítások, ezek hatása még nem épült be a 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzésbe. A felülvizsgálat tárgyát képező elemzések vonatkoznak mind a blokkok névleges üzemére, mind a leállított állapotra. A kezdeti események között szerepel az összes lehetséges belső technológiai jellegű esemény, a tűz, a belső elárasztás és a földrengés.

A korábban elvégzett és most felülvizsgált PSA elemzések egy része blokk-specifikus, így blokkonként általában önálló elemzéssel rendelkezünk, néhány esetben azonban elegendő volt az elemzést egy kiválasztott paksi referencia blokkra elkészíteni.

1.3.3. A felülvizsgálat és megállapításai

Az 1. szintű reaktor PSA eredmények

Az elemzések jelenlegi terjedelmében az egyes blokkok számított teljes zónasérülési gyakorisága kisebb, mint a nemzetközi ajánlásokban szereplő 10^{-4} 1/év célérték, így a numerikus követelmény teljesítettnek tekinthető.

Globálisan nem azonosítható olyan rendszer vagy rendszerelem, amely kiemelkedő hozzájárulást adna a zónasérülési kockázathoz, azaz a kockázati összetevők elfogadható mértékben kiegyensúlyozottnak tekinthetők.

A számszerű végeredmények azt mutatják, hogy a vizsgált kezdeti események közül a földrengések, a hibaesemények közül az emberi hibák hozzájárulása a legnagyobb mértékű. Ezek hatásának csökkentésére további intézkedéseket tettünk, amely többek között tartalmazza a villamos és irányítástechnikai készülékek földrengésvédelmi minősítési körének kiterjesztését, valamint további, az operátorokat segítő eszközök, utasítások alkalmazását.

A 2. szintű reaktor PSA eredmények

A névleges teljesítményről induló, valamint a leállított reaktornál előforduló technológiai eredetű meghibásodásból, valamint belső tüzből és elárasztásból származó nagy radioaktív kibocsátás esélye megfelel a nemzetközi gyakorlatban szokásos 10^{-5} 1/év értékeknek. A balesetek közül a korai konténment törésre vezető folyamatok esélye volt nagyobb az elfogadható értéknél (a súlyos üzemanyagsérülés során keletkező hidrogén lehetséges berobbanása miatt), így a kockázat csökkentésére – még a fukusimai eseményeket megelőzően – hidrogénkezelési eljárást vezettünk be.

A zónaolvadék tartályban tartására, ezáltal az alaplemez-sérülés elkerülésére megfelelő átalakításokat hajtottunk végre és kidolgoztuk a reaktorakna elárasztására vonatkozó balesetkezelési eljárást.

Kiemelt figyelmet fordítunk a leállított állapotban nyitott reaktor baleseteinek megelőzésére és következményeinek csökkentésére az egyes kezelési utasítások (Állapot Orientált Kezelési Utasítás, Súlyos Baleset Kezelési Útmutatók) leállási üzemállapotokra történő kiterjesztésével.

A földrengésből származó kibocsátási kockázatokat részben megelőzéssel, a zónasérülés és egyúttal a nagy kibocsátások gyakoriságát csökkentő biztonságnövelő átalakításokkal, részben következménycsökkentő intézkedéssel, elsősorban súlyos baleseti hidrogénkezeléssel oldjuk meg.

A pihentető medencére vonatkozó PSA eredmények

Az eredmények a számított kockázati szint tekintetében ugyan elfogadhatóak, azonban a medence reaktorcsarnokkal való közvetlen kapcsolata miatt további, a súlyos baleset megelőzését célzó átalakításokat kezdeményeztünk és hajtottunk végre. Ezek a fűtőelemek hűtése mint biztonsági funkció megbízhatóságának növelésére terjednek ki.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

A terjedelemben jelenleg még nem tartozik bele az egyéb külső veszélyek elemzése, de az erre vonatkozó PSA vizsgálat – ahogyan azt a [2.1.4.](#) és [2.2.4.](#) alfejezetekben is rögzítjük – folyamatban van. Ez a PSA elemzés a célzott biztonsági felülvizsgálat időtartama alatt nem fejeződik be, határideje 2012.12.31.

2. A vizsgálatok eredményei

A célzott biztonsági felülvizsgálatra kiadott OAH követelmények szerint az alábbi két, ún. kulcsesemény vizsgálatát kell elvégezni:

- a villamos betáplálás tartós (több napos) elvesztése,
- a végső hőelnyelő tartós elvesztése.

Ezzel összhangban a vizsgálatok eredményeit a két kulcsesemény szerint csoportosítva mutatjuk be. Előre rögzíteni szükséges azonban, hogy a paksi atomerőmű tervezési sajátossága, hogy amennyiben az egyik kulcsesemény bekövetkezik, akkor az magával vonja a másik kulcsesemény bekövetkezését is, a két kulcsesemény önállóan nem tud fellépni. A biztonsági rendszerek villamos betáplálásának biztosításához (azaz a biztonsági dízelgenerátorok működéséhez) biztonsági hűtővíz szükséges, míg ez a hűtővíz csak villamos betáplálással működő szivattyúk segítségével biztosítható. Ezért a két kulcseseményre vonatkozó vizsgálatok eredményei számtalan ponton összekapcsolódnak.

Az OAH követelményekkel összhangban az alábbi lépések szerint végeztük el és mutatjuk be a felülvizsgálat eredményeit:

- elemeztük a kulcsesemények előfordulásának lehetséges okait,
- bemutattuk a kulcsesemények megelőzésének és elhárításának lehetséges módozatait,
- bemutattuk, hogy milyen következményekre vezet, ha a kulcseseményeket nem sikerül megelőzni, vagy elhárítani,
- ismertettük a kulcsesemények következményei telephelyi kezelésének módozatait.

A kulcsesemények következtében esetlegesen kialakuló jelentős radioaktív kibocsátásra vezető súlyos balesetek és azok telephelyi kezelése lényegében azonos módon zajlik, ezért az ezekre vonatkozó eredményeket nem kulcseseményenként ismertetjük.

2.1 A villamos betáplálás tartós elvesztése

2.1.1 A villamos betáplálási funkciót biztosító rendszerek kialakítása, teljesítőképessége és működésük korlátai

2.1.1.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja a villamos betáplálásokat biztosító rendszereknek, azok tervezési alapjának, valamint azoknak a tervezési megoldásoknak, paramétereknek az áttekintése volt, amelyek a tárgyi rendszerek teljesítőképességét, működését meghatározzák vagy időben korlátozzák.

2.1.1.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt a villamos betáplálás tartós elvesztésének bekövetkeztét megelőzni hivatott biztonsági rendszerek teljesítőképességének felülvizsgálatára és értékelésére mind az üzemelő reaktorok esetében, mind a leállított reaktorokban, illetve a pihentető medencékben lévő üzemanyagból származó remanens hő elvezetéséhez szükséges villamos betápláló rendszerek esetében.

Ezért áttekintettük:

- a 400 kV-os és 120 kV-os alállomások,
- a dízelgenerátorok, valamint
- a váltó- és egyenáramú belső energiaellátás esetében:

- a) a felsorolt rendszerek feladatát, működését, teljesítőképességét,
- b) a felsorolt rendszerek betáplálásának, üzemanyag-, hűtő- és kenőanyag-ellátásának időbeli és térbeli korlátait,
- c) a felsorolt rendszerekhez kapcsolódó mérések, beavatkozó-eszközök és beavatkozási helyek rendelkezésre állását, kiszolgálhatóságát,
- d) a felsorolt rendszerek tartós elvesztésének következményeit,
- e) egy blokk viszonyainak függését más blokkok működésétől.

2.1.1.3 A felülvizsgálat megállapításai

A villamos betáplálás teljes és tartós elvesztése – kis valószínűsége folytán – nem része az erőmű tervezési alapjának, de mint tervezésen túli eseményt korábban is vizsgáltuk.

Villamos betáplálás nélkül nem biztosítható tartósan az atomerőmű leállított reaktoraiban és pihentető medencéiben lévő fűtőelemek hűtése. Az ezekben folyamatosan keletkező hő hűtés nélkül felmelegíti, majd elforrálja a körülöttük lévő vizet, a fűtőelemek szárazra kerülnek, megsérülnek, majd megolvadnak. A felmelegedési folyamat természetesen hosszabb időn (több órán) át zajlik le, ez alatt az idő alatt kell helyreállítani az esetleg elvesztett villamos betáplálást.

A 400 kV-os és 120 kV-os alállomások

A paksi atomerőmű az országos villamosenergia-hálózathoz csatlakozik. Szükség esetén az országos hálózat, mint külső feszültségforrás, képes az erőmű áramellátására még valamennyi blokk leállása esetén is. Mind a négy blokk egy időben történő teljes leállása igen kis valószínűségű esemény, de a felülvizsgálat keretében ezt az esetet is értékeltük.

A külső villamosenergia-hálózat zavara, vagy elvesztése esetén a Blokk Szigetüzemre Kapcsoló automatika leválasztja a blokkokat az országos hálózatról és csökkentett, háziüzemi teljesítményre szabályozza azokat. Az erőmű úgynevezett szigetüzembe kerül, azaz a blokkok leválnak ugyan az országos hálózatról, de nem esnek ki, vagy nem mindegyik esik ki.

Akár egyetlen blokk csökkentett teljesítményű üzeme is képes mind a négy blokk háziüzemi fogyasztóit ellátni megfelelő mennyiségű villamos energiával. Ehhez azonban az szükséges, hogy a normál üzemben az erőműből a megtermelt villamos energiát kiadó 400 kV-os és 120 kV-os alállomások működőképes állapotban legyenek. Ezeken át hozhatók létre a keresztkapcsolatok a blokkok között. Egy (vagy több) leállított blokk háziüzemi villamosenergia-rendszere mind a 400 kV-os, mind a 120 kV-os hálózati elemeken keresztül megtáplálható az alállomás felől, akár az üzemben maradt blokk(ok)ról, akár – a kapcsolat helyreállítása után – a külső villamos hálózatról.

A célzott biztonsági felülvizsgálat keretében áttekintettük az atomerőmű négy blokkjának az alállomásokhoz való kapcsolódását, magának az alállomásnak a rendszereit, valamint a távvezetési kapcsolatokat az országos alaphálózattal mindkét feszültség szinten. A különféle belső és külső okokból létrejöhethető meghibásodásokat a [2.1.2](#) és [2.1.3](#) alfejezetekben vizsgáltuk.

Fontos körülmény az országos hálózat teljes összeomlása esetére, hogy egy, az utóbbi időben végrehajtott fejlesztés eredményeképpen a 120 kV-os betáplálás a százhalombattai, illetve a 400 kV-os betáplálás a litéri erőmű egyik turbó-generátorától dedikált módon is érkezhessen az atomerőmű teljes feszültség kimaradása utáni ún. black-start célra.

Az alállomások működéséhez folyamatos kenőanyag ellátásra nincs szükség. Hűtést üzem közben a transzformátorok igényelnek, amely zárt, kényszeráramlású olajhűtőkkel történik. Villamosenergia az olaj forgatására és a hűtők ventilátorjának üzeméhez szükséges, amelyek kettős betáplálást kapnak automatikus átkapcsolással.

Az alállomásokon a mérések és beavatkozások normál üzemenben a háziüzemi sínekről kapnak váltóáramú betáplálást két lokális, inverteres akkumulátortelep közbeiktatásával. A normál betáplálás kiesése esetén ezek az akkumulátortelemek 4 órán át képesek a méréseket táplálni és a szükséges beavatkozások elvégzéséhez energiát biztosítani. Ennek letelte közben, azaz az akkumulátorok kimerülése előtt a felvonulási hálózat transzformátorán át kiépített átkapcsolási lehetőség áll rendelkezésre az E.ON 20 kV-os külső hálózatára.

Az alállomások teljes és tartós elvesztése esetén minden blokknak csak a saját dízel-generátorai állnak rendelkezésre. Más, nem az alállomáson keresztül történő keresztbetáplálási lehetőségek vizsgálata a célzott biztonsági felülvizsgálat keretében zajlik és a [2.1.5 alfejezet](#) ismerteti őket.

A dízelgenerátorok

Ha szigetüzem esetén mind a négy blokk leállna, tehát sem külső forrásból, sem másik blokkról nem lenne nyerhető villamos energia, akkor a blokki biztonsági dízelgenerátorok automatikus indítása biztosítja a villamosenergia-betáplálást a hűtéshez és hűtve tartáshoz.

A biztonságvédelmi rendszerek hármas technológiai redundanciájának megfelelően a dízelgenerátorok is blokkonként három azonos felépítésű, egymástól teljesen független ágat képeznek. Az alkalmazott hármas redundancia és a redundáns ágak függetlensége együttesen biztosítja a rendszertől megkövetelt funkciók nagy megbízhatósággal történő ellátását és az egyszeres meghibásodások elleni védelemet.

Az elemzések eredményei megmutatták, hogy a dízelgenerátorok teljesítménye mindkét kiépítésen megfelelő a szükséges fogyasztók ellátásához. Az eddigi tapasztalatok bizonyították, hogy a dízelgenerátor rendszerek működését megkövetelő üzemzavarok során a rendszer képes a zóna hűtését szolgáló rendszerek 120 órán át történő kiszolgálására. (Ez alatt kell a külső vagy belső villamosenergia-betáplálást helyreállítani.)

A dízelgenerátor-rendszerre korábban elvégzett rendszer megbízhatósági-elemzések alapján megállapítható, hogy a rendszert alkotó egyes elemek egyedi megbízhatósága, valamint architektúrája biztosítja a rendszer funkcióinak magas rendelkezésre állását.

A telephelyen földalatti tartályokban – földrengéstől és elárasztástól védetten – tárolt üzemanyag mennyisége legalább 120 órai üzemeléshez elégséges. A kenőanyagot a karterbe feladó kenőolaj szivattyúknál – amelyeknek a szükséges üzemideje elhanyagolhatóan kicsi – kettős redundanciát alakítottak ki.

A dízelgenerátorok hűtése a biztonsági hűtővíz rendszer (BHV) felhasználásával történik, ennek kiesése esetén a dízelek üzeme csak rövid ideig tartható fent. Ezt az esetet a [2.1.5 alfejezet](#)ben vizsgáljuk.

A szükséges mérések és vezérlések a dízelgenerátorok esetében a technológiával megegyezően, teljes redundanciában, a másik két rendszertől teljesen függetlenül épülnek fel. A dízelgenerátorok épületei könnyen megközelíthetők, a szükséges kezelések kézzel is elvégezhetők.

A dízelgenerátorok tartós elvesztése nem része a tervezési alapnak. Ennek bekövetkezése esetén a reaktor és a pihentető medence elégséges hűtése hosszú távon nem biztosítható. Ez utóbbi esetre vonatkozó preventív balesetkezelési és helyreállítási lehetőségeket a [2.1.5 alfejezet](#) tárgyalja részletesebben.

A váltó- és egyenáramú belső energiaellátás

A blokkok saját villamos fogyasztóit a háziüzemű transzformátorok látják el normál üzemben a generátorról, üzemen kívül pedig a 400 kV-os, vagy a 120 kV-os hálózat felől. Amennyiben ezeken sincs feszültség, azaz üzemzavari helyzetben, a biztonsági fogyasztókat tápláló sínek az előző fejezetben leírt dízel generátoroktól kapják az energiát. Ilyen helyzetben a dízelgenerátorok teljesítményéhez igazodóan úgy kapcsolják be az egyes üzemzavari helyzetek kezeléséhez szükséges fogyasztókat, hogy azoknak és a betápláló dízelgenerátoroknak a stabil működése biztosított legyen. Ezeket a kapcsolási műveleteket egy automatikus Lépcsőzetes Indítási Program valósítja meg.

A háziüzemi villamos energia ellátását biztosító rendszereket a feszültség-kimaradás időtartamát tekintve három kategóriába lehet sorolni.

- I. kategóriájú az a villamos berendezés, amelynél a betáplálás kimaradásának időtartama a másodperc tört részét sem haladhatja meg. Ezt szünetmentes energiaellátásnak nevezzük, és mind egyen-, mind váltakozó áramú változatban léteznek. Vannak olyan betápláló rendszerek, amelyek biztonsági funkcióval rendelkeznek, felépítésük is ennek megfelelően hármas redundanciát tükröz. Az I. kategóriájú villamos betáplálási rendszerek végső tápforrásai mindig az akkumulátor telepek. Az akkumulátorok kapacitása legnagyobb terhelés mellett is minimum 3,5 órára elegendő. A dízelgenerátorok – üzembelépésük után – ezeket az akkumulátorokat is töltik.
- II. kategóriájú az a villamos berendezés, amelynél a betáplálás kimaradásának időtartama néhány percig terjedhet. Ezt biztonsági létfontosságú fogyasztók energiaellátó-rendszerének nevezzük. Itt a fogyasztók általában váltakozó áramúak. A biztonsági fogyasztók esetében a technológia felosztását követve három egymástól független biztonsági villamosenergiaellátó-rendszer létesült. Mindhárom rendszer önállóan is képes a reaktor minden körülmények közti leállítására és a reaktor, valamint a pihentető medence lehűtött állapotban tartására. A normál üzemi betáplálás megszűnésekor az automatika a biztonsági rendszereket a Lépcsőzetes Indítási Programok alapján az elindított dízelgenerátorokra kapcsolja át. A II. kategóriájú villamos betáplálási rendszerek végső tápforrásai tehát a dízelgenerátorok.
- III. kategóriájú az a villamos berendezés, amelynél a betáplálás kimaradásának időtartamára nincs megkötés. Biztonsági funkciójuk nincs, tápforrásuk a blokk és a tartalék háziüzemi transzformátorok.

A biztonsági váltó- és egyenáramú rendszerek tervezése messzemenően a redundancia, a függetlenség és az önellenőrzés segítségével történt. Közös nyomvonalak nincsenek, a három redundáns rendszer függetlensége biztosított.

A váltó- és egyenáramú biztonsági betáplálási rendszerek alapvetően nem igényelnek külön betáplálást, üzem-, és kenőanyagot. Kivételt képeznek az I. kategóriájú rendszerekben alkalmazott motorgenerátorok zsírpumpái, amelyek viszont teljesen automatikusan működnek.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Jelenleg vizsgáljuk annak a lehetőségét, hogy a telephelyen tárolt üzemanyag mennyiségének növelésével utánpótlás nélkül lehessen biztosítani a dízelgenerátorok 120 óránál hosszabb üzemét.

A fenti vizsgálat a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készül el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.1.2 A villamos betáplálás tartós elvesztésének lehetséges belső okai és az azok elleni védelem

2.1.2.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja a villamos betáplálás elvesztése lehetséges belső okainak azonosítása volt. Ennek során meg kellett vizsgálni a rendszerek védelemét belső tűz, elárasztás, nagyenergiájú csővezeték-törés, repeszek, műszaki (pl. üzemeltetési, karbantartási, berendezés meghibásodás), emberi, dokumentációs, vagy szervezési okokból adódó hibák eseteire.

Vizsgálni kellett, hogy a tervezési követelmények (redundancia, térbeli szeparáció, diverzitás stb.) alkalmazása megfelelő védelmet biztosít-e a rendszerek számára az egyszeres, illetve közös okú hibák ellen, nem történik-e meg belső eredetű okokból a villamos betáplálás elvesztése.

2.1.2.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt a villamos betáplálás tartós elvesztésének lehetséges belső okaira az alábbi rendszerbontásban:

- a négy paksi blokk egyidejű kiesésekor bekövetkező villamoshálózati összeomlás,
- a dízelgenerátorok üzemképességének elvesztése,
- a már korábbi elemzésekben figyelembe vett kezdeti eseményekből induló, a villamos betáplálás tartós elvesztésére vezető folyamatok a (meglévő, vagy tartós terhelés miatt felléphető) műszaki állagromlás, hibás tervezés, vagy más okból degradálódott biztonsági rendszerek esetén.

2.1.2.3 A felülvizsgálat megállapításai

A vizsgálat bemutatta, hogy az erőmű tervezési alapja belső okokból bekövetkező helyzetekben gyakorlatilag kizárja azt az esetet, amikor a külső és belső villamos betáplálás is elveszik és egyik dízelgenerátor indulása sem sikeres.

A 400 kV-os és 120 kV-os alállomások nem biztonsági rendszerek, ezért ezek kettős redundanciával épültek meg és fizikai elkülönítésük nem történt meg. Ennek ellenére megállapítható volt, hogy egy-egy mezőben esetleg kialakuló tűz nem tud áterjedni másik mezőre a fizikai távolság és az éghető anyag hiánya miatt. (A korábban olajjal töltött feszültség- és áramváltókat a modernizálás során nem-éghető gáz szigetelésűre váltották ki.)

Az alállomáson található két booster transzformátor egymástól tűzálló fallal van elválasztva és saját, autonóm vízködoltó rendszerrel rendelkeznek. A megszakítók robbanásbiztos kivitelűek, így repülő tárgyak hatásaival esetükben nem kell számolni. Egyedi berendezés-meghibásodás esetén a kapcsolástechnikai megoldás biztosítja a tartalékutak kialakításának lehetőségét.

Az alállomás vezénylőjének elvesztése esetén a megszakítók és szakaszolók kezelése a helyi reléházakból is elvégezhető.

A blokki főtranszformátorok tűzbiztos fallal vannak elválasztva egymástól. A főtranszformátorok tűz esetére saját, autonóm vízködoltó rendszerrel rendelkeznek. A gépvezetékek, amelyek a főtranszformátorokat az alállomásokkal kapcsolják össze, szintén teljesen függetlenek egymástól. Nem került azonosításra olyan belső ok, amely ezek működését veszélyeztetné.

A dízelgenerátorok esetében a redundáns kiépítés és a fizikai elválasztás a belső okból származó meghibásodások ellen hatásosan védenek. A három redundáns ágnak nincs közös

eleme és szolgáltatása. A dízelgenerátor-rendszer korábban elkészített megbízhatósági elemzése kiterjedt az egyszeres meghibásodás elleni és a belső tüzek elleni védelem vizsgálatára is, és azokat megfelelőnek találta. Az elvégzett elemzések alapján a generátorok a belső elárasztás hatásainak csak minimálisan, és legfeljebb rövid ideig vannak kitéve, amely a hosszú távú üzemeltethetőségüket nem befolyásolja. Nagyenergiájú csővezeték-törések okozta dinamikus hatásokra a dízelgenerátor-rendszerek esetében nem kell számítani.

Az elindított dízelgenerátor a vezérlőkör meghibásodásakor fellépő egyenáram veszteségre már nem áll le, tovább üzemel, mindössze a napi üzemanyag tartály automatikus utántöltése szűnik meg. Ekkor három óra áll rendelkezésre az üzemanyag betáplálás helyszíni megjavítására, a generátor folyamatos üzeme mellett.

A váltó- és egyenáramú belső energiaellátás rendszerei az üzemi épületek belsejében helyezkednek el. A repülő tárgyak, elárasztás, valamint tűz elleni védetségét alapvetően a teljesen független kiépítés és a teljesen eltérő nyomvonalak biztosítják. Az említett rendszer-megbízhatósági vizsgálatok megállapították, hogy minden belső okból induló meghibásodásnál legalább az egyik biztonsági betáplálási ág üzemkész marad és el tudja látni feladatát.

Összefoglalva megállapítható volt, hogy az erőmű – a mélységi védelem elvének messzemenő alkalmazásával – felkészült arra, hogy a villamos betáplálás belső okból származó megszűnésének következményeit kezelje. Ez alapvetően a beépített redundanciából és térbeli elválasztásból, illetve egyes rendszereknél a diverzitás alkalmazásából adódik.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Jelenleg még folyamatban van az üzemeltetési, karbantartási, emberi, dokumentációs, vagy szervezési okokból adódó belső hibák részletkérdéseinek vizsgálata.

Ezek a kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.1.3 A villamos betáplálás rendszereinek védetsége a külső természeti hatásoktól

2.1.3.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja megállapítani, hogy a villamos betápláló rendszerek milyen mértékben védettek az egyes külső természeti hatásoktól, valamint annak értékelése, hogy a tervezési alapba tartozó külső természeti hatások eredményezhetik-e a villamos betáplálás tartós elvesztését.

2.1.3.2 A felülvizsgálat terjedelme

A rendszerek eredeti tervezésénél a külső hatások figyelembe vétele a tervezési alapon nem volt teljes körű.

Az [1.2.2. alfejezet](#)ben bemutattuk, hogy a villamos betápláló rendszerek tervezési alapjában a Duna áradását, mint veszélyforrást nem kellett figyelembe venni, ezért ebben a fejezetben csak a rendszerek földrengésállóságát, az alacsony hűtővízszint, valamint az extrém időjárási hatások elleni védelemet értékeljük.

2.1.3.3 A felülvizsgálat megállapításai

Földrengés elleni védetség

A földrengés esetén a reaktor leállításának, lehűtésének és tartós hűtésének feltétele a biztonsági energia-ellátás rendszereinek működőképessége, rendelkezésre állása. Ennek működését biztosító alapvető alrendszerek:

- a redundáns kialakítású blokki akkumulátor telepek, amelyek az I. kategóriájú biztonsági villamos energia ellátó rendszer végső betáplálási forrásai,
- a dízelgenerátorok, amelyek a II. kategóriájú biztonsági villamos energia ellátó rendszer végső betáplálási forrásai.

A villamos galériák földszinti helyiségeiben található biztonsági akkumulátor telepeket a földrengés-biztonsági követelményekre tekintettel – még korábban – földrengésre minősítettekre cseréltük. A dízelgépeket és a kapcsolódó rendszereket, elosztókat a felállításuk helyére jellemző padlóspektrumok figyelembevételével megfelelő módon minősítettük.

A villamos betáplálás rendszereit befogadó épületek mindegyikét minősítettük vagy megerősítettük. Az acél csarnokszerkezetek hossz- és keresztirányú, földrengésből származó vízszintes erőhatásokkal szembeni merevségét jelentős építészeti beavatkozások árán (merevítő elemek-, lehorgonyzások beépítése, csomóponti kötések megerősítése) megnöveltük a földrengésállóság biztosítása érdekében.

Az akkumulátorokat, elosztó szekrényeket, paneleket, táblákat magukba foglaló villamos és irányítástechnikai helyiségek téglafalait állékonyságát ellenőriztük, az összes olyan falat megerősítettük, amely biztonsági berendezés vagy kábel környezetében található, és esetleges rongálódása következtében azokban kárt tehet. A falmegerősítések merevítő tartók beépítésével történtek, amelyek rögzítése a fődémterületekhez és egymáshoz kötött csomópontokkal valósult meg.

A dízel állomások tekintetében az épületek kialakításának különbsége miatt mindkét épületre egyedileg végeztük el a földrengésállóság értékelését és a szükséges mértékű megerősítéseket.

A biztonsági villamos rendszerek kábelcsatornái és kábelei földrengésállóságát felülvizsgáltuk. A felülvizsgálat eredményétől függően, szükség szerint a kábelek, kábelkötegek földrengés közbeni mozgásának korlátozását biztosító műszaki megoldásokat alkalmaztunk, elvégeztük a kábeltartók pótlólagos alátámasztását vagy a kábelcsatornák épségét potenciálisan veszélyeztető környezeti elemek (jellemzően téglafalak) megerősítését. Megtörtént a hermetikus kábelátvezetők minősítése is.

A dízelgépházakat, valamint a vízkivételi műveket a főépülettel összekötő kábelalagutak utólagos szeizmikus minősítése azok szerkezeti robusztusságának megfelelőségét igazolta, fizikai állagromlásokat megakadályozó intézkedésekre, vízszigetelésük helyreállítását célzó beavatkozásokra a földrengésvizsgálatuk nyomán sor került.

A villamos és irányítástechnikai berendezések földrengésállóságának vizsgálatát olyan kiválasztott berendezés és készülék típusokra végeztük el, mint a kontaktus-pergésre hajlamos relék vagy az ilyeneket magukba foglaló összetettebb berendezések, amelyek megbízható működését zavarja a földrengés okozta rezgés. E készülékek mindegyikének működőképességét rázópados teszttel ellenőriztük a vonatkozó szabvány szerint. A vizsgálatok azt mutatták, hogy az erőműben alkalmazott készüléktípusok túlnyomó többsége a biztonsági földrengés esetén is teljesíti az előírt funkciókat. Működési problémák esetén az érintett relé típusokat kiváltottuk.

A célzott biztonsági felülvizsgálat során néhány, gyenge pontnak tekinthető rendszert, rendszerelemet találtunk, amelyek – jóllehet minősítésük, megerősítésük a biztonsági földrengésre megtörtént és kielégítő – mégis utólagos vizsgálatot és/vagy intézkedést igényelnek, mert a földrengés mellett valamilyen egyéb körülménnyel, kölcsönhatással együtt problémássá válhatnak. Ezeknek az értékelése jelenleg még folyamatban van. Várhatóan a felülvizsgálat befejezésekor néhány javító intézkedést is meg lehet fogalmazni, valamint javasolható lesz, hogy a földrengés-műszerezés előkészítés alatt lévő rekonstrukciója keretében ismét vizsgáljuk meg az automatikus reaktorleállítás szükségességének és megvalósíthatóságának kérdését.

A felülvizsgálat rámutatott arra, hogy elengedhetetlenül szükség van az erőművi tűzoltóság vonuló személyzetének bevetésére a földrengés hatására bekövetkező kábel- és olaj tüzek, elárasztás esetén vagy más rendkívüli helyzetekben. A tűzoltó laktanya épülete azonban nincs földrengésre minősítve. A vasbeton szerkezetű épületben várhatóan kisebb beavatkozásokkal biztosítható a személyzet és a mentő felszerelések megóvása.

Kiemelt szigorral kell kezelni a földrengés-biztonsággal összefüggő üzemi rendet, a főjavítások után a rögzítések teljes mértékű helyreállítását, a nem technológiai eszközök, berendezések rögzítését, a nem technológiai munkahelyeken a nehéz tárgyak, bútorok megfelelő rögzítését.

Alacsony vízszint elleni védetség

A villamos betáplálási rendszer működőképességét a Duna vízszintje csak a rendszerlemek és segédrendszerek hűtését biztosító hűtőrendszereken keresztül befolyásolja. A hűtővíz ellátással kapcsolatos értékelést a [2.2.3.2. alfejezet](#) tartalmazza.

Más extrém környezeti hatások elleni védetség

Az atomerőmű tervezésekor az extrém környezeti hatások figyelembe vétele nem volt teljes körű és az [1.2.4. alfejezet](#)ben megadott külső környezeti terhelésekre és azok esetleges kombinációira vonatkozó dokumentáltság az egyes rendszerek esetén sem kielégítő.

A korábban végrehajtott időszakos biztonsági felülvizsgálat során már megállapítottuk, hogy egyes – a földrengéshez képest kevésbé kritikus – meteorológiai eredetű veszélyek esetén nem teljesen szisztematikusan dokumentált, hogy az egyes rendszerek tervezési alapjában minden üzemállapotra vonatkozóan szerepelnek a gyakoriság alapon ki nem szűrt veszélyek által okozott terhelések. Erre vonatkozóan a szükséges javító intézkedést korábban kitűztük és végrehajtását megkezdtük.

Ennek keretében egy rendszertechnikai értékelés segítségével tételesen meghatározzuk azoknak a rendszereknek, épületszerkezeteknek a körét, amelyek tervezési alapjában valamely külső veszélyforrás hatását szerepeltetni kell. Ezekre a kijelölt rendszerekre és épületszerkezetekre szisztematikusan rögzítjük, hogy mely biztonsági funkciót és milyen módon befolyásol az adott külső hatás. Ezt követően tételesen ellenőrizzük, hogy megfelelően dokumentált-e a tervezési alapnak való megfelelés, a dokumentáltság hiányát pótoljuk. Nem megfelelés esetén az adott rendszert vagy az őt befoglaló építményt megerősítjük az adott környezeti terhelés figyelembevételével.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Folyamatban vannak az előző pontban említett, az extrém környezeti hatások elleni védetséggel összefüggő rendszertechnikai vizsgálatok. Ezek teljes terjedelemben nem készülnek el a Végleges Jelentés benyújtásának időpontjára, de az addig rendelkezésre álló eredmények alapján fogjuk a CBF értékelést elkészíteni.

Vizsgáljuk azokat az eseteket is, amelyek a földrengés mellett valamilyen egyéb körülménnyel, kölcsönhatással együtt problémássá válhatnak. Ezek az elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a tárgyi fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.1.4 A villamos betáplálási funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatásokra

2.1.4.1 A felülvizsgálat célja

A jelen fejezet célja annak bemutatása, hogy a villamos betáplálás tartós elvesztését a tervezési alapon túli külső hatások mely szintje milyen eséllyel képes kiváltani. Ebben a tekintetben a felülvizsgálat célja a villamos betáplálás rendszerei tervezésen túli külső hatásokra vonatkozó tartalékainak meghatározása.

2.1.4.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat terjedelmébe minden potenciálisan fontos természeti eredetű külső veszély beletartozik. E veszélyek közül az [1.2. alfejezet](#) megállapításai szerint a jelen vizsgálat során nem szükséges számolni a Duna extrém alacsony és extrém magas vízállásával. Az extrém terheléseket okozó meteorológiai hatások értékelését a blokkok korábbi időszakos biztonsági felülvizsgálatának eredményeként megszabott javító intézkedés keretében végezzük. Az elemzés 2012. decemberéig készül el. Jelenleg még nem állnak rendelkezésre olyan eredmények, amelyek alapján az extrém időjárási körülményekre a tervezési alapon túli tartalék megítélhető lenne. Összességében a tervezési alapon túli tartalék szempontjából jelenleg konkrétan értékelhető külső természeti eredetű esemény a földrengés.

2.1.4.3 A felülvizsgálat és megállapításai

A földrengések hatásait figyelembe vevő valószínűségi biztonsági elemzés készítésekor – egyebek mellett – a villamos betáplálás biztosításában résztvevő összes rendszerre és rendszerelemre meghatároztuk azok sérülékenységének mértékét. Azaz minden rendszerelemre önállóan ismert, hogy adott erősségű földrengés esetén milyen eséllyel veszíti el funkcióját.

A villamos betáplálás tartós elvesztése földrengés hatására csak bizonyos rendszerek, rendszerelemek együttes sérülése esetén következik be. Így a jelen felülvizsgálat céljából kidolgozott módszer szerinti számítással meghatározható volt a villamos betáplálási funkció eredő sérülékenysége.

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a villamos betáplálás rendszerei egy tervezési alapot meghaladó földrengés esetén sem feltétlenül sérülnek meg. Sérülésük esélye természetesen a földrengés erősségével növekszik. A villamos betáplálási funkció elvesztésének átlagos valószínűsége 0,46 g vízszintes szabadfelszíni gyorsulásnál éri el a 0,5 értéket, amely gyorsulás viszont már a 10^{-5} /év körüli gyakorisággal előforduló, vagyis a tervezési alapnál egy nagyságrenddel ritkább földrengésekre jellemző. A tervezési alapnál 20%-kal nagyobb terhelést okozó 0,3 g vízszintes szabadfelszíni gyorsulásnál a funkció elvesztésének valószínűsége kisebb, mint 10%.

Azonosítottuk, hogy a tervezési alapnál alig nagyobb gyorsulástartományokban már meghatározó szerepet játszó sérülési mód a főépület süllyedését okozó talajfolyósodás. Megállapítottuk, hogy egy ilyen talajfolyósodás elleni védelem kialakítása/megerősítése érdemben növelné meg a tartalékokat.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Jelenleg vizsgáljuk, hogy az épület megsüllyedése által veszélyeztetett földalatti vonalas szerkezetek és csatlakozásaik újraminősítésével, átalakításával biztosítható-e a fejezetben említett tartaléknövekedés. Szükség esetén az ezzel kapcsolatos javító intézkedést a Végleges Jelentésben fogjuk kitűzni.

2.1.5 A villamos betáplálás tartós elvesztése megelőzésének és preventív balesetkezelésének lehetséges módozatai

2.1.5.1 A felülvizsgálat célja

A rendelkezésre álló kezelési utasítások, rendszertechnikai ismeretek és egyéb üzemeltetői tapasztalatok alapján fel kellett mérni és értékelni kellett mindazokat a preventív balesetkezelési lehetőségeket, amelyeket a külső és belső villamos betáplálás tartós kiesése esetén, elsősorban a zónasérülés elkerülése, vagy a kiterjedt zónaolvadási folyamat megállítása és a konténment sérülés elkerülése érdekében alkalmazni lehet.

2.1.5.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat során figyelembe vettük mindazokat a közeli, távoli, mobil, vagy eltérő rendeltetésű villamos betáplálási lehetőségeket, és betáplálás helyreállítási lehetőségeket, amelyekkel teljesen vagy részlegesen vissza lehet nyerni azoknak a biztonsági funkciót ellátó rendszereknek a betáplálását, amelyek a súlyos baleset vagy a következményei romlásának megakadályozásához szükségesek.

A teljes feszültségvesztést követő baleseti folyamatok megelőzését szolgáló biztonsági rendszerek fokozatos és egymást követő elvesztésének lehetőségét vizsgáltuk. Mivel a teljes külső és belső villamos betáplálás elvesztésének következménye a végső hőelnyelő funkció elvesztése a villamos meghajtással rendelkező biztonsági hűtővízszivattyúk leállása miatt, ezért a vizsgálatoknál figyelembe vettük ezen események egyszerre történő bekövetkezését.

A felülvizsgálat során feltételeztük, hogy a telephely a kezdeti eseményt követően 72 óráig nehéz járművekkel nem megközelíthető, 24 óráig a könnyű, hordozható eszközök sem érhetnek az erőműbe, nem helyezhetők üzembe.

A felülvizsgálat során megvizsgáltuk a teljes feszültségvesztés következményeként fellépő súlyos baleseti folyamatok megelőzésének alább felsorolt konkrét lehetőségeit:

- mobil, tartalék dízelgenerátorok alkalmazása és annak módja. Baleseti villamosenergia-forrás telepítésének szükségessége,
- alternatív elérhető váltóáramú betáplálások,
- távoli, hálózattal elérhető gázturbina, vagy más eszközök felhasználhatósága tartalék áramforrásként,
- további, telephelyen kívüli mobil eszközök alkalmazásának lehetőségei,
- a villamos betáplálás teljes elvesztése utáni helyreállítás lehetőségei, időviszonyai.

2.1.5.3 A felülvizsgálat és megállapításai

Az atomerőmű biztonsági jelentése a tervezésin túli üzemzavarokra vonatkozó elemzések között tartalmazza a villamos betáplálás tartós elvesztésének esetére vonatkozó biztonsági elemzést. A feszültségvesztés hatására a blokkon az összes váltóáramú fogyasztó leáll, egyidejűleg automatikus védelmi működéssel leáll a láncreakció. Villamos betáplálás hiányában sem a hőhordozó felbőrozására, sem a blokk üzemszerű lehűtésére nincsen

lehetőség. Az üzemzavar elhárítási utasítás megfelelő alkalmazásával a szekunderkörü nyomás az atmoszférába redukáló szelepek nyitásával stabilizálható, sőt csökkenthető. Az így lefűtatott gőz egy ideig biztosítja a hűtést. Mivel a gőzfejlesztőkből a gőz eltávozik, de vízbetáplálásra nincsen lehetőség, ezért a vízszintek csökkennek. Viszont biztosítható, hogy a későbbiekben (a [2.2.5.3. alfejezet](#)ben említettek szerint) alternatív betáplálási útvonalon alacsonyabb nyomáson lehetséges legyen a gőzfejlesztők megtáplálása.

Betáplálás hiányában mintegy négy és fél órával a feszültségkiesés után a gőzfejlesztők kiürülnek, megszűnik a hőelvitel. Ezt követően a primerkörben a nyomás és a hőmérséklet emelkedni kezd. A primerkör lefűtató és biztonsági szelepei korlátozzák a nyomás növekedését, de a lefűtatás hatására a primerköri vízkészlet fogy, az aktív zóna szárazra kerül, megkezdődik a fűtőelem kazetták túlhevülése. Az aktívzóna sérülése 10 órával a feszültségkiesés után várható.

Villamos betáplálás hiányában a pihentető medence hűtése megszűnik. A medencében a forrás legkorábban kb. 4 óra elteltével indulhat meg. A tárolt fűtőelem kazetták burkolathőmérsékletének emelkedése konzervatív elemzés szerint mintegy 14 óra múlva kezdődik meg.

Ez idő alatt kell a kezelőknek helyreállítani a villamos betáplálást vagy alternatív áramforrást biztosítani a folyamat súlyos balesetté fejlődésének megakadályozására. A villamos betáplálás nélküli állapot kezelésére vonatkozó üzemzavarelhárítási-utasítás mindazokat a beavatkozásokat tartalmazza, amellyel az aktívzóna vagy a pihentető medence sérülése késleltethető. Tekintve, hogy a villamos betáplálás elvesztése a biztonsági hűtővíz és a pihentető medence hűtés elvesztését is jelenti, ezért a villamos betáplálás helyreállítása vagy pótlása mellett kell a kezelőknek végrehajtani mindazokat a beavatkozásokat is, amelyek a [2.2.5.3. alfejezet](#)ben ismertetett alternatív hűtési vagy hűtővíz betáplálási lehetőségeket biztosítják.

Mobil, tartalék dízelgenerátorok alkalmazása és annak módja

A biztonsági villamos betáplálási rendszertől függetlenül minden blokkon rendelkezésre áll egy darab súlyos baleseti 100 kW-os, 0,4 kV-s mobil, védett helyen tárolt aggregát. Üzembe helyezésüket az üzemzavar elhárítási utasítás alapján az atomerőmű tűzoltóság kezdi meg. Ezek tervezési alapjuknak megfelelően teljes feszültségvesztés esetén képesek ellátni azokat a mérő, ellenőrző és beavatkozó rendszereket, amelyekkel a súlyos baleset következményét csökkentő megelőző beavatkozások – például a primerkör nyomáscsökkentése, reaktorakna elárasztása, szükség esetén a gőzfejlesztők hermetikus téren belüli lefűtatása – elvégezhetőek. A baleseti dízel-aggregátok a biztonsági rendszerek, vagy hűtővíz szivattyúk megtáplálására nem alkalmasak, ezért a baleseti helyzetek hosszú távú kezelésére további független villamos betáplálási megoldásokat kell keresni.

A súlyos baleset kezelési (SBK) dízel aggregátokon kívül az atomerőmű telephelyén és annak közvetlen környékén jelenleg nincs biztosan használható nagyobb teljesítményű mobil aggregát.

Korábban elhatározott intézkedés szerint folyamatban van egy teljes értékű karbantartási dízelgenerátor megvalósítására irányuló koncepció kidolgozása az erőműben. A jelen célzott biztonsági felülvizsgálat alapján indokoltnak látszik ennek a koncepciónak az átdolgozása és célszerű megvizsgálni ilyen dízelgenerátor telepíthetőségét kiépítésenként, esetleg blokkonként. Ezeknek a baleseti/karbantartási dízelgenerátoroknak megfelelő védelemmel kell rendelkezniük a külső veszélyekkel szemben és működtetésük teljesen független kell legyen az

atomerőmű egyéb (pl. hűtő) rendszereitől. Az erre vonatkozó javaslatot a végleges jelentésben fogalmazzuk meg.

A telephelyen elérhető alternatív váltóáramú betáplálások

Mind a négy blokkot érintő teljes feszültségvesztés esetére nem rendelkezünk a telephelyen alternatív váltóáramú betáplálással.

A felülvizsgálat megállapította, hogy több áttáplálási lehetőség van olyan esetekben, amikor a külső betáplálást az erőmű ugyan elveszítette, de nem mind a négy blokkon lépett fel egyidejűleg a teljes feszültségvesztés és háziüzemi szinten működő generátorai, vagy biztonsági betáplálása maradt egyes blokkoknak.

Blokkok közötti villamosenergia-áttáplálás legegyszerűbben szigetüzemben a nagyfeszültségű alállomáson keresztül valósítható meg, amennyiben az nem sérült valamilyen külső hatástól. Ha igen, akkor a blokkok között áttáplálási lehetőség van mind a normál üzemi, mind a tartalék 6 kV-os háziüzemi rendszerek között is. Megállapítottuk, hogy a blokkok közötti biztonsági rendszeri összeköttetések is megvalósíthatók, szükség esetén az ikerblokki biztonsági 6 kV-os áttáplálások a gépházon belül kiépített tartaléksínek felhasználásával megoldhatók, de lehetőség van a különböző kiépítések biztonsági villamos hálózatai közötti kapcsolat kialakítására is.

Megállapítható, hogy a telephelyen belüli alternatív váltakozó áramú 6 kV-os energiaellátási útvonalak kialakíthatóak lehetnek, bár több, a jelen vizsgálatban feltárt újabb lehetőséget kezelési utasításokban kell rögzíteni. Meg kell fontolni az alállomás földrengésre történő megerősítésének lehetőségét is.

Távoli, hálózattal elérhető gázturbina, vagy más eszközök felhasználhatósága tartalék áramforrásként

Távoli hálózattal elérhető áramforrások felhasználhatók az atomerőmű villamos betáplálására, amennyiben az érintett távvezeték-rendszerek illetve kapcsoló állomások nem sérültek meg vagy helyreállíthatók.

Korábban már lepróbált, létező black-start kezelési utasítással rendelkezünk az atomerőmű külső megtáplálására a Dunamenti Gázturbinás Erőműből 120 kV-os hálózaton keresztül. A szükséges külső kapcsolatok, utasítások rendezve vannak. A műveleteket a kezelőszemélyzet az erre a célra fejlesztett black-start szimulátorral rendszeresen gyakorolja. Az elvégzett próbák megmutatták, hogy a dedikált útvonal kialakítása, a szükséges kapcsolási műveletek mind az atomerőműben, mind a rendszerirányítónál 1 órán belül végrehajthatók.

A jelen felülvizsgálat keretében megtörtént egy másik alternatív útvonal kialakítása és lepróbálása is. A Paks-Litér 400 kV-os távvezetékét felhasználva, a Litéri Gázturbinás Erőmű blokkjától került kialakításra egy megtáplálási útvonal az atomerőmű 2. blokki 6 kV-os villamos főelosztójáig. Ebben az esetben is teljesül, hogy a dedikált útvonal kialakítása, a szükséges kapcsolási műveletek mind az atomerőműben, mind a rendszerirányítónál 1 órán belül végrehajthatók. A litéri gázturbina viszont jelenleg még nem rendelkezik olyan autonóm áramforrással (saját dízelgenerátor), amely biztosítaná az indulását a saját villamos háziüzemének áramkimaradása esetén.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság és a Magyar Honvédség bevonásával vizsgáljuk telephelyen kívüli mobil eszközök alkalmazásának lehetőségeit.

Ugyancsak vizsgáljuk a már elhatározott karbantartási dízelgenerátor telepíthetőségét balesetkezelési funkcióval kiegészítve, kiépítésenként vagy esetleg blokkonként.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezet rész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.2 A végső hőelvezetési lehetőség tartós elvesztése

2.2.1 A végső hőelnyelő funkciót biztosító rendszerek kialakítása, teljesítőképessége és működésük korlátai

2.2.1.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja a végső hőelnyelő funkció elvesztését megelőzni hivatott biztonsági rendszerek tervezési alap szerinti megvalósulásának, teljesítőképességének, valamint azoknak a tervezési megoldásoknak, paramétereknek az áttekintése volt, amelyek a tárgyi rendszerek működését meghatározzák vagy időben korlátozzák.

2.2.1.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt a reaktorból történő hőeltávolítást, valamint a pihentető medencék hűtését biztosító rendszerek teljesítőképességének felülvizsgálatára és értékelésére, illetve azokra a körülményekre, amelyek a remanens hő elvitelének meghiúsulását okozhatják.

- A biztonsági hűtővíz rendszer,
- a sótalánvíz rendszer,
- az üzemzavari tápvízrendszer,
- a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer, valamint
- a pihentető-medence hűtőrendszer esetében áttekintettük:
 - a) a felsorolt rendszerek feladatát, működését, teljesítőképességét, műszaki gátak ellenálló képességét az idő függvényében,
 - b) a felsorolt rendszerek betáplálás, üzemanyag-, hűtő- és kenőanyag-ellátásának időbeli és térbeli korlátait,
 - c) a felsorolt rendszerekhez kapcsolódó mérések, beavatkozó-eszközök és beavatkozási helyek rendelkezésre állásának, kiszolgálhatóságának korlátait,
 - d) a felsorolt rendszerek tartós elvesztésének következményeit,
 - e) egy blokk viszonyainak függését más blokkok működésétől.

2.2.1.3 A felülvizsgálat megállapításai

Az erőmű normál üzeme és üzemzavari/balesetei során számos olyan berendezés működik, amelynek folyamatos vagy időleges vízhűtésre van szüksége. A reaktorokban és a pihentető medencékben keletkező remanens hő és a technológiai berendezésekben keletkező hő a hűtést biztosító rendszerek vonják el különféle útvonalakon keresztül. A hőelnyelő funkciót több rendszer láncolata valósítja meg, amelynek végső eleme a Duna. A fűtőelemek hőelvezetési lehetősége akkor veszhet el, ha az erőmű hűtőrendszerei és a Duna-víz közti kapcsolat megszűnik.

E kapcsolat fő eleme a biztonsági hűtővíz rendszer (BHV). Ennek megfelelően a felülvizsgálat fókuszában a biztonsági hűtővíz rendszer állt. Mivel a biztonsági hűtővíz rendszer elvesztése esetén a reaktorok lehűtéséhez és a fűtőelemek hűtéséhez a sótalánvíz rendszer, az üzemzavari

tápvízrendszer, illetve a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer is szükséges, ezeket is vizsgálat alá vettük. Értékeljük továbbá a pihentető medence hűtőrendszerét is.

A végső hőelnyelő teljes elvesztése nem része az atomerőművek tervezési alapjának. Az atomerőművek tervezése biztosítja ugyanis, hogy ez az esemény rendkívül valószínűtlen legyen, legfeljebb a tervezési alapon kívül eső külső események, vagy inkább azok kombinációja miatt fordulhat elő.

A biztonsági hűtővíz rendszer

A rendszer feladatai:

- a hűtővíz kiemelése a Duna által táplált hidegvíz-csatornából,
- a hűtővíz mechanikai tisztítása,
- a hűtővíz eljuttatása a fogyasztókhoz,
- a hűtővíz elszállítása a fogyasztóktól,
- a hűtővíz visszajuttatása a melegvíz-csatornába.

A rendszer számos fogyasztója közül a legfontosabbak az alábbiak:

- a dízelgenerátorok (hűtővíz),
- a lehűtőrendszer (kondenzátor-hűtés, szivattyú-csapágyhűtés),
- a zóna üzemzavari hűtőrendszer (zsomphűtők, szivattyú motorok, helyiség-szellőzés, közbenső hűtőkör),
- a pihentető medence hűtése és a töltésére szolgáló szivattyúk,
- a főkeringtető szivattyúk (közbenső köri hűtők, olajhűtők).

A biztonsági rendszereknél megkövetelt háromszoros redundanciával kiépített rendszerben áganként két hűtővíz szivattyú (összesen 6 szivattyú/ikerblokk) emeli ki a hűtővizet a hidegvíz csatornából egy előszűrő üzemen keresztül.

Normál üzemben 3×1 szivattyú üzemel, üzemzavar esetén mind a hat szivattyú indítása megtörténik. A szivattyúk után lévő visszacsapó szelepek leálláskor megakadályozzák a rendszer visszaürülését. A szivattyúk által szállított víz további szűrőkön keresztül jut a föld alá fektetett három darab 700 mm-es csővezetéken a vízkivételi műtől a turbina gépházig. Itt mindegyik redundáns ág egy-egy 100 m³-es tárolótartályhoz kapcsolódik, amelyek pufferként szolgálnak. Az eddig a pontig ikerblokkonként közös rendszer vezetékai itt ágaznak szét a két blokk felé.

A két blokkon egyidejűleg feltételezett legnagyobb hűtési igény esetén a BHV-nek redundáns áganként 3000-3200 m³/h vízmennyiséget kell biztosítania a tervezett üzemmódban. A szivattyúk egyenként 1656 m³/h névleges vízszállításúak, tehát az így nyerhető 3300 m³/h szállított vízmennyiség kielégíti a fenti igényeket. Amint azt az [1.2.3 alfejezet](#) bemutatja, a szivattyúk még a Duna 10⁻⁷ 1/év gyakorisággal előforduló extrém alacsony vízállása esetén is képesek a hűtővizet kiemelni a csatornából.

A szükséges függetlenséget gépészetileg az önálló ágak (szűrők, szivattyúk, csővezetékek) biztosítják, a villamos és irányítástechnikai betáplálás rendszerenként más biztonsági villamos elosztóról és külön nyomvonalakon történik. Építészetileg a BHV szivattyútelep az ikerblokkra közös vízkivételi műben, de rendszerenként jól elkülönített, önálló helyiségekben létesült. A BHV rendszer egyszeres meghibásodással szembeni védettségének elsődleges biztosítója az alkalmazott hármas redundancia és a redundáns ágak függetlensége.

A BHV szivattyú villamos betáplálása a II. kategóriájú, biztonsági létfontos 6 kV-os rendszerről van megvalósítva, ezáltal külső feszültség-kimaradás esetén is ellátja funkcióit. A BHV rendszernek nincs külön üzemanyag-ellátása. Ezek a rendszerek nem igényelnek külön hűtést. Nincs olajrendszerük, nincs szükségük üzem közbeni olajcserére, kenőanyag-ellátásra. Tehát a BHV működőképességét nem korlátozza az üzemanyag-, hűtő- és kenőanyag-ellátás.

A BHV szivattyút és az armatúrák működtetését indító védelmi logikát a reaktorvédelmi rendszerben háromszoros redundanciával alakították ki, ami megfelel a technológiai redundanciának. A kapcsolószekrényekben kialakított relés logika biztosítja a védelmi jelek prioritását a kezelői parancsokkal szemben. A BHV berendezéseinek helyi operátori műveletek nem szükségesek, mert ezek az elemek távműködtetésűek. A rendszer a blokkvezénylőből, a tartalékvezénylőből, illetve a vízkivételi mű vezénylőből is működtethető.

A sótalanvíz rendszer

A sótalanvíz rendszer fontos szerepet kap a végső hőelnyelő funkció elvesztésekor, ugyanis a tartályaiban lévő vízkészlettel a biztonsági hűtővíz rendszer kiesése ellenére is huzamos ideig biztosítani lehet a leállított reaktorban keletkező remanens hő elvitelét. Ugyanakkor a fogyó vízkészlet utánpótlása a BHV híján nem lehetséges. A sótalanvíz rendszer nem alkalmas a pihentető medencében keletkező remanens hő elvitelére sem.

A sótalanvíz rendszer több egyéb rendszeren keresztül a vízkivételi műtől, a hidegvíz csatornából nyeri a nyers vizet. A sótalanvíz rendszer, a hozzá tartozó és az üzemzavari lehűtésben lényeges szerepet játszó sótalanvíz tárolás kivételével, nem biztonsági rendszer. A rendszer – ikerblokkként közös – három párhuzamosan kapcsolt sótalanvíz szivattyúval rendelkezik. A sótalanvíz rendszer egésze nem földrengésálló, működésére nagyobb földrengés után nem lehet számítani, de ilyen esetben csak a tárolótartályok meglévő víztartalékaira van szükség, amely – a tartályok megerősített volta miatt – rendelkezésre áll.

Ikerblokkként három sótalanvíz tárolótartály található egyenként 900 m³ sótalanvíz kapacitással, amelyekben minimum 500 m³-nyi mennyiséget folyamatosan fenn kell tartani. A szükséges vízmennyiség a méretezési földrengés következményeiből származik olyan feltételezések alapján, hogy az esemény után 72 órára kiesik a háziüzemi és hálózati villamosenergia-ellátás, továbbá nincs külső hűtővíz forrás sem. Így a tárolt sótalanvíz válik a blokk szekunderkör felől történő hűtésének egyetlen forrásává.

A sótalanvíz rendszer tartós üzemének feltétele, hogy tartályainak töltéséhez sótalanvizet biztosítson a sótalanvíz előkészítő üzem (a termelés kb. 250 t/h, ami a tervezési igényekhez képest biztonsággal elegendő). A villamos betáplálás kiesésekor az üzem leáll, de erre a helyzetre a tervezési alap nem is számol annak működésével.

A rendszer a redundancia és függetlenség elvének alkalmazása következtében egyszeres meghibásodás ellen védett, egy ág elvesztése esetén is képes a funkcióját ellátni.

A sótalanvíz szivattyúknak nincs külön üzemanyag ellátásuk, nem igényelnek külön hűtést, nincs olajrendszerük, nincs szükségük üzem közbeni olajcserére, kenőanyag-ellátásra. Tehát a rendszer működőképességét nem korlátozza az üzemanyag-, hűtő- és kenőanyag-ellátás.

A sótalanvíz szivattyúk és a kapcsolódó motoros tolózárok villamos betáplálása II. kategóriájú, biztonsági létfontos 6 kV-os rendszerről történik, ezáltal külső feszültség kimaradás esetén is ellátják funkciójukat.

A rendszert kiszolgáló mérések biztosítják az üzemi paraméterek ellenőrzését, továbbá a védelmi és automatikus működtetésekhez szükséges határérték jelek képzését és a logikát. A

tartályokban rendelkezésre álló – a biztonsági funkció teljesítéséhez szükséges – sótanvíz mennyisége a közösüzemi vezénnyelben a méréseken keresztül és a helyi szintmérőkön egyaránt ellenőrizhető.

A blokk üzemzavarai során a szekunderkör tervezett üzemzavari vízbetáplálásait a sótanvíz rendszer – földrengésre megerősített rendszerkomponensein keresztül – kétféle módon láthatja el:

- az üzemzavari tápszivattyúk (ÜTSZ) működése esetén a blokk hűtése a táptartályokból a gőzfejlesztők szekunder oldala felé való vízbejuttatással történik. A táptartályokból elvett vízmennyiséget a sótanvíz szivattyúk 65 t/h kapacitással folyamatosan utántáplálják, amely a tervnek megfelelő érték,
- amennyiben az üzemzavari tápszivattyúk nem képesek a gőzfejlesztő szintjének stabilizálására, a kiegészítő üzemzavari tápszivattyúk közvetlenül a sótanvíz tartályok gerincvezetékéről juttatnak hűtővizet a gőzfejlesztőkbe.

E két említett hűtőrendszer részletesebb leírása a fejezet további részeiben található.

Üzemzavari helyzetben a vízkivételi mű teljes leállítását kell feltételezni, így a sótanvíz rendszer utánpótlása is megszűnik. A továbbiakban csak a különböző tartályokban tárolt sótanvíz készlettel lehet számolni. Névleges állapotot figyelembe véve a készlet összességében több mint 2 napra elegendő a hűtés ellátásához. Ez az idő áll rendelkezésre a biztonsági hűtővíz betáplálás helyreállítására, vagy egyéb preventív intézkedések megtételére.

Az üzemzavari tápvízrendszer

A rendszer alapfeladata, hogy a blokk leállásakor és indulásakor (5% alatti teljesítményszinten) a gőzfejlesztőket tápvízzel ellássa. Amennyiben a blokk üzemzavari körülmények között (például a BHV elvesztése miatt) leáll, a maradványhő eltávolításához az üzemzavari tápvízrendszer szükséges, amely a blokkonként két táptartályból a gőzfejlesztőkhöz tápvizet szállít két szivattyú (ÜTSZ) segítségével, egyenként 65 m³/h kapacitással. A rendszer működése alatt szükség van sótanvízre is a tömszelence záróvíz és csapágy hűtővíz ellátáshoz. Mint az előző pontban leírtuk, a sótanvíz utánpótlása a vízkivételi mű kiesésekor ugyan megszűnik, azonban a sótanvíz tartályokból hosszabb ideig elegendő mennyiségű víz áll rendelkezésre mind a szivattyúk hűtésére, mind a szekunder oldali vízpótlásra. Ez elegendő a normál lehűtési folyamat végig viteléhez.

Az üzemzavari tápvízrendszer villamos betáplálását a II. kategóriájú biztonsági rendszer adja, így feszültségkiesés után újraindul, ugyanúgy, ahogy a sótanvíz szivattyúk is. Az üzemzavari tápvízrendszer földrengésálló. Kenőanyag adagolásra a szivattyúknak üzem közben nincs szükségük.

A korábban elvégzett rendszer-megbízhatósági elemzések eredményeit figyelembe véve megállapítható, hogy a rendszert alkotó rendszerelemek egyedi megbízhatósága, valamint a szükséges mértékben redundáns és diverz kialakítása, a segédrendszerek, valamint a villamos- és irányítástechnikai rendszerek felépítése együttesen biztosítja a rendszer funkcióinak rendelkezésre állását a feltételezhető meghibásodások mellett is. A tápvíz betáplálási funkció egyszeres meghibásodás elleni védettsége biztosított azáltal is, hogy a következő részben leírt kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer rendelkezésre áll alternatív forrásból történő hűtővíz biztosítására.

A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer

A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer feladata az üzemi, illetve az üzemzavari tápvízrendszerek meghibásodása esetén a gőzfejlesztők vízutánpótlása közvetlenül a sótalanvíz tartályokból, a reaktor maradványhője elvitelének biztosítása érdekében. A blokkonként két szivattyú szállítóteljesítménye azonos az üzemzavari tápszivattyúkéval.

A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer a normál üzemi tápvízrendszertől független betáplálási útvonallal rendelkezik. Mint írtuk, a rendszer által betáplált víz a sótalanvíz tartályokból származik, és ugyaninnen van ellátva csapágyhűtő vízzel is. A rendszer, valamint a sótalanvíz tartályok és az összekötő sótalanvíz vezetékek földrengésállóak. Egy korábban elvégzett biztonságnövelő átalakítás eredményeként a rendszer szivattyúi és szabályzó armatúrái átkerültek a turbinacsarnokból a külső hatásoktól megfelelően védett reaktorépületbe. A rendszer akkori áttervezése az egyszeres hibatűrés figyelembevételével valósult meg.

A villamos betáplálás II. kategóriájú biztonsági rendszerről van megoldva és a rendszer feszültségkiesés után automatikusan újraindul. Kenőanyag adagolásra a szivattyúknak üzem közben nincs szükségük.

A korábban elvégzett rendszer-megbízhatósági elemzések eredményeit figyelembe véve megállapítható, hogy a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer megvalósított redundanciája és a redundáns ágak függetlensége elégséges annak biztosításához, hogy egyszeres meghibásodás ne okozza a tervezési alapba tartozó üzemzavarok esetén a tápvízellátási funkció elvesztését.

A pihentető medence hűtőrendszere

A pihentető medence hűtőrendszerének feladata az üzemi és a kiegészítő fűtőelemkazetták remanens hőjének elvonása a pihentető és átrakó medencéből. A pihentető medence hűtését a hűtés biztonságának, a hűtőrendszer rendelkezésre állásának növelése érdekében két egymástól független, a feladatot teljes mértékben ellátó redundáns hűtőkör végzi. A hűtőkörök hőcserélőbe vezetik a medence vizét, amelyek szekunder oldalát a biztonsági hűtővízzel táplálják. A pihentető medence hűtését tehát végső soron a biztonsági hűtővíz rendszer biztosítja.

A hűtőköri keringtető szivattyúk II. kategóriájú biztonsági elosztókról kapják villamos betáplálásukat, ezért a hűtés üzemzavari körülmények között is fenntartható, ha a biztonsági hűtővíz rendelkezésre áll. (A pihentető medencéről és a hűtőkőről korábban leírás található az [1.1.6. alfejezet](#)ben is.)

2.2.2 A végső hőelnyelő tartós elvesztésének lehetséges belső okai és az azok elleni védettség

2.2.2.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja a végső hőelnyelési funkció elvesztése lehetséges belső okainak azonosítása volt. Ennek során meg kellett vizsgálni a rendszerek védettségét belső tűz, elárasztás, nagyenergiájú csővezeték törés, repeszek, műszaki (pl. üzemeltetési, karbantartási, berendezés meghibásodás), emberi, dokumentációs, vagy szervezési okokból adódó hibák eseteire.

Vizsgálni kellett, hogy a tervezési követelmények (redundancia, térbeli szeparáció, diverzitás stb.) alkalmazása megfelelő védelmet biztosít-e a rendszerek számára az egyszeres, illetve közös okú hibák ellen, és nem történik-e meg belső eredetű okokból a végső hőelnyelési funkció elvesztése.

2.2.2.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjed a végső hőelnyelő tartós elvesztésének lehetséges belső okaira az alábbi rendszerbontásban:

- a biztonsági hűtővíz rendszer meghibásodása,
- a pihentető-medence hűtésének megszűnése a hűtőrendszer hibája, vagy a medence szivárgása miatt,
- a már korábbi elemzésekben figyelembe vett kezdeti eseményekből induló és a normál üzemi és üzemzavari hőelnyelő egyidejű elvesztésére vezető folyamatok a (meglévő, vagy tartós terhelés miatt felléphető) műszaki állagromlás, hibás tervezés, vagy más okból degradálódott biztonsági rendszerek esetén.

2.2.2.3 A felülvizsgálat megállapításai

A vizsgálat bemutatta, hogy az erőmű tervezési alapja belső okokból bekövetkező helyzetekben gyakorlatilag kizárja azt az esetet, amikor valamely okból a végső hőelnyelő funkció elvész.

Az alábbiakban bemutatjuk, hogy a hűtési funkció ellátása szempontjából fontos biztonsági rendszerek milyen mértékben védettek a belső okokból bekövetkező teljes funkcióvesztéssel szemben.

A biztonsági hűtővíz rendszer

E rendszer esetében a hármas redundancia és a fizikai elválasztás minimalizálja annak lehetőségét, hogy belső hatás (belső tűz, belső elárasztás, nagyenergiájú csőtörés dinamikus hatása, repeszek) egyidejűleg károsítson három alrendszert. A rendszer földrengésállóságát megerősítésekkel biztosítottuk és védettségét ellenőriztük.

A belső tüzeket tekintve, mindhárom alrendszer elvesztéséhez egyedül a vízmű vezénylő, annak kapcsolótere és jelfogó tere egyes tűzcelláiban keletkező tűzesemények vezethetnének. A rendszer szivattyúinak indítása viszont biztosított a blokk- és tartalékvezénylőből is. Az áramköri megoldás meggátolja, hogy erre a vízmű vezénylői tűz hatással legyen. A tüzesetekre készült valószínűségi biztonsági elemzés is megfelelőnek értékelte blokk szinten a védettséget.

Vizsgáltuk a biztonsági hűtővíz rendszer sérüléseiből eredő belső elárasztásokat. A determinisztikus elemzés megállapította, hogy bármelyik BHV alrendszer vízkivételi művében bekövetkező elárasztási esemény esetén a másik két alrendszer üzemképes marad, így az a belső elárasztás ellen védett.

A biztonsági hűtővíz rendszerre elvégzett rendszer megbízhatósági-elemzés megállapította, hogy turbina repeszek mint repülő tárgyak érdemben nem befolyásolják a BHV rendszer megbízhatóságát. A négy blokkra átfogóan történt vizsgálat szerint a nagyenergiájú csővezeték törések elleni védettség is teljesül a biztonsági hűtővíz rendszer esetében.

A turbina gépházban a három redundáns ág fizikai szétválasztása nem teljes, a bejövő csővezetékek egy szakaszon párhuzamosan haladnak, és a fogyasztóknál is több csomópont található. A rendszer építőelemeiből (nem éghető anyagok alkalmazása, teljesen zárt csővezetékek, stb.) adódóan azonban ezek a helyek sem veszélyeztetettek a közös okú meghibásodások szokásos indító okai (tűz, elárasztás, stb.) ellen.

A hűtővíz funkció ellátásakor az emberi hibák közül a szivattyúk automatikus indulásának elmaradását pótló emberi beavatkozások hibája a legfontosabb. Mivel a vízkivételi mű vezénylőből, a blokk- és a tartalékvezénylőből egyaránt működtethetők a szivattyúk,

elhanyagolható annak a valószínűsége, hogy az összes szivattyú indítása emberi hibából elmarad.

A rendszerben a szivattyúk és a csővezetékek tönkremenetelének okozója lehet a Duna vízszint-ingadozásából származóan a szivattyúk munkapontjának szélesebb tartományban való mozgása. Ebből kavitációs üzemviszonyok miatt kifáradásos szerkezeti törések származhatnak. Emellett problémák jelentkezhetnek a csővezetékek falán a mikrobiológiai, az oxidációs korrózió, valamint az eróziós korrózió hatására. Elhanyagolható azonban annak a valószínűsége, hogy ilyen tönkremenetelek a három redundáns rendszerre kiterjedően egyidőben jelentkezzenek.

Egy további problémát okozhat, hogy feszültségkiesés során leállnak a biztonsági hűtővíz szivattyúk szívóágán található szűrők, ugyanis ezek nem rendelkeznek biztonsági betáplálással. Amennyiben a feszültségkiesés mind a négy blokkra kiterjed, akkor idővel a szűrők eltömődnek, ami a BHV elvesztésére vezethet. A célzott biztonsági felülvizsgálat keretében jelenleg folyik ennek az esetnek az értékelése és az esetleg szükséges intézkedések meghatározása.

A sótalanvíz rendszer

A végső hőelnyelő tartós elvesztése esetén a rendszerben csak a sótalanvíz tartályokra, a sótalanvíz gerincvezetésekre és armatúráikra van szükség ahhoz, hogy a kiegészítő üzemzavari tápszivattyúk hűtővizet tudjanak szolgáltatni a gőzfejlesztőbe. Ezek a rendszerelemek földrengésre megerősítettek.

Lehetőség van az ikerblokkok sótalanvíz rendszerei közötti áttáplálásra is, amely tovább fokozza az ellátás biztonságát.

Az elvégzett rendszer megbízhatósági-elemzésekben a biztonsági funkciót potenciálisan veszélyeztető emberi hibákat részletesen feltárták. Ezek közül a sótalanvíz rendszerben a szivattyúk automatikus indulás-elmaradásának pótlását jelentő emberi beavatkozás hibája volt a legfontosabb. A végső hőelnyelő tartós elvesztése esetén azonban ilyen tevékenységre nincs szükség.

Az üzemzavari és kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer

A két rendszer teljesen független egymástól. Egyes tápvíz- vagy gőzvezetési sérülések hatására az üzemzavari tápvízrendszer víz alá kerülhet, ilyenkor a másik rendszer veszi át a biztonsági funkciót. Mindkét rendszer teljes kiesését közös okú belső hibából nem kell feltételezni, mivel teljesen külön épületben, egymástól távol helyezkednek el.

A pihentető medence hűtésének megszűnése

A pihentető medence hűtés-kimaradásának következménye, hogy a medence vize felmelegszik, majd felforr. Konzervatív feltételezésekkel élve a forrás kb. 4 óra elteltével indul meg és a fűtőelem burkolat hőmérsékletek emelkedése mintegy 14 óra múlva kezdődik meg. Így a pihentető medence hűtés tervezési üzemzavara esetén megfelelő idő áll a személyzet rendelkezésére ahhoz, hogy alkalmazza az üzemzavar elhárítási utasításokban előre rögzített eljárást. Ennek lényege, hogy az üzemzavari hűtőrendszer tartályaiban tárolt hűtővíz periodikus felhasználásával a felmelegedést mindaddig késleltetni lehet, amíg a pihentető medence hűtésének helyreállításán dolgoznak.

A medencehűtés tervezési üzemzavaraiként vizsgáltuk a szivattyúkiesést és a hűtőkörben bekövetkező csőtörést.

A hűtőkörben bekövetkező csőtörés vagy a medence szivárgása a medence (részleges) leürüléséhez vezethet. Amikor az összes tárolt kiegészítő fűtőelem az alsó tároló polcon helyezkedik el, akkor ez nem okoz jelentős problémát, mivel a kezelési utasításokban meghatározott tartályokból a pihentető medence túlfolyóján keresztül történő betáplálással a medence folyamatos hűtése biztosítható. Ha a hűtőközeg-vesztés abban a ritkán és csak rövid ideig fennálló helyzetben következik be, amikor a kiegészítő fűtőelemek egy részét ideiglenesen a felső tárolópolcon tárolják, akkor a vízszint rövid idő alatt a kötegek fejrésze alá süllyed, de ezt követően a forrásban lévő hűtővíz több óráig elegendő hűtést ad a kiegészítő fűtőelemek teljes hossza mentén. Ezen időtartam alatt kell operátori beavatkozással stabilizálni a helyzetet, amely kezelhető mértékű szivárgások esetére is tartalmaz utántáplálást biztosító utasításokat.

A hűtőkörben fellépő egyszeres meghibásodások (pl. egy szivattyú kiesése) a redundáns kiépítés miatt közvetlenül nem okoznak problémát. A csőtöréses üzemzavarok elkerülése terén jelentős előrelépést hoz a felülvizsgálat időszakában megvalósított hűtőköri átalakítás, amelynek során a csővezetékbe közvetlenül a betonfalból való kilépésük pontján gyors működésű elzáró armatúrákat építünk be automatikus vezérléssel. Ezek, megfelelő szenzorokkal érzékelve a csőtörés tényét, az adott csővezeték lezárják a hűtővízvesztés elkerülése érdekében. Ugyanezen megoldás zárja ki a korábban szóba jöhető közös okú meghibásodás, az elárasztás által okozott problémát is, mivel az elárasztást magából a törött csővezetékéből kifolyó víz okozná.

A pihentető medence hűtése a biztonsági hűtővíz rendszer kiesése esetén nem biztosítható. Ennek oka, hogy egyrészt az üzemi hűtőrendszer hőcserélőjéhez nem jut hűtővíz, másrészt az üzemzavari helyzetekre előirányzott periodikus vízcsere megoldáshoz alkalmazandó szivattyúk tömítéseinek hűtő- és záróvizét is a biztonsági hűtővíz rendszer szolgáltatja. Ezt az esetet a [2.2.5. alfejezet](#)ben vizsgáljuk.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő elemzések

Jelenleg még folyamatban van az üzemeltetési, karbantartási, emberi, dokumentációs, vagy szervezési okokból adódó belső hibák részletkérdéseinek vizsgálata.

Ugyancsak vizsgálat alatt állnak a biztonsági hűtővíz rendszer szívóágán található szűrők, amelyek nem rendelkeznek biztonsági betáplálással és feszültségkiesés során leállnak, ami később eltömődésükhöz vezethet.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.2.3 A végső hőelnyelő funkció rendszereinek védettsége a külső természeti hatásoktól

2.2.3.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja annak megállapítása, hogy a végső hőelnyelő és a pihentető medence hűtőrendszerei milyen mértékben védettek az egyes külső természeti hatásoktól, valamint annak értékelése, hogy a tervezési alapba tartozó külső természeti hatások eredményezhetik-e a végső hőelnyelő és a pihentető medence hűtésének tartós elvesztését.

2.2.3.2 A felülvizsgálat terjedelme

A rendszerek eredeti tervezésénél a külső hatások figyelembe vétele a tervezési alapban nem volt teljes körű.

Az [1.2.2. alfejezet](#)ben bemutattuk, hogy a végső hőelnyelő rendszerek tervezési alapjában a Duna áradását mint veszélyforrást nem kellett figyelembe venni, ezért ebben a fejezetben csak a rendszerek földrengésállóságát, az alacsony hűtővízszint, valamint az extrém időjárási hatások elleni védettséget értékeljük.

2.2.3.3 A felülvizsgálat megállapításai

Földrengés elleni védettség

A végső hőelvitel a földrengést követő lehűtés kezdeti szakaszában a hűtési technológia szerint a gőzfejlesztőkbe táplált sótalanvíz elgőzölögtetésével, a gőz légkörbe engedésével valósul meg. A sótalanvíz rendszer földrengés-biztonsági megfelelőségének vizsgálatát a rendszertechnikailag szükséges terjedelemben elvégeztük. A rendszer csővezetékeinek szeizmikus teherviselő képességét a szükséges megerősítések elvégzése után igazoltuk. A sótalan vízkészletet tároló tartályok a kiegészítő lehorgonyzásokkal képesek elviselni a biztonsági földrengés igénybevételeit.

A nyílt körű hűtésről a zártkörű gőz-vizes hűtésre való áttérés az üzemzavari tápszivattyúkkal és a normál lehűtő rendszerrel valósítható meg, ezért ezeket a rendszereket minősítettük és szükség szerint megerősítettük. A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer a nyitott szekunder hűtőköri hűtés szakaszában tartalékként áll rendelkezésre az üzemi illetve az üzemzavari tápvízrendszerek meghibásodása esetén a gőzfejlesztők sótalanvízzel való táplálására. Korábbi biztonságnövelő intézkedések keretében a rendszer szivattyúit, a nyomóvezetékeit – az elzáró és szabályzó szerelvényekkel együtt – a turbina gépházából a védettebb reaktorépületbe telepítettük. A rendszer áttervezése az egyszeres hibatűrés és a földrengés-biztonsági követelmények szerint valósult meg.

A földrengéseket követő lehűtésnél a lehűtő rendszertől a hőt a végső hőelnyelőbe a biztonsági hűtővíz rendszer vezeti el. A rendszer azon részét, amely szükséges a földrengés utáni helyzet kezeléséhez, minősítettük és megerősítettük. A hűtési technológia által nem igényelt részek leválasztását izoláló armatúrák beépítésével oldottuk meg.

Az említett rendszereket befoglaló épületek mindegyikét földrengésre megerősítettük.

A pihentető medence hűtőkörét a biztonsági földrengésre minősítettük, illetve megerősítettük. Elemzésekkel igazoltuk, hogy a reaktorépület vasbeton tömbje a biztonsági földrengés által okozott igénybevételekre megőrzi szerkezeti épségét, ami egyúttal azt is jelenti, hogy a vasbetontömb részét képező pihentető medence épsége biztosított. Itt megerősítésre nem volt szükség. A pihentető medencében tárolt fűtőelemekre földrengés esetén veszélyt jelentene a medence fölötti reaktorcsarnok tetőszerkezetének sérülése. A reaktorépület földrengés esetén való viselkedését megvizsgáltuk, és olyan megerősítéseket hajtottunk végre, amelyekkel a reaktorcsarnok egysége biztosítható, a tetőpanelek leesése elkerülhető. Megvizsgáltuk a nyitott pihentető medence fölötti emelőgépek parkoló helyzetben lévő stabilitását, és e szerint nem kell feltételezni, hogy ezek az emelőgépek a medencére zuhanjanak.

A felülvizsgálat során azonosítottunk néhány gyenge pontot, amelyek utólagos vizsgálatot és/vagy intézkedést igényelnek, mert a földrengés mellett valamilyen egyéb körülménnyel, kölcsönhatással együtt problémássá válhatnak. Ezeknek az értékelése jelenleg még folyamatban van. Várhatóan a felülvizsgálat befejezésekor sor kerül néhány javító intézkedés meghatározására. A felülvizsgálat rámutatott arra, hogy a sótalanvíz készlet biztosításában kiemelt szerepet játszó sótalanvíz tároló tartályok a II. kiépítésen az egészségügyi épület közvetlen közelében vannak. Az egészségügyi épület nincs minősítve biztonsági földrengésre, a

rádőléstől nem teljes körűen védettek a tartályok (ez a lehetséges sérülési mód a valószínűségi kockázat elemzésekben szerepel).

Alacsony vízszint elleni védettség

A Duna alacsony vízszintje a végső hőelnyelő rendszerei közül egyedül a biztonsági hűtővíz szivattyúk tervezési alapjára jelent követelményt. Korábban a biztonsági hűtővíz szivattyúkat meghosszabbítottuk, szívókönyökeiket kicseréltük, így azok a 83,50 mBf szintig indíthatók és kavitációmentesen üzemben tarthatók.

Mіндеzen túl extrém alacsony vízállások esetére kiépítésenként kialakítottunk két-két olyan zsiliptáblát, amelyek mindegyikén három-három búvárszivattyút helyeztünk el. A zsiliptáblák fölött két darab 1x1 m-es ablak található. Alacsony vízállásnál egy intézkedési terv alapján ezeket a zsilipeket a hidegvíz csatornába lehelyezik, és a zsiliptáblákon keresztül a búvárszivattyúk, az ablakokon keresztül pedig úszó pontonokra helyezett, kiépítésenként nyolc dízelhajtású átemelő szivattyú biztosítja a biztonsági hűtővíz rendszer részére a megfelelő mennyiségű hűtővizet.

Az alacsony vízállás kialakulása fokozatos, időben elhúzódó, az atomeromu üzemeltetője által követhető folyamat, így az üzemben még zavart nem okozó 85,00 mBf vízállás fellépésétől kezdve egy intézkedés sorozatot kell végrehajtani az alábbi fokozatok szerint:

Alacsony vízvédelmi fokozat	öblözeti vízállás (mBf)
I. fokozat	85,00-84,50
II. fokozat	84,50-84,00
III. fokozat	84,00-83,50
IV. fokozat	<83,50

Az I. vízvédelmi fokozat életbelépését követően a palánki telepen tárolt dízelhajtású Pajtás VI-F szivattyúk üzemképességét soron kívül megvizsgálják.

A II. vízvédelmi fokozat elrendelése után a biztonsági hűtővíz szivattyúk előszűrőinek maximális ellenállását 0,1 m-re korlátozzák, elvégzik a kondenzátor hűtővíz-kamra szintcsökkenés automatika próbáját, valamint a lehűtő rendszer mindkét ágát üzemképes állapotba hozzák.

A III. vízvédelmi fokozatnál megkezdik a biztonsági hűtővíz rendszerek tartalék betáplálását megvalósító 1000 m³/óra teljesítményű előtét búvárszivattyúk telepítését. Valamint megkezdik a biztonsági hűtővíz rendszerek tartalék betáplálását szolgáló Pajtás átemelő szivattyúk pontonokra történő telepítését.

A legkritikusabb IV. fokozat fellépése esetén a tartalék tűzvíz szivattyútelepek, amelyek a melegvíz csatornából szívnak, üzemképességéhez a szűrtvíz medence szakaszos ürítésével a melegvíz csatorna vízszinteket biztosítják. Elindítják a telepített búvár és a tartalék Pajtás betáplálási szivattyúkat.

A fenti beavatkozások megvalósíthatóságát korábban egyszer kipróbáltuk, de az intézkedési tervben szereplő berendezések rendszeres ellenőrzése, karbantartása, lepróbálása nem teljes körű. Az erre vonatkozó értékelés folyamatban van.

Más extrém környezeti hatások elleni védelem

Az atomerőmű tervezésekor az extrém környezeti hatások figyelembe vétele nem volt teljes körű és az [1.2.4. alfejezet](#)ben megadott külső környezeti terhelésekre és azok esetleges kombinációira vonatkozó dokumentáltság az egyes rendszerek esetén sem kielégítő.

A korábban végrehajtott időszakos biztonsági felülvizsgálat során már megállapítottuk, hogy egyes – a földrengéshez képest kevésbé kritikus – meteorológiai eredetű veszélyek esetén nem teljesen szisztematikusan dokumentált, hogy az egyes rendszerek tervezési alapjában minden üzemállapotra vonatkozóan szerepelnek a gyakoriság alapon ki nem szűrt veszélyek által okozott terhelések. Erre vonatkozóan a szükséges javító intézkedést korábban kitűztük és végrehajtását megkezdtük.

Ennek keretében egy megfelelő rendszertechnikai értékelés segítségével tételesen meghatározzuk azoknak a rendszereknek, épületszerkezeteknek a körét, amelyek tervezési alapjában valamely külső veszélyforrás hatását szerepeltetni kell. Ezekre a kijelölt rendszerekre, és épületszerkezetekre szisztematikusan rögzítjük, hogy mely biztonsági funkciót és milyen módon befolyásol az adott külső hatás, majd tételesen ellenőrizzük, hogy megfelelően dokumentált-e a tervezési alaphoz való megfelelés, és a dokumentáltság hiányát pótoljuk. Nem megfelelés esetén az adott rendszert vagy az őt befoglaló építményt megerősítjük az adott környezeti terhelés figyelembevételével.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Folyamatban vannak az előző pontban említett, az extrém környezeti hatások elleni védelemmel összefüggő rendszertechnikai vizsgálatok. Ezek teljes terjedelemben nem készülnek el a Végleges Jelentés benyújtásának időpontjára, de az addig rendelkezésre álló eredmények alapján fogjuk a CBF értékelést elkészíteni.

Jelenleg még ugyancsak folyamatban van azoknak az eseteknek az értékelése, amelyek a földrengés mellett valamilyen egyéb körülménnyel, kölcsönhatással együtt problémássá válhatnak.

Vizsgáljuk a sótalanvíz készlet biztosításában kiemelt szerepet játszó sótalanvíz tároló tartályoknak a II. kiépítésen fennálló veszélyeztetettségét az egészségügyi épület szeizmikus sérülékenysége következtében.

Jelenleg értékeljük az alacsony vízszint esetén felhasználásra előirányzott berendezések rendszeres ellenőrzésének, karbantartásának, lepróbálásának körülményeit.

Az utóbbi három kiegészítő elemzés a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készül el, a tárgyi fejezetrészek véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.2.4 A végső hőelnyelő funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatásokra

2.2.4.1 A felülvizsgálat célja

Jelen fejezet célja annak bemutatása, hogy a végső hőelnyelő funkció tartós elvesztését a tervezési alapon túli külső hatások mely szintje milyen eséllyel képes kiváltani. Ebben a tekintetben a felülvizsgálat célja a végső hőelvezetési lehetőség rendszerei tervezésen túli külső hatásokra vonatkozó tartalékainak meghatározása.

2.2.4.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat terjedelmébe minden potenciálisan fontos természeti eredetű külső veszély beletartozik. E veszélyek közül az [1.2. alfejezet](#) megállapításai szerint a jelen vizsgálat során nem szükséges számolni a Duna extrém alacsony és extrém magas vízállásával. Az extrém terheléseket okozó meteorológiai hatások értékelését a blokkok korábbi időszakos biztonsági felülvizsgálatának eredményeként megszabott javító intézkedés keretében végezzük. Az elemzés 2012. decemberéig készül el. Jelenleg még nem állnak rendelkezésre olyan eredmények, amelyek alapján a tervezési alapon túli tartalék az extrém időjárási körülményekre megítélhető lenne. Összességében a tervezési alapon túli tartalék szempontjából jelenleg konkrétan értékelhető külső természeti eredetű esemény a földrengés.

2.2.4.3 A felülvizsgálat és megállapításai

A földrengések hatásait figyelembe vevő valószínűségi biztonsági elemzés készítésekor – egyebek mellett – a végső hőelnyelő funkció fenntartásában résztvevő összes rendszerre és rendszerelemre meghatároztuk azok sérülékenységének mértékét. Azaz minden rendszerelemre önállóan ismert, hogy adott erősségű földrengés esetén milyen eséllyel veszíti el funkcióját.

A végső hőelnyelő tartós elvesztése földrengés hatására csak bizonyos rendszerek, rendszerelemek együttes sérülése esetén következik be. Így a jelen felülvizsgálat céljából kidolgozott módszer szerinti számítással meghatározható volt a hőelvezetési funkció eredő sérülékenysége.

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a végső hőelnyelő funkciót biztosító rendszerek egy tervezési alapot meghaladó földrengés esetén sem feltétlenül sérülnek meg egyszerre. Sérülésük esélye természetesen a földrengés erősségével növekszik. A végső hőelnyelő funkció elvesztésének átlagos valószínűsége 0,42 g vízszintes szabadfelszíni gyorsulásnál éri el a 0,5 értéket, amely gyorsulás viszont már a 10^{-5} /év körüli gyakorisággal előforduló, vagyis a tervezési alapnál egy nagyságrenddel ritkább földrengésekre jellemző. A tervezési alapnál 20%-kal nagyobb terhelést okozó 0,3 g vízszintes szabadfelszíni gyorsulásnál a funkció elvesztésének valószínűsége alig több, mint 10%.

Azonosítottuk, hogy a tervezési alapnál alig nagyobb gyorsulástartományokban már meghatározó szerepet játszó sérülési mód a főépület süllyedését okozó talajfolyósodás. Megállapítottuk, hogy egy ilyen talajfolyósodás elleni védelem kialakítása/megerősítése érdemben növelné meg a tartalékokat.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Jelenleg vizsgáljuk, hogy az épület megsüllyedése által veszélyeztetett földalatti vonalas szerkezetek és csatlakozásaik újraminősítésével, átalakításával biztosítható-e a fejezetben említett tartaléknövelés. Szükség esetén az ezzel kapcsolatos javító intézkedést a Végleges Jelentésben fogjuk kitűzni.

2.2.5 A végső hőelnyelő tartós elvesztése megelőzésének és preventív balesetkezelésének lehetséges módozatai

2.2.5.1 A felülvizsgálat célja

A rendelkezésre álló kezelési utasítások, rendszertechnikai ismeretek és egyéb üzemeltetői tapasztalatok alapján fel kellett mérni és értékelni kellett mindazokat a preventív balesetkezelési lehetőségeket, amelyeket a végső hőelnyelő tartós elvesztése esetén, elsősorban a zónasérülés, a pihentető medencében tárolt fűtőelem kazettásérülésének elkerülése, vagy a

kiterjedt zónaolvadási folyamat megállítása és a konténment sérülés elkerülése érdekében alkalmazni lehet.

2.2.5.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat során figyelembe vettük mindazokat a közeli, távoli, mobil, vagy eltérő rendeltetésű hűtővíz betáplálási lehetőségeket, útvonalakat, helyreállítási lehetőségeket, amelyekkel teljesen, vagy részlegesen helyre lehet állítani azoknak a biztonsági funkciót ellátó rendszereknek a hűtővíz ellátását, amelyek a súlyos baleset vagy a következményei romlásának megakadályozásához szükségesek.

A végső hőelnyelő elvesztését követő baleseti folyamatok megelőzését szolgáló biztonsági rendszerek fokozatos és egymást követő elvesztésének lehetőségét vizsgáltuk. Tekintettel arra, hogy a végső hőelnyelő, vele együtt a biztonsági hűtővíz elvesztésének következménye a biztonsági betáplálás elvesztése (mivel a dízel gépegységek hűtővíz nélkül csak korlátozott ideig képesek működni), ezért a vizsgálatoknál figyelembe vettük ezen események egyszerre történő bekövetkezését.

A felülvizsgálat során feltételeztük, hogy a telephely a kezdeti eseményt követő 72 óráig nehéz járművekkel nem megközelíthető, 24 óráig a könnyű, hordozható eszközök sem érhetnek az erőműbe, nem helyezhetőek üzembe.

A felülvizsgálat során megvizsgáltuk a végső hőelnyelő elvesztése következményeként fellépő súlyos baleseti folyamatok megelőzésének alább felsorolt konkrét lehetőségeit:

- a rendelkezésre álló alternatív hűtővíz-források,
- baleseti helyzetben a hőelvitel alternatív lehetőségei, rendelkezésre álló vízkészlet eljuttatása a hűtendő térbe,
- a rendelkezésre álló eszközökkel hűtve a súlyos fűtőelem-sérülésig számított időtartamok hossza.

2.2.5.3 A felülvizsgálat és megállapításai

Az atomerőmű biztonsági jelentése olyan tervezési alapon túli üzemzavar elemzést, amely kizárólag a végső hőelnyelő funkció (illetve a biztonsági hűtővíz) elvesztésére vonatkozik, nem tartalmaz. A rendszer teljes elvesztése belső okból nem várható, viszont külső közös okú hatás miatti elvesztésekor feltételeztük a külső villamos betáplálás elvesztését is. Tekintve, hogy a biztonsági hűtővíz szükséges a biztonsági villamos betáplálás dízelgenerátorainak indításához, ezért ilyen esetekben a folyamat a villamos betáplálás teljes elvesztésére vezet és lényegében a [2.1.5.3. alfejezet](#)ben leírtak szerinti zajlik.

A fent említett pontban szereplő időtartamok alatt kell a kezelőknek végrehajtani mindazokat a beavatkozásokat is, amelyekkel az alább részletezett alternatív hűtési vagy hűtővíz betáplálási lehetőségeket biztosíthatják.

Alternatív hűtővíz-források

Az erőmű tűzvíz rendszerei felől megtáplálható a biztonsági hűtővíz rendszer, de jelenleg azok csak korlátozottan alkalmasak az alternatív hűtővíz-betáplálás biztosítására. A tűzvíz szivattyútelepek csak normál hálózati villamos betáplálás esetén működtethetők és a melegvíz csatornában visszatartott 2x2000 m³ vízbázis is csak működtetett hűtővízrendszerek esetén hozzáférhető.

Mindezen túl rendelkezésre áll egy földrengésálló, mintegy nyolc óra üzemre alkalmas önálló dízel betáplálással rendelkező tűzvíz szivattyú telep is. Ennek a szivattyú telepnek a szintén

2x2000 m³ vízbázisa csak működtetett hűtővízrendszerek esetén hozzáférhető. A jelenlegi kialakításban a hűtővízrendszerek üzemeltetése nélkül csak mintegy 100 m³ hűtővíz érhető el. Jelenleg még vizsgáljuk olyan átalakítás lehetőségét, amely a teljes víztartalékot hozzáférhetővé teszi a biztonsági hűtővíz rendszer működése nélkül is.

Az atomerőmű rendelkezik a Duna kavicságyába fúrt 9 db nagyátmérőjű 30 m mély kúttal, amely a Duna vízállásától függetlenül tartós, gyakorlatilag korlátlan mennyiségű vízbázist képez. A kütteleptől 8 bar nyomáson rendelkezésre álló 810 m³/h vízkapacitású összekötő rendszer van kiépítve a biztonsági hűtővíz rendszer felé. Ennek ellenére a partiszűrősű küttelep a végső hőelnyelő tartós elvesztésének elkerülésére jelen állapotában nem alkalmas, mert normál hálózati betáplálást feltételez a 15 búvárszivattyú együttesen 385 kW névleges teljesítmény igénye. A korlátlan vízbázis és a kiépített összekötési lehetőség a biztonsági hűtővíz ágakkal a partiszűrősű küttelepet mégis értékessé teszik mint rendelkezésre álló alternatív hűtővíz-forrást, ezért jelenleg vizsgáljuk telepített, vagy odavontatott dízelgenerátorok kialakításának lehetőségét a villamos betápláláshoz.

Mindezeken túl alternatív hűtővíz-forrás biztosítása lehetséges mobil vízkivétellel közvetlenül a Dunából vagy a telephely határán lévő halastavakból. Ezek megvalósíthatóságának vizsgálata még folyamatban van.

Alternatív hőelvonási lehetőségek a gőzfejlesztőkön keresztül

A sótalavíz tartályokról szívó kiegészítő üzemzavari tápvízszivattyúk közvetlenül képesek hűtővizet táplálni a gőzfejlesztőkbe. Kiépített vezetéken keresztül lehetséges az ikerblokkok kiegészítő üzemzavari tápvíz rendszereibe is betáplálni. Szintén kiépített lehetőség van a vezetékre független, külső (udvarterről) betáplálást csatlakoztatni (például mobil szivattyú, tűzoltó tömlő). Amennyiben a gőzfejlesztők nyomásának lecsökkentése sikeres, akkor bizonyos esetekben lehetséges ezeken a csatlakozásokon keresztül alacsony nyomású utántáplálás biztosítása. A csatlakozásokon keresztül a víz gőzfejlesztőkbe juttatásának módját előzetesen értékeltük, a konkrét lehetőségek vizsgálata még folyamatban van. A betáplálás forrása lehet akár a szomszéd blokkról származó sótalavíz, a lehűtő rendszer, vagy akár a tűzvíz rendszer. A tűzvíz betáplálás az udvartéri csatlakozáson keresztül a tűzoltó autók csatlakoztatásával is biztosítható.

Alternatív vízbetáplálási lehetőségek a konténmentbe

A hőelnyelő elvesztését követően szükség lehet a konténmentben rendelkezésre álló vízmennyiségre, illetve annak felhasználhatatlansága esetén külső vízforrásra. A felülvizsgálat időszakában befejeződik a gőzfejlesztők tápvíz oldali lefúvató szelepeinek beépítése, a primer körből szekunder körbe történő átfolyások (PRISE) kezelése érdekében. Ezek a lefúvató szelepek a gőzfejlesztők szekunder oldalán lévő vizet a hermetikus tér padlójára engedik. Ezzel az előzőekben tárgyalt, külső (alacsony nyomású) tápvíz a gőzfejlesztőkből a PRISE lefúvató szelepek nyitásával a konténmentbe is bejuttatható.

A pihentető medence alternatív hűtése

A pihentető medencék nem rendelkeznek dedikált, külső, független vízbetáplálási lehetőséggel. Az üzemzavar elhárítási utasítás szerint a vízpótlás külső energiaforrás nélkül a lokalizációs torony felső tálcáinak gravitációs leürítésével biztosítható. Amennyiben egyidőben a reaktoron is baleseti folyamat zajlik, a lokalizációs torony tálcáin tárolt vízkészlet más célra is szükséges lehet, valamint a leürítési útvonalon található armatúrák kézi működtetése a kialakuló dózisviszonyok függvénye.

Villamos energia rendelkezésre állása esetén az elvégzett értékelés alapján számos egyéb, ciklikus vízcsere lehetőség áll rendelkezésre a medence hűtésére.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Vizsgáljuk az önálló dízel betáplálással rendelkező tűzivíz szivattyú telep vízbázisa felhasználhatóságát, az ehhez szükséges módosítások lehetőségét (dozimetriai akna bukóél esetleges elbontása), hogy a teljes víztartalék hozzáférhetővé váljon.

Emellett vizsgáljuk a partiszűrészű küttelep vizének felhasználhatóságát hűtési célra és az ennek feltételeit megteremtő módosítások (betáplálás) lehetőségét.

Értékeljük az alternatív hűtővíz-forrás biztosításának lehetséges módjait mobil vízkivétellel a rendelkezésre álló vízforrásokból.

Kiépített lehetőség van a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer vezetékeire független külső (udvarterről) betáplálást csatlakoztatni. A konkrét betáplálási lehetőségek vizsgálata még folyamatban van.

A konténmentbe, illetve a pihentető medencébe történő külső vízbetáplálás valamilyen mértékű felbórozást is igényel. Ennek megvalósítási lehetőségeit szintén jelenleg vizsgáljuk.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.3 A konténment funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatások esetén

2.3.1 A felülvizsgálat célja

Jelen fejezet célja annak bemutatása, hogy a konténment funkció elvesztését a tervezési alapon túli külső hatások mely szintje milyen eséllyel képes kiváltani. Ebben a tekintetben a felülvizsgálat célja a konténment funkciót biztosító rendszerek, szerkezetek tervezésen túli külső hatásokra vonatkozó tartalékainak meghatározása.

2.3.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat terjedelmébe minden potenciálisan fontos természeti eredetű külső veszély beletartozik. E veszélyek közül az [1.2. alfejezet](#) megállapításai szerint a jelen vizsgálat szempontjából nem szükséges számolni a Duna extrém alacsony és extrém magas vízállásával. Az extrém terheléseket okozó meteorológiai hatások értékelését a blokkok korábbi időszakos biztonsági felülvizsgálatának eredményeként megszabott javító intézkedés keretében végezzük. Az elemzés 2012. decemberéig készül el. Jelenleg még nem állnak rendelkezésre olyan eredmények, amelyek alapján a tervezési alapon túli tartalék az extrém időjárási körülményekre megítélhető lenne. Összességében a tervezési alapon túli tartalék szempontjából jelenleg konkrétan értékelhető külső természeti eredetű esemény a földrengés.

A földrengés, vagy egyéb extrém terheléseket okozó meteorológiai hatások által esetleg kiváltott üzemzavarok (pl. a [2.1.](#) és [2.2.](#) alfejezetekben értékelt kulcsesemények) balesetté fejlődése esetén számos baleseti folyamat (hidrogén égés, túlnyomódás stb.) veszélyezteti a konténment funkciót. Ezekkel az esetekkel a [2.5. alfejezet](#)ben foglalkozunk, ebben a fejezetben kizárólag azokat az eseteket kezeljük, amelyeknél a külső hatás közvetlenül veszélyezteti a konténment funkciót.

2.3.3 A felülvizsgálat és megállapításai

A felülvizsgálat során a [2.1.4.](#) és [2.2.4.](#) alfejezetek kidolgozásánál használt módszer szerint a hermetikus tér szerkezeteire és rendszereire vonatkozó sérülési jellemzők alapján történik a tartályok meghatározása. A kapcsolódó elemzés még nem készült el, annak eredményeit a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentésébe építjük be.

2.4 Jelentős radioaktív kibocsátásra vezető súlyos baleseti folyamatok

2.4.1 A felülvizsgálat célja

A súlyos baleseti folyamatokkal kapcsolatos felülvizsgálat célja elsősorban annak megállapítása volt, hogy az eddigi elemzési tevékenység lefedi-e a súlyos baleseti folyamatok teljes körét. Ezen túlmenően meg kellett vizsgálni, hogy az alábbi jelenségek felléphetnek-e a kulcsemények, vagy esetleg más okokból bekövetkező súlyos baleset során:

- gőzrobbanás a reaktortartályban,
- a fejlődő hidrogén égése/robbanása,
- a fűtőelemek sérülése a pihentető medence súlyos balesete következtében,
- nagy radioaktív kibocsátás a hulladék-tárolókból vagy egyéb radioaktív közeget tartalmazó rendszerből,
- a konténment sérülése hidrogénégés, nagynyomású tartállysérülés, reaktortartályon kívüli gőzrobbanás vagy lassú túlnyomódás következtében,
- zónaolvadék-beton kölcsönhatás.

2.4.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt mindazokra a folyamatokra, amelyeket a korábbi 2. szintű PSA-vizsgálat során számításba kellett/lehetett venni. Ezeknek a folyamatoknak a kiindulópontjai az ún. erőmű sérülési állapotok, amelyek egy kiterjesztett (azaz a konténment állapotát a zónasérülés időpontjában tekintetbe vevő) 1. szintű – az [1.3. alfejezet](#)ben értékelt – valószínűségi elemzésből adódnak.

2.4.3 A felülvizsgálat megállapításai

A reaktorban lejátszódó folyamatok tekintetében az eddigi vizsgálatok teljes körűek voltak (beleértve a leállított reaktorban bekövetkező baleseteket). A kockázat mértéke elfogadható, megfelel a nemzetközi elvárásoknak. A baleseti folyamatok ismert módon, a VVER-440 reaktorokra jellemzően viszonylag hosszú idő alatt játszódnak le. A kockázat mértékét jelentősen csökkenti a Súlyos Baleset Kezelés, amely dedikált rendszerek beépítésével és megfelelő utasításrendszerrel segíti a baleset következményeinek csökkentését.

Ahogy az a korábban elvégzett elemzés alapján belátható volt, a reaktortartály sérülése a tartályon belüli gőzrobbanás hatására a VVER-440 reaktorok esetében fizikailag ésszerűtlen, emiatt a determinisztikus alapon kiszűrt esetek közé tartozik.

A súlyos baleset során fejlődő hidrogén mennyiségét meghatároztuk. A különböző súlyos baleseti folyamatokban a cirkónium 30-50%-a oxidálódhat. A konténmenten belüli égés/robbanás megelőzése érdekében balesetkezelési intézkedésként passzív rekombinátorokat építettünk be a blokkokba, figyelembe véve a várható hidrogéneloszlásra vonatkozó korábbi elemzéseket.

A reaktorcsarnokban kialakuló hidrogénkoncentrációt korábban csak egy pihentető medence, vagy egy nyitott reaktor balesetére vizsgáltuk. Ilyenkor a felgyülemelő hidrogén koncentrációja a reaktorcsarnokban semmiképpen sem éri el a gyulladáshoz szükséges értéket. A célzott biztonsági felülvizsgálat bejezéséig lezárul annak elemzése, hogy egy-egy kiépítésen két pihentető medence, egy átrakás alatt lévő nyitott, valamint egy zárt reaktor egy időben zajló balesete során mekkora a keletkező hidrogén mennyisége és milyen az eloszlása.

A pihentető medence súlyos balesetéhez vezető folyamatokat is meghatároztuk. Tekintettel arra, hogy a pihentető medence a konténmenten kívül helyezkedik el, súlyos balesete esetén az esetleges kibocsátás mértéke igen jelentős a konzervatív feltételek mellett végzett számítások szerint. A bekövetkezés gyakoriságát a nemrégiben bevezetett preventív intézkedések kellően alacsonyra csökkentették. Tény azonban, hogy a kulcsemények bekövetkezése esetén ezen intézkedések egy része hatástalan maradhatna.

Az eddigi vizsgálatok szerint a radioaktív hulladékok tároló rendszereinek meghibásodása, sérülése nem járna nagy radioaktív kibocsátással. A felülvizsgálatnak ez a része jelenleg folyik, az eredmények csak a végleges jelentésben várhatók.

A konténment sérülése a hidrogén keletkezése miatt nem fordulhat elő, ugyanis megállapítható, hogy jelentős biztonsági tartalék van a számított égési nyomások és a konténment sérülésére vezető nyomásérték között. A vizsgálatok azt mutatták, hogy robbanással nem kell számolni. Bizonyos ritka esetekben a lokális turbulens égés nem kizárható, de az ezek által okozott nyomások maximális értékei jelentős tartalékkal a konténment tervezési nyomása alatt vannak.

A konténment sérülése nagynyomású tartálysérülés következtében ugyan nem zárható ki, de egy, a közleműltben megvalósított átalakítás hatásra az üzemzavar elhárítási utasítás szerint az ilyen esetekre előírt nyomáscsökkentés nagy megbízhatósággal végrehajtható és a nagynyomású tartálysérülés megelőzhető.

A reaktortartály sikeres külső hűtésével – amelyre vonatkozóan az átalakításokat a blokkok egy részén már végrehajtottuk, a többinél a következő években elvégezzük – a zónaolvadék a reaktortartályon belül tartható, és így sem gőzrobbanás, sem a zóna-beton kölcsönhatás okozta alaplemez átégés nem következhet be.

A súlyos baleset során a konténmenten belüli nyomás növekedhet. A konténment szivárgásának függvényében a nyomás 3-8 nap alatt meghaladja a 3,35 bar értéket, amelynél a konténment sérülése 5% valószínűséggel várható. Amennyiben addig nem történik valamilyen nyomáscsökkentés, akkor a konténment megsérülhet, és nagymennyiségű radioaktív anyag kerülhet a környezetbe. Ezzel a kérdéssel a [2.5. alfejezet](#) foglalkozik.

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Jelenleg történik a meghatározása annak, hogy egy-egy kiépítésen két pihentető medence, egy átrakás alatt lévő nyitott, valamint egy zárt reaktor egy időben zajló balesete során mekkora a keletkező hidrogén mennyisége és milyen annak az eloszlása.

Ugyancsak folyamatban vannak azok a vizsgálatok, amelyek a radioaktív hulladékok tároló rendszereinek meghibásodása, sérülése esetén a radioaktív kibocsátás mértékét tisztázzák.

Az elhatározott kiegészítő elemzések a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készülnek el, a jelen fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

2.5 A nem uralt kulcsesemények következményeit enyhítő balesetkezelés

2.5.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy a súlyos balesetek kezelésére előirányzott és már több blokkon megvalósított intézkedések megfelelőek-e, tekintetbe véve a fukusimai tapasztalatokat, beleértve az elhúzódó védekezést és az irányítástechnikai rendszerek helyreállításának nehézségeit. Ugyancsak vizsgálni kellett, hogy a balesetkezelési intézkedések segítségével elkerülhetőek-e a „szakadékszél” hatásokat okozó baleseti folyamatok.

2.5.2 A felülvizsgálat terjedelme

A felülvizsgálat kiterjedt a fűtőelemsérülést megelőző utolsó időszakban, a fűtőelemsérülés és a reaktortartály sérülése közti időszakban, valamint a reaktortartály sérülése utáni időszakban érvényes útmutatókra. Meg kellett vizsgálni a konténment épségét szolgáló tervezési sajátosságokat és kezelési utasításokat, valamint a pihentető medence balesetének következményeit csökkentő kezelési utasításokat.

2.5.3 A felülvizsgálat eredményei

A paksi atomerőműben végzett súlyos baleset kezelési átalakítások célja, hogy egy feltételezett súlyos baleset után várható folyamatok megállíthatóak legyenek, a blokk biztonságos lehűtött állapotba kerüljön. A súlyos balesetek kezelésének stratégiája a 2. szintű PSA alapján meghatározott, a súlyos baleset bekövetkezése után fellépő, a radioaktív kibocsátás mértékét jelentősen növelő folyamatok megelőzését és/vagy azok következményeinek csökkentését célozza.

A súlyos balesetkezelés két kulcseleme az SBK-hoz tartozó műszaki átalakítások kivitelezése (a reaktortartály külső hűtésének lehetővé tétele, hidrogénkezelés passzív autokatalitikus rekombinátorok beépítésével, súlyos balesetkezelési mérőrendszer kiépítése, pihentető medence csőtörésből adódó hűtőközeg vesztésének megakadályozása, súlyos baleseti dízelgenerátor telepítése az SBK berendezések energiaellátásához), valamint a Súlyos Baleset Kezelési Útmutatók bevezetése.

Az SBK bevezetésével a nagy radioaktív kibocsátás esélye jelentősen lecsökken, várhatóan nem haladja meg az új építésű blokkokra vonatkozó szigorúbb elvárásokat sem. A hosszú időre elhúzódó védekezéssel kapcsolatban egy korábban is ismert probléma fennáll. Ez pedig a konténmentnek a már a [2.4. alfejezet](#)ben említett lassú túlnyomódása. Az SBK átalakítások 2. fázisára tervezzük az ez elleni védekezés koncepciójának kidolgozását és megvalósítását.

Jelenleg két koncepció megvalósulása elképzelhető:

- Az egyik koncepció a szűrt leeresztés megvalósítása, amelynél a közeg egy megfelelő hatásfokú szűrőn keresztül jut a környezetbe. A szűrt leeresztés megvalósítására már műszaki javaslatok is születtek.
- A másik koncepció a konténment hosszú távú – esetleg külső vízbetáplálással történő – hűtésének megvalósítása.

A pihentető medence súlyos balesetének bekövetkezte utáni, következménycsökkentő balesetkezelés jelenleg nincs kidolgozva. Amennyiben a pihentető medence normál üzemi hűtésének helyreállítása, illetve a preventív balesetkezelési lehetőségek megvalósítása csak a

fűtőelemek sérülése után történik meg, akkor ezeket az eszközöket természetesen használni lehet a következmények csökkentésére is.

A felülvizsgálatot folytatjuk az egyes felmerült kérdésekre (súlyos baleset mind a négy blokkon egyszerre, az irányítástechnikai rendszerek helyreállításának nehézsége).

Folyamatban lévő, vagy ezután elvégzendő vizsgálatok

Folyamatban van az egyszerre mind a négy blokkon bekövetkező súlyos baleset következménycsökkentési, és az irányítástechnikai rendszerek helyreállítási lehetőségeinek vizsgálata. Ez az elemzés a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentéséhez készül el, az érintett fejezetrész véglegesítése annak összeállításakor történik meg.

Folyamatban van a konténment lassú túlnyomódását megakadályozni hivatott lehetőségek (szűrt leeresztés, konténment belső hűtés) vizsgálata.

Ugyancsak vizsgálat alatt állnak a pihentető medence súlyos balesetének bekövetkezte utáni, következménycsökkentő balesetkezelés lehetőségei.

Az ezen témakörökben elvégzendő vizsgálatokra a konkrét feladat megfogalmazást (például koncepcióterv kidolgozása) a Végleges Jelentésben fogjuk szerepeltetni.

2.6 A nem uralt kulcsemények következményei telephelyi kezelésének módozatai

2.6.1 A felülvizsgálat célja

A felülvizsgálat célja a telephelyi veszélyhelyzet kezelés illetve a súlyosbaleset-kezelési rendszer működőképességének fenntartására alkalmazott intézkedések megfelelőségének értékelése.

2.6.2 A felülvizsgálat terjedelme

Értékelni kellett a szervezeti felkészültséget a helyzet kezelésére (személyzet, eljárásrendek, képzés, eszközök, adatok, dokumentumok és gyakorlatok), a telephelyen kívüli segítség (tűzoltók, mentők, külső műszaki támogatás) igénybevételének lehetőségeit, az alkalmazott mobil eszközök bevetettségét (elérhetőség, időigény), utánpótlási lehetőségeket (fűtőanyag, víz, élelem, stb.), valamint a belső és külső kommunikációs és információs rendszereket.

Meg kellett vizsgálni a veszélyhelyzet kezelési rendszer működőképességét olyan speciális, rendkívüli helyzetekben, amikor külső környezeti hatások miatt az infrastruktúra és a kommunikáció leromlott vagy megsemmisült, a telephelyi munkakörülmények (beleértve a vezénylőterem elérhetőségének, vagy használhatóságának nehézségeit) jelentős sugárzás/szennyeződés, vagy rombolás hatására megváltoztak, elhúzódó védekezés vált szükségessé.

Értékelni kellett a telephelyi nukleárisbaleset-elhárítási rendszer működését, az erőforrások elégségességét olyan körülmények között, amelyek több blokk, járulékos kiszolgáló létesítmények (akár a Védett Vezetési Pont) egyidejű elvesztése esetén fennállhatnak. Át kellett tekinteni a működés módját több blokk sérülése esetén, korlátozott információk alapján, közlekedési nehézségek, magas sugárzási szint és telephelyen kívüli rendkívüli nehézségek mellett. Értékelni kellett a működőképességet a villamos betáplálás elvesztése esetén, beleértve a VVP elvesztésének esetét is. Vizsgálni kellett ilyen esetekben a döntéshozatal hatékonyságát, működőképességét.

2.6.3 A felülvizsgálat megállapításai

Ezen a vizsgálati területen a munkák az előrehaladási jelentés összeállításának időpontjában szerteágazóan folytak. A munkamódszer általában az volt, hogy először az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési terv (ÁVIT) szakértői értékelése alapján megvizsgáltuk a felkészültséget, a tervezett intézkedések megfelelőségét, a tisztázandó kérdéseket. Ezt követően számos területen részletesebb vizsgálatot kezdeményeztünk a kulcsemények következményei kezelése tisztázásának céljából.

A vizsgálat alapján megállapítható volt, hogy a paksi atomerőmű alapvetően rendelkezik a nukleáris és hagyományos veszélyhelyzetek kezeléséhez szükséges személyi és tárgyi feltételekkel és erőforrásokkal.

Megállapítottuk, hogy a súlyos baleseti, illetve veszélyhelyzeti beavatkozási képesség a nemzetközi ajánlások és a nemzeti szabályozások követelményei alapján épül fel. A felkészülés időszakában készenléti rendszer és eszközök, illetve riasztással aktiválható szervezet biztosítja a beavatkozó-képességet. A felkészültség biztosításának irányelvei és konkrét tervezési alapjai a nukleáris baleseti események mellett egyéb veszélyhelyzetek felszámolására is biztosítottak. Normál időszakban kötelező ellenőrzési, képzési és gyakorlási rendszer biztosítja a beavatkozási képesség fenntartását.

Rendkívüli események vagy veszélyhelyzetek kezelésére, a veszélyhelyzet kezelési feladatok elvégzésére Balesetelhárítási Szervezetet (BESZ) hoztunk létre. A BESZ a veszélyhelyzet kinyilvánítása után lép működésbe és szabályozott irányítási, vezetési mód szerint működik.

A hatékony veszélyhelyzet elhárításhoz a szükséges létesítmények és eszközök az erőmű rendelkezésére állnak, azok állapotmegőrzése és korszerűsítése folyamatosan megtörténik. Az eszközök karbantartása, rendelkezésre állásuk biztosítása illetve ellenőrzése szabályozott.

A radioaktív kibocsátások becslésére rendelkezésre állnak olyan baleseti elemzések, amelyek számba veszik a legvalószínűbb üzemzavari helyzeteket illetve baleseti szituációkat és a következményükként kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségének és összetételének értékét.

A veszélyhelyzet kezeléséhez szükséges létesítmények rendelkezésre állnak, de azok és a benne lévő berendezések és eszközök egy része további vizsgálatot igényel.

Az időben elhúzódó beavatkozások végrehajtásának feltételei tervezve vannak és biztosíthatók, de további felméréseket igényelnek, amelyek folyamatban vannak.

A védett és vezetést biztosító létesítmények saját energiaforrással, aggregátoros betáplálással rendelkeznek. Ezen felül egyes gépek szünetmentes tápegységgel is rendelkeznek, így a betáplálás esetleges elvesztésekor a veszélyhelyzetben rendelkezésre álló eszközök folyamatosan használhatóak.

A Védett Vezetési Pont elvesztésekor az irányítási feladatokat a Tartalék Vezetési Pontról kell végrehajtani. Itt az irányítási és kommunikációs feltételek korlátozottak, de a BESZ alaptevékenységének végrehajtása biztosított.

A szükséges esetekben felvettük a kapcsolatot országos szervekkel a telephelyi balesetkezeléshez tőlük várható külső támogatás felmérése érdekében. Ezek a szervezetek az alábbiak voltak:

- Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság,
- Magyar Honvédség,
- Vezetékes és vezeték nélküli hírközlési szolgáltatást nyújtó társaságok.

A felülvizsgálattal kapcsolatos adatok és információk beszerzése folyamatos, de azok még nem érkeztek be teljes terjedelemben. Általában 2011. augusztus végére várható, hogy minden kért információ rendelkezésre áll, ezért a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Végleges Jelentésében tudunk majd beszámolni az eredményekről.

Az alábbiakban vázlatosan megadjuk azokat a területeket, amelyeken a vizsgálatok jelenleg is folynak:

Súlyos baleset kezelési rendszer működőképességének fenntartása

Az engedélyes szervezeti felkészültsége a helyzet kezelésére (személyzet és váltások, eljárásrendek, képzés és gyakorlatok)

- A felkészültségre vonatkozó követelmények, jogszabályok
 - A felkészültségre vonatkozó jogszabályok
 - A felkészültségre vonatkozó ajánlások és azok figyelembevétele (hazai, nemzetközi)
- A Balesetelhárítási Szervezet felépítése, feladatai
 - A Balesetelhárítási Szervezet felépítése és megalapozottsága
 - A Balesetelhárítási Szervezet feladatai a különböző időszakokban
- A Balesetelhárítási Szervezet működését szabályozó és a működést támogató dokumentumok
 - Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
 - Végrehajtási utasítások
 - A működést támogató dokumentumok
- A Balesetelhárítási Szervezet felkészülése a veszélyhelyzetek kezelésére
 - Az ÁVIT alapoktatás végrehajtása
 - A részvénytársaság munkavállalóinak éves szintentartó ÁVIT oktatása
 - A külső vállalkozók dolgozóinak általános ÁVIT oktatása
 - A Balesetelhárítási Szervezet kiképzésének végrehajtása
 - A kiképzések tervezésének, értékelésének rendje
 - A gyakorlatok rendszere
 - A gyakorlatok végrehajtásának szabályozása
- A Balesetelhárítási Szervezet működése veszélyhelyzetben
 - A BESZ működésbe lépése, riasztási idők, felelőségek
 - A BESZ működése súlyos balesetkezelésnél
 - A BESZ működése elhúzódó veszélyhelyzet-kezelés esetén

Telephelyen kívüli segítség

- A veszélyhelyzet-kezelésbe bevonható külső erők, eszközök, rendelkezésre állási idők
 - Tűzoltás, műszaki mentés
 - Rendfenntartás
 - Nukleárisbaleset-elhárítás
- A külső erők, eszközök biztosításának rendje

- A külső erők, eszközök irányításának rendje, felelőségek

A meglévő eszközök alkalmazhatósága

- A veszélyhelyzet-kezelésre rendelkezésre álló eszközök
- A rendelkezésre álló eszközök alkalmazhatóságának feltételei

Mobil eszközök bevetetősége (elérhetőség, időigény)

Utánpótlási lehetőségek (fűtőanyag, víz, élelem, stb.)

Radioaktív kibocsátások korlátozása, kezelése

- A radioaktív kibocsátások csökkentésére rendelkezésre álló eszközök, lehetőségek
- Az egyéni és kollektív védelem lehetőségei a telephelyen
- A radioaktív kibocsátások becslésére rendelkezésre álló eszközök és alkalmazásuk rendje
- A beavatkozásban résztvevők dózis tervezése

Kommunikációs és információs rendszerek (belső, külső)

Súlyos baleset kezelési rendszer működése rendkívüli helyzetekben

Az infrastruktúra és a kommunikáció jelentős leromlása, pusztulása esetén

A munkakörülmények romlása esetén (beleértve a vezénylőterem elérhetőségének, vagy használhatóságának romlását is) jelentős sugárzás/szennyeződés, vagy rombolás hatására

- Súlyos baleset esetén várható rendkívüli körülmények meghatározása
- A beavatkozásban résztvevők védelme súlyos baleset esetén
- Intézkedések súlyos baleset esetén a beavatkozásban résztvevők munkafeltételeinek biztosítására

Rendkívüli környezeti hatások

- A környezet állapota földrengés után
- Rendkívüli időjárás
 - Széllökés
 - Csapadék
 - Hőmérséklet
 - Árvíz
- Súlyos baleset és a rendkívüli környezeti hatások egymásra hatásának következményei

Villamos betáplálás és/vagy mérőműszerek elvesztése

A többi blokkokra kiterjedő baleset

Hosszan (több héten át) elnyúló védekezés

- Az elnyúló védekezés erő-eszköz biztosításának szervezési feladatai
- Az elnyúló védekezés személyi feltételeinek biztosítása

Megközelíthetőségi, ellátási, személyzethiánnyal összefüggő problémák kezelése

Telephelyi nukleárisbaleset-elhárítási rendszer működése

A BESZ felkészültsége, gyakorlottsága, erőforrásai (emberek, eszközök, adatok, dokumentumok)

- BESZ erőforrásai
 - Eszközök, erőforrások biztosítása
- BESZ dokumentumai

Közreműködők lehetséges bevonása (tűzoltók, mentők, külső műszaki támogatás)

- A veszélyhelyzet-kezelésbe potenciálisan bevonható külső együttműködők
- A veszélyhelyzet-kezelésben résztvevő külső együttműködőkre vonatkozó szabályok, szabályozások
- A veszélyhelyzet-kezelésbe bevont külső együttműködők irányítása, felelőségek

A döntéshozatal hatékonysága, működőképessége

Működőképesség a villamos betáplálás elvesztése esetén, beleértve a VVP elvesztésének esetét is

- A vezetés önálló működésének biztosítása a telephelyen
- A vezetés önálló működésének biztosítása a telephelyen kívül

3. Vezetői összefoglaló

A 2011. március 11-én a japán fukusimai atomerőműben bekövetkezett súlyos reaktorbaeset hatására az európai országok elhatározták, hogy atomerőműveikben célzott biztonsági felülvizsgálatot folytatnak le.

Ehhez kapcsolódóan az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) 2011. május 2-án előírta a Paksi Atomerőmű Zrt. részére az úgynevezett Célzott Biztonsági Felülvizsgálat (CBF) végrehajtását, amelyhez átadta a felülvizsgálat tartalmi követelményeit leíró dokumentumát is. Ez alapján kezdtük meg a vizsgálatokat, amelyeknek az erőmű 2011. június 30-i műszaki állapotára vonatkoznak. A feltárt esetleges hiányosságok felszámolására javaslatokat fogalmazunk meg.

A Paksi Atomerőmű Zrt-nek 2011. augusztus 15-ig a felülvizsgálat eredményeiről előrehaladási jelentést (CBF EJ) kellett kiegészítenie, amelyet jelen dokumentum tartalmaz.

A tárgyi beszámoló [1. fejezete](#) a telephely és az erőmű legfontosabb sajátságait mutatja be. Ennek keretében összefoglaltuk az erőműre vonatkozó alapvető információkat, a telephelyen lehetséges természeti eredetű veszélyforrásokat, valamint a korábbi valószínűségi biztonsági elemzések végeredményeit.

Ezek alapján az alább részletezett kijelentéseket lehet tenni.

A természeti eredetű külső hatások tekintetében:

- a telephely földrengés-veszélyeztetettségének mértéke ismert, az erőmű megfelelő védelemmel rendelkezik a földrengések ellen,
- a talajfolyósodás és az általa kiváltott épületsüllyedés további vizsgálata szükséges,
- a telephely elárasztása a telephely sajátságai miatt nem fordulhat elő,
- a Duna rendkívül alacsony vízszintjének bekövetkeztét az erőmű megfelelő műszaki felkészültséggel biztonságosan kezelni tudja,
- a meteorológiai eredetű extrém események vizsgálata jelenleg is folyamatban van, de feltételezhető, hogy ezek az elfogadható mértéket nem meghaladóan veszélyeztetik csak az erőmű biztonságát.

A tervezési alap szerint figyelembe vett földrengést jelentősen meghaladó esetben nem kizárható a villamos betáplálás és/vagy a fűtőelemek hűtésének tartós elvesztése, de más külső esemény miatt ezek reálisan nem elképzelhetőek. A fukusimában tapasztalt mértékű extrém környezeti hatások és az azt követő üzemzavari eseményláncok kialakulása valószínűtlen a paksi telephelyen.

A valószínűségi biztonsági vizsgálatok tekintetében:

Az atomerőművek engedélyezésének legfőbb műszaki háttérét a determinisztikus biztonsági elemzések alkotják. Ezek egyértelműen igazolják, hogy az erőmű biztonsága kielégíti az összes hatósági követelményt, előírást. A valószínűségi elemzések további hasznos információval szolgálnak, amelyek jól használhatóak a biztonság javítása érdekében. Ezek az elemzések számos biztonságnövelő intézkedésre vezettek az elmúlt évtizedekben, beleértve a balesetek megelőző és következménycsökkentő kezelését. Az erőmű mai állapotában a valószínűségi elemzések kedvező képet mutatnak. A súlyos baleset kezelési átalakítások az 1. blokkon megvalósultak, a többi blokkon folyamatban vannak. Az elemzések terjedelme – ugyanúgy, mint más atomerőművekben – az üzemeltetési tapasztalatok és a legújabb tudományos eredmények alapján folyamatosan bővíthet.

A jelen beszámoló [2. fejezete](#) mutatja be a célzott biztonsági felülvizsgálat keretében végzett vizsgálatok célját, terjedelmét és az eddigi következtetéseket.

A célzott biztonsági felülvizsgálatra kiadott OAH tartalmi követelmények szerint az alábbi kulcsesemények vizsgálatát kellett elvégezni:

- a villamos betáplálás tartós (több napos) elvesztése,
- a végső hőelnyelő tartós elvesztése.

A kulcsesemények következtében esetlegesen kialakuló jelentős radioaktív kibocsátásra vezető súlyos balesetek és azok telephelyi kezelése lényegében azonos módon zajlik mindkét fenti esetben, ezért az ezekre vonatkozó megállapításokat nem kulcseseményenként ismertettük, hanem átfogó módon.

A [2. fejezet](#) hat részre tagolódik:

- [2.1.](#) A villamos betáplálás tartós elvesztése
- [2.2.](#) A végső hőelvezetési lehetőség tartós elvesztése
- [2.3.](#) A konténment funkció sérülékenysége tervezési alapon túli külső hatások esetén
- [2.4.](#) Jelentős radioaktív kibocsátásra vezető súlyos baleseti folyamatok
- [2.5.](#) A nem uralt kulcsesemények következményeit enyhítő balesetkezelés
- [2.6.](#) A nem uralt kulcsesemények következményei telephelyi kezelésének módozatai

A [2.1.](#) és [2.2.](#) alfejezetek foglalkoznak tehát a két fontos kulcseseménnyel, amelyek Fukusimában a súlyos baleset közvetlen okai voltak. Ez a két alfejezet azonos felépítésű és megvizsgálja:

- a vonatkozó tervezési alapot,
- az esemény bekövetkezésének lehetséges belső és külső okait,
- a tervezési alapon kívüli külső hatások elleni védettséget, és
- a baleset-megelőzési operátori/kezelői tevékenységet.

Az eddigi vizsgálatok igazolták, hogy a paksi atomerőmű blokkjai kielégítik a tervezési alaphoz tartozó követelményeket, beleértve a belső és külső hatásokkal szembeni védettség megfelelőségi kritériumait. Az atomerőmű védettsége a vizsgált kulcseseményekkel szemben jó.

A vizsgálatok alapján rögzíthető, hogy a fukusimai tapasztalatok feldolgozása és a célzott biztonsági felülvizsgálat jelenlegi, előzetes eredményei azonnali beavatkozásokat nem tesznek szükségessé. A felülvizsgálat rámutatott arra, hogy több lehetőség kínálkozik a tartalékok növelésére a kis valószínűségű, de a tervezési alapon túli terheléseket eredményező hatásokkal vagy azok következményeivel szemben.

A [2.3. alfejezet](#) (amely a jelen fázisban még nem készült el) azt vizsgálja majd, hogy a tervezési alapon túli külső hatások esetén, amelyek esetleg radioaktív anyagok kiszabadulására vezetnek a reaktorból, épségben marad-e a blokk konténmentjének radioaktív anyagok kikerülését gátló funkciója.

A vizsgálat során számos olyan preventív vagy helyreállítási lehetőséget értékeltünk, amelyekkel a kulcseseményeknek súlyos balesetté alakulása megakadályozható. Ennek ellenére a kulcsesemények a [2.1.](#) és [2.2.](#) alfejezetben ismertetett ritka körülmények fennállása esetén esetleg olyan súlyos balesethez vezethetnek, amelyeket a [2.4. alfejezet](#) ismertet. Ilyen esetben a közlemültban megtervezett és kiépített, következményeket enyhítő balesetkezeléssel ([2.5. alfejezet](#)), majd balesetelhárítási intézkedésekkel ([2.6. alfejezet](#)) tudunk úrrá lenni a baleseten és megelőzni a még súlyosabbkövetkezményeket.

Ahol szükséges volt, ott a jelentésben szereplő vizsgálati terület leírásának végén összefoglaltuk, hogy milyen elemzések, vizsgálatok vannak még folyamatban, illetve melyek esedékesek a végleges jelentés elkészítéséig, vagy azon túlmutatóan.

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Jelentés
ÁVIT	Átfogó Vészhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
BESZ	Baleset Elhárítási Szervezet
BHV	Biztonsági hűtővíz
CBF	Célzott Biztonsági Felülvizsgálat
CBF EJ	Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés
NAÜ	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
PRISE	Primary to Secondary Leak (= a primer- és szekunder kör határán keletkezett átfolyás)
PSA	Probabilistic Safety Assessment (Valószínűségi Biztonsági Elemzés)
SBK	Súlyos Baleset Kezelés
ÜTSZ	Üzemzavari Tápvíz Szivattyú
VVER	Vodo-vogyjanoj energetyicseskij reaktor (= vízzel moderált, vízzel hűtött energetikai reaktor)
VVP	Védett Vezetési Pont