

NÁRODNÁ SPRÁVA ZO

ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV JADROVÝCH ELEKTRÁRNÍ NA SLOVENSKU



ÚRAD JADROVÉHO DOZORU

SLOVENSKEJ REPUBLIKY

30. DECEMBRA 2011

OBSAH

0	SÚHRN	9
1	Úvod	24
1.1	PREDMET SPRÁVY	24
1.2	ŠPECIFIKÁCIA A ROZSAH ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV	24
1.3	METODOLÓGIA A ORGANIZÁCIA ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV INŠTITÚCIOU	25
1.4	RELEVANCIA POZNATKOV ZÍSKANÝCH Z HAVÁRIE VO FUKUŠIME	26
1.5	PROCES PREVIERKY A ZVYŠOVANIA BEZPEČNOSTI JADROVÝCH BLOKOV NA SLOVENSKU	27
1.6	ŠTRUKTÚRA SPRÁVY	28
2	Všeobecné údaje o lokalitách a jadrových elektrárňach.....	30
2.1	STRUČNÝ POPIS CHARAKTERISTÍK LOKALITY A BLOKOV	30
2.1.1	Hlavné charakteristiky blokov	32
2.1.2	Popis systémov pre výkon hlavných bezpečnostných funkcií	35
2.2	VÝZNAMNÉ ROZDIELY MEDZI BLOKMI	70
2.3	VYUŽITIE PSA AKO SÚČASTI HODNOTENIA BEZPEČNOSTI	71
3	ZEMETRASENIA	74
3.1	ZÁKLADNÁ PROJEKTOVÁ HODNOTA.....	74
3.1.1	Zemetrasenie uvažované v projekte elektrárne.....	74
3.1.2	Opatrenia na ochranu elektrární pred projektovým zemetrasením	79
3.1.3	Súlady medzi elektrárňami a ich aktuálnym princípom pre udelenie licencie.....	85
3.2	HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	86
3.2.1	Rozsah zemetrasenia, ktoré vedie k vážnemu poškodeniu paliva	86
3.2.2	Rozsah zemetrasenia vedúceho k strate integrity kontajneru.....	86
3.2.3	Zemetrasenie prekračujúce projektové zemetrasenie elektrárne a následné záplavy prekračujúce projektové záplavy	86
3.2.4	Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrárne voči zemetraseniam	86
4	ZÁPLAVY	87

4.1	ZÁKLADNÁ PROJEKTOVÁ HODNOTA.....	87
4.1.1	Záplavy uvažované v projekte elektrárne	87
4.1.2	Opatrenia na ochranu elektrárne pred projektovými záplavami	91
4.1.3	Súlad elektrární so súčasne platnou licenčnou základňou.....	95
4.2	HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	95
4.2.1	Odhad bezpečnostných rezerv voči záplavám	95
4.2.2	Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrární voči záplavám	96
5	Extrémne poveternostné podmienky	97
5.1	ZÁKLADNÁ PROJEKTOVÁ HODNOTA.....	97
5.1.1	Prehodnotenie poveternostných podmienok uvažovaných v projekte	97
5.2	HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	100
5.2.1	Zhodnotenie bezpečnostných rezerv pri vzniku extrémnych poveternostných podmienok	100
5.2.2	Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrární voči extrémnym poveternostným podmienkam	102
6	STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA.....	103
6.1	STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA	103
6.1.1	Strata externého napájania.....	104
6.1.2	Strata napájania zo siete a strata základných náhradných zdrojov striedavého napájania.....	104
6.1.3	Strata napájania zo siete a strata základného náhradného zdroja striedavého napájania, strata diverzných zdrojov záložného striedavého napájania.....	105
6.1.4	Záver o vhodnosti ochrany proti strate napájania	114
6.1.5	Opatrenia, ktoré je možné predpokladať pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania.....	114
6.2	STRATA SCHOPNOSTI ODVODU ROZPADOVÉHO TEPLA / KONEČNÉHO RECIPIENTU TEPLA.....	115
6.2.1	Projektové opatrenia na ochranu pred stratou primárneho UHS, ako alternatívne prívody morskej vody alebo systémy na ochranu hlavného prívodu vody pred upchatím	115
6.2.2	Strata primárneho UHS (napr. strata prístupu k chladiacej vode z rieky, jazera alebo mora alebo strata hlavnej chladiacej veže)	116
6.2.3	Strata konečného recipientu tepla a náhradného recipientu tepla	119
6.2.4	Záver o vhodnosti ochrany proti strate konečného recipientu tepla	128
6.2.5	Opatrenia, ktoré je možné prijať pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty konečného recipientu tepla	128

6.3	STRATA ZÁKLADNÉHO UHS SKOMBINOVANÁ S UDALOSŤOU SBO (POZRI ŠPECIFIKÁCIE ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV)	129
6.3.1	Doba nezávislosti lokality pred stratou podmienok normálneho chladenia AZ a BVP (napríklad začiatok straty vody z primárneho okruhu).....	129
6.3.2	Externé činnosti smerujúce k prevencii poškodenia paliva.....	129
6.3.3	Opatrenia, ktoré je možné prijať na zvýšenie odolnosti elektrární v prípade straty primárneho UHS kombinovaného s SBO	129
7	Riadenie ťažkých havárií.....	130
7.1	ORGANIZÁCIA A OPATRENIA DRŽITEĽA LICENCIE NA RIADENIE HAVÁRIÍ.....	130
7.1.1	Organizácia držiteľa licencie na riadenie havárií	133
7.1.2	Možnosti využívania existujúcich zariadení	144
7.1.3	Posúdenie faktorov, ktoré môžu mať negatívny vplyv na riadenie havárie a príslušné náhradné opatrenia	147
7.1.4	Záver o vhodnosti organizačných opatrení pre riadenie havárie	151
7.1.5	Možné opatrenia na zlepšenie schopnosti riadenia havárií	151
7.2	OPATRENIA NA RIADENIE HAVÁRIÍ, KTORÉ V SÚČASNOSTI EXISTUJÚ V RÔZNYCH STUPŇOCH SCENÁRA STRATY FUNKCIE CHLADENIA AKTÍVNEJ ZÓNY	151
7.2.1	Pred nastaním poškodenia paliva v tlakovej nádobe reaktora / počet tlakových trubiek (vrátane posledných zdrojov na zabránenie poškodenia paliva).....	151
7.2.2	Po nastaní poškodenia paliva v tlakovej nádobe reaktora / určitého počtu tlakových trubiek	151
7.2.3	Po zlyhaní tlakovej nádoby reaktora / určitého počtu tlakových trubiek	152
7.3	ZACHOVANIE INTEGRITY KONTAJNMENTU PO VZNIKU VÝZNAMNÉHO POŠKODENIA PALIVA V AZ (AŽ DO JEJ ROZTAVENIA)	152
7.3.1	Eliminácia poškodenia/roztavenia paliva pod vysokým tlakom.....	152
7.3.2	Riadenie vodíkových rizík vo vnútri kontajnementu	153
7.3.3	Prevencia pretlaku v kontajmente	154
7.3.4	Prevencia obnovenia kritického stavu	156
7.3.5	Ochrana pred pretavením základného kovu	156
7.3.6	Potreba a dodávka striedavého elektrického napájania a jednosmerného napájania a tlakového vzduchu pre zariadenia využívané na ochranu integrity kontajnementu	159
7.3.7	Meracie a riadiace prístrojové vybavenie potrebné na ochranu integrity kontajnementu	160
7.3.8	Spôsobilosť na riadenie ťažkej havárie v prípade simultánneho tavenia aktívne zóny / poškodenia paliva v rozličných blokoch tej istej lokality.....	161

7.3.9	Záver o vhodnosti systémov riadenia ťažkých havárií na ochranu integrity kontajneru	161
7.3.10	Možné opatrenia na zvýšenie schopnosti udržať integritu kontajneru po vzniku vážneho poškodenia paliva v AZ	161
7.4	OPATRENIA PRI RIADENÍ HAVÁRIÍ NA OBMEDZENIE RÁDIOAKTÍVNYCH ÚNIKOV	161
7.4.1	Rádioaktívne úniky po strate integrity kontajneru	161
7.4.2	Riadenie havárií po odkrytí vrchu paliva v bazéne skladovania paliva	162
8	Všeobecný záver.....	164
8.1	KLÍČOVÉ OPATRENIA ZVYŠUJÚCE ODOLNOSŤ (UŽ IMPLEMENTOVANÉ).....	164
8.2	BEZPEČNOSTNÉ OTÁZKY	168
8.3	MOŽNÉ ZLEPŠENIA BEZPEČNOSTI A ĎALŠIE PREDPOKLADANÉ PRÁCE.....	171
Príloha 1	175
Príloha 2	185

0 SÚHRN

Na Slovensku sú v súčasnosti v prevádzke štyri jadrové bloky typu VVER 440/213, dva bloky v lokalite Jaslovské Bohunice a dva bloky v lokalite Mochovce. Okrem toho sú v Mochovciach vo výstavbe ďalšie dva bloky VVER440/213 značne vylepšeného projektu. Celkový inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov je 1940 MWe. Vlastníkom a prevádzkovateľom (t.j. držiteľom povolenia na prevádzku) všetkých uvedených blokov na Slovensku je spoločnosť Slovenské elektrárne, a. s. (SE, a. s.).

Vzhľadom na skúsenosti z havárie jadrových zariadení vo Fukušime 11. marca 2011 sa vlastníkom SE, a. s. rozhodol vykonať záťažové testy všetkých blokov, ktoré sú v prevádzke alebo vo výstavbe. Rozsah záťažových testov neskôr definoval ÚJD SR svojím listom adresovaným SE, a.s., a podrobnosti testov sa dohodli na viacerých následných stretnutiach medzi prevádzkovateľom a dozorom. Výsledky vykonaných záťažových testov sú zhrnuté v tejto národnej správe. Obsah a štruktúra národnej správy plne vyhovuje špecifikáciám podľa ENSREG. Okrem toho sú v úvodnej kapitole a v prílohách správy uvedené niektoré doplnkové, rozširujúce informácie.

Štátny dozor nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení vykonáva Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky (ÚJD SR). Štátny dozor sa vykonáva v zmysle Atómového zákona (Zákon č. 541/2004) a s ním súvisiaceho súboru vyhlášok, najmä s Vyhláškou č. 430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť. Celý súbor tohto legislatívneho rámca bol relatívne nedávno aktualizovaný (v období rokov 2004-2006), v súlade s procesom vývoja bezpečnostných požiadaviek MAEA a prijatých referenčných úrovní WENRA. Existujúca legislatíva primerane pokrýva všetky oblasti, ktoré sú dôležité pre európske záťažové testy. Okrem toho pokračuje proces spracovania novej revízie atómového zákona. Na základe vyhodnotenia skúseností získaných počas záťažových testov a ich hĺbkovej previerky sa v prípade potreby bude legislatívny rámec ďalej novelizovať.

Všetky jadrové elektrárne majú bezpečnostné správy, ktoré sú aktualizované v zmysle požiadaviek dozoru a ním schválené. Existujúce štúdie pravdepodobnostného hodnotenia prvej a druhej úrovne (PSA 1. a 2. úrovne) potvrdzujú, že elektrárne vyhovujú medzinárodne uznávaným bezpečnostným cieľom. Ostatná aktualizácia bezpečnostnej správy EBO 3, 4 bola urobená v roku 2009, pre EMO1, 2 v roku 2010. Pre bloky MO3, 4 bola v roku 2008 vydaná predbežná bezpečnostná správa, v súčasnosti pokračuje spracovanie predprevádzkovej bezpečnostnej správy. Podobne boli aktualizované aj štúdie pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti (PSA 1. a 2. úrovne), v roku 2010 ostatná aktualizácia pre EBO3, 4 a v roku 2011 pre EMO1, 2. Zároveň sa očakáva, že na základe skúseností zo záťažových testov sa budú aktualizovať niektoré špecifické časti bezpečnostnej dokumentácie, ktoré súvisia s hodnotením zriedkavých extrémnych vonkajších rizík.

V zmysle požiadaviek národnej legislatívy podliehajú všetky jadrové elektrárne na Slovensku periodickému hodnoteniu bezpečnosti, ktoré sa vykonáva v pravidelných 10 ročných intervaloch. Ostatné periodické hodnotenie pre EBO 3, 4 bolo ukončené v roku 2008, pre EMO 1, 2 v roku 2009. Na základe výsledkov previerky týchto hodnotení vydal ÚJD SR povolenia na prevádzku na ďalších 10 rokov. Povolenia sú spojené so schválenými programami ďalšieho zvyšovania bezpečnosti, ktoré majú za cieľ dosiahnuť ešte tesnejšiu zhodu so súčasnými bezpečnostnými štandardmi. Schválené programy zahŕňajú aj implementáciu komplexných opatrení na zmierňovanie následkov ťažkých havárií.

Dosiahnutá bezpečnostná úroveň všetkých prevádzkovaných blokov na Slovensku podliehala nezávislým previerkam mnohých medzinárodných misií. Od roku 1991 to bolo spolu 20 misií MAAE (previerka lokality, projektu, misie OSART a IPSART), 6 misií WANO, 2 misie RISKAUDIT a jedna misia WENRA.

V období apríl až október 2011 boli na základe odporúčaní WANO úspešne vykonané neštandardné skúšky a inšpekcie zariadení, ktoré sú dôležité na zvládnutie extrémnych podmienok nad rámec pôvodného projektu. Skúšky zahŕňali overenie dlhodobej prevádzkyschopnosti dieselgenerátorov, možnosti dodávky chladiacej vody z barbotážneho kondenzátora do bazéna skladovania vyhoreného paliva, dodávky napájacej vody do parogenerátorov z mobilného zdroja, dodávky vody z chladiacich veží do systému technickej vody dôležitej, zabezpečenia záložnej dodávky elektrickej energie z vodných elektrární, atď.

Za účelom určenia bezpečnostných rezerv jadrových blokov bol vyvinutý systematický prístup, tzv. metóda konfiguračnej matice (angl. Configuration Matrix Method). Metóda je založená na overení plnenia základných bezpečnostných funkcií počas prevádzky na výkone ako aj pri odstavenom reaktore, pričom sa berie do úvahy palivo vo vnútri reaktora aj prítomné v bazéne skladovania vyhoreného paliva. Metóda identifikuje všetky uskutočniteľné konfigurácie bezpečnostných aj prevádzkových systémov elektrárne, ktoré sú schopné vykonať bezpečnostnú funkciu, pričom zohľadňuje všetky existujúce spojenia v súlade s projektom, ako aj tie, ktoré môže v daných podmienkach a čase, ktorý je k dispozícii zabezpečiť obsluhujúci personál. Metóda overuje existenciu všetkých podmienok, ktoré sú nevyhnutné pre fungovanie jednotlivých systémov (dodávku elektriny, pracovného média, merania, podmienky prostredia, dostupnosť pre operátora, existencia návodov) a hodnotí, kedy tieto systémy nakoniec zlyhajú pod vplyvom zvýšeného zaťaženia vyvolaného externými vplyvmi. Hodnotenie zohľadňuje aj ľudskú spoľahlivosť, existenciu dostatočných logistických a administratívnych podmienok pre zásah operátorov v prípade udalostí vyvolaných extrémnymi externými podmienkami. Všetky podstatné informácie boli zhrnuté v databáze, ktorá obsahuje asi 2500 štruktúr, systémov a komponentov, ktoré zostanú k dispozícii pre následné hodnotenia bezpečnosti. Túto metódu konfiguračnej matice si osvojila aj MAAE ako jednu z metód používaných pri nezávislých previerkach. V ďalšom texte sú zhrnuté hlavné výsledky záťažových testov v jednotlivých oblastiach hodnotenia.

Zemetrasenia

Na území Slovenska a jeho príľahlom okolí nie sú tektonické zlomy, ktoré by mohli spôsobiť extrémne zemetrasenia porovnateľné s katastrofickým zemetrasením v Japonsku. Napriek tomu je otázka seizmicity dôsledne zohľadnená v projekte, prevádzke a bezpečnostnej modernizácii elektrární a je aj súčasťou záťažových testov. V jednotlivých lokalitách bol inštalovaný systém seizmického monitorovania pre skorú identifikáciu seizmickej aktivity, ktorá by mohla potenciálne ovplyvniť JE.

Hodnotenie seizmickej úrovne lokalít bolo vykonané v súlade s odporúčaniami MAAE. Hodnotenie odráža súčasnú dosiahnutú úroveň poznania a akceptovali ho viaceré medzinárodné misie. V porovnaní s pôvodným projektom, v rámci zvyšovania bezpečnosti, bola vysoko zvýšená schopnosť jadrových blokov zachovať základné bezpečnostné funkcie. Pôvodná základná projektová hodnota na úrovni terénu (PGA) pre EBO3,4 bola zvýšená z hodnoty 0,025 g cez hodnotu $PGA=0,25$ g (aktualizácia vykonaná v roku 1995) až na súčasne platnú hodnotu $PGA=0,344$ g, čo zodpovedá aktualizácií dokončenej v roku 2008. Podobne bola pre lokalitu Mochovce pôvodná hodnota $PGA=0,06$ g zvýšená (na základe odporúčaní MAAE) do 0,1

g, ktorá sa aj použila pri výstavbe JE. Nedávno bolo s použitím súčasnej dosiahnutej úrovne poznania zvýšené hodnotenie PGA na 0,143 g. Následne ÚJD SR stanovil ako projektovú hodnotu PGA = 0,15 pre dostavbu MO3,4 ako aj pre zvyšovanie bezpečnosti EMO1, 2. Keďže modernizácia bola založená na konzervatívnom prístupe, ktorý uvažoval predovšetkým elastické správanie sa konštrukcií, existuje aj vzhľadom na zvýšené hodnoty PGA bezpečnostná rezerva. Berúc do úvahy vlastnosti materiálov použitých pre jednotlivé komponenty bezpečnostných systémov, dochádza pri ich zvýšenom zaťažení najprv k plastickej deformácii a až neskôr k prekročeniu pevnostných limitov, ktoré spôsobia poškodenie komponentov. Takéto hodnotenie je však nad rámec požiadaviek dozoru a medzinárodných štandardov, a preto bezpečnostná rezerva nebola zatiaľ kvantifikovaná. Za účelom určenia dodatočnej bezpečnostnej rezervy existujúcej v pôvodnom konzervatívnom projekte JE sú spracovávané podrobnejšie analýzy. Predbežné hodnotenia naznačujú, že existujúca bezpečnostná rezerva významne presahuje projektové hodnoty. Očakáva sa, že budú vykonané ďalšie hodnotenia kvantifikácie týchto bezpečnostných rezerv.

Napriek skutočnosti, že odolnosť elektrární proti zemetraseniu v poslednej dobe významne vzrástla a je považovaná za náležitú a v súlade so súčasnými požiadavkami, sú plánované ďalšie opatrenia na bezpečnostné vylepšenia vrátane konkrétnej kvantifikácie bezpečnostných rezerv kľúčových systémov, konštrukcií a komponentov pre nadprojektové zemetrasenie a vývoj seizmickej PSA.

Záplavy

Dôkladne bolo analyzované pôsobenie povrchových vodných zdrojov, zlyhanie hrádzí, vplyv podzemných vôd a extrémne meteorologické podmienky ako potenciálny zdroj záplav. Vnútorne záplavy JE následkom roztrhnutia potrubí po zemetrasení boli v hodnotení tiež uvažované. Kvôli umiestneniu lokalít vo vnútrozemí, ich vzdialenosti od zdrojov vody, topografie lokalít a podmienok kompozície projektu môže byť zaplavenie lokalít zo zdrojov povrchovej vody z riek alebo jazier vylúčené, podobne ako aj zaplavenie od podzemných vôd. Analýzy potenciálneho zlyhania priehrad a hrádzí na riekach Váh a Hron ukázali, že vyvolané záplavové vlny môžu dočasne znefunkčňovať čerpacie stanice, ktoré dodávajú surovú vodu do JE. Tieto udalosti sú konzervatívne uvažované v správe zo záťažových testov ako dlhodobá strata koncového odvodu tepla.

Jedinými možnými zdrojmi zaplavenia lokalít JE sú extrémne meteorologické podmienky (silný dážď, sneženie, kombinácia dažďa a topenia snehu). V hodnotení bola použitá ostatne aktualizovaná (2011) štúdia extrémnych meteorologických podmienok pre lokalitu Mochovce. Hodnotenie ukázalo, že zaplavenie lokality následkom extrémnych zrážok je veľmi nepravdepodobné; iba v prípade, keď extrémne zrážky sú konzervatívne kombinované s upchatím drenážneho systému a neuvažujú sa žiadne nápravné činnosti personálu JE, tak výška hladiny vody na lokalite môže podľa výsledkov analýzy pre návratovú periódu 10 000 rokov dosiahnuť 10 cm.

Záplavami sú najzraniteľnejšie elektrické komponenty a systémy v závislosti od ich umiestnenia a výšky v stavebných objektoch. Dôkladné utesnenie budov a dostatočná výška vstupných dverí poskytuje náležitú ochranu proti záplavám. Detailné overenie preukázalo, že pre obe JE v Mochovciach existujú veľké bezpečnostné rezervy (viac ako 2-násobné). V Bohuniciach bolo realizované náležité dočasné riešenie. Zabezpečenie trvalej ochrany je v predprojektovej príprave. Okrem toho, pre situácie bez stanoveného časového ohraničenia zaplavovania bezpečnostne dôležitých komponentov a systémov bolo ocenené, že časová rezerva do zaplavenia zaisteného napájania je viac ako 72 hodín. Je dôležité uviesť, že zaplavenie v

dôsledku zrážok nenastáva náhle a nie je spojené so škodlivými hydrodynamickými vlnami, preto existuje časová rezerva a škodlivé pôsobenie záplavy je oveľa menej významné.

Opatrenia pre ďalšie zlepšenie súčasnej situácie zahŕňujú aktualizáciu postupov pre predchádzanie upchatia vtokov drenážneho systému, spracovanie aktualizovanej meteorologickej štúdie aj pre lokalitu Bohunice, dokončenie prebiehajúcej realizácie preventívnych opatrení proti prieniku vody do budov a poskytnutie dodatočných čerpadiel pre hasičskú jednotku na odstránenie vody zo zatopených priestorov. Okrem toho sa požaduje vykonanie komplexného zhodnotenia extrémnych meteorologických podmienok a aktualizácia príslušných častí bezpečnostnej správy s cieľom zohľadniť nové meteorologické dáta, ostatné realizované opatrenia na zvyšovanie bezpečnosti a najpokrokovejšiu metodiku hodnotenia.

Extrémne meteorologické podmienky

Hodnotenie vykonané v rámci záťažových testov zahŕňa meteorologické udalosti a ich kombinácie, také ako sú extrémne teploty a vlhkosť, extrémne sucho, pôsobenie námrazy a snehu, extrémny priamy a rotujúci vietor. Hodnotená bola aj realizovateľnosť zabezpečenia logistických potrieb pre havarijnú pripravenosť.

Vzhľadom na to, že Slovensko leží v miernom meteorologickom regióne Európy, neboli v minulosti extrémne meteorologické podmienky považované za hlavný problém. Preto je v niektorých prípadoch v projekte JE o odolnosti systémov, konštrukcií a komponentov uvedená iba obmedzená informácia. Z tohto dôvodu je hodnotenie vplyvu extrémnych meteorologických podmienok v správach zo záťažových testov väčšinou kvalitatívne (konkrétne pre EBO 3, 4) a je založené na prevádzkových skúsenostiach a inžinierskom posúdení. Napriek tomu vykonané hodnotenie a prevádzkové skúsenosti ukázali, že odolnosť JE voči meteorologickým extrémom je akceptovateľná. Extrémne sucho nepredstavuje vážny bezpečnostný problém, pretože to je pomaly sa vyvíjajúci proces a zásoba vody v lokalite je dostatočná na odvod zostatkového tepelného výkonu počas viac ako 10 dní. Okrem toho, nápravné opatrenia realizované s cieľom zvýšiť seizmickú odolnosť prispeli takisto k zvýšeniu odolnosti JE voči extrémnemu vetru. Keďže vývoj extrémnych meteorologických podmienok (s výnimkou veľmi silného vetra) do ťažkého zaťaženia JE si vyžaduje určitý čas, hodnotenie tiež ukazuje dostatočnú časovú rezervu na prijatie protipatrení v prípade výskytu extrémnych podmienok.

Ako už bolo uvedené, nová meteorologická štúdia bola spracovaná pre lokalitu Mochovce a obdobná štúdia bude skoro dokončená aj pre lokalitu Bohunice. Nové dáta ako aj pokračujúca realizácia opatrení na vylepšenie JE a najpokrokovejšie metódy hodnotenia budú vzaté do úvahy pri aktualizácii príslušných častí bezpečnostnej správy, ktoré sa týkajú extrémnych meteorologických podmienok (t.j. extrémny vietor, teplota a vlhkosť, množstvo snehu, mráz a námraza a ich kombinácie). To by malo zahrnúť podrobné zhodnotenie pôsobenia extrémnych meteorologických podmienok na zraniteľnosť vedení veľmi vysokého napätia v lokalitách Bohunice i Mochovce. Medzi pripravovanými prevádzkovými opatreniami sú zmeny v prevádzkových predpisoch a preventívne opatrenia vrátane zvýšenia frekvencie obchôdzok dieselových generátorových staníc JE počas obdobia nízkych teplôt, sneženia a námraz a preventívne opatrenia pri poklese vonkajších teplôt pod projektové hodnoty, aby bola udržaná funkčnosť požadovaného zariadenia.

Strata elektrického napájania a koncového odvodu tepla.

Pokiaľ ide o riziko straty napájania treba uvažovať, že na oboch lokalitách je osem rôznych možností elektrického napojenia (s rôznym stupňom zraniteľnosti vplyvom vonkajších rizík) pre zabezpečenie vlastnej spotreby elektrického napájania, päť z nich je navyše nezávislých na vonkajšej sieti. Tieto rôzne možnosti je možné aktivovať buď automaticky alebo pracovníkmi elektrárne v priebehu niekoľkých desiatok sekúnd až dvoch hodín. Záložné zdroje sú schopné poskytovať napájanie počas neobmedzenej doby. Rovnakú možnosť ponúka pripojenie jadrových elektrární k predvolenej vodnej elektrárni. Vnútorne zdroje v elektrárni nie sú závislé na vonkajšej sieti a sú vybavené dieselgenerátormi (DG) so zálohou 3x100% a so zásobou paliva na 9-10 dní. Rozhodnutie o inštalácii ďalšieho DG určeného na riešenie ťažkých havárií bolo prijaté na základe výsledkov periodického hodnotenia bezpečnosti vykonaného ešte pred nehodou vo Fukušime a realizácia projektu jeho inštalácie v súčasnej dobe prebieha. Okrem toho beží proces obstarávania mobilných DG určených pre dobíjanie batérií v prípade dlhodobej straty napájania vlastnej spotreby (tzv. Station Blackout - SBO). Bolo preukázané, že kapacita batérií postačuje na 8-11 hodín a ďalšie rezervy existujú v optimalizácii ich používania a možnosti ich dobíjania z mobilných DG.

Časové rezervy vedúce k nezvratným poškodeniam závisia od prevádzkových režimov a úspešnosti jednotlivých opatrení. V správe zo záťažových testov je analyzované a riešené veľké množstvo kombinácií, niektoré z nich sú uvedené nižšie. Bolo potvrdené, že inherentné bezpečnostné vlastnosti reaktorov VVER 440/V213 významne prispievajú k výraznej bezpečnostnej časovej rezerve v prípade výpadku elektrickej energie a straty možnosti koncového odvodu tepla. Je to napríklad veľká tepelná zotrvačnosť vďaka nízkemu výkonu, relatívne veľké množstvo chladiva v primárnom a sekundárnom okruhu, rovnako ako veľké množstvo vody v barbotážnom systéme, potenciálne dostupnej pre chladenie paliva. Časová rezerva v prípade SBO na plnom výkone je asi 32 hodín, ak je uvažované iba využitie chladiva v primárnom a sekundárnom okruhu. Použitie mobilného záložného zdroja rozšíri časovú rezervu na viac ako 10 dní, bez pomoci zvonku. Pre stratu napájania pri odstavenom reaktore je časová rezerva minimálne 2,7 dňa, a s použitím zásoby demineralizovanej vody havarijných nádrží je rezerva 13 dní. Pri strate odvodu tepla z bazéna vyhoreného paliva, je časová rezerva bez zásahu obsluhy viac ako 30 hodín pri uvažovaní najkonzervatívnejšieho prípadu, ktorým je úplne vyvezenie aktívnej zóny do bazéna vyhoreného paliva, alebo viac ako 150 hodín s uvažovaním reálnych situácií (pri čiastočne vyvezenej aktívnej zóne. Tieto rezervy možno ďalej rozšíriť o cca 4-14 hodín pomocou chladiva z barbotážneho kondenzátora. Zásahom personálu pomocou požiarnych vozidiel sa tento problém vyrieši na dobu neurčitú. Integrita kontajneru bude v prípade úplnej straty odvodu tepla zachovaná (bez zásahu personálu) po dobu najmenej 3 až 5 dní.

V jadrových elektrárnach na Slovensku slúži okolité ovzdušie ako koncový recipient tepla, alternatívnym spôsobom odvodu tepla je odpúšťanie pary do atmosféry. Hoci tento koncový odvod tepla principiálne nemôže byť stratený, môže sa stratiť možnosť odvodu tepla do atmosféry. Takéto situácie boli predmetom hodnotenia v rámci záťažových testov. Ak je elektrárňou chladená cez sekundárny okruh a chladiace veže nie sú k dispozícii, zostávajúce možnosti zahŕňajú priame vypúšťanie pary z parogenerátorov cez prepúšťacie stanice do atmosféry, možnosť primárneho „feed and bleed“ (odpúšťanie a dopĺňanie) alebo odvod tepla systémom technickej vody dôležitej (TVD). Systém technickej vody dôležitej je kvalifikovaný aj pre núdzové podmienky. Pretože zlyhanie tohto systému by mohlo mať vážne dôsledky na odvod tepla z aktívnej zóny, z bazéna vyhoreného paliva a na kontajner, bol tento prípad v rámci záťažových testov analyzovaný ako najkonzervatívnejší.

Ak výpadok TVD nie je spôsobený stratou napájania vlastnej spotreby, musí byť zvažovaná strata prívodu surovej vody.

Zásoba cirkulačnej chladiacej vody na každom bloku je dostatočná pre odvod tepla na 8 až 16 dní, celková zásoba vody na mieste je asi mesiac.

Kombinácia straty napájania vlastnej spotreby a strata koncového odvodu tepla je v prípade VVER 440/V213 v skutočnosti pokrytá stratou napájania vlastnej spotreby pretože táto vždy vyvolá aj stratu koncového odvodu tepla.

Ako je uvedené vyššie, hodnotenie bezpečnostných rezerv elektrárne pri strate napájania vlastnej spotreby potvrdilo schopnosť ochrany bezpečnostných bariér na značne dlhú dobu, čo poskytuje dostatok času na realizáciu opatrení na obnovení dodávky elektriny. Napriek robustnosti projektu elektrárne budú uvažované nasledovné vylepšenia:

- inštalácia nových 6 kV núdzových DG pre ťažké havárie pre zvýšenie odolnosti a spoľahlivosti II. kategórie zaisteného elektrického napájania
- zabezpečenie 0,4 kV DG pre každý blok na nabíjanie batérií a napájanie vybraných spotrebičov počas SBO, vrátane úpravy bórových čerpadiel, ktorá umožňuje ich použitie v priebehu SBO
- zabezpečenie technického riešenia a prípravy káblov s cieľom uľahčiť prepojenie batérií medzi systémami
- zabezpečenie zníženia spotreby pre núdzové osvetlenie, aby sa predĺžila životnosť batérií (rozdelenie do sekcií s možnosťou vypnutia nadbytočných spotrebičov, využitie energeticky úsporných žiaroviek),
- zabezpečenie systému sledovania kapacity batérií (pre EBO 3,4)
- zabezpečenie mobilných meracích prístrojov schopných využívať stabilné meracie senzory bez elektrického napájania
- zabezpečenie napájania drenážnych ventilov a uzatváracích ventilov hydroakumulátorov z I. kategórie zaisteného elektrického napájania (pre EMO)
- zabezpečenie možnosti ovládania vybraných ventilov bez zaisteného napájania pomocou malých motorových prenosných 3-fázových generátorov 0,4 kV
- príprava pracovného postupu pre možnosť použitia dieselových generátorov inštalovaných v rozvodni Levice počas SBO (pre EMO)
- zaistenie dlhodobej prevádzkyschopnosti komunikačných prostriedkov pre obsluhu blokovej dozorne a zmenového personálu

Pre zvýšenie odolnosti blokov v prípade straty koncového odberu tepla sú plánované nasledovné úpravy:

- zabezpečenie ďalšieho mobilného vysokotlakového zdroja napájacej vody pre parogenerátory pre každú lokalitu a zaistiť logistiku dodávok pre mobilné zdroje, s možnosťou využitia pre EBO aj EMO (rovnaké nátrubky na pripojenie)
- vytvorenie systému pre privedenie napájacej vody na sanie mobilných pohotovostných čerpadiel z externých zdrojov čistej (pitnej) vody, po vyčerpaní zásob demineralizovanej vody
- úprava pripojenia núdzového mobilného zdroja chladiva do systému havarijného napájania parogenerátorov (do sania a do výtlaku) s dostupnosťou na úrovni terénu (v EMO), s cieľom zabezpečiť dostupnosť zdrojov v prípade interných i externých povodní a požiarov
- montáž pevných potrubí (suchovodov) pre zabezpečenie chladiacej vody v bazéne vyhoretého paliva z mobilných zdrojov (požiarné čerpadlá)
- zváženie úpravy umožňujúce odvod pary z bazéna vyhoretého paliva na reaktorovej sály a do ovzdušia v prípade varu chladiva
- príprava dokumentácie o správaní sa tesnenia hlavného cirkulačného čerpadla pri dlhodobej strate chladenia (viac ako 24hod.)

Riadenie ťažkých havárií

Návrh a implementácia programu riadenia havárií vrátane opatrení na zmiernenie následkov ťažkých havárií je projekt, ktorý prebieha na všetkých prevádzkovaných a budovaných blokoch JE v SR nezávisle od havárie na JE Fukušima. Symptómovo orientované havarijné predpisy pokrývajúce projektové havárie a preventívnu časť ťažkých havárií boli implementované v celom rozsahu na EBO 3,4 a na EMO 1,2 v roku 1999 (pre udalosti na výkonovej prevádzke) a v roku 2006 (pre udalosti na odstavenom reaktore a na bazéne skladovania a výmeny paliva). Návody pre riadenie ťažkých havárií (SAMG) špecifické pre každú elektrárňu boli vypracované v období od 2002 do 2004. V rokoch 2004-2005 bola vypracovaná súhrnná správa definujúca technické špecifikácie modifikácií a rozšírenia projektovej základne reaktorov VVER V213 potrebných pre implementáciu SAMG. Následne bol v rokoch 2006-2007 navrhnutý projekt implementácie hardwarových zmien na podporu riadenia ťažkých havárií na základe existujúcich SAMG, ktorý bol v súlade so všetkými požiadavkami a odporúčaniami uvedenými v slovenskej legislatíve v rokoch 2006-2007. Tento projekt bol začatý v roku 2009 ako spoločný projekt pre JE EBO 3,4 a EMO 1,2 (jeho implementácia bola urýchlená po havárii na JE Fukušima s novým kratším predpokladaným termínom dokončenia do konca roku 2015).

Opatrenia, ktoré sa realizujú, zahŕňajú okrem iného:

- špecifické systémy pre riadené odtlakovanie primárneho okruhu,
- systém pre riadenie vodíka s využitým pasívnych autokatalytických rekombinátorov,
- ochranu kontajntentu proti podtlaku,
- možnosť zadržať roztavenú aktívnu zónu v tlakovej nádobe reaktora pomocou zosilnenia šachty reaktora a jej zaplavenia,
- dodatočné nádrže so zásobou roztoku kyseliny boritej so samostatným čerpadlom a nezávislým elektrickým napájaním s cieľom vytvoriť dodatočný zdroj chladiva pre zaplavenie šachty reaktora, pre vymývanie štiepných produktov z atmosféry kontajntentu a pre možnosť dodatočného chladenia bazénu vyhoretého paliva,
- zmeny vytvárajúce ďalšie možnosti dopĺňania chladiva do šachty reaktora, bazénu vyhoretého paliva,
- zmeny pre možnosť pripojenia externých zdrojov chladiva na vonkajšiu stenu budovy reaktora,
- súvisiace systémy kontroly a riadenia potrebné pre riadenie ťažkých havárií,
- zmeny, ktoré umožnia využiť veľké zásoby chladiva zo žľabov barbotážneho systému.

Realizáciou možnosti spoľahlivého zachytenia roztavenej aktívnej zóny sa predíde komplikovaným situáciám mimo tlakovej nádoby reaktora, ku ktorým by prišlo pri styku roztavenej aktívnej zóny s betónom, pri priamom ohreve kontajntentu, produkcii neskondenzovateľných plynov vedúcich k pretlakovaniu kontajntentu a pod. (všetky tieto javy sú totižto spojené s veľkými neurčitostami).

Veľká časť predpísaných projektových zmien bola už realizovaná (napr. inštalácia pasívnych autokatalytických rekombinátorov, opatrenia na zaplavenie šachty reaktora). Možnosť dlhodobého odvodu tepla z kontajntentu je v súčasnom projekte pre riadenie ťažkých havárií zabezpečený zvýšením spoľahlivosti a možnosti obnovy projektového sprchového systému.

Projekt pre riadenie ťažkých havárií, tak ako sa v súčasnosti realizuje na JE EBO 3,4 a EMO 1,2, je založený na definovanom rozsahu, ktorý počítal s výskytom ťažkej havárie paralelne len na jednom z dvoch blokov. Vo svetle skúseností z výsledkov záťažových testov bude následne projekt prehodnotený s cieľom rozšírenia na zvládanie ťažkej havárie paralelne na viacerých blokoch súčasne. Ďalšie vylepšenia SAMG

a príprava dodatočnej podpornej dokumentácie pre rozhodovanie obslužného personálu budú prijaté na základe výsledkov validácie celého projektu po jeho ukončení.

Prístup národného dozorného orgánu

Existujúca legislatíva vytvára dostatočné možnosti a kompetencie pre národný dozorný orgán, aby dokázal zvládnuť situáciu, ktorá nastala po havárii v JE Fukušima. Konkrétne atómový zákon okrem iného požaduje, aby sa po získaní novej vedomosti o rizikách súvisiacich s jadrovou bezpečnosťou prehodnotila bezpečnosť projektu jadrových zariadení a boli prijaté adekvátne opatrenia. Povinnosť vykonať takéto hodnotenie je na držiteľovi povolenia na prevádzku daného jadrového zariadenia.

Ako už bolo uvedené, národný dozorný orgán priebežne upravuje súvisiacu slovenskú legislatívu v súlade s dosiahnutou harmonizáciou skupiny WENRA a v súlade s požiadavkami Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu. Existujúce elektrárne sa modernizujú smerom k užšiemu súladu s požiadavkami na nové elektrárne v rámci procesu periodického hodnotenia bezpečnosti.

Po havárii na JE Fukušima sa uskutočnilo niekoľko stretnutí medzi prevádzkovateľom JE v SR a ÚJD SR s cieľom zjednotenia vnímania danej problematiky v kontexte JE prevádzkovaných na Slovensku. ÚJD SR podporuje záväzok prevádzkovateľa vykonať komplexné hodnotenie odolnosti elektrární a ich rezerv voči vonkajším prírodným rizikám ako aj záväzok vykonať dodatočné opatrenia na ďalšie zvýšenie úrovne bezpečnosti elektrární.

ÚJD SR je presvedčený, že proces by nemal byť ukončený vykonaním niekoľkých samostatných zmien, ale požaduje, aby nové skutočnosti a požiadavky na zlepšenie boli komplexne vyhodnotené a odzrkadlili sa v bezpečnostnej správe. Táto požiadavka platí osobitne na potrebu rozšírenia platných bezpečnostných správ v oblasti charakteristiky lokality vo vzťahu k vonkajším a vnútorným rizikám ako aj vo vzťahu k odolnosti blokov voči takým rizikám. Je požadované, aby bolo vykonané ďalšie komplexné prehodnotenie extrémnych meteorologických javov a následne aktualizované údaje v bezpečnostnej správe s cieľom zahrnúť nové meteorologické údaje, prebiehajúce vylepšenia blokov a najmodernejšiu dostupnú metodiku.

Národný dozorný orgán bude požadovať, vzhľadom na obmedzené časové možnosti pre vykonanie záťažových testov, ďalšie systematické a komplexné posúdenie odolnosti elektrární voči strate elektrického napájania a strate koncového odvodu tepla so zohľadnením opatrení zvyšujúcich úroveň bezpečnosti blokov. Adekvátnosť existujúcich analýz pre vývoj ťažkých havárií bude taktiež prehodnotená. Všetky hodnotenia a preverky budú nasledované prehodnotením dostatočnosti a vhodnosti existujúcich technických, procedurálnych a organizačných prostriedkov na zvládanie takých situácií a podľa potreby budú prijímané nápravné opatrenia. Obzvlášť bude analyzovaná možnosť výskytu viacerých ťažkých havárií paralelne na viacerých blokoch v súčasnosti na danej lokalite (až po výskyt súčasne na všetkých) za podmienok vážne poškodenej infraštruktúry v okolí elektrárne. Výsledky a poučenia z vykonaných záťažových testov by bolo vhodné zosúladiť s prevádzkovateľmi reaktorov podobnej konštrukcie. Ukončenie týchto krokov je predbežne očakávané v horizonte 3 rokov. Výsledný rozsah a harmonogram by v každom prípade mali byť harmonizované v rámci EÚ a mali by využiť výsledky preverok záťažových testov medzi jednotlivými krajinami.

Skratky

AC	striedavý prúd
ACRS	Redukčná stanica dochladzovania S.O.
AM	Riadenie havárií
APS	Automatika postupného spúšťania
AZR	Automatický zások rezervy
BD	Bloková dozorňa
BDBA	Nadprojektová havária
BR	Budova reaktora
BV	Barbotér
BVP	Bazén vyhoreného paliva
CČS	Centrálna čerpacia stanica
CDF	Frekvencia poškodenia aktívnej zóny
CDFM	Rezerva do poruchy stanovená konzervatívnym deterministickým prístupom
CO	Civilná ochrana
CV	Cirkulačná chladiaca voda
ČS	Čerpacia stanica
ČSKAE	Československá komisia pre atómovú energiu
ČSN	Československá technická norma
ČTVD	Čerpadlo technickej vody dôležitej
DBA	Projektová havária
DC	Jednosmerný prúd
DDF	Trvanie hĺbkovej frekvencie
DG	Dieselgenerátor
DGS	Stanica dieselgenerátorov
DV	Demineralizovaná voda
EBO	Jadrová elektrárň Bohunice
EBO3,4	Jadrová elektrárň Bohunice, 3. a 4. blok
EMO	Jadrová elektrárň Mochovce
EMO1,2	Jadrová elektrárň Mochovce, 1. a 2. blok
EOV	Elektrický odľahčovací ventil

ESTE	SW nástroj pre prognózovanie a klasifikáciu rádiologických dôsledkov
EÚ	Európska únia
EUR	Požiadavky európskych inštitúcií
F&B	Doplňovanie a odpúšťanie
FO	Fyzická ochrana
GFÚ SAV	Geofyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied
GIP	Odborná prieskumná metóda na určenie HCLPF
HA	Hydroakumulátor
ha	Hektár, jednotka plošnej miery = 10,000m ²
HaZZ	Hasičský a záchranný zbor
HCČ	Hlavné cirkulačné čerpadlo
HCLPF	Zlyhanie s nízkou pravdepodobnosťou a vysokou dôveryhodnosťou (hranice pre seizmickú odolnosť konštrukcií, systémov a komponentov v existujúcom stave)
HK	Havarijná komisia
HK	Hlavný kondenzátor
HN	Havarijné napájanie
HNČ	Havarijné napájacie čerpadlo
HPK	Hlavný parný kondenzátor
HPME	Vyletovanie roztavenej hmoty pri vysokom tlaku
HPP	Havarijné prevádzkové postupy
HPP	Havarijné plánovanie a pripravenosť
HRS	Havarijné riadiace stredisko
HSCHZ	Havarijný systém chladenia aktívnej zóny
HVB	Hlavný výrobný blok
CHÚV	Chemická úprava vody
IMS	Integrovaný riadiaci systém
IS	Informačné stredisko
JE	Jadrová elektráreň
KI	Jodid draselný
KO	Kompenzátor objemu
LaP	Limity a podmienky

LBV	Žľaby barbotážneho systému
LERF	Veľká frekvencia skorého uvoľnenia
ĽF	Ľudský faktor
LOCA	Havária so stratou chladiva
LRKO	Laboratórium radiačnej kontroly okolia
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MS	Monitorovacie stredisko
MSK64	Makroseizmická stupnica intenzity
MV SR	Ministerstvo vnútra SR
ND	Núdzová dozorňa
NEA	Agentúra pre jadrovú energiu
NN	Napájacia nádrž
NN PG	Napájacia nádrž parogenerátora
NRC	Komisia Jadrového dozoru
NT	Nízkotlakový
NV	Napájacia voda
OECD	Organizácia pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj
OHO	Organizácia havarijnej odozvy
OOPP	Osobné ochranné pracovné prostriedky
OOPP	Osobné ochranné pracovné prostriedky
OPO	Operátor primárneho okruhu
OSO	Operátor sekundárneho okruhu
OV KO	Odľahčovací ventil kompenzátora objemu
PAMS	Systém monitorovania po havárii
PAR	Pasívny autokatalytický rekombinátor
PG	Parogenerátor
PGA	Špičkové zrýchlenie na voľnom poli
PSA	Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
PSA	Prepúšťacia stanica do atmosféry
PSHA	Pravdepodobnostné hodnotenie seizmického rizika
PSHK	Prepúšťacia stanica do hlavného kondenzátora
PSK	Prepúšťacia stanica do kondenzátora (parná bypasová stanica do kondenzátora)

PV KO	Poistný ventil kompenzátora objemu
PV PG	Poistný ventil parogenerátora
RCS	Chladiaci systém reaktora
RČUV	Rýchločinný uzatvárací ventil
RHR	Odvod zostatkového tepla
RLE	Zemetrasenie úrovně preskúmania
RMTS	Radiačný monitorovací technologický systém
RPP	Roztrhnutie potrubia pary
RS FO	Riadiace stredisko fyzickej ochrany
SAM	Riadenie ťažkých havárií
SAMG	Smernice na riadenie ťažkých havárií
SBD SA	Smernica blokovej dozorne pre ťažké havárie
SBO	Úplná strata napájania vlastnej spotreby elektrárne
SE,a.s.	Slovenské elektrárne, a.s.
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SHN	Superhavarijný napájací systém
SHNČ	Superhavarijné napájacie čerpadlo
SCHV	Servisná chladiaca voda
SKK	Systémy, konštrukcie a komponenty
SKR	Systém kontroly a regulácie
SL2	Seizmická úroveň 2 (MAAE)
SLOP	Stredisko logistickej podpory
SMA	Hodnotenie seizmických rezerv
SMS	Systém monitorovania seizmicity
SO	Sekundárny okruh
SOPL	Stredisko ochrany personálu a logistiky
SORR	Systém ochrany a riadenia reaktora
SPSA	Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti pre odstavený reaktor
SR	Slovenská republika
SSE	Zemetrasenie pre bezpečné odstavenie
SSEL	Zoznam zariadení pre bezpečné odstavenie bloku po seizmickej udalosti
SSK	Sprchový systém kontajmentu

STN	Slovenská technická norma
STP	Stredisko technickej podpory
STP	Stredisko technickej podpory
TDS	Teledozimetrický systém
TG	Turbogenerátor
TK	Technologický kondenzátor
TNR	Tlaková nádoba reaktora
TVD	Technická voda dôležitá
UHS	Koncový odvod tepla
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru SR
UPS	Neprerušovaný zdroj napájania
US NRC	Národný regulačný úrad USA
ÚVZ SR	Úrad verejného zdravotníctva SR
VARVYR	Systém varovania a vyznamenania
VE	Vodná elektrárňa
VHP	Vnútropodnikový havarijný plán
VCHV	Ventilátorové chladiace veže
VRB	Vedúci reaktorového bloku
VS	Vlastná spotreba
VT	Vysokotlakový
VVN	Veľmi vysoké napätie
VZT	Vzduchotechnika
WANO	Svetová asociácia prevádzkovateľov jadrových elektrární
WENRA	Združenie západoeurópskych regulačných orgánov v oblasti jadrovej energie
WOG	Skupina vlastníkov Westinghouse
ZHRS	Zálohové havarijné riadiace stredisko
ZHRS	Zálohové havarijné riadiace stredisko
ZHÚ	Závodný hasičský útvar
ZI	Zmenový inžinier
ZVN	Zvlášť vysoké napätie
ZVN	Zachytenie v nádobe

1 Úvod

1.1 Predmet správy

Slovensko je krajina s viac ako 50-ročnými skúsenosťami s výstavbou a prevádzkou jadrových elektrární (JE).V súčasnosti sú na Slovensku v prevádzke 4 bloky typu VVER 440/213, 2 v Jaslovských Bohuniciach a ďalšie 2 v Mochovciach.V lokalite Mochovce sú vo výstavbe aj dva projektovo vylepšené bloky typu VVER 440/213.Inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov VVER/213 je 1952 MWe. Tri slovenské jadrové bloky v lokalite Jaslovské Bohunice sú v procese vyradovania z prevádzky - prvý československý blok A1 chladený plynom a moderovaný ťažkou vodou a dva bloky staršieho typu VVER 440/V/230.

Vlastníkom a prevádzkovateľom (držiteľom povolenia na prevádzku) všetkých prevádzkovaných jadrových blokov a blokov vo výstavbe na Slovensku je akciová spoločnosť Slovenské elektrárne, a.s. (SE, a.s.).Štátnym regulačným orgánom vykonávajúcim štátny dozor nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení je Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky (ÚJD SR).

S ohľadom na poznatky z 11. marca z havárie JE Fukušima sa vlastník zaviazal vykonať takzvané záťažové testy všetkých prevádzkovaných blokov, ako aj blokov vo výstavbe.Úloha bola ďalej špecifikovaná a jej rozsah bol načrtnutý v liste ÚJD SR z 15. júna 2011; následne sa medzi prevádzkovateľom a regulačným orgánom zrealizovalo niekoľko stretnutí.

Táto správa popisuje použitú metodológiu a výsledky získané zo záťažových testov 6 blokov VVER patriacich do troch závodov na Slovensku:Bohunice V-2 (v ďalšom EBO3,4) a Mochovce 1. a 2. blok (EMO12), ktoré sú v prevádzke a Mochovce 3. a 4. blok (MO34), ktoré sú vo výstavbe.Správu vypracoval ÚJD SR v úzkej spolupráci so SE, a.s. na základe podrobných správ vypracovaných SE, a.s.Toto je súhrnná národná správa vychádzajúca z troch podrobných rozsiahlych správ vypracovaných držiteľom licencie pre každý závod.

1.2 Špecifikácia a rozsah záťažových testov

Dňa 15. marca 2011 sa konalo zasadnutie Európskej komisie na mimoriadne vysokej úrovni, kde sa ministri energetiky, zástupcovia regulačných orgánov, odborníci a zástupcovia jadrového priemyslu dohodli na zavedení cieľeného hodnotenia bezpečnosti a rizík (tzv. „záťažových testoch“) jadrových elektrární v členských štátoch EÚ. Na základe tohto záväzku Rada Európskej únie na svojom zasadnutí dňa 25. marca vyhlásila, že „*bezpečnosť všetkých jadrových elektrární EÚ je potrebné preskúmať na základe rozsiahleho a transparentného hodnotenia rizík („záťažových testov“)*“.Dňa 21. apríla vydala pracovná skupina WENRA predbežnú verziu svojich špecifikácií „záťažových testov“ a požiadala akcionárov o pripomienkovanie.Tieto špecifikácie boli predložené na stretnutí Skupiny európskych regulačných orgánov pre jadrovú bezpečnosť (ENSREG) dňa 12. mája 2011 a následne predložené a prediskutované na európskej úrovni.Pracovná skupina ENSREG vypracovala v niekoľkých následných krokoch dokument „Záťažové testy európskych jadrových elektrární po Fukušime - obsah a formát národných správ".Jeho konečná verzia bola schválená organizáciou ENSREG dňa 11. októbra 2011.

Podľa špecifikácie je záťažový test cieľené prehodnotenie bezpečnostných rezerv spojených s extrémnymi prírodnými udalosťami, ktoré ohrozujú bezpečnostné funkcie a vedú k ťažkej havárii.Hodnotenie je deterministickej povahy a je namierené na overenie implementácie ochrany do hĺbky v jadrových elektrárnach.Cieľom záťažových skúšok bolo určiť, akej úrovni externého rizika je JE schopná odolať bez vážneho poškodenia jadrového paliva alebo bez výrazného uvoľnenia rádioaktívnych materiálov do prostredia.Existujúce štúdie nemali tento cieľ, nakoľko konštrukcie, systémy a komponenty závodu boli

bežne projektované tak, aby si dokázali poradiť s preddefinovanými úrovňami zaťaženia (projektovými) spôsobenými vonkajšími rizikami. Znamená to tiež, že jadrové elektrárne sú hodnotené aj z pohľadu rezerv, ktoré majú na to, aby dokázali zvládnuť riziká, ktoré pôvodne neboli uvažované v ich projekte.

V súlade so špecifikáciou ENSREG sa hodnotenie na Slovensku zameralo na extrémne prírodné udalosti, ktoré by potenciálne mohli viesť k dlhodobej strate napájania a / alebo strate koncového odvodu tepla, ku ktorým by mohlo naraz dôjsť u viacerých blokov. Špecifická pozornosť bola venovaná zemetraseniam, záplavám a extrémnym poveternostným podmienkam, ktoré môžu prípadne viesť k strate základných bezpečnostných funkcií tak pre palivo v reaktore, ako aj pre bazén vyhoreného paliva: Odstavenie reaktora a jeho udržiavanie v podkritickom stave, odvod zostatkového tepla a udržiavanie rádioaktívnych materiálov vo vnútri fyzikálnych bariér. Hodnotenie je doplnené o odhad limitných parametrov a časových rezerv do nastania nezvratiteľného procesu degradácie (tzv. „cliff-edge“ účinky).

Hodnotenie pozostáva z troch komponentov:

Hodnotenia vhodnosti výberu extrémnych prírodných udalostí, schopnosti elektrární odolať týmto udalostiam a určenia rozsahu udalostí (určenia rezerv) potenciálne vedúcich k ťažkým podmienkam. Extrémne prírodné udalosti, ktoré sú relevantné pre jadrové zariadenia na Slovensku a sú obsiahnuté v tejto správe, zahŕňajú:

- Zemetrasenia,
- Záplavy z rozličných vodných zdrojov (povrchová, podpovrchová voda, poškodenie priehrad, vnútorné záplavy v dôsledku zemetrasenia, nepriaznivé poveternostné podmienky),
- Ostatné extrémne poveternostné podmienky (extrémne teploty, vlhkosť, sucho, ľad, sneh, vietor),
- Kombináciu extrémnych prírodných udalostí.
- Hodnotenie dôsledkov a opatrení na predchádzanie stratám bezpečnostných funkcií v dôsledku akejkoľvek iniciačnej udalosti, ktorú je možné predpokladať v elektrárni v prípade straty elektrickej energie, vrátane úplnej straty napájania vlastnej spotreby (tzv. „station black-out“ SBO), straty koncového odvodu tepla alebo ich kombinácie.
- Hodnotenie úloh riadenia ťažkých havárií (projektové a prevádzkové opatrenia schopné eliminovať ohrozenie integrity kontajneru po ťažkom poškodení paliva).

Jedným z hlavných cieľov hodnotenia bolo identifikovať spôsoby zvýšenia robustnosti elektrárne za podmienok extrémnych prírodných udalostí.

1.3 Metodológia a organizácia záťažových testov inštitúciou

Dňa 30. marca 2011 bol v SE, a.s. vytvorený projektový tím. Činnosti riadil a koordinoval riadiaci výbor, na čele ktorého stál generálny riaditeľ SE, a.s. Testy jednotlivých elektrární vykonávali tri rozličné skupiny technického personálu elektrárne v celkovom počte približne 30 ľudí koordinovaným spôsobom (s využitím rovnakej technológie). Informácie pre záťažové testy boli získavané z existujúcej projektovej a bezpečnostnej dokumentácie (vrátane Správ z analýzy bezpečnosti (SAB), Havarijných prevádzkových postupov (HPP), Smerníc pre riadenie ťažkých havárií (SAMG), Pravdepodobnostných hodnotení bezpečnosti (PSA) úrovne 1 a 2) a príslušnej podpornej dokumentácie, dodatočných odborných analýz, kontrol, neštandardných skúšok, technického ohodnotenia a vo veľkej miere aj na základe obhliadok elektrární.

Za účelom určenia bezpečnostných rezerv jadrových blokov bol vyvinutý a použitý systematický prístup, tzv. metóda konfiguračnej matice (angl. Configuration Matrix Method) vychádzajúci z overenia výkonu základných bezpečnostných funkcií (tak vo vzťahu k palivu v reaktore, ako aj v bazénoch vyhoreného paliva). Tento prístup identifikuje všetky možné konfigurácie systémov elektrárne schopné udržiavať bezpečnostné funkcie, pričom berie do úvahy všetky možné prepojenia, ktoré umožňuje konfigurácia úvodného projektu JE a ktoré môže personál nastaviť v kritických podmienkach spôsobených extrémnou vonkajšou udalosťou. Prístup overuje prítomnosť všetkých podmienok pre fungovanie týchto systémov (napájanie, pracovné médium, prístrojové vybavenie, environmentálne podmienky, prístupnosť pre operátorov, dostupnosť postupov) a hodnotí spôsoby možného vyradenia týchto systémov pri zvyšujúcom sa zaťažení indukovanom vonkajšími rizikami. Hodnotenie tiež berie do úvahy ľudský faktor, logistické a administratívne opatrenia prijaté ako odpoveď na udalosti iniciované nepravdepodobnými extrémnymi vonkajšími podmienkami. Všetky príslušné informácie boli zhrnuté do databázy obsahujúcej približne 2 500 konštrukcií, systémov a komponentov, ktoré sa budú tiež využívať pre budúce hodnotenia bezpečnosti elektrárne. V závislosti od závažnosti vonkajšieho rizika sa ako základné výsledky hodnotenia určujú rozličné konfigurácie systémov elektrárne a časové rezervy potrebné pre obnovu stavu. Spôsob záťažových testov blokov MO34, ktoré sú vo výstavbe, bol čiastočne modifikovaný, pretože v dôsledku výstavby elektrárne bolo ťažké zozbierať všetky údaje potrebné pre zostavenie databázy, a preto hodnotenie bolo vykonané v derivovanom a zredukovanom rozsahu, nazývanom Metóda úspešnej cesty. Metóda konfiguračnej matice a metódy úspešnej cesty boli následne prijaté MAAE ako základ pre ňou vykonávané nezávislé previerky; metódy sú popísané v dokumente MAAE „Metodológia hodnotenia ochrany jadrovej elektrárne voči dopadu extrémnych udalostí, SAS/NSNI/IK/WD-2/Rev1, november 2011“.

1.4 Relevancia poznatkov získaných z havárie vo Fukušime

Pred záťažovými testami bola podrobne preskúmaná havária JE vo Fukušime. Zo štúdie vysvitlo, že jadrové inštalácie vo Fukušime a na Slovensku majú tak podobné, ako aj odlišné črty, ktoré sa vzťahujú aj na bloky vo Fukušime a bloky VVER 440/V213. Pri využívaní poznatkov získaných z havárie vo Fukušime je potrebné vziať do úvahy aj tieto skutočnosti. Ako základ pre porovnanie boli špecificky využité informácie o 1. bloku JE Fukušima, ktorého reaktor má podobný tepelný výkon (1 380 MW) ako majú reaktory typu VVER 440. V nasledujúcej časti sú zhrnuté niektoré z pozorovaní:

Fukušima, rovnako ako slovenské elektrárne, má zvýšenú úroveň seizmicity. Úroveň seizmicity vo Fukušime je však výrazne vyššia a zodpovedá 10° MSK 64 (s maximálnym horizontálnym zrýchlením pribl. 0,5 g), zatiaľ čo pre JE Bohunice je to 9° MSK (s 0,344 g) a pre JE Mochovce 8° MSK (s 0,143 g). Napriek tomu, otázky seizmicity sa vzťahujú aj na slovenské lokality a je potrebné sa im venovať podrobnejšie.

Kombinácia zemetrasenia a záplav v dôsledku cunami (hlavný faktor poškodenia JE Fukušima) nie sú relevantné pre Slovensko a je prakticky možné ich vylúčiť z ďalšieho procesu. Jediným relevantným zdrojom externých záplav sú extrémne zrážky. Avšak na rozdiel od cunami záplavy spôsobené zrážkami neprichádzajú náhle a nie sú spojené s škodlivou hydrodynamickou vlnou, a preto tu existujú časové rezervy a výsledné poškodenie je oveľa menej významné. Napriek tomu, záplavy spôsobené extrémnymi meteorologickými podmienkami boli v záťažových testoch vážne uvažované.

V prípade SBO je možné zaistiť odvod tepla z primárneho okruhu u projektu Fukušima 1 prirodzenou cirkuláciou pary a vody cez dva izolačné kondenzátory (ktoré sú za normálnych podmienok oddelené od reaktora izolačnými ventilmi), ktoré obsahujú celkom 212 ton vody, ktorá je k dispozícii na

odparovanie.V prípade VVER 440/V213 sa zostatkové teplo odvádza prirodzenou cirkuláciou cez permanentne pripojených 6 parogenerátorov obsahujúcich približne 330 ton vody.

Oba projekty obsahujú značné množstvo zirkóniových zliatin v aktívnej zóne reaktora, pretože zirkónium sa nachádza nielen v pokrytí paliva, ale aj v pokrytí palivových kaziet.U reaktorov typu VVER 440 je približne 19 ton zirkónia, ktoré v hypotetickom prípade úplnej oxidácie môže viesť k vytvoreniu približne 800 kg vodíka.U Fukušimy 1 je odhadom 40 ton zirkónia, t.j., potenciál tvorby vodíka je približne dvojnásobný, avšak aj objem kontajntentu, do ktorého sa uvoľňuje, je oveľa väčší ako v prípade VVER 440/V213.Napriek tomu je vodík taktiež jednou z otázok, ktorým je potrebné sa venovať aj u VVER 440/V213.

Oba projekty obsahujú relatívne veľký objem vody pod aktívnou zónou reaktora (v porovnaní s inými TNR), čo zjednodušuje potenciálne stlačenie odpadov z aktívnej zóny do dolnej polovice, predovšetkým v prípade rýchlej obnovy systému vstrekovania chladiva do reaktora v prípade nadprojektovej havárie.Projekt nádoby reaktora VVER 440 je však menej citlivý na prenikanie roztaveného kória cez nádobu kvôli tomu, že na rozdiel od BWR nie je dno nádoby reaktora vybavené žiadnymi nátrubkami pre prístrojové vybavenie a HRK.

Dispozičné riešenie systému chladenia reaktora a objem chladiva v systéme viedol v prípade úplnej straty napájania vlastnej spotreby u Fukušimy k rýchlemu a kompletnému odhaleniu aktívnej zóny, zatiaľ čo u VVER 440/V213 je aj v prípade zanedbania akejkoľvek aktivity operátora časová rezerva do odhalenia aktívnej zóny približne 10 hodín a v prípade jednoduchých zásahov operátora s využitím iba zásob vody primárneho a sekundárneho okruhu sa zvyšuje na viac ako 30 hodín.

Oba projekty sú vybavené kontajntentom typu potlačovania tlaku využívajúcim vodu na kondenzáciu pary.Kapacita kontajntentu je však odlišná.V prípade Fukušimy je voľný objem kontajntentu približne 6 000m³ a objem vody v kondenzačnej komore je približne 1 750m³.VVER 440 / V213 má oveľa väčší disponibilný objem kontajntentu – približne 52 000m³ (a teda je menej náchylný na pretlakovanie) a objem vody v skladovacích kondenzačných lávkach je približne 1 300m³.

Vo Fukušime sa uvažovalo so zavedením opatrení na zmiernenie následkov ťažkej havárie, ale neboli vykonané žiadne kroky na realizáciu príslušných opatrení.Projekt MO34 plne obsahuje tieto prvky a ich realizácia prebieha od roku 2009 aj vo všetkých prevádzkových blokoch s termínom ukončenia v roku 2013 pre EBO3,4 a 2015 pre EMO1,2.

1.5 Proces previerky a zvyšovania bezpečnosti jadrových blokov na Slovensku

Bloky VVER 440 boli pôvodne naprojektované podľa ruských noriem a predpisov, ale všetky hlavné komponenty elektrárne boli, s výnimkou paliva, vyrobené v bývalom Československu.Od začiatku prevádzky prvého bloku EBO v roku 1984 sú všetky bloky VVER 440 podrobované systematickému hodnoteniu bezpečnosti a jej zvyšovaniu v súlade s novými predpismi a medzinárodnými normami.Základným dokumentom pre program zvyšovania bezpečnosti blokov v JE Bohunice a Mochovce bol známy dokument MAAE "Bezpečnostné otázky a ich klasifikácia pre JE VVER 440/213" a následné previerky bezpečnosti vykonávané od roku 1991 rozličnými medzinárodnými misiami.Na odstránenie identifikovaných nedostatkov boli zrealizované stovky hardvérových a softvérových opatrení.V Mochovciach boli všetky opatrenia zrealizované pred uvedením EMO1,2 do prevádzky v roku 1998.V Bohuniciach bola realizáciu súčasťou veľkého investičného projektu „Program modernizácie a zvyšovania bezpečnosti blokov EBO3,4“, ktorý prebiehal v období 2002 až 2008.

Pre všetky elektrárne sú k dispozícii príslušne aktualizované SAR, ktoré boli akceptované regulačnými orgánmi.K dispozícii sú aj štúdie PSA úrovne 1 a 2, ktoré preukazujú zhodu s medzinárodne stanovenými

bezpečnostnými cieľmi. Posledná aktualizácia SAR pre EBO3,4 bola vykonaná v roku 2009, pre EMO1,2 v roku 2010. Pre MO34 bola Predbežná SAR vydaná v roku 2008 a v súčasnosti sa vypracováva Predprevádzková SAR. Posledná aktualizácia PSA úrovne 1 a 2 bola pre EBO3,4 vykonaná v roku 2010 a pre EMO1,2 v roku 2011.

V súlade so slovenskou národnou legislatívou podliehajú všetky elektrárne na Slovensku Pravidelným previerkam bezpečnosti (PPB) s 10-ročnou periodicitou. Posledná previerka v EBO bola ukončená v roku 2008, v EMO v roku 2009. Na základe výsledkov previerky vydal ÚJD SR povolenie na prevádzku na nasledujúcich 10 rokov. Povolenie je spojené s schválením programu zvyšovania bezpečnosti elektrární zameraného na dosiahnutie užšieho súladu úrovne bezpečnosti s porovnateľnými bezpečnostnými predpismi. Nedávno schválené programy zahŕňajú realizáciu rozsiahlych opatrení na zmiernenie následkov ťažkej havárie.

Všetky prevádzkované bloky na Slovensku boli podrobené mnohým medzinárodným misiám, ktoré vykonali nezávislé hodnotenie ich úrovne bezpečnosti. Od roku 1991 bolo celkove vykonaných asi 20 misií MAAE (previerky lokalít, previerky projektu, misie OSART, IPSART), 6 misií WANO, 2 misie RISKAUDIT a 1 misia WENRA blokov EBO3,4 a EMO1,2. Štyri misie MAAE boli venované špecificky problematike seizmicity a seizmického vylepšenia elektrární.

Po havárii v JE Fukušima boli na základe odporúčaní WANO v termíne od apríla do októbra 2011 na prevádzkových blokoch úspešne vykonané neštandardné testy a kontroly zariadení dôležitých pre zvládnutie extrémnych poveternostných podmienok prekračujúcich úvodný projekt. Testy zahŕňali dlhodobú prevádzku dieselgenerátorov, dodávku chladiacej vody z barbotážneho kondenzátora do bazéna vyhoreného paliva, dodávku napájacej vody do parogenerátorov z mobilného zdroja, čerpanie vody z chladiacich veží do systému TVD, pripojenie zásobovania vody k hydroplánu a iné.

1.6 Štruktúra správy

Obsah správy je v súlade so špecifikáciou ENSREG.

Kapitola 1 obsahuje všeobecné informácie o elektrárni a zameriava sa na popis všetkých príslušných systémov zabezpečujúcich alebo podporujúcich hlavné bezpečnostné funkcie a možnosti ich využitia v prípade extrémnej prírodnej udalosti. Obsahuje aj stručné zhrnutie rozsahu a hlavných výsledkov pravdepodobnostného posúdenia bezpečnosti.

Kapitoly 2 až 4 sú venované popisu extrémnych prírodných rizík špecifických pre jadrové zariadenia na Slovensku. Pokrývajú zemetrasenia, záplavy a extrémne poveternostné podmienky. Ich popis zahŕňa charakterizovanie udalostí a porovnanie s tými, na ktoré sú elektrárne projektované, opatrenia na ochranu elektrární voči týmto udalostiam a hodnotenie rozsahu externých udalostí, ktoré by mohli viesť buď k poškodeniu paliva alebo ku strate integrity kontajneru. Sú identifikované možnosti pre zvýšenie robustnosti elektrárne. Kapitola 2 popisuje zemetrasenia, kapitola 3 záplavy a kapitola 4 extrémne poveternostné podmienky.

Kapitola 5 sa zaoberá ohraničujúcimi udalosťami eventuálne vyplývajúcimi z extrémnych prírodných udalostí, predovšetkým stratou elektrického napájania a stratou koncového odvodu tepla a ich kombináciou. Kapitola sa zameriava na prehľad následných opatrení, ktoré sú k dispozícii na zabránenie závažného poškodenia paliva v aktívnej zóne alebo v bazéne vyhoreného paliva, vrátane popisu všetkých prostriedkov a hodnotenia časových rezerv do obnovenia stavu za rozličných podmienok.

Kapitola 6 sa zaoberá organizačnými a technickými aspektmi riadenia ťažkej havárie. Prvá časť kapitoly 6 obsahuje popis organizácie havarijnej pripravenosti a odozvy, logistické a organizačné opatrenia pre odozvu na havarijné podmienky spôsobené extrémnymi externými podmienkami. Druhá časť kapitoly sa venuje popisu aktuálne realizovaného projektu na riadenie ťažkých havárií (SAM) v prevádzkovaných blokoch SE, a.s., ako aj základnej skupine modifikácií projektu VVER 213 a rozšíreniam umožňujúcim riadenie ťažkých nadprojektových havárií a minimalizácii následkov ťažkých havárií pre JE zlepšenou ochranou kontajmentu. S prihliadnutím na to, že tento projekt sa realizuje už od roku 2009 a mnoho zmien už bolo realizovaných, hodnotenie sa odvoláva na konečný stav zvyšovania bezpečnosti (upgradu).

7. kapitola obsahuje zhrnutie hodnotenie záťažových testov.

Príloha 1 obsahuje stručný popis slovenských predpisov vzťahujúcich sa na záťažové testy.

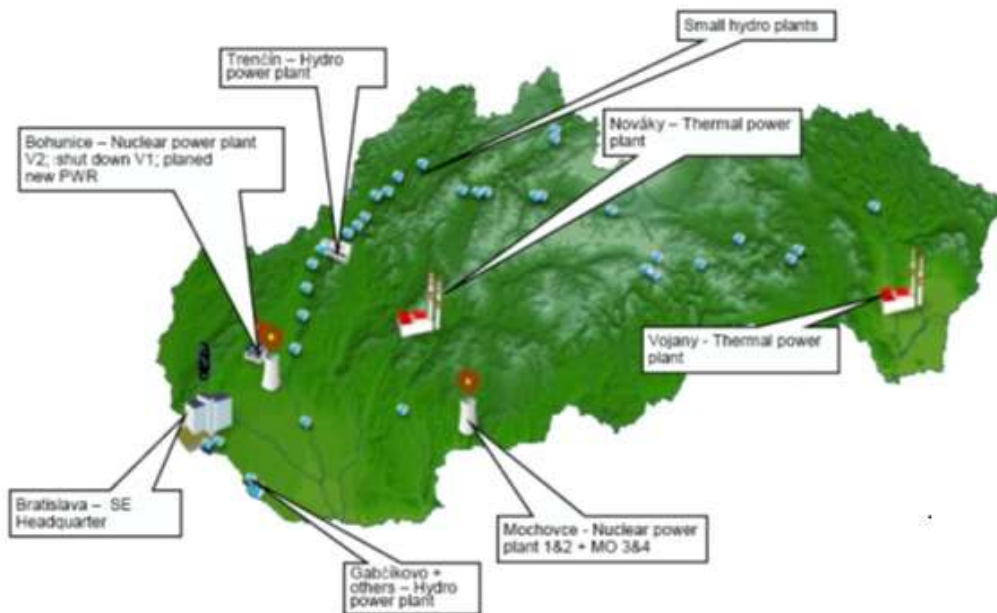
Príloha 2 obsahuje technické odôvodnenie úplného súladu medzi kontajmentmi blokov VVER 440 na Slovensku a príslušnými bezpečnostnými požiadavkami MAAE a WENRA.

2 Všeobecné údaje o lokalitách a jadrových elektrárňach

2.1 Stručný popis charakteristík lokality a blokov

Slovensko je vnútrozemská krajina nachádzajúca sa v miernom klimatickom pásme v strednej Európe. Na Slovensku sa nachádzajú dve jadrové lokality: Jaslovské Bohunice s 2 prevádzkovanými blokmi EBO3,4 a Mochovce s dvomi prevádzkovanými blokmi EMO1,2 a ďalšími dvomi blokmi vo výstavbe – MO34, ktoré spolu tvoria JE Mochovce (pozri umiestnenie lokalít na mape a pohľad na jednotlivé lokality na dvoch nasledujúcich fotografiách - obr. 1, 2 a 3).

Držiteľom povolenia pre všetky tieto bloky je akciová spoločnosť Slovenské elektrárne, a.s., so sídlom na adrese: Mlynské nivy 47, 821 09 Bratislava.



OBR. 1: Umiestnenie hlavných elektrární na Slovensku

Areál Jaslovských Bohuníc sa nachádza na západnom Slovensku; najbližšími mestami sú Trnava, Hlohovec a Piešťany. Chladiaca voda sa privádza z rieky Váh, ktorý sa nachádza približne 8 km východne od areálu; rozdiel v nadmorskej výške je vyše 20 m. Na rieke Váh je vybudovaná vodná nádrž Sĺňava s vodnou rozlohou približne 480 ha a maximálnym objemom vody 12,3 mil m³. Technická voda z nádrže Sĺňava sa dodáva pre EBO3,4 cez čerpaciu stanicu Pečeňady. Odber priemyselnej vody z nádrže Sĺňava je realizovaný štyrmi násoskovými potrubiami do čerpacej stanice Drahovce, odkiaľ voda preteká štyrmi potrubiami gravitačne cez armatúrnu šachtu do sacej jímky čerpacej stanice Pečeňady. Z čerpacej stanice je voda výtlačnými čerpadlami dodávaná cez dva výtlačné rády do objektov chemickej úpravy vody EBO3,4



OBR. 2: Celkový pohľad na lokalitu Bohunice



OBR. 3: Celkový pohľad na lokalitu Mochovce

JE EMO1,2 sa nachádza približne 27 km od krajského mesta Nitra, 7 km od mesta Tlmače, 12 km od mesta Levice a 14 km od mesta Zlaté Moravce. Hlavné mesto SR Bratislava leží od JE EMO1,2 približne 90 km

juhozápadným smerom. Referenčná výška elektrárne $\pm 0,000$ m je v nadmorskej výške 242,300 m. Chladiaca voda pre JE Mochovce je dodávaná z rieky Hron. Na rieke Hron pri obci Veľké Kozmálovce je vybudovaná umelá vodná nádrž s celkovým objemom 2,6 milióna m³. Hladina vodnej nádrže je vo výške 175,0 mn.m. pri maximálnej prevádzkovej hladine a 171,5 m n.m pri minimálnej prevádzkovej hladine. Z nádrže je surovou vodou zásobovaná JE EMO1,2. Voda sa čerpá z čerpacej stanice Veľké Kozmálovce približne 5 km dlhým potrubím do zásobníkov vody 2 x 6 000 m³ s odtiaľ gravitačne do JE EMO1,2.

Lokality sú pripojené k rozvodnej sieti redundantnými vedeniami. V oboch prípadoch sú dve nezávislé vedenia zo 400 kV distribučnej siete a dve nezávislé vedenia do záložných transformátorov buď zo 110 kV a 220 kV rozvodní. Podobne, v oboch prípadoch existuje možnosť pripojenia elektrární k diverzifikovaným zdrojom napájania z vodných elektrární (odlišná pre každú lokalitu).

2.1.1 Hlavné charakteristiky blokov

Všetky jadrové bloky na Slovensku sú vybavené tlakovodnými reaktormi ruskej koncepcie VVER 440/V213 s relatívne malým tepelným výkonom reaktora medzi 1 375 a 1 471 MW. Systém chladenia reaktora sa nachádza vo veľkom kontajnermente s potlačovaním tlaku. Bloky majú šesť slučiek, z ktorých každá je vybavený izolačnými ventilmi, a horizontálne parogenerátory s veľkým objemom chladiva na sekundárnej strane parogenerátorov. Aktívna zóna reaktora pozostáva z 349 šesťhranných palivových kaziet; v každej kazete sa nachádza 126 palivových tyčí. 37 HRK má pod neutrónovými absorpčnými časťami palivové časti, takže účinnosť havarijného odstavenia reaktora sa zvyšuje odňatím časti paliva z aktívnej zóny zároveň so zasúvaním riadiacich tyčí. Všetky bloky využívajú dve parné turbíny. Elektrina sa vyrába v hlavných synchronných generátoroch na spoločnom hriadieli s turbínou a budiacim generátorom. Výkon z každého reaktorového bloku je vyvedený do siete cez dve paralelné vedenia, vždy z hlavného generátora cez príslušný blokový transformátor s príslušenstvom. Obe vetvy sú pripojené k výstupnej rozvodni k jednému 400 kV vedeniu.

Bloky VVER 440 boli koncipované ako dvojbloky s zrkadlovým priestorovým usporiadaním. Väčšina systémov a zariadení patrí jednému bloku; časť zariadení a systémov je spoločná pre oba bloky. Medzi spoločné časti systémov a konštrukcií patria budova reaktora, zavážací stroj, skladovanie a preprava vyhoreného paliva, manipulácia s rádioaktívnym odpadom, príjem, skladovanie čerstvého paliva, komín, prístup do kontrolovaného pásma, systém úpravy demineralizovanej vody, systém technickej vody, systém chladiacej vody, budova dieselgenerátora.

Základné údaje o všetkých blokoch obsiahnutých v tejto správe sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

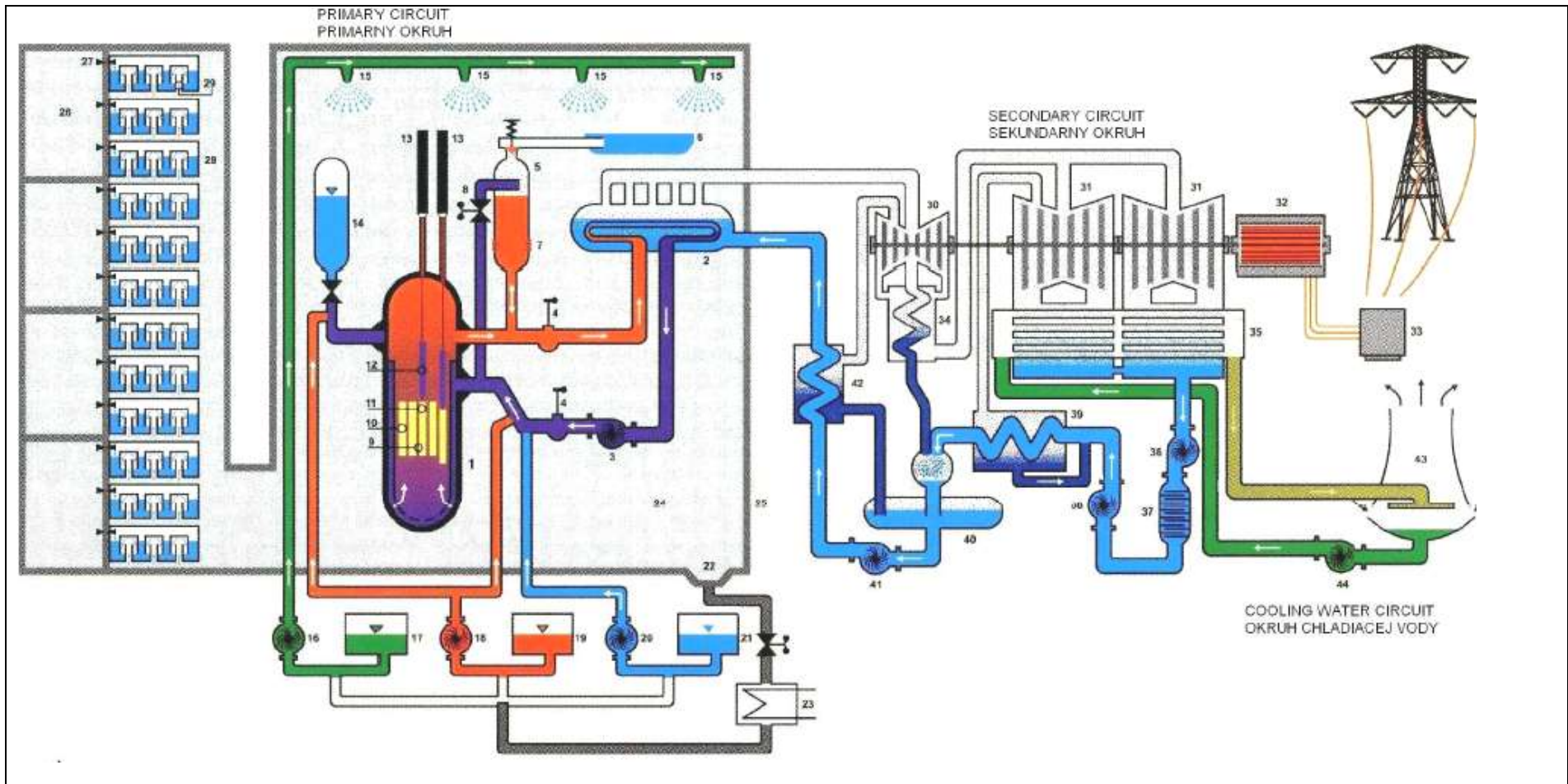
Elektrárň	JE EBO3,4	JE EMO1,2	JE MO3,4
AREÁL	Bohunice	Mochovce	Mochovce
Typ reaktora	VVER 440/V213	VVER 440/V213	VVER 440/V213
Tepelný výkon reaktora, MWt	1471	1471	1375
Celkový elektrický výkon, MWe	505	470	470
Stav elektrárne	V prevádzke	V prevádzke	Vo výstavbe
Dátum prvej kritickosti	1984-85	1998-99	2013-14
Posledná aktualizácia bezpečnostnej správy	2009	2010	2008
Posledná aktualizácia PSA úrovne 1 / úrovne 2	2010	2010-2011	2008, aktualizácia

			prebieha
Posledná periodická hodnotenie bezpečnosti	2008	2009	-

Každý blok je vybavený svojím bazénom vyhoreného paliva, ktorý je umiestnený v blízkosti nádoby reaktora. Vyhorené palivo je chladené v bazéne vyhoreného paliva približne 4 až 7 rokov na kompaktné skladovacej mreži v bazéne naplnenom bórovanou vodou. Palivo sa skladuje na kompaktné skladovacej mreži vo vertikálnej polohe, ktorá umožňuje chladenie cirkuláciou roztoku kyseliny boritej s koncentráciou zodpovedajúcou požiadavkám odvodeným od neutrónovo-fyzikálnych vlastností paliva. Skladovacia mreža pozostáva zo šesťhranných absorpčných trubiek, do ktorých sa vkladajú vyhorené palivové kazety alebo hermetické puzdrá (pre palivové kazety s poškodenou obálkou). V bazéne sa nachádzajú dve mreže. Dolná (prevádzková) mreža je pevná, horná mreža (rezervná) je vyberateľná a je spoločná pre oba dvojbloky. Prevádzková aj rezervná mreža pozostáva z dvoch vrstiev. Kapacita základnej mreže je 319 kaziet s vyhoreným palivom a 60 hermetických puzdier pre netesné palivo (t.j., približne 1 palivová záťaž). V prípade krátkodobého skladovania palivových kaziet vyvezených z reaktora počas kontrol a opráv vnútorných častí reaktora sa využíva rezervná mreža. Nachádza sa nad základnou mrežou a je schopná pojať 296 palivových kaziet a 54 hermetických puzdier.

Bazén, ktorý je počas výmeny paliva otvorený, je spojený s bazénom výmeny paliva dopravnou trasou (priestor nad otvoreným reaktorom). Mimo období manipulácie s palivom je vrch bazéna vyhoreného paliva zakrytý a izolovaný od bazénu výmeny paliva posuvným hradlom blokujúcim dopravnú trasu. Toto hradlo tvorí súčasť hraníc hermetického kontajntentu počas prevádzky.

Celková schéma systémov VVER 440/V213 je znázornená na obr. 4.



OBR. 4: Celková schéma VVER 440 / V213

1 – Reaktor, 2 – Parogenerátor, 3 – Hlavné cirkulačné čerpadlo, 4 – Hlavná uzatváracia armatúra, 5 – Kompenzátor objemu, 6 – Barbotážna nádrž, 7 – Kompenzátor objemu, 8 – Vstreky KO, 9 – Aktívna zóna, 10 – Palivová kazeta, 11 – Automatická regulačná kazeta (ARK), palivová časť, 12 – Automatická regulačná kazeta (ARK), absorpčná časť, 13 – Pohony ARK, 14 – Hydroakumulátory, 15 – Sprchový systém, 16 – Sprchové čerpadlo, 17 – Zásobná nádrž sprchového systému, 18 – Nízkotlakové sprchové čerpadlo, 19 – Zásobná nádrž nízkotlakového havarijného systému, 20 – VT havarijné čerpadlo, 21 – Zásobná nádrž VT havarijného systému. 22 – Sanie z hermetickej zóny, 23 – Chladič sprchového systému, 24 – Hermetická zóna, 25 – Ochranná obálka. 26 – Záchytná komora barbotážnej veže, 27 – Spätná klapka, 28 – Barbotážna veža, 29 – Žľaby barbotážnej veže, 30 – VT diel parnej turbíny, 31 – NT diel parnej turbíny, 32 – Elektrický generátor, 33 – Blokový transformátor, 34 – Separátor a prehrievač pary, 35 – Kondenzátor, 36 – Kondenzátne čerpadlo, 38 – Kondenzátne čerpadlo I°, 37 – Bloková úprava kondenzátu, 38 – Kondenzátne čerpadlo I°, 39 – NT regenerácia, 40 – Napájacia nádrž, 41 – Hlavné elektronapájacie čerpadlo, 42 – VT regenerácia, 43 – Chladiaca veža CV, 44 – Čerpadlá CV

2.1.2 Popis systémov pre výkon hlavných bezpečnostných funkcií

Podľa Metódy konfiguračnej matice používanej na hodnotenie bezpečnostných rezerv elektrárne musia byť do konfigurácií používaných pre možné zachovanie hlavných bezpečnostných funkcií zahrnuté všetky systémy elektrárne (nielen bezpečnostné systémy, ale aj normálne prevádzkové systémy). Tieto systémy sú stručne popísané v ďalšej časti podľa špecifikácie ENSREG. Systémy sú identické alebo minimálne podobné pre všetky bloky na Slovensku. Rozdiely sú zhrnuté v kapitole 1.4 a vždy, keď je potrebné jasné rozlíšenie, toto je urobené alebo spripomienkované v texte.

2.1.2.1 Riadenie reaktivity

Reaktor

Projekt reaktora VVER-440 (typ V-213) predpokladá dva nezávislé spôsoby riadenia reaktivity.

V navrhovaných palivových cykloch je celková zásoba reaktivity aktívnej zóny v studenom neutrávenom stave na začiatku kampane 14,57-15,19 %. Pre kompenzáciu tejto zásoby reaktivity a pre riadenie reaktora sú určené dva nezávislé systémy pôsobenia na reaktivitu, založené na rozličných fyzikálnych a technických princípoch:

- riadenie reaktivity pomocou kaziet HRK (mechanický systém riadenia reaktivity)
- riadenie reaktivity zmenou koncentrácie kyseliny boritej (kvapalného absorbátora) v chladive P.O.

Mechanický systém riadenia reaktivity

slúži na kompenzáciu rýchlych zmien reaktivity počas kampane, reguláciu výkonu reaktora, rýchle odstavenie reaktora (reactor trip), plynulé odstavenie reaktora a udržanie reaktora v podkritickom stave. Tento systém je založený na vertikálnom pohybe absorbátora a paliva v AZ reaktora. Pozostáva z 37 kaziet HRK spojených pomocou vložených tyčí s pohonmi, ktoré sa nachádzajú v hornom bloku reaktora. HRK fungujú na základe gravitácie a je možné predpokladať spoľahlivé odstavenie reaktora ich zasunutím. Samotné kazety postačujú na udržiavanie podkritického stavu, s výnimkou odstávky do studeného stavu. Zasúvanie HRK do aktívnej zóny spôsobuje vysúvanie dolnej palivovej časti HRK z aktívnej zóny a zasúvanie hornej absorpčnej časti do aktívnej zóny. Objem štiepneho materiálu v aktívnej zóne sa znižuje a objem absorbátora sa zvyšuje, čím sa utlmuje štiepna reakcia (vnesenie zápornej reaktivity).

Riadenie reaktivity zmenou koncentrácie kyseliny boritej (kvapalného absorbátora) v chladive I.O.

Časy na dosiahnutie požadovaného stavu odstávky sú uvedené v nasledujúcich možnostiach. Touto podmienkou sa rozumie dosiahnutie dlhodobého bezpečného podkritického stavu s rovnomerným rozdelením bóru v primárnom okruhu. Okamžitý podkritický stav aktívnej zóny reaktora sa však dosahuje skôr.

Bezpečnostné systémy:

Vysokotlakový havarijný systém chladenia aktívnej zóny reaktora (VT HSCHZ)

VT HSCHZ je klasifikovaný ako bezpečnostný systém. Systém je schopný doplňovať bórný koncentrát zo zásobných nádrží do AZ reaktora vo všetkých prevádzkových režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie koncentrácie kyseliny boritej v P.O. na úrovni, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu

AZ. Využitie týchto systémov je spojené s odvodom tepla z aktívnej zóny. S prihliadnutím na prietok čerpadiel VT HSCHZ je možné očakávať dosiahnutie požadovanej koncentrácie bóru v primárnom okruhu v priebehu 15 minút pri využití VT HSCHZ.

Prevádzkové systémy:

Systém doplňovania a bórovej regulácie (SDBR)

Systém doplňovania a bórovej regulácie je klasifikovaný ako prevádzkový systém so vzťahom k bezpečnosti. Systém je schopný vstrekať bórný koncentrát zo zásobných nádrží do RCS vo všetkých prevádzkových režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie a udržanie koncentrácie kyseliny boritej v P.O. na úrovni, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu AZ.

S prihliadnutím na požadovanú rezervu podkritičnosti AZ v režimoch 1, 2, 3 v súlade s LaP, je možné zvýšiť koncentráciu kyseliny boritej v P.O. len doplnením potrebného množstva kyseliny bez potreby odpúšťania prebytočného chladiva z P.O.. Po odstavení bloku je totiž v KO k dispozícii viac ako 25 m³ voľného objemu. Na základe typického priebehu odstavných koncentrácií pre horúci stav počas kampane je možné určiť minimálny objem kyseliny boritej s koncentráciou 39 g/kg, ktorú je potrebné doplniť do P.O.. Pri zachovaní konzervativizmu aj pre prípad prirodzenej cirkulácie chladiva v P.O. bol tento objem stanovený na úrovni 15 m³. Preto v tomto prípade nie je nutné využívať odpúšťanie P.O., čo výrazne robustní túto konfiguráciu.

V Režimoch 4, 5, 6 musí byť vytvorená odstavná koncentrácia v P.O. (jedná sa dokonca o odstavnú koncentráciu na výmenu paliva) pred prechodom do daného režimu, takže sa nevyžaduje dodatočná borácia.

Množstvo zásoby koncentráту H₃BO₃ v nádržiach plne postačuje na zabezpečenie požadovanej podkritičnosti v ľubovoľnom prevádzkovom režime bloku a v ktoromkoľvek bode kampane.

Špecifikovaná konfigurácia nemá seizmickú kvalifikáciu s výnimkou izolačných ventilov a výmenníkov tepla systému čistenia chladiva reaktora. Čerpadlá SDBR sú seizmicky kvalifikované len na strane TVD. Po seizmickej udalosti prekračujúcej PGA = 0,03g – 0,05 g je potrebné uvažovať so stratou tejto konfigurácie. V MO34 je systém seizmicky kvalifikovaný.

Z hľadiska externých záplav môžu byť zariadenia systému bórneho koncentrátu a čerpadlá olejového systému SDBR ohrozené záplavami trvajúcimi viac ako 2 dni, nakoľko tieto zariadenia sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej skupine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Systém bórneho koncentrátu

Vysokotlakové čerpadlá systému bórneho koncentrátu sú klasifikované ako prevádzkový systém. Systém je schopný doplňovať bórný koncentrát zo zásobných nádrží do RCS vo všetkých prevádzkových režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie koncentrácie kyseliny boritej v P.O. na úrovni, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu AZ.

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez systém kontinuálneho systému čistenia chladiva P.O. a vybrané časti SDBR. Do P.O. je možné dopĺňať kyselinu boritú vysokotlakovými čerpadlami systému bórneho koncentráta. Požadované podmienky v primárnom okruhu je možné dosiahnuť za približne 2,5 hodiny. Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam je podobná ako v prípade SDBR.

Ostatné systémy:

Vzhľadom na skutočnosť, že hodnotenie blokov má byť vykonané aj v oblasti nadprojektových udalostí, pre zabezpečenie bezpečnostnej funkcie "Podkritičnosť aktívnej zóny" boli uvažované aj nasledovné konfigurácie systémov elektrárne vychádzajúce za rámec ich typického projektového použitia.

Systém dopĺňovania a bórovej regulácie

Nádrže VT HSCHZ je možné použiť ako alternatívny zdroj bórneho koncentráta pre SDBR s využitím špecifických určených čerpadiel HSCHZ. Tieto čerpadlá sa počas normálnej prevádzky využívajú na dopravu bórneho koncentráta do systémov čistenia.

Požadované podmienky v primárnom okruhu je možné dosiahnuť v časovom rozmedzí od 20 minút do 1 hodiny v závislosti od prietoku vstrekov. Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam je podobná ako v prípade SDBR.

Bazén vyhoreného paliva (BVP)

Podkritičnosť palivových kaziet v BVP je zabezpečená dvoma nezávislými spôsobmi:

- geometriou skladovacej mreže - palivové kazety sú umiestnené v trojuholníkovej mreži s krokom mreže 162mm (v EBO3,4 je to 225 mm) a šesťhrannými absorpčnými trubkami
- koncentráciou kyseliny boritej minimálne 12 g/kg vody v celom objeme chladiva BVP

Za normálnej prevádzky sa vyhoreté jadrové palivo (v Režime 7 aj palivo operatívne vyvezené z AZ) skladuje v mrežiach bazénu skladovania vyhoreného paliva a je chladené vodným roztokom kyseliny boritej s koncentráciou 12 g/kg. V EBO3,4 je palivo skladované v neskompaktnom rošte s dĺžkou kroku mreže 225 mm. V EMO1,2 je palivo skladované v skompaktnom rošte s dĺžkou kroku mreže 162 mm. Podľa projektových pravidiel musí byť v skompaktných a neskompaktných roštoch bazénu skladovania zabezpečená podkritičnosť minimálne 0,05 ($K_{eff} < 0,95$) za neprítomnosti kyseliny boritej v chladive a pri zavezení roštov čerstvým jadrovým palivom.

V podmienkach normálnej prevádzky roštov BVP, pri havárii s úplným prerušením napájania JE sprevádzanej prerušením cirkulácie chladiva v roštoch BVP a ako následok – zmenou hustoty chladiva, je požiadavka $K_{eff} < 0,95$ splnená. Požiadavka $K_{eff} < 0,98$ je splnená aj pri nadprojektovej havárii sprevádzanej úplným vypustením vody z BVP.

Výsledky analýz dokazujú, že podkritičnosť paliva uloženého v BVP je zabezpečená vždy, keď je palivo zaliate roztokom H_3BO_3 s platnosťou pre celý rozsah koncentrácií kyseliny boritej 0-12 g/kg, alebo čiastočne zaliate roztokom H_3BO_3 s koncentráciou minimálne 12 g/kg s platnosťou pre celý rozsah hustôt chladiaceho média. Podkritičnosť paliva v BVP je zabezpečená vždy, keď je zabezpečený odvod tepla.

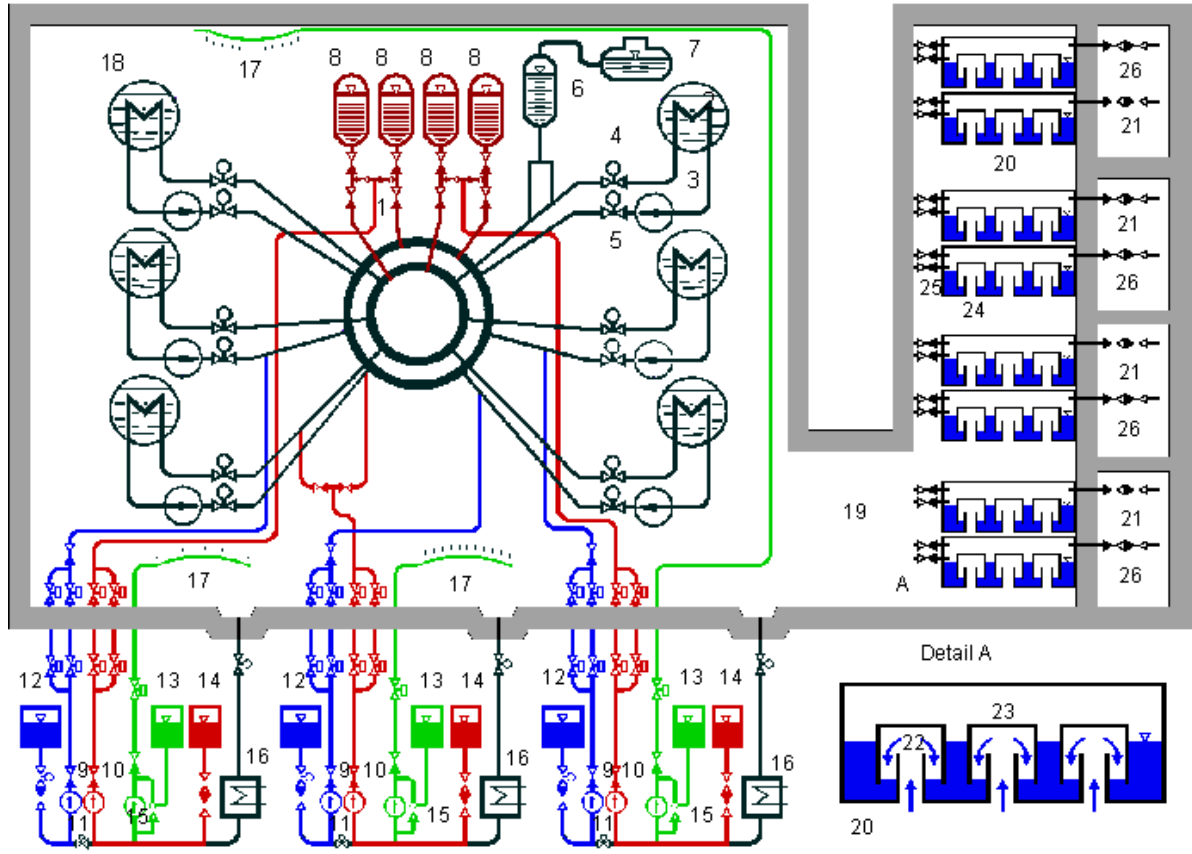
2.1.2.2 Odvod tepla z reaktora do UHS

Pre zabezpečenie BF **Odvody tepla z AZ** reaktora sa využívajú nasledovné systémy:

- Systém kondenzácie TG
- Systém dochladzovania S.O.
- Parogenerátory so systémom poistných ventilov PG, resp. PSA PG a príslušným systémom napájania
- Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlakový, nízkotlakový).

Z pohľadu bezpečnostnej klasifikácie tieto systémy možno rozdeliť nasledovne:

- Bezpečnostné systémy:
 - Parogenerátory s PV PG/PSA PG a SHNČ
 - Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlakový, nízkotlakový) – režimy Feed&Bleed, resp. RHR (pozri obr. 5)
- Prevádzkové systémy:
 - Systém kondenzácie TG
 - Systém dochladzovania S.O.
- Iné:
 - Táto skupina zahŕňa konfigurácie zariadení vychádzajúce za rámec ich projektového určenia. Teda, táto skupina môže zahŕňať konfigurácie obsahujúce tak bezpečnostné a prevádzkové systémy, ako aj kríženie rozličných bezpečnostných trás.



OBR. 5: Model HSCHZ VVER 440/V213

Bezpečnostné systémy

Parogenerátory so súborom poistných ventilov PG, resp. s prepúšťacou stanicou pary do atmosféry (PSA PG)

V prípade odvodu tepla cez PSA alebo PVPG nie je SO uzavretý. Odvod tepla na strane P.O. je realizovaný v režime prirodzenej alebo nútenej cirkulácie. Prestup tepla z P.O. do SO je realizovaný v PG pri zachovaní dostatočnej hladiny vody v PG. Dopĺňanie vody je realizované pomocou SHNČ a odvod pary z PG je možný cez PSA PG, resp. PV PG. V prípade odvodu pary cez PSA PG je možné na dopĺňanie vody do PG použiť aj systémy normálneho, resp. havarijného napájania PG. Vo všetkých prípadoch ide o stratégiu Feed&Bleed na SO. V ďalšom budeme skúmať len konfigurácie so SHNČ. Konfigurácie s HNČ sú zahrnuté medzi "Ostatné systémy".

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

- Všetky zariadenia SHNČ sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, resp. v samostatných objektoch pod zásobnými nádržami demineralizovanej vody, a majú plnú seizmickú kvalifikáciu, t.j. PGA = 0,1g pre EMO1,2; 0,15 g pre MO34 a 0,344 g pre EBO3,4.
- Externé záplavy môžu ohroziť SHNČ nainštalované v EMO na kóte -3,7m v samostatných objektoch pod zásobnými nádržami demineralizovanej vody. V EBO3,4 sú SHNČ inštalované na 30 cm základoch na úrovni 0,0 m. Zvyšok zariadení používaný pre konfigurácie Feed&Bleed na SO nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.
- Doterajšie analýzy nenasvedčujú vplyv extrémnych teplôt a vetra na okruh TVD.
- Nepredpokladá sa, že extrémne nízke teploty by spôsobili zamrznutie SHNČ a zásobných nádrží, pretože systém je možné ohrievať prevádzkou čerpadiel.

Systémy havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora

Vysokotlakový havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v základnom režime Feed&Bleed. Studené chladivo je do P.O. doplňované čerpadlami VT HSCHZ. Horúce chladivo je z P.O. odvádzané cez PV, resp. OV KO do kontajnementu. Po kondenzácii expandovaného chladiva P.O. v kontajmente za pomoci sprchového systému je toto chladivo nasávané čerpadlami VT a NT HSCHZ z podlahy kontajnementu a vedené cez chladič priamo na sanie čerpadiel VT a NT HSCHZ, ktoré ho dopravujú späť do P.O. a do trysiek sprchového systému. Odvod tepla sa vykonáva v chladiči systému chladenia aktívnej zóny. Chladiacim médiom je systém TVD.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky zodolnené pre PGA = 0,1g (0,344 g).

Externé záplavy môžu ohroziť čerpadlá VT HSCHZ, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB na podlaží -6,5m. Zvyšok zariadení v uvažovanej skupine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Nízkotlakový havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla v konfigurácii havarijného dochladzovania bloku pri seizmickej udalosti – konfigurácia **RHR**. Nútenú cirkuláciu v P.O. zabezpečuje

nízkotlakové čerpadlo HSCHZ. Chladivo po prechode cez AZ reaktora je privedené špecifickým potrubným systémom na chladič, kde je ochladené a privedené na sanie čerpadla NT HSCHZ, ktoré ho dopravuje späť do P.O.. Konečným recipientom tepla je systém TVD. Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam je rovnaká ako u VT systému.

Prevádzkové systémy:

Systém kondenzácie TG

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez systémy SO elektrarne. Na strane P.O. je odvod tepla z AZ realizovaný prostredníctvom prirodzenej alebo nútenej cirkulácie chladiva (v prípade, že HCČ sú v prevádzke). Teplo odovzdané chladivu P.O. je z P.O. odoberané v PG. Para vyrobená v PG je vedená potrubnými rozvodmi pary do kondenzátora TG. Kondenzačné teplo odoberá cirkulačná chladiaca voda (CCHV). Hladina v PG zabezpečujúca dostatočný prestup tepla z P.O. do SO je udržiavaná prečerpávaním kondenzátu z HK TG čerpadlami kondenzácie TG do napájacích nádrží a odtiaľ čerpadlami a potrubiami normálneho, resp. havarijného napájania PG do PG. Systém CCHV odovzdáva v chladiacich vežiach teplo do atmosféry, ktorá je konečným recipientom. Táto konfigurácia zariadení nie je ďalej uvažovaná vzhľadom k jej komplexnosti a zraniteľnosti.

Systém dochladzovania S.O.

- Projekt uvažuje s tromi základnými konfiguráciami využitia tohto systému. Jedná sa tzv. parný, resp. vodný režim a odvod zostatkového tepla. Vzhľadom k skutočnosti, že vodný režim (2. etapa) a režim odvodu zostatkového tepla (3. etapa) sa líšia len počtom pripojených PG, v ďalšom ich preto budeme považovať za jeden režim a prevádzka systému dochladzovania S.O. prebieha buď v parnej alebo vodnej (vodovodnej) etape. Konečným recipientom tepla v oboch režimoch je systém TVD a odvod tepla z AZ je realizovaný v režime prirodzenej alebo nútenej cirkulácie. Tepelným výmenníkom sprostredkujúcim prestup tepla do systému TVD je technologický kondenzátor systému dochladzovania S.O. PG sú využívané na odvod tepla z P.O. na S.O. tak, ako v predchádzajúcom prípade. Systém využíva potrubné rozvody pary na SO až po HPK odkiaľ teplonosné médium SO vstupuje priamo do systému dochladzovania.
- **V parnom režime** je para odvádzaná z PG cez HPK a redukčnú stanicu dochladzovania S.O. do technologického kondenzátora, kde kondenzačné teplo pary odvádzajú systém TVD. Kondenzát z technologického kondenzátora odteká do NN. Dostatočná hladina v PG je zabezpečovaná systémom normálneho, resp. havarijného dopĺňovania PG. Prípadný úbytok vody v systéme je dopĺňaný zo systému demineralizovanej vody 1,0MPa.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

- Všetky zariadenia sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, resp. v strojovni. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03g$ je potrebné uvažovať so stratou tejto konfigurácie.
- Systém dochladzovania je prevádzkovým systémom. Pri jeho projektovaní neboli brané do úvahy požiadavky na fyzickú separáciu jednotlivých redundancií. Systém je redundantný len po funkčnej stránke. Redundantnosť na úrovni dochladzovacích čerpadiel je 3 x 100%, na úrovni redukčných staníc dochladzovania (RSD) 2 x 100% a na úrovni technologických kondenzátorov (TK) taktiež 2 x 100%. Každý z technologických kondenzátorov je chladený inou redundanciou TVD. V prípade výpadku danej redundancie TVD je možné použiť ako náhradnú 3. redundanciu TVD. Dochladzovacie čerpadlá S.O. sú umiestnené na spoločnom mieste na kóte 0,0 m v strojovni; technologické kondenzátory sú tiež

inštalované na jednom mieste v strojovni na kóte +9,6 m.RSD sú umiestnené na spoločnom mieste v pozdĺžnej etažérke na podlaží +14,7 m.

- Externé záplavy predstavujú nebezpečenstvo pre SHNČ, ktoré sú umiestnené na kóte 0,0 m v strojovni.Vzhľadom k topológii tohto podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte 0,0 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne.Takáto situácia je v zásade možná, avšak pravdepodobnosť výskytu je zanedbateľne malá.Tento problém je ďalej popísaný v kapitole 3.Zvyšok zariadení používaný pri parnej etape dochladzovania S.O. nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.
- Dostupné analýzy nenasvedčujú žiadny vplyv extrémnych teplôt a vetra na okruh TVD. Pre zariadenia umiestnené v strojovni a s prihliadnutím na teplotu média S.O. počas parnej etapy dochladzovania S.O. je vplyv extrémne nízkych teplôt považovaný za nepravdepodobný.
- **Vo vodovodnom režime** je technologický kondenzátor systému dochladzovania S.O. využívaný ako tepelný výmenník voda/voda.PG ako aj potrubné rozvody pary od PG cez HPK a celého systému dochladzovania S.O. sú zaplnené vodou.Cirkuláciu chladiva v okruhu zabezpečujú čerpadlá systému dochladzovania S.O.Pripadné straty vody v systéme sú doplňované zo zásobných nádrží demineralizovanej vody.Pri tejto konfigurácii je vždy využívaná minimálne jedna NN, ktorá je k chladiacemu okruhu pripojená a plní funkciu kompenzátora objemu.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

- Všetky zariadenia podieľajúce sa na vodovodnom režime sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, v samostatných objektoch zásobných nádrží demineralizovanej vody resp. v strojovni.Po seizmickej udalosti prekračujúcej PGA = 0,03g je potrebné uvažovať so stratou tejto konfigurácie.
- Z hľadiska externých záplav sú ohrozené čerpadlá SHNČ a DČ, ktoré sú umiestnené na kóte 0,0 m v strojovni a čerpadlá demineralizovanej vody 1MPa, ktoré sa nachádzajú v samostatných objektoch pod zásobnými nádržami demineralizovanej vody na kóte -3,7m.Tieto samostatné objekty sú prepojené potrubnými kanálmi so strojovňou.Vzhľadom na topológiu podlaží je možné očakávať zaplavenie čerpadiel demineralizovanej vody až po zaplavení strojovne na kótu -3,7m a SHNČ a DČ po zaplavení na kótu 0,0 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne.Takáto situácia je v zásade možná, avšak pravdepodobnosť jej výskytu je funkciou dĺžky trvania záplavy v areáli elektrarne.Hladina vody v EBO3,4 by sa musela dlhodobo udržiavať na úrovni +20 cm (pričom doba návratu 10 cm hladiny je 10 000 rokov).Zvyšok zariadení používaný pri parnej etape dochladzovania S.O. nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.
- Nedávne analýzy nenasvedčujú žiadny vplyv extrémnych teplôt a vetra na okruh TVD. Vplyv extrémne nízkych teplôt na zariadenia umiestnené v strojovni a s prihliadnutím k skutočnosti, že teplotu média S.O. počas vodovodnej etapy dochladzovania S.O. je možné stabilizovať na hodnote okolo 100°C sa považuje za nepravdepodobný.

Ostatné systémy

Pre nadprojektové udalosti je potrebné uvažovať aj s konfiguráciami systémov elektrarne vychádzajúcich za rámec ich typického projektového použitia.

Parogenerátory s PV PG/PSA

Pre nadprojektové udalosti je možné uvažovať s dopĺňaním PG pomocou **mobilného havarijného zdroja napájacej vody**.

Pre nadprojektové udalosti je možné uvažovať s dopĺňaním PG pomocou **SHNČ cez trasy odluhov a odkalov PG**. Taktiež je možné využiť HW vzájomným krížením redundancií alebo využiť čerpadlá zo susedného bloku. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu systému SHNČ.

Stratégiu **Feed&Bleed** na S.O. je možno realizovať aj alternatívnym spôsobom za využitia **HNČ** a PSA PG. V prípade, že nie je po seizmickej IU, je možné uvažovať s plnou funkčnosťou systému napájania. HNČ vtedy dopĺňajú NV z NN a para je z PG odvádzaná cez PSA PG do atmosféry. V prípade, že je k dispozícii systém demineralizovanej vody 1 MPa, je možné úbytok vody v NN dopĺňať z tohto systému.

V prípade udalosti SBO, ktorá nie je kombinovaná/indukovaná seizmickou záťažou bloku je možné ako zdroj NV využiť **gravitačné plnenie PG** priamo z NN bez použitia akéhokoľvek čerpadla systému normálneho, resp. havarijného dopĺňovania. Ide o pasívny spôsob napájania PG. Trasa odvodu tepla je totožná s trasou projektového prevádzkového napájania PG v kombinácii s odvodom pary z PG cez PSA PG. Táto stratégia je súčasťou riadenia udalosti SBO v prevádzkovom predpise PHP ECA-0.0.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03g$ je potrebné uvažovať so stratou tejto konfigurácie.

Externé záplavy môžu ohroziť prípojné body mobilného havarijného zdroja napájania v oddelených budovách pod zásobnými nádržami demineralizovanej vody na -3,7 m. Tieto samostatné objekty pod zásobnými nádržami demineralizovanej vody sú prepojené potrubnými kanálmi so strojovňou. Vzhľadom k topológii podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte -3,7 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne.

Z pohľadu externých záplav môžu byť ohrozené HNČ a DČ. HNČ sú inštalované na úrovni 0,0 m v strojovni. Čerpadlá demineralizovanej vody 1 MPa sú inštalované v suteréne demineralizačnej linky. Vzhľadom k topológii podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte 0,0 m až po úplnom a dlhodobom zaplnení suterénu strojovne. Napríklad, hladina vody v EBO3,4 by sa musela dlhodobo udržiavať na úrovni +20 cm (pričom doba návratu 10 cm hladiny je 10 000 rokov).

Zostávajúce zariadenia nebudú ovplyvnené záplavou kvôli svojej vyvýšenej inštalácii.

Extrémne teploty a vietor môžu mať vplyv na prevádzkyschopnosť mobilného havarijného zdroja napájajúcej vody. Nepredpokladá sa, že extrémne nízke teploty by spôsobili zamrznutie SHNČ a zásobných nádrží, pretože systém je možné ohrievať hydraulickou prevádzkou čerpadiel. Systém vlastnej spotreby pary však nie je seizmicky odolný. Vplyv extrémne nízkych teplôt na zariadenia inštalované v strojovni a etažérke je považovaný za nepravdepodobný.

Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03g$ je potrebné uvažovať so stratou konfigurácie skupiny s gravitačným napájaním PG z NN. Zariadenia nie sú ovplyvnené externými záplavami, nakoľko ide o pasívny systém (a tiež s prihliadnutím na vyvýšenú inštaláciu zariadení).

Vplyv extrémne nízkych teplôt na zariadenia inštalované v strojovni a etažérke je považovaný za nepravdepodobný aj kvôli teplote chladiva počas gravitačného plnenia a načasovania jeho použitia pri SBO.

Systémy havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora

V režime **Feed&Bleed za použitia** čerpadiel VT / NT HSCHZ je možné prejsť podobne ako pri SHNČ v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. Konfigurácie pre túto stratégiu je možné vytvárať aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu bezpečnostných systémov.

V prípade odvodu tepla využívajúceho HSCHZ pri seizmickej udalosti je možné prejsť ku konfiguráciám vychádzajúcim nad rámec redundancií jednotlivých bezpečnostných systémov – podobne ako v predchádzajúcom prípade. Konfigurácie pre túto stratégiu je možné vytvárať aj vyrovnaním (zosúladením) HW patriacich do odlišných redundancií. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu bezpečnostných systémov.

Nízkotlakový havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v režime Feed&Bleed. Studené chladivo sa dodáva do P.O. čerpadlami NT HSCHZ. Horúce chladivo je z P.O. odvádzané cez PV KO do kontajneru. Po kondenzácii expandovaného chladiva P.O. v kontajneru za pomoci sprchového systému je toto chladivo nasávané čerpadlami NT HSCHZ a SSK z podlahy kontajneru a vedené cez chladič SSK priamo na sanie čerpadiel NT HSCHZ a SSK, ktoré ho dopravujú späť do P.O. a do trysiek sprchového systému kontajneru. Teplo sa odoberá vo výmenníku tepla SSK. Chladiacim médiom (konečným recipientom) je TVD. Taktiež, ako v predchádzajúcich prípadoch, je možné pristúpiť ku kríženiu HW patriacich do odlišných redundancií SSK, čím zvýšime robustnosť tejto stratégie.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky odolné pre PGA = 0,1 g (0,344 g).

Externé záplavy môžu ohroziť čerpadlá NT HSCHZ, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB na podlaží - 6,5m. Zvyšok zariadení v uvažovanej skupine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Odvod tepla v režime varu pri otvorenom reaktore

Chladivo v AZ sa ohrieva na teplotu sýtosti a následne dochádza k varu. Teplo je z aktívnej zóny odvádzané v dôsledku produkcie pary, ktorá stúpa cez bazén výmeny paliva na reaktorovú sálu. Pri tomto spôsobe odvodu tepla dochádza k zníženiu množstva chladiva v P.O. a pokiaľ nie je zabezpečené adekvátne dopĺňovanie môže dôjsť až obnaženiu AZ a poškodeniu paliva. Na dopĺňovanie P.O. je možné použiť akýkoľvek nízkotlakový zdroj vody. Z čerpadiel pripojených na zdroj zaisteného napájania je možné využiť nasledovné pre dopĺňovanie P.O.: čerpadlá VZ HSCHZ, NT HSCHZ, čerpadlá SSK a odpúšťania. Zahusťovanie chladiva je riešené periodickým preplachom (metóda je popísaná v podpornom dokumente pre STP). Použitie gravitačného plnenia P.O. z barbotážnych žlabov je alternatívou pre SBO. Tento režim odvodu tepla je možné po úplnom zaplnení bazénu výmeny paliva kombinovať s odvodom tepla cez PSA (PV PG). Dôjde pri tom k významnej redukcii odparu z bazénu výmeny paliva o 60-80 %. Odparovanie primárneho chladiva na reaktorovú sálu spôsobuje rozširovanie rádioaktivity do reaktorovej sály a príslušných miestností a je teda akceptovateľné len ak nie sú k dispozícii žiadne iné možnosti odvodu tepla.

Zosúladenie redundancií HSCHZ

Pre špecifické nadprojektové udalosti je možné využiť aj zosúladienie HW redundancií HSCHZ, a teda využiť aj konfigurácie, ktoré neboli uvažované v projekte. To znamená, že robustnosť systému HSCHZ sa značne zvýši, nakoľko ktorýkoľvek systém HSCHZ je možné použiť ako konečný recipient tepla. Vzájomné prepojenie redundancií HSCHZ je možné použiť na plnenie a vypúšťanie vetiev HSCHZ systému dochladzovania TK S.O.

Možné časové obmedzenia dostupnosti jednotlivých trás odvodu tepla a možné predĺženie času ich využitia pomocou vonkajších opatrení (napríklad spotreba vody v zásobných nádržiach a možné doplňovanie)

Prevádzkové systémy:

Na základe konzervatívnych ručných výpočtov a porovnania s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Systém dochladzovania S.O. – parovodný režim

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
3	áno	neobmedzene	dostatočná zásoba demineralizovanej vody
4	áno	neobmedzene	dostatočná zásoba demineralizovanej vody
5, 6	Nie	-	nízka stredná teplota P.O.

Pre nábeh systému dochladzovania S.O. zo studeného stavu sú potrebné približne 4 hodiny. Dovtedy je zostatkové teplo potrebné odvádzať alternatívnym spôsobom. V kontexte použitia týchto konfigurácií je možné použiť počas tohto obdobia Feed & Bleed na S.O., kde HNČ budú dopĺňať vodu z NN do PG a para bude odvádzaná cez PSA PG. Úbytok vody v NN je doplňovaný zo systému demineralizovanej vody 1 MPa. Počas tohto režimu je možné predpokladať maximálnu spotrebu demineralizovanej vody na úrovni 120 t (v prípade, že blok je pri vzniku IU odstavený z plného výkonu AO1). Hodnota 120 m³ je konzervatívna aj pre nižšie výkonové režimy, pretože v tomto prípade je nižšia počiatková hodnota zostatkového výkonu reaktora. Parná etapa dochladzovania S.O. je využiteľná len v prípade, keď je stredná teplota P.O. vyššia ako 100°C. Preto môžeme v ďalšom uvažovať, že táto konfigurácia je použiteľná iba v režimoch 1, 2, 3 a 4. V týchto režimoch je na viac možné prevádzkovať tieto konfigurácie v kontexte tejto správy neobmedzene dlho.

Systém dochladzovania S.O. - Vodovodná etapa

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
3	Nie	-	Vysoká stredná teplota P.O.
4	áno	neobmedzene	dostatočná zásoba vody v S.O.
5, 6	áno	neobmedzene	dostatočná zásoba vody v S.O.

Vodovodná etapa dochladzovania S.O. prirodzene nadväzuje na parnú etapu. Pre prevádzku systému dochladzovania S.O. vo vodovodnej etape je potrebné zaplniť PG ich parovody, HPK a celý systém dochladzovania vodou. Pre zaplnenie PG je potrebných približne 144 m³ vody, pre zaplnenie parných

potrubí približne 160 m³ vody. Celková spotreba je približne 300 m³. Ak uvažujeme, s prihliadnutím na topológiu systému dochladzovania S.O. s približne 10% nárastom tejto hodnoty (konzervatívny odhad) na zavodenie dochladzovacích čerpadiel S.O., celkovo je nutné počítať so spotrebou cca 330 m³. Obe NN pri nominálnych hladinách poskytujú minimálne 220 m³. Zásoby demineralizovanej vody v EBO a EMO pre prevádzkové systémy demineralizovanej vody sú minimálne 300 m³ / blok.

Ak uvažujeme s prechodom na vodovodnú etapu pri strednej teplote P.O. pod 140°C, je tento prechod možný približne po 12 hodinách od odstavenia bloku z nominálneho výkonu (uvažovaný trend dochladzovania S.O. 15°C/h po nábehu systému dochladzovania S.O. po cca 4 h). V súlade s predchádzajúcim bodom je potrebných cca 120 m³ DV počas prvých 4 h na odvod zostatkového výkonu a stabilizáciu strednej teploty P.O. na cca 260°C. Následne môžeme konzervatívne uvažovať s ďalšími 12 m³ vody počas dochladzovania S.O. na vychladzovanie NN. Pre zaplnenie dochladzovacieho okruhu S.O. je potrebných približne 330 m³. Teda, celková spotreba je menej ako 400 m³ vody. Na dochladenie bloku a nepretržitú prevádzku systému dochladzovania S.O. vo vodovodnej etape na odvod zostatkového výkonu plne postačuje zásoba vody z dvoch NN pri nominálnej hladine a zásoba DV z jednej nádrže DV.

Dochladenie S.O. bloku na strednú teplotu cca 140°C je možné skrátiť o 4 hodiny v prípade, že počas nábehu dochladzovacieho systému S.O. v parnom režime pristúpime zároveň k vychladzovaniu bloku trendom 15°C/h. Keďže uvažujeme počas prvých 4 hodín s režimom Feed&Bleed na S.O., je potrebné určiť spotrebu vody na dochladzovanie S.O. počas prvých 4 hodín. Na základe tepelnej kapacity P.O. experimentálne určenej počas horúcich skúšok pri spúšťaní bloku je dodatočná spotreba vody pri dochladzovaní S.O. trendom 15°C/h cca 5 m³/h. To znamená celkové zvýšenie spotreby vody približne o 20 m³. V kontexte predchádzajúceho odseku toto dodatočné navýšenie nepredstavuje riziko. Je potrebné zdôrazniť, že integrál spotreby NV na dochladenie S.O. bloku na danú teplotu nezávisí na trende dochladzovania S.O. Zvýšením trendu je teda možné získať čas a ušetriť desiatky metrov kubických NV na odvode zostatkového výkonu do doby, než sa chladiaci okruh na S.O. uzatvorí.

V prípade vzniku IU v nižšom režime ako je režim 3, bude spotreba vody adekvátne nižšia. V prípade, že by k vzniku IU došlo na konci parnej etapy dochladzovania tesne pred prechodom na vodovodnú etapu, zásoba vody v NN je dostatočná na zaplnenie dochladzovacieho okruhu. Systém dochladzovania S.O. bloku by sa preto plne zaobišiel bez systému DV 1 MPa. Následne by bolo možné považovať systém dochladzovania S.O. za schopný plniť danú bezpečnostnú funkciu bez obmedzenia.

Bezpečnostné systémy:

Na základe konzervatívnych zjednodušených výpočtov a porovnania s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Parogenerátory s PV PG/PSA

Potenciálna doba použiteľnosti konfigurácie s SHNČ:

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (dni)	Vysvetlenie
3	áno	>5 (EMO), ~3 (EBO)	zásoba demineralizovanej vody v nádrži DV
4	áno	>5 (EMO), ~3 (EBO)	zásoba demineralizovanej vody v nádrži DV
5, 6	Nie	-	nedostatočná teplota P.O.

Hodnoty uvedené v tabuľke sú odhadované pre minimálnu zásobu vody / reaktorový blok podľa LaP:EMO 3 x 650 = 1,950 m³, EBO 920 m³.

Tieto odhady sú však konzervatívne. Veríme, že na základe technického zhodnotenia je pre špecifické stratégie (napr. stabilizácia výstupnej teploty AZ a len teplota odvodu zostatkového tepla z AZ) je možné dobu použiteľnosti predĺžiť o niekoľko ďalších dní pre obe elektrárne.

Možnosti dopĺňania chladiva

Nádrže DV je možné dopĺňať z hasičských áut cez nátrubky. Tým je možné predĺžiť dobu použiteľnosti konfigurácií s SHNČ v kontexte záťažových testov na neobmedzene dlhú dobu.

Systémy havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora

Režim Feed&Bleed za použitia VT HSCHZ

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
3	áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajnementu
4, 5	áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajnementu
6	áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajnementu

Pre úspešnosť stratégie F&B je nutná disponibilita jednej redundancie bezpečnostného systému – vysokotlakového čerpadla HSCHZ a príslušnej zásobnej nádrže kyseliny boritej na podlahe boxu parogenerátorov. Tento režim odvodu tepla je popísaný v predpise FR-H.1, do ktorého operátor vstupuje pri červenej prioritě pre kritickú bezpečnostnú funkciu „Odvod tepla z AZ“. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate odvodu tepla na S.O., napríklad v dôsledku straty napájania PG. V prípade prechodu na recirkulačnú fázu je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo, nakoľko ide o uzatvorený chladiaci okruh. Chladičom je chladič SSK.

Pre udalosti v režimoch 4, 5, 6 je vrcholovým predpisom pre kritickú bezpečnostnú funkciu „Odvod tepla z AZ“ predpis SDFR-H.1. Režim Feed&Bleed je však použiteľný v ľubovoľnom režime.

Havarijný systém dochladzovania P.O. pri seizmickej udalosti

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
1,2, 3	Nie	-	príliš vysoký tlak a teplota v P.O.
4	Áno (pozri vysvetlenie)	neobmedzene	Použiteľné len ak je tlak v P.O. nižší ako 0,6 MPa a teplota studenej vetvy je nižšia ako 120 °C
5, 6	áno	neobmedzene	Uzatvorený cirkulačný okruh

Pre úspešnosť stratégie F&B je nutná disponibilita jednej redundancie bezpečnostného systému – nízkotlakového čerpadla HSCHZ a príslušného chladiča SSK. Tento režim odvodu tepla je popísaný v predpise SORNS SDFR-H.1, do ktorého operátor vstupuje pri červenej prioritě pre kritickú bezpečnostnú funkciu „Odvod tepla z AZ“. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate

odvodu tepla na S.O. Keďže sa jedná o uzatvorený cirkulačný okruh, je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo.

Ostatné systémy

Na základe konzervatívnych výpočtov a porovnania s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii s HNČ (alternatívny Feed&Bleed na S.O.)

Potenciálna doba použiteľnosti pre EMO1,2

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (dni)	Vysvetlenie
3	áno	10	Zásoba vody v nádržiach DV, NV a PG
4	áno	10	Zásoba vody v nádržiach DV, NV a PG
5, 6	Nie	-	nedostatočná teplota P.O.

Hodnoty uvedené v tabuľke sú odhadované pre minimálnu hraničnú zásobu vody / reaktorový blok 3 x 650 = 1 950 m³, dvoch NN pri nominálnej hladine (220 m³) konzervatívne znížený o 10 % a s uvažovaním zásoby vody v PG pre prvých približne 5 hodín po odstavení. Tento odhad je zároveň vypracovaný pre odstavenie z nominálneho výkonu v režime 1. Pre nižšie režimy (2, 3, 4) je možné uvažovať s ďalšou časovou rezervou až na úrovni 3h. V režimoch 5 a 6 sa neuvažuje s funkčnosťou týchto konfigurácií, nakoľko pre maximalizáciu výdrže je nutné pracovať v parnom režime Feed&Bleed na S.O. Vodovodný režim by bol možný až cca 10 dní po odstavení reaktora (s prihliadnutím na hydraulickú charakteristiku SHNČ).

V prípade nedostupnosti systému DV 1 MPa je s prihliadnutím k zásobe vody v PG na prvých približne 5 h po odstavení možné uvažovať s potenciálnou dobou použiteľnosti tejto sady konfigurácií na približne 25h.

Potenciálna doba použiteľnosti pre EBO3,4

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
1, 2, 3	áno	cca34 hodín	Zásoba vody v nádržiach DV a NV
4	áno	cca34 hodín	Zásoba vody v nádržiach DV a NV
5, 6	Nie	-	nedostatočná teplota P.O.

Hodnoty uvedené z tabuľke sú odhadované pre prevádzkovú zásobu demineralizovanej vody v jednej nádrži DV pre čerpadlá systému DV 1 MPa (cca 300 m³) a dvoch NN pri nominálnej hladine (220 t) konzervatívne znížený o 10%. Tento odhad sa vzťahuje aj na odstavenie z nominálneho výkonu v režime 1. Pre nižšie režimy (2, 3, 4) je možné uvažovať s ďalšou časovou rezervou až na úrovni 3h. V režimoch 5 a 6 sa neuvažuje s funkčnosťou týchto konfigurácií, nakoľko pre maximalizáciu výdrže je nutné pracovať v parnom režime Feed&Bleed na S.O. Vodovodný režim by bol možný až cca 10 dní po odstavení reaktora (s prihliadnutím na hydraulickú charakteristiku SHNČ).

V prípade havárie oboch blokov je nutné použiť druhú nádrž DV pre potreby susedného bloku. Pre typickú prevádzkovú konfiguráciu je k dispozícii ešte tretia nádrž DV (ďalších 150 m³ vody / blok). Teda, sebestačnosť stratégie Feed&Bleed so SHNČ je možné predĺžiť o ďalších cca 70h / blok pri zohľadnení zostatkového výkonu bloku po cca 34 h. Sumárne je preto možné očakávať, že pri vzniku IU

v lokalite EBO je stratégia F&B s HNČ schopná zabezpečiť bezpečnostnú funkciu „Odvod tepla z AZ“ po dobu približne 50 h pre každý z blokov bez potreby dopĺňania vody z externých zdrojov.

V prípade nedostupnosti systému DV 1 MPa je s prihliadnutím na zásoby vody v PG na prvých približne 14 h po odstavení možné uvažovať s potenciálnou dobou použiteľnosti tejto sady konfigurácií na približne 5h.

Možnosti dopĺňania chladiva

Nádrže DV je možné dopĺňať z hasičských áut cez nátrubky. Tým je možné predĺžiť dobu použiteľnosti konfigurácií s HNČ v kontexte záťažových testov na neobmedzene dlhú dobu.

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii so SHNČ (alternatívny Feed&Bleed na S.O.)

Pre nadprojektové udalosti je možné uvažovať s dopĺňaním PG pomocou SHNČ cez trasy odluhov a odkalov PG. Taktiež je možné využiť HW vzájomným krížením redundancií. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy je systém SHNČ využívaný v projektovej konfigurácii (striktné rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobustnení stratégie Feed&Bleed na S.O.

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii s gravitačným plnením PG priamo z NN

V prípade udalosti SBO, ktorá nie je kombinovaná/indukovaná seizmicou záťažou bloku je možné ako zdroj NV využiť gravitačné plnenie PG priamo z NN bez použitia akéhokoľvek čerpadla systému normálneho, resp. havarijného dopĺňovania. Ide o pasívny spôsob napájania PG. Na základe analýz je možná doba použiteľnosti tejto konfigurácie 25 hodín s prihliadnutím na zásoby vody v PG.

Systémy havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora

V režime Feed&Bleed za použitia čerpadiel VT HSCHZ je možné prejsť podobne ako pri SHNČ v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. Konfigurácie pre túto stratégiu je možné vytvárať aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy sú bezpečnostné systémy bloku využívané v projektovej konfigurácii (striktné rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobustnení stratégie Feed&Bleed na P.O. pri využití čerpadiel VT HSCHZ.

V prípade odvodu tepla využívajúceho HSCHZ pri seizmickej udalosti je možné prejsť k HW konfiguráciám vychádzajúcim nad rámec redundancií jednotlivých PG – podobne ako v predchádzajúcom prípade. Konfigurácie pre túto stratégiu je možné vytvárať aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy sú bezpečnostné systémy bloku využívané v projektovej konfigurácii (striktné rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobustnení stratégie Feed&Bleed na P.O. pri využití čerpadiel NT HSCHZ.

Nízkotlakový havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v režime Feed&Bleed.

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
1, 2, 3	Nie	-	Vysoký tlak v P.O.
4, 5	áno	neobmedzene	Tlak v P.O. nižší ako 0,7 MPa, recirkulačný režim z podlahy kontajneru
6	áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajneru

Použiteľnosť stratégie F&B s nízkotlakým čerpadlom HSCHZ je silne závislá na podmienkach, u ktorých je možné uvažovať o nasadení tejto konfigurácie. Celkové akumulované teplo v P.O. je hlavným parametrom, nakoľko ovplyvňuje schopnosť rýchleho odtlakovania P.O. prostredníctvom uzlu PV KO pod záverný tlak čerpadiel NT HSCHZ. Okrem samotného čerpadla je pre tieto konfigurácie nutná disponibilita príslušnej zásobnej nádrže kyseliny boritej alebo zásoba chladiwa na podlahe boxu PG. Tento režim odvodu tepla je popísaný v HPP FR-H.1 alebo SDFR-H.1, do ktorých operátor vstupuje pri červenej prioritě pre kritickú bezpečnostnú funkciu „Odvod tepla z AZ“. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate odvodu tepla na S.O., napríklad v dôsledku straty napájania PG a nie je k dispozícii žiadny VT HSCHZ zdroj pre dopĺňanie chladiwa P.O. V prípade prechodu na recirkulačnú fázu je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo, nakoľko ide o uzatvorený chladiaci okruh. Chladičom je chladič SSK.

Kríženie redundancií TVD

Pri špecifických nadprojektových udalostiach je možné využiť kríženie redundancií TVD, a teda využiť aj projektovo neuvažovanú redundantnosť TVD. Vzájomné prepojenie redundancií HSCHZ je možné použiť na plnenie a vypúšťanie vetiev HSCHZ systému dochladzovania TK S.O.

Zdroje a akumulátory striedavého prúdu, ktoré by mohli zabezpečiť potrebné napájanie každej vetvy (napr. napájanie čerpadiel a ventilov, na riadenie prevádzky systémov)

Komponenty uvedených konfigurácií sú napájané hlavne zo SZN, čo znamená, že v prípade výpadku pracovného alebo rezervného napájania je ich možné elektricky napájať z DG. Zároveň PSA PG a RČA na parovodoch PG a na všetkých systémoch nachádzajúcich sa na strane P.O. sú napájané aj z I. kategórie SZN. Tieto armatúry je preto možné napájať z batérií. Z hľadiska redundancie je elektrické napájanie navrhnuté tak, že v prípade prevádzky redundantných zariadení/trás v daných systémoch je ich napájanie realizované redundantne z jedného DG. Každé zariadenie má v databáze vypracovanej pre hodnotenie priradené všetky možné elektrické príklady. Preto pri filtrovaní pre danú udalosť je možné analyzovať straty zariadení v dôsledku výpadkov všetkých zdrojov elektrického napájania.

Potreba a spôsob chladenia zariadení, ktoré patria do istého reťazca prenosu tepla; zvláštny dôraz by sa mal klásť na overovanie skutočnej diverzity alternatívnych reťazcov prenosu tepla (napr. chladenie vzduchom, chladenie vodou zo samostatných zdrojov, potenciálne obmedzenia v zabezpečení príslušného chladiwa)

Prevádzkové systémy:

System dochladzovania S.O.

Konečným recipientom tepla v oboch uvažovaných prevádzkových režimoch je systém technickej vody dôležitej. Na strane P.O. je odvod tepla z AZ realizovaný v režime prirodzenej cirkulácie (konzervatívny predpoklad použitý pri tvorbe konfigurácii).

Parný a vodný režim dochladzovania S.O. predstavujú vo svojej podstate dve fyzikálne diverzné konfigurácie, nakoľko každý z režimov používa na cirkuláciu chladiva v chladiacom okruhu vzájomne odlišné čerpadlá (HNČ, resp. DČ).

Strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť systému dochladzovania S.O., pretože pre tento systém predstavuje konečný odvod tepla. Zároveň čerpadlá HNČ a DČ strácajú chladenie upchávok. Elektromotory čerpadiel sú chladené vzduchom.

TK1 je chladený systémom TVD1, TK2 je chladený systémom TVD2. Systém TVD3 predstavuje redundantnú zálohu pre chladenie každého TK.

Konečným recipientom tepla pre systém TVD je atmosféra. Oteplená TVD sa chladí v chladiacich vežiach TVD. Každý systém má vlastnú sadu veží a čerpadiel.

Bezpečnostné systémy

Feed&Bleed na S.O. so SHNČ

Konečným recipientom tepla je atmosféra. Odvod tepla z AZ preto nie je závislý na špeciálnom chladiacom okruhu, ktorý sprostredkúva prenos tepla z P.O. do konečného recipientu.

Ak nie je k dispozícii napájanie z BBB, BBC alebo BBD, strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť systému, pretože dôjde k výpadku DG, ktoré zabezpečujú autonómne napájanie SHNČ.

SHNČ sú chladené vzduchom. Pre ich prevádzku nie sú potrebné akékoľvek špecifické pomocné systémy.

Stratégia Feed&Bleed na S.O. je diverznou stratégiou odvodu tepla, pretože predstavuje najjednoduchší a najrobustnejší spôsob odvodu tepla cez S.O. realizovateľný s minimálnym počtom zariadení.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlakový, nízkotlakový)

Konečným recipientom tepla je systém TVD pre všetky prípady. Na odvod tepla sa využíva chladič SSK.

Strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť týchto konfigurácií, pretože dôjde k strate ich konečného recipientu tepla.

V prípade nefunkčnosti sprchového chladiča je možné odvádzať teplo z AZ v akumulačnom režime v rádo vo desiatkach hodín. Je možné využiť akumulačnú schopnosť chladiva z nádrží HSCHZ ako aj žľabov barbotážneho systému JMP. Celkovo je k dispozícii viac ako 2000 m³ chladiva.

Stratégie odvodu tepla využívajúcich havarijné systémy predstavujú ďalší diverzný spôsob odvodu tepla, ale len na úrovni primárnych zariadení. Z dlhodobého hľadiska sú závislé na systéme TVD ako konečnom recipiente tepla.

Ostatné systémy

Feed&Bleed na S.O. s HNČ

Pre tieto konfigurácie platia tvrdenia z konfigurácií analogických za použitia s SHNČ. Jediný rozdiel spočíva v nutnosti chladiť upchávky HNČ pomocou TVD a použitie odlišného zdroja chladiva. Ten svojou kapacitou výrazne zaostáva za možnosťami konfigurácií s SHNČ a v prípade nefunkčnosti systému DV 1 MPa nie je možné predlžovať dobu jeho použiteľnosti.

Gravitačné plnenie PG z NN

Konečným recipientom tepla je atmosféra, nakoľko ide o režim Feed&Bleed.

Využitelnosť tejto stratégie je, podobne ako v predchádzajúcom prípade, limitovaná objemom vody v NN, ktorý ani v prípade optimistických odhadov spravidla neprevyšuje 250 m³.

Keďže však ide o pasívny systém nevyužívajúci čerpadlá, môžeme ho považovať za ďalší diverzný spôsob zabezpečenia bezpečnostnej funkcie „Odvod tepla z AZ“.

Doplňovanie PG pomocou mobilných čerpadiel

Konečným recipientom tepla je atmosféra. Nakoľko ide o režim Feed&Bleed, odvod tepla z AZ nie je závislý na špeciálnom chladiacom okruhu, ktorý sprostredkúva prenos tepla z P.O. do konečného recipientu.

Strata TVD nespôsobí neprevádzkyschopnosť systému. VT čerpadlá na špeciálnej cisterne ZHÚ nezávisí od prevádzky DG, nakoľko má vlastný motor.

Mobilný havarijný zdroj napájacej vody nevyžaduje žiadne špecifické pomocné systémy.

Využitie tejto stratégie nie je limitované objemom vody.

2.1.2.3 Prenos tepla z BVP do UHS

Z hľadiska odvodu tepla z BVP existujú dva režimy skladovania vyhoreného, resp. ožiareného paliva:

Vyhoreté palivo z predchádzajúcich kampaní skladované pod vodou za účelom zníženia ich aktivity a zostatkového tepla. Nominálna hladina v BVP v tomto režime je min. 14,45 m.

Najkritickejším scenárom pre udalosť "Odvod tepla z BVP" je vyvezenie celej aktívnej zóny do bazéna. V tomto prípade je potrebné odvieť celé zostatkové teplo vyvezenej AZ, ako aj teplo z kaziet z predchádzajúcich kampaní. Vyvezenie kompletnej aktívnej zóny sa vykonáva najskôr po 10 dňoch od odstavenia reaktora. Doba zotrvania v tomto režime je približne 25 dní raz za 4 roky. V tomto režime sa kazety skladujú v dvoch mrežiach umiestnených nad sebou. V tomto režime sa hladina v BVP zvyšuje na 21 m.

Zostatkové teplo sa odvádza z BVP nútenou cirkuláciou vody cez chladiče chladené systémom TVD. Konečným recipientom tepla je TVD (pre projektové aj nadprojektové udalosti), strata poslednej funkčnej trasy predstavuje cliff-edge účinok, nakoľko od tohto momentu je potrebné odvádzať naakumulované teplo z chladiva BVP ohrievaním, varom a odparovaním.

Všetky existujúce prostriedky/ trasy na odvod tepla z BVP

Teplota v skladovacom bazéne sa počas normálnej prevádzky udržiava na hodnote 30 až 40°C pomocou dvoch nezávislých trás systému chladenia BVP. Každá trasa dokáže odvieť zostatkové teplo z paliva

skladovaného v bazéne predtým, ako aj maximálnu tepelnú záťaž z operatívneho vyvezenia paliva. Dodatočný tretí nezávislý systém chladenia BVP bol v EBO zrealizovaný v rámci projektu modernizácie a jeho hlavnou príčinou boli prevádzkové otázky. Existujú podrobné prevádzkové predpisy a HPP popisujúce spôsob riešenia nepravdepodobného simultánneho zlyhania všetkých trás systému chladenia BVP.

Podmienky v BVP sú neustále monitorované a hodnotení pomocou Kritických bezpečnostných funkcií (KBF) v stavovom strome KBF. Otázky zaoberajúce sa havarijnými stavmi BVP (zlyhanie všetkých trás chladenia alebo strata integrity BVP a následné porušenie KBF) sú popísané v HPP pre odstávku BVP. Obnova a udržanie kritických bezpečnostných funkcií predpokladá využitie systémov, ktoré bežne vykonávajú funkcie v normálnych prevádzkových podmienkach, ale ktoré ej potenciálne možné využiť pre tento účel.

Okrem hlavných systémov chladenia BVP existuje niekoľko ďalších konfigurácií zariadení, ktoré poskytujú záložnú funkciu odvodu tepla a ktoré boli identifikované počas záťažových testov. Všetky špecifické konfigurácie systémov a komponentov sú zahrnuté do databázy konfiguračnej matice vypracovanej na hodnotenie dopadov externých udalostí na redundantné zabezpečenie bezpečnostných funkcií.

Teplo je z BVP možné odvádzať nasledovnými spôsobmi:

- Využitím hlavného systému chladenia BVP (dve trasy)
- Akumuláciou tepla v nádržiach NT HSCHZ (3 trasy)
- Dopĺňovaním vody BVP a zaparením reaktorovej sály (atmosféry).

Príslušné informácie o usporiadaní, fyzickej ochrane, časových obmedzeniach používania, napájacích zdrojoch a chladení zariadení sú vysvetlené v špecifických technických správach závodov zo záťažových testov

Prevádzkové systémy:

Hlavný systém chladenia BVP – všetky normálne prevádzkové režimy

Systém pozostáva z dvoch redundantných trás, z ktorých každá je naprojektovaná na odvod zostatkového tepla z BVP až do výkonu 8,14 MW. Tretia trasa (len EBO) je schopná odvádzať zostatkové teplo až do výšky 1 MW a je možné ju použiť ako čiastočnú zálohu za špecifických podmienok.

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim BVP	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
Všetko palivo vyvezené do BVP, hladina v BVP $\geq 21,0$ m, výkon 4,87 MW	áno	neobmedzene	Jedna z dvoch hlavných trás
Len vyhorené palivo z predchádzajúcich kampaní v BVP, hladina v BVP $\geq 14,45$ m, výkon 1,25 MW	áno	neobmedzene	Jedna z dvoch hlavných trás
Len vyhorené palivo z predchádzajúcich kampaní v BVP,	až do 1 MW - (väčšinou pre	neobmedzene	Tretia trasa (len EBO)

hladina v BVP \geq 14,45 m, výkon 1,25 MW	prevádzkové účely)		
---	--------------------	--	--

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky zodolnené až pre PGA = 0,1 g (0,344 g pre EBO).

Externé záplavy neohrozia zariadenia, nakoľko sú umiestnené na +6,0m v HVB.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Vykonané analýzy nenasvedčujú vplyv extrémnych teplôt a vetra na okruh TVD.

Akumuláciou tepla v nádržiach NT HSCHZ

BVP je možné chladiť doplnovaním z nádrží NT HSCHZ (s následným vypúšťaním zahriateho chladiva späť do systému HSCHZ; odvod tepla sa zabezpečuje akumuláciou tepla v nádržiach, čím sa odďaľuje začiatok varu v BVP). Nádrže NT HSCHZ majú počiatočnú teplotu až do 55 °C. Rezerva pre akumuláciu tepla z BVP je ďalších 35 °C. Existuje niekoľko konfigurácií zabezpečujúcich trasu z HSCHZ do BVP.

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim BVP	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (h)	Vysvetlenie
Všetko palivo vyvezené do BVP, hladina v BVP \geq 21,0 m, výkon 4,87 MW	áno	3	Je možné použiť až pokým teplota v nádržiach NT HSCHZ nedosiahne 90 °C
Len vyhorené palivo z predchádzajúcich kampaní v BVP, hladina v BVP \geq 14,45 m, výkon 1,25 MW	áno	6	Je možné použiť až pokým teplota v nádržiach NT HSCHZ nedosiahne 90 °C

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Niektoré zariadenia v reťazci odvodu tepla sú bez seizmickej kvalifikácie. Po seizmickej udalosti presahujúcej PGA = 0,03 g (0,05 g pre EBO) je možné očakávať stratu ich prevádzkyschopnosti.

Externé záplavy a extrémne teploty a počasie nemôžu zariadenia ohroziť, nakoľko sú inštalované v budove HBV.

Odvod tepla z BVP odparovaním a odvod tepla do reaktorovej sály

Po zlyhaní chladenia sa chladivo v BVP zahrieva na teplotu nasýtenia a teplota varu sa dosiahne po 2,7 h (režim s palivom na hornej mreži, výkon 4,87 MW) až 10,7 h (normálne podmienky, výkon 1,25 MW). Teplota sa odvádza vyparovaním BVP do reaktorovej sály. Pri tomto spôsobe odvodu tepla dochádza k znižovaniu množstva chladiva v BVP a pokiaľ nie je zabezpečené adekvátne doplnovanie môže dôjsť až obnaženiu a poškodeniu paliva. Na doplnovanie BVP je možné použiť akýkoľvek nízkotlakový zdroj vody. Odparovanie chladiva z BVP vyústi do uvoľnenia rádioaktivity do reaktorovej sály a priľahlých miestností; teda, je akceptovateľné len v prípade nedostupnosti akýchkoľvek iných možností odvodu tepla.

Čerpadlá VT a NT HSCHZ a základného systému doplňovania / vypúšťania, ktoré sú napájané z 2. Kategórie základného systému napájania je možné použiť pre odvod tepla z BVP len v situáciách, keď sa medzi bazénom výmeny a BVP odstráni bariéra počas režimov 6 alebo 7.

Počas vývoja konfiguračnej databázy boli identifikované určité iné konfigurácie, niektoré z nich umožňujú vstrekať obsah všetkých nádrží NT a VT HSCHZ do BVP. Všetky čerpadlá využívané v konfiguráciách majú výrazne vyšší prietok ako najkonzervatívnejší predpoklad vypareného objemu chladiva. BVP je možné zásobovať aj požiarnymi čerpadlami.

Čerpadlá niektorých z týchto konfigurácií sú však normálne prevádzkové systémy a nemajú klasifikované napájanie. Tie isté obmedzenia platia aj pre seizmickú odolnosť. Podrobné rozmiestnenie a popis konfigurácie je uvedený v špecifických technických správach zo záťažových testov elektrární.

Gravitačné plnenie zo žlabov barbotážneho systému je najspoľahlivejšou konfiguráciou dopĺňania BVP. Využitie pasívneho gravitačného plnenia zo žlabov barbotážneho systému je užitočné predovšetkým pre SBO. Počet trás, ktoré je možné využiť, závisí od hladiny v BVP, pretože do BVP je možné vyprázdniť len žľaby vyššie umiestnené ako je aktuálna hladina vody v BVP.

Potenciálna doba použiteľnosti

Režim BVP	Použiteľnosť	Doba do dosiahnutia stavu (dni)	Vysvetlenie
Všetko palivo vyvezené do BVP, hladina v BVP $\geq 21,0$ m, výkon 4,87 MW	áno	5	Viac informácií v kapitole 5
Len vyhorené palivo z predchádzajúcich kampaní v BVP, hladina v BVP $\geq 14,45$ m, výkon 1,25 MW	áno	21	Viac informácií v kapitole 5

Doba použiteľnosti zodpovedá len dopĺňaniu BVP zo žlabov barbotážneho systému kvôli veľmi širokému spektru možných konfigurácií. Požadované doplňovanie BVP / blok v režime odvodu tepla z BVP odparovaním sa pohybuje od 2 m³/h (výkon 1,25 MW) až do 8 m³/h (výkon 5 MW). V prípade vyvezenej aktívnej zóny (výkon 4,87 MW) je možné použiť len prvých sedem žľabov; v prípade, že v BVP sa skladuje len palivo z predchádzajúcich kampaní (výkon 1,25 MW), je možné využiť horných deväť žľabov.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia využívané pre gravitačné doplňovanie BVP sú seizmicky kvalifikované na PGA = 0,1 g (0,344g pre EBO). Externé záplavy nemôžu zariadenia ohroziť, nakoľko sa všetky nachádzajú v budove reaktora. Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďa na zariadenia je zanedbateľný, pretože sú umiestnené v budove reaktora.

Počas vypracovávania konfiguračnej databázy boli vykonané podrobné analýzy možných konfigurácií pre odvod tepla z BVP. Dostupnosť týchto konfigurácií závisí od dostupnosti zásob vody v nádržiach. V prípade úplnej dostupnosti nasledovných zdrojov (žľaby barbotéra, nádrže VT a NT HSCHSZ, hydroakumulátory, zásobné nádrže čistého kondenzátu, odplyňovače systému doplňovania, zásobné nádrže kyseliny boritej) je približná doba autonómie BVP 14 dní alebo 53 dní v závislosti od obsahu BVP. Dodatočné rezervy je možné zabezpečiť vstrekaním vody ZHÚ.

2.1.2.4 Prenos tepla z kontajnementu do UHS

Kontajnement V213 je komplex pozostávajúci z rozličných systémov umožňujúcich plnenie jeho bezpečnostných funkcií (obr. 6). Technické odôvodnenie úplného súladu medzi kontajnementom blokov VVER 440 na Slovensku a príslušnými bezpečnostnými požiadavkami MAAE a WENRA je zhrnuté v Prílohe 2 k tejto správe.

Kontajnement zahŕňa nielen stavebnú časť dimenzovanú na vnútorný pretlak, ale aj zariadenia zaisťujúce jeho tesnosť. Patria sem nasledovné zariadenia:

- Hermetická výstelka (vonkajšia, vnútorná)
- Hermetické prechodky (elektrické, technologické)
- Hermetické dvere a prielezy
- Kryty
- Kryt reaktora (tzv. „kolpak“)
- Klapka bazénu výmeny paliva
- Pohony ionizačných komôr
- RČV

Projektové parametre kontajnement sú:

- Maximálny projektový tlak: 245 kPa
- Minimálny projektový tlak: 80 kPa
- Maximálna teplota: 129 °C
- Maximálna vlhkosť: 100 % s vodnými kvapkami
- Maximálna ionizačná radiačná dávka: 10^5 Gy / 10 rokov (táto hodnota sa vzťahuje na box PG)

Oddelenia kontajnementu sú umiestnené vo vnútri budovy reaktora. Kontajnement zahŕňa nasledovné časti budovy reaktora:

- Box parogenerátorov
- Barbotážnu vežu so šachtou lokalizácie havárií a štyrmi plynojemami
- Centrum VZT
- Bazén výmeny paliva (kolpak + klapka)

Hlavné systémy kontajnementu:

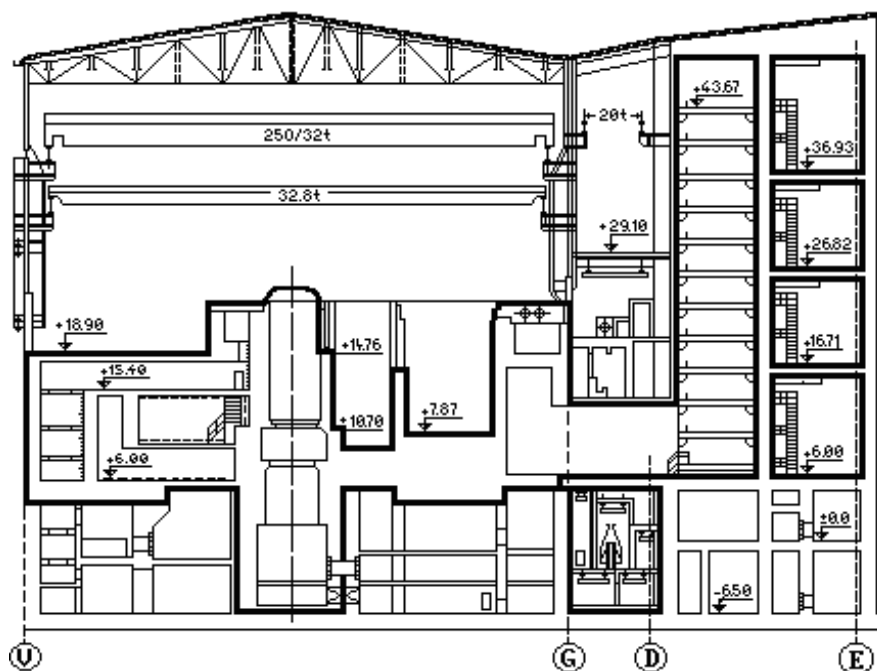
V závislosti od pomocných funkcií vykonávaných jednotlivými systémami je možné ich rozdeliť do nasledovných skupín:

Systém izolácie kontajnementu – jeho úlohou je oddeliť kontajnement od okolitého prostredia uzavretím RČUV na potrubíach prechádzajúcich cez hranice kontajnementu, čím zabráni priamemu uvoľneniu rádioaktivity do okolitého prostredia. Aktivuje sa zvýšeným tlakom v kontajnemente.

Sprchový systém kontajnementu – tento systém spĺňa dve hlavné úlohy: Prvou je odvod tepla z kontajnementu počas havárie. Chladivo rozprašované v kontajnemente absorbuje teplo z kontajnementu a odovzdáva ho TVD v chladiči SSK v recirkulačnom režime. Zároveň pomocou chemických aditív obsiahnutých v rozprašovanom chladive dochádza k chemickému viazaniu rádioaktívneho jódu a jeho zlúčenín, čím prispieva k minimalizácii rádioaktívnych únikov.

VZT systémy kontajnementu – recirkulačné systémy VZT kontajnementu zabezpečujú chladenie vzduchu v kontajnemente počas normálnej prevádzky. Túto funkciu vykonávajú systémy VZT pre chladenie miestnosti PG a chladenie šachty reaktora a barbotážnej veže. Chladiče týchto systémov sú chladené systémom chladiacej vody a TVD. Okrem toho, projekt SAM modifikoval časti vzduchového potrubného systému tak, aby umožňovali realizáciu stratégie ZVN (pozri kapitolu 6).

Pasívny systém potlačenia tlaku v kontajnemente – tento systém obmedzuje hodnotu maximálneho tlaku v kontajnemente pri LOCA alebo RPP v kontajnemente. Táto činnosť využíva tzv. žľaby barbotážneho systému používané na kondenzáciu expandovaného chladiva, čo má pozitívny dopad na priebeh maximálneho tlaku v kontajnemente.



Poznámka: Hrubá čiara – vonkajšia hranica kontajnementu

OBR. 6: Vertikálny prierez budovy reaktora

Systém riadenia vodíka – pozri kapitolu 6.

Funkcia barbotážneho systému:

Barbotážny systém umiestnený v barbotážnej veži je s ostatnými priestormi hermetickej zóny prepojený spojovacím koridorom. Odtiaľ sa parovzdušná zmes rozvádza pod barbotážne žľaby umiestnené v 12 poschodiach nad sebou. Na každom poschodí je umiestnených 10 žľabov pracujúcich paralelne. Parovzdušná zmes sa ku každému žľabu privádza pomocou kanálov vytvorených opornými nosníkmi, dnami (privarenými

k nosníkom) a bočnými plechmi. Barbotážne žľaby sú naplnené borovou vodou s obsahom kyseliny boritej 12 g/kg. Táto voda umožňuje hydraulické utesnenie medzi atmosférou kontajneru a priestorom za barbotážnymi kondenzátormi.

Priestor nad barbotážnymi žľabmi je cez zdvojené spätné armatúry (klapky 500 mm) spojený so záchytnými komorami (plynojemami). Plynojemky sú štyri a ku každému sú pripojené tri poschodia barbotážnych žľabov. Na boku žľabov na každom poschodí sú nainštalované dve samouzatváracie klapky DN 250, ktoré zamedzujú vytláčaniu vody zo žľabov pri malých a stredných haváriách LOCA. Umožňujú prietok len v smere z priestoru nad žľabmi do priestoru šachty barbotéra a úplne sa zatvárajú ak je absolútny tlak v priestore šachty barbotéra väčší než 170 kPa.

Potlačenie tlaku v kontajneru v prípade nadprojektovej havárie a zabránenie jeho nárastu nad neprípustné hodnoty je pasívne zabezpečené barbotážnym systémom. Nie sú preto potrebné žiadne aktívne systémy (napr. sprchový systém kontajneru) na zabránenie pretlakovania kontajneru.

Počas 90. rokov bolo vykonaných množstvo prieskumov, vrátane analýz a experimentov realizovaných závodmi, ako aj projektov EÚ PHARE a s nimi spojených činnosti skupiny odborníkov OECD NEA za účelom plného potvrdenia kapacít barbotážneho systému. Tieto prieskumy zohľadňovali, okrem iného, aj pokusy zamerané na simulovanie podmienok veľkej LOCA (ktorá je najväčšou výzvou pre odolnosť konštrukcií) a poskytli primerané odpovede na najdôležitejšie otázky spojené s funkciou barbotážneho kondenzátora. Všetky zostávajúce otázky boli s konečnou platnosťou vyriešené experimentálnym programom zorganizovaným maďarskými, českými a slovenskými elektrárňami v roku 2001 a následne zrealizované v zariadení EREC v Ruskej federácii v úzkej spolupráci s OECD NEA. Závety týkajúce sa experimentálnych a analytických dôkazov boli zhrnuté v správe NEA/CSNI/R(2003)12 z apríla 2003.

Všetky existujúce systémy /reťazce na odvod tepla z kontajneru do atmosféry

Pre zabezpečenie bezpečnostnej funkcie „Integrita kontajneru“ (v kontexte tejto správy sa jedná len o odvod tepla z kontajneru) sú navrhnuté nasledovné systémy:

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajneru

Tieto systémy sa využívajú na chladenie miestnosti PG a šachty reaktora. Použitie týchto systémov sa uvažuje len za normálnej prevádzky. Konečným recipientom tepla odvedeného z kontajneru je systém TVD a systém chladenej vody. Odvod tepla sa realizuje v chladičoch týchto VZT systémov.

Sprchový systém kontajneru

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez tepelný výmenník HSCHZ a recirkuláciu chladiva P.O. z podlahy kontajneru. Konečným recipientom tepla je systém TVD. Tento systém sa využíva na odvod tepla z kontajneru počas DBA sekvencií spojených s únikom chladiva P.O. alebo S.O. v kontajneru.

Vzhľadom na skutočnosť, že hodnotenie blokov má byť vykonané aj v oblasti nadprojektových udalostí, pre zabezpečenie bezpečnostnej funkcie „Integrita kontajneru“ boli uvažované aj nasledovné konfigurácie vychádzajúce nad rámec ich typického projektového použitia.

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajneru

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajnementu je možné využiť na odvod tepla z kontajnementu v prípade BDBA je v prípade splnenia špecifických podmienok s prihliadnutím na charakter danej udalosti. Sumárny chladiaci výkon týchto systémov však bude závisieť na aktuálnej prevádzkyschopnosti systému chladenej vody a TVD. Chladiace kapacity VZT systému v prípade nadprojektovej havárie musia byť experimentálne overené.

Sprchový systém kontajnementu

V prípade BDBA je možné uvažovať s využitím čerpadiel SSK, podobne ako v prípade stratégií za využitia čerpadiel VT a NT HSCHZ, v konfiguráciách vychádzajúcich nad rámec zvyčajných redundancií BS. Konfigurácie pre túto stratégiu je v zásade možné vytvárať aj krížením rôznych redundancií.

Príslušné informácie o usporiadaní, fyzickej ochrane, časových obmedzeniach používania, napájacích zdrojoch a chladiacích zariadeniach

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajnementu

Tieto môžu byť v prevádzke nepretržite, nakoľko ide o recirkulačné systémy.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené priamo v kontajnemente. Nie sú preto ohrozené extrémnymi poveternosťmi vplyvmi.

Sprchový systém kontajnementu

Sprchový systém kontajnementu je po premanipulovaní sania na podlahu kontajnementu recirkulačný, preto môže byť v prevádzke nepretržite.

Odolnosť voči extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky kvalifikované.

Z hľadiska externých záplav budú čerpadlá SSK ohrozené s pravdepodobnosťou nižšou ako 10^{-4} v prípade záplavových podmienok trvajúcich viac ako 2 dni. Zostávajúce zariadenia v uvažovanej skupine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnené.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

2.1.2.5 Striedavé zdroje napájania

Externé napájanie zo siete

Pripojenia elektrárne na vonkajšiu sieť: prenosové linky a potenciálne zemné trasy s ich pripojovacími bodmi, fyzická ochrana a projektové opatrenia proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam

Na každom reaktorovom bloku sú inštalované 2 turbogenerátory. Výkon generátorov je zapuzdrenými vodičmi privedený na blokové transformátory 295 MVA (300 MVA v EBO3,4) 15,75 kV. Po transformácii na

napätie 400 kV je privedený do rozvodne ZVN 400 kV, ktorá je zaradená za transformátorom. Do rozvodne je zaústené 400 kV vedenie, ktorým je vyrábaný výkon prenášaný do 400 kV ZVN rozvodní mimo elektrárne.

Výkon z oboch blokov JE EMO1,2 je dodávaný do 400 kV rozvodne ZVN Veľký Ďúr (vzdialenej približne 7 km) dvoma vedeniami. Výkon z 3. bloku EBO je vyvedený jednou linkou do rozvodne ZVN 400 kV Bošáca pri Novom Meste n/Váhom) vzdialenej cca 41 km. Výkon zo 4. bloku EBO je vyvedený jednou linkou do rozvodne ZVN / VVN 400/220/110 kV Križovany vzdialenej cca 20 km.

Elektrická schéma umožňuje zabezpečiť pri práci aspoň jedného reaktorového bloku, napájanie rezervného TR druhého bloku bez ohľadu na prechodné stavy v ES a tým napájanie celej vlastnej spotreby tohto bloku. Spotrebiče v EMO1,2 je možné napájať nasledovným spôsobom:

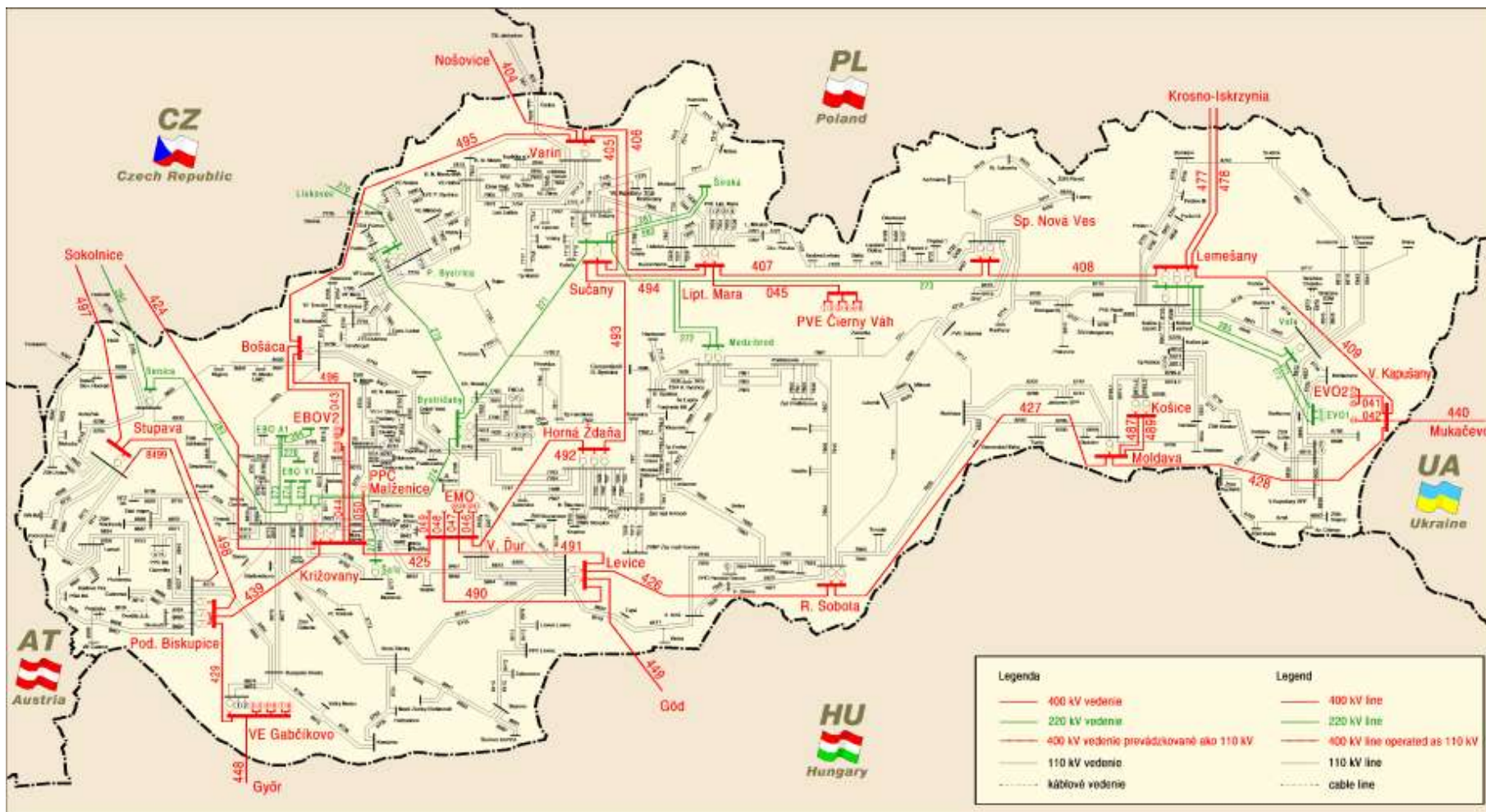
- Z jedného zo štyroch pracujúcich generátorov elektrárne, pokiaľ elektrárne dodáva energiu do siete 400 kV cez transformátor vlastnej spotreby a tiež v prípade jeho zregulovania na vlastnú spotrebu
- 2 x zo siete rozvodu 400 kV - cez trasy vyvedenia výkonu bloku do elektrickej siete, keď sú TG odstavené (400 kV linka z rozvodne Veľký Ďúr)
- 2 x z rezervných transformátorov bloku – zo 110 kV záložného napájania po AZR (2 x 110 kV z rozvodne Veľký Ďúr)
- Pripojenie k vodnej elektrárni Gabčíkovo, to však vyžaduje dostupnosť siete
- Z DG – havarijný zdroj napájania
- Z akumulátorov – zaistené napájanie I. kategórie

Spotrebiče v EBO3,4 je možné napájať nasledovnými spôsobmi:

- Z jedného zo štyroch generátorov elektrárne, pokiaľ elektrárne dodáva energiu do siete 400 kV a tiež v prípade jeho zregulovania na vlastnú spotrebu
- 2 x zo siete rozvodu 400 kV - cez trasy vyvedenia výkonu bloku do elektrickej siete, keď sú TG odstavené (400 kV linka z rozvodne Bošáca alebo 400 kV linka z rozvodne Križovany)
- 2 x z rezervných transformátorov bloku (z rozvodne Bošáca 110kV z rozvodne Križovany 220 kV, ak je vývod do siete 400 kV vypnutý)
- 1x zo siete 110kV z hydrocentrály Madunice
- Z DG – havarijný zdroj napájania
- Z akumulátorov – zaistené napájanie I. kategórie
- Z DG 2 x susedná JE V1

Táto správa sa zameriava na základné a havarijné napájanie, nakoľko nedostupnosť vonkajšej siete za extrémnych udalostí je sporná. Počet spotrebičov na úrovni DG a akumulátorov – batérií je obmedzený a závisí od kapacity zdroja. Tieto spotrebiče sú napájané z troch nezávislých havarijných zdrojov napájania. V prípade havárie je každý systém schopný zabezpečiť jadrovú bezpečnosť bloku vo všetkých režimoch a za všetkých prevádzkových podmienok bloku, zatiaľ čo dostupnosť kategórií, s ohľadom na výkon a vybavenie, môže zabezpečiť bezpečný odvod tepla (odstavenie) bloku s 300 % redundanciou.

Pripojenie oboch JE k 400 kV prenosovému systému SR je znázornený na obr. 7.



OBR. 7:Pripojenie slovenských JE do elektrizačnej sústavy Slovenska <http://www.sepsas.sk/seps>

Distribúcia elektrickej energie v rámci elektrárne

Hlavné káblové trasy a podružné rozvádzače

Poznámka:Všetky skratky uvedené v tejto kapitole sú na obr. 8 a 9.

Schéma napájania vlastnej spotreby začína pracovnými TR VS 1 BT01(02), ktoré sú napájané z línie vyvedenia výkonu. Tieto TR znižujú napätie z 15,75 kV na hodnotu 6,3 kV, vhodnú pre napájanie spotrebičov vo VS.

Z každého pracovného TR VS sú napájané dva rozvádzače 6 kV nezaisteného napájania. TR 1BBT01 napája rozvádzače 1BBA a 1BBB, TR 1BBT02 rozvádzače 1BBC a 1BBD. Z týchto rozvádzačov sú napájané spotrebiče VS, ktoré vzhľadom na svoj výkon vyžadujú napájacie napätie 6 kV. TR VS je pripojený na trasu vyvedenia výkonu pred blokovým TR zapuzdrenými vodičmi 15,75kV/11kA. Vývod do 6 kV rozvodní nezaisteného napájania je pomocou zapuzdrených vodičov 6kV/2,5 kA.

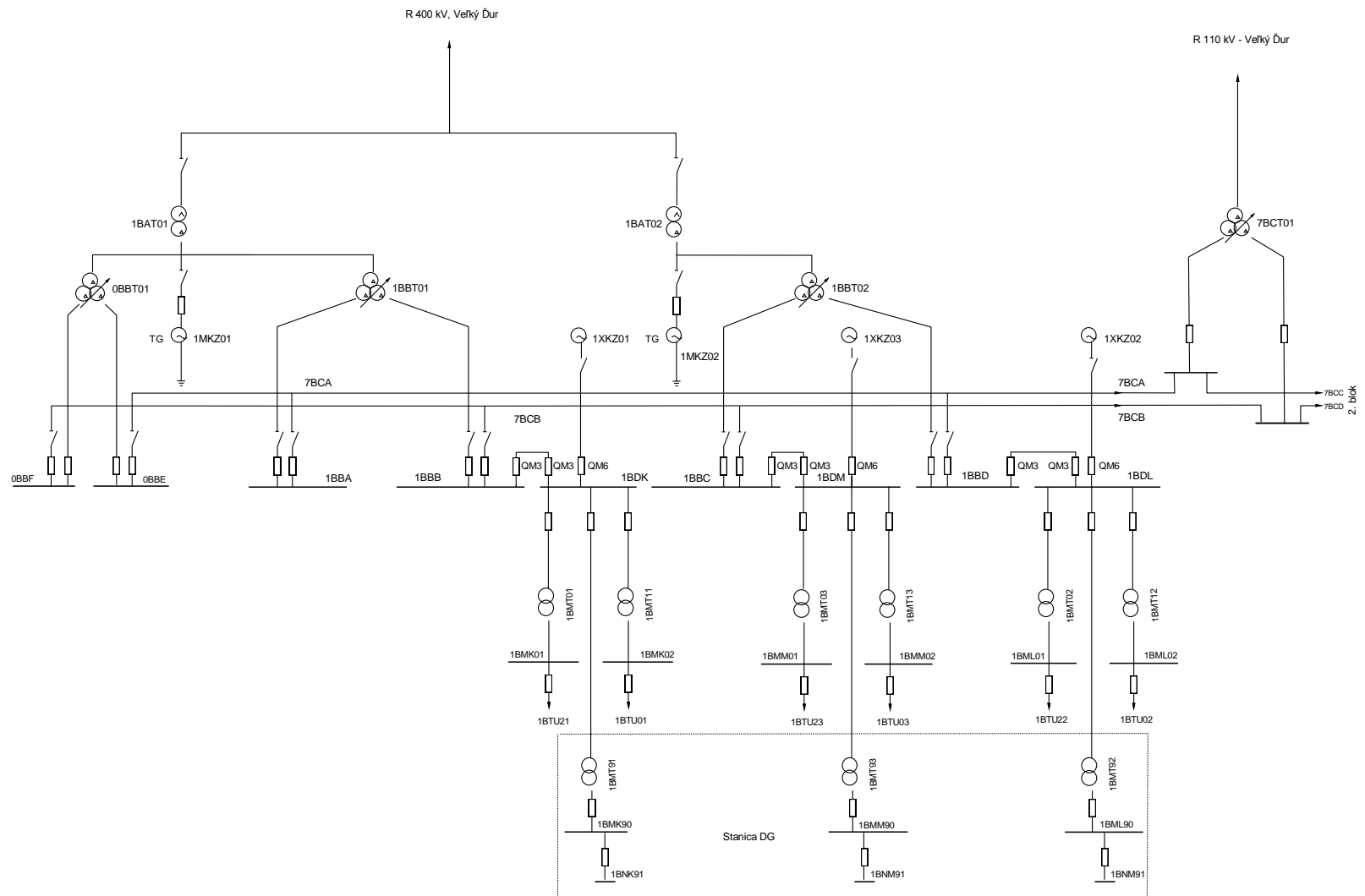
Okrem týchto pracovných zdrojov VS je možné použiť aj rezervné zdroje. Rezervným zdrojom pre napájanie VS 1.bloku EMO1,2 je rezervný 7BCT01, ktorý je napájaný 110 kV linkou z rozvodne Veľký Ďúr. Rezervným zdrojom pre napájanie VS 2.bloku EMO1,2 je rezervný 7BCT01, ktorý je napájaný 110 kV linkou z rozvodne Veľký Ďúr. Oba tieto TR je možno použiť v prípade potreby pre napájanie VS 1. resp. 2. bloku. Rezervné prípojnice sú vyhotovené zo zapuzdrených vodičov 6kV/2,5 kA. Rezervným zdrojom pre napájanie VS 1.bloku EBO3,4 je rezervný TR AU01, ktorý je napájaný vedením 220 kV z rozvodne pri JE A-1. Pre druhý RB je určený rezervný TR AU02, ktorý je napájaný vedením 110 kV z rozvodne pri JE V-1. Oba tieto TR je možno použiť v prípade potreby pre napájanie VS 1. resp. 2. bloku. Rezervné prípojnice sú vyhotovené zo zapuzdrených vodičov 6kV/2,5 kA.

Z rezervných TR VS sú napájané rezervné rozvodne 6 kV 0BBE a 0BBF a z nich priebežné rezervné prípojnice 6 kV 7BCA a 7BCB. Z rezervných prípojnic sú urobené rezervné privody na jednotlivé 6 kV rozvádzače nezaisteného napájania. Z prípojnice 7BCA0 je urobený rezervný privod na rozvádzače 1 BBA, 1 BBD, z prípojnice 7BCB0 je urobený rezervný privod na rozvádzače 1BBB a 1BBC.

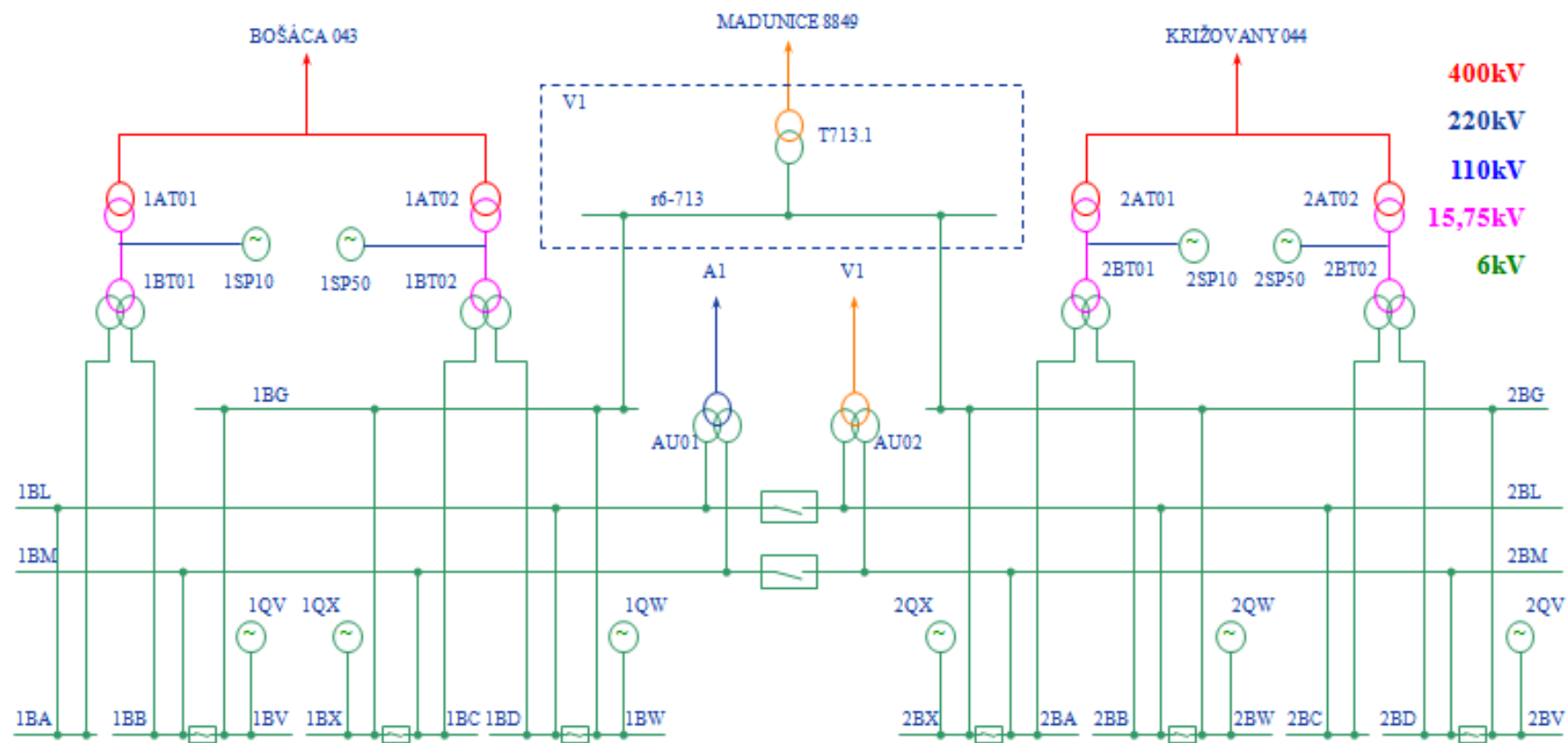
Na 6 kV rozvádzače VS nezaisteného napájania 1BBA, 1BBB, 1BBC a 1BBD sú pripojené spotrebiče, ktoré vyžadujú napájacie napätie 6 kV a vývody na znižujúce TR 6/0,4 kV (0,175 kV) označované BFT. Tieto transformátory napájajú 0,4 kV rozvádzače nezaisteného napájania 1BFA01, 1BFA02, 1BFB01, 1BFB02, 1BFF01, 1BFF02, 7BFC01, 7BFC01 (rozvádzače 7BFC sú tiež napájané z 2. bloku) a 0,175 kV rozvádzače 1BFE01 a 1BFE02 napájajúce časti systému P.O.

6 kV rozvádzače nezaisteného napájania sú tiež pripojené k transformátorom napájajúcim 0,4 kV spotrebiče spoločnej vlastnej spotreby oboch reaktorových blokov. Tieto spotrebiče zahŕňajú CČS, CHÚV, stanicu úpravy doplňovacej vody, budovu pomocných prevádzok, kompresorovú stanicu, prevádzkovú budovu a administratívnu budovu. Tieto spotrebiče je možné napájať z oboch reaktorových blokov. Každý spotrebič má privod z 1. aj 2. bloku, ktoré sú prevádzkované podľa potreby.

Schéma VS zahŕňa aj zdroje zaisteného napájania II. kategórie a zdroje nezaisteného napájania. Schéma VS obsahuje tri nezávislé identické systémy zaisteného napájania (SZN). Tieto systémy sú za nominálnych podmienok napájané zo 6 kV rozvádzačov nezaisteného napájania, ktoré sú za nominálnych podmienok spojené so 6 kV rozvádzačmi SZN. Prepojené sú rozvádzače 1BBB-1BDK, 1BBC-1BDM, 1BBD-1BDL. Každý 6 kV rozvádzač je možné pripojiť k SZN II. kategórie – DG. Rozvádzače 1BDK, 1BDL, 1BDM zásobujú 6 kV spotrebiče ZN II. kategórie a ostatné elektrické zariadenia ZN II. kategórie a VPS.



OBR. 8:Elektrická rozvodová schéma EMO1,2



OBR. 9:Elektrická rozvodová schéma EBO3,4

Usporiadanie, umiestnenie a fyzická ochrana pred internými a externými rizikami

Rezervné napájacie transformátory 7BCT01 a 7BCT02 v JE EMO1,2 sú umiestnené mimo strojovne a sú vzájomne oddelené protipožiarnou stenou (požiarna odolnosť steny je 120 minút, požiarna odolnosť ocelevej konštrukcie je 45 minút).

Transformátory VS sú umiestnené mimo strojovne v rade s blokovými transformátormi, od ktorých sú oddelené protipožiarnou stenou. Transformátory sú nainštalované na podvozku s vybetónovanou zbernou jímkou oleja. Stanovisko TR je vybavené stabilným hasiacim zariadením.

Spojovacie vedenie medzi TR VS a 6 kV rozvodňami nezaisteného napájania je urobené zapuzdrenými vodičmi 2,5kA/6kV s podpernými izolátormi a vzduchovou izoláciou. Tieto vodiče sú schopné prenášať väčšie výkony ako káble.

Rozvádzače 6kV využívajú skriňové rozvádzače.

Rozvodne 6 kV sa nachádzajú v priečnej a pozdĺžnej etažérke na 0,0 m.

Elektrické zariadenia pre druhú kategóriu ZN vlastnej spotreby sú, okrem DGS a ventilátorových chladiacich veží, umiestnené v HVB v etažérkach na podlaží 0,0 m a + 9,6 m.

Rozvod 0,4 kV je napájaný zo 6 kV rozvádzačov cez transformátor 6/0, 4 kV. Sú umiestnené v rozvodniach 0,4 kV v bezprostrednej blízkosti rozvádzačov. Zo strany 6 kV sú transformátory pripojené celoplastovými káblami k príslušnej skrini 6 kV rozvádzača.

Rozvádzače 0,4 kV prevádzkových systémov sú umiestnené v rozvodniach v HVB a v oboch etažérkach na 0,0 m.

S rozvádzačmi sú v rozvodni nainštalované tiež príslušné napájacie transformátory.

Opatrenia a zariadenia použité na prevenciu vzniku požiaru a na ochranu proti jeho šíreniu v káblových priestoroch vyplývajú z bezpečnostných požiadaviek a protipožiarnych opatrení definovaných v normách STN EN.

Hlavné zdroje záložného napájania

Interné zdroje, ktoré slúžia ako prvý zások v prípade výpadku napájania zo vonkajšej siete

V prípade zlyhania napájania zo siete dôjde k prechodu napájania dôležitých spotrebičov na napájanie z DG. Pripojenie jedného z trojice DG, z ktorých každý má napätie 6kV a výkon 2,8MW, postačuje na zabezpečenie výkonu bezpečnostných funkcií.

Zdrojom napájania vlastnej spotreby ako náhrada pri strate napájania zo siete sú tri dieselgenerátory 1XKZ1, 1XKZ2, 1XKZ3, ktoré môžu byť pripojené na 6 kV rozvádzače BMK, BML a BMM.

Základným režimom práce DG je režim „horúca rezerva“. V tomto režime je DG a jeho pomocné systémy pripravený na okamžitý automatický štartu a plné zaťaženie spotrebičmi ZN II. kategórie. Pripravenosť DG v tomto režime je kontrolovaná obsluhou BD. Nepripravenosť resp. porucha DG je signalizovaná na BD, kde je privedený súčtový signál poruchy resp. nepripravenosti DG.

Systém zaisteného napájania II. kategórie zabezpečuje elektrické napájanie spotrebičov nevyhnutne potrebných pri prechodových a núdzových stavoch súvisiacich s ochranou jednotlivých bariér JE.

Systém ZN II. kategórie tvoria tri nezávislé podsystémy. Každý podsystém pozostáva z nasledovných zariadení:

- Dieselgenerátory - 1XKZ01 - 03 - slúžia ako nezávislé zdroje elektrickej energie pri výpadku pracovných a rezervných zdrojov napájania VS. Počas normálnej prevádzky bloku sú DG udržiavané v stave „horúcej rezervy“, t. j. na teplotách blízkych prevádzkovým a štartujú v prípade potreby automaticky. Elektrický výkon DG je vyvedený na systémové rozvádzače 6 kV (1BDK, 1BDL, 1BDM).
- Rozvádzače 6 kV ZN II. kategórie - 1BDK, 1BDL, 1BDM - slúžia na napájanie dôležitých spotrebičov.
- Úsekové rozvádzače 0,4 kV ZN II. kategórie - 1BMK01, 1BML01, 1BMM01 sú určené na napájanie systémových podružných rozvádzačov a ostatných spotrebičov na úrovni 0,4 kV, nevyhnutných pre zaistenie jadrovej bezpečnosti v prevádzkových a havarijných režimoch bloku.
- Systémové rozvádzače 0,23 kV ZN II. kategórie - 1BMK02, 1BML02, 1BMM02 slúžia na napájanie riadených usmerňovačov SZN.
- Transformátory 6/0,4 kV a 6/0,23 kV.

So systémom ZN II. kategórie bezprostredne súvisí automatika postupného spúšťania - APS, ktorá po obnove napätia na sekciách 6 kV zaisťuje postupné pripojenie bezpečnostne dôležitých spotrebičov. V JE Mochovce tvorí APS súčasť systému ESFAS.

Rozvodne 6 kV VS reaktorového bloku sú zostavené zo štyroch sekcií, z nich tri sú rozdelené na dve časti dvomi do série zapojenými sekčnými vypínačmi - rozvodne normálneho napájania (1BBA, 1BBB, 1BBC, 1BBD) a rozvodne ZN II. kategórie - 1BDK, 1BDL a 1BDM.

Počas normálnej prevádzky sú všetky štyri sekcie napájané z pracovných prívodov z odbočkových transformátorov (1BBT01, 1BBT02), prípadne cez prípojnice zaisteného napájania II. kategórie 6 kV (7BCA, 7BCB) z rezervného transformátora 7BCT01. Pri strate napätia pracovných i rezervných zdrojov sa automaticky odpoja rozvodne ZN II. kategórie od rozvodní normálneho napájania a pripoja sa k nim DG - 1XKZ01, 1XKZ02, 1XKZ03.

Redundancia, separácia redundantných zdrojov (štruktúrami alebo vzdialenosťou) a ich fyzická ochrana proti interným a externým ohrozeniam

DG je nezávislý od pracovného aj od rezervného napájania vlastnej spotreby. DG sú umiestnené samostatne v seizmicky odolnej budove, ktorá je rozdelená na šesť samostatných kobiek. V každej kobke je dieselový motor, generátor striedavého prúdu, jednosmerné napájanie 24V, meracie, signalizačné a regulačné prístroje, vzduchotechnika, dozorňa, elektrorozvodne a pomocné systémy DG.

Časové obmedzenie pre dostupnosť týchto zdrojov a externé opatrenia na predĺženie ich použiteľnosti (napr. objem palivových nádrží)

Minimálna zásoba paliva - motorovej nafty je podľa Limit a podmienok 330m³ na jeden reaktorový blok, pričom zásoba paliva pre jeden DG nesmie klesnúť pod 55m³. Palivo je rovnomerne distribuované do troch DG. Jeden DG má zásobu paliva na 10 dní. Spotreba paliva pri nominálnom výkone dieselového motora 3,3 MW je 644kg/hod.

Vonkajšie palivové hospodárstvo zabezpečuje zásobu paliva pre nepretržitý chod šiestich DG (po 2,8 MW) na minimálne 10 dní a spolu s DGS je zdrojom zaisteného napájania JE v prípade poruchových stavov v JE. V palivovom hospodárstve je obdobne ako u DGS rešpektovaná požiadavka troch na sebe nezávislých zdrojov (systémov) elektrického napájania najdôležitejších el. spotrebičov JE.

Dlhodobá prevádzka DG na plnom výkone potvrdila, že priemerná spotreba nafty je približne 500 l/h v EM1,2 a EBO3,4 (pri trojdňovej skúšobnej prevádzke DG počas výkonu záťažových testov v EBO3,4). Externá zásoba paliva v Bohuniciach je k dispozícii aj v susednej JE V1, ktorá je v procese vyradovania z prevádzky.

Diverzné záložné zdroje napájania permanentne inštalované na lokalite

Všetky diverzné zdroje, ktoré je možné použiť na rovnakú účel ako hlavné záložné zdroje alebo pre obmedzenejšie špecializované účely (napr. na odvod tepla z reaktora, keď je primárny okruh neporušený, na zabezpečenie prevádzky systémov chrániacich integritu kontajneru po roztavení AZ)

JE EMO1,2:

Náhradný zdrojom pre systémy ZN II. kat pri nadprojektových poruchách v systéme zaisteného napájania (SBO) v jadrovej elektrárni Mochovce by mal byť diverzný zdroj nezávislý od sieťových odvetví (plyn, potrubné médiá) – vonkajší autonómny zdroj pre núdzové elektrické napájanie. Jeho úlohou je zabezpečiť napájanie vybraných elektrických spotrebičov bezpečnostných systémov v prípade úplného alebo čiastočného výpadku vlastnej spotreby. Jeho použitie sa predpokladá pri dlhodobých výpadkoch alebo nefunkčnosti systémov zaisteného napájania II. kategórie.

Najbližším zdrojom diverznej elektrickej energie je DG stanica o výkone 16 x 2 MWe umiestnená v 400 kV rozvodni Levice. V prípade potreby a dostupnosti vedení do rozvodne Veľký Ďúr je možné rýchle pripojenie DG na JE EMO.

Ako alternatíva sa v projekte uvažuje s vodnou elektrárnou (Gabčíkovo), ktorá však vyžaduje spohotovenie elektrizačnej sústavy.

V rámci projektu SAM bude nainštalovaný dodatočný SAM dieselgenerátor pre napájanie zariadení potrebných na zmiernenie následkov ťažkej havárie. Diesel bude na 6 kV a bude mať výkon 1 200 kW. Bude pokrývať potreby ťažkých havárií – SAM, vrátane prípadov havárie SBO.

Okrem SAM dieselgenerátora bude pre každý blok k dispozícii ďalší mobilný dieselgenerátor 0,4 kV (určený predovšetkým na dobíjanie batérií). Okrem toho, v prípade potreby môžu byť pripojené k rozvádzačom zaisteného napájania I. kategórie.

Pre prípad potreby núdzového dobíjania akubaterií na EMO1,2 slúži jeden mobilný usmerňovač.

JE EBO3,4:

Pre účely využitia pri ťažkých haváriách – SAM, kedy prišlo k zlyhaniu všetkých záložných zdrojov napájania sa buduje jeden DG aj s príslušnými rozvádzačmi a spotrebičmi na riešenie ťažkých havárií.

Zapojenie dieselgenerátora SAM do elektrickej schémy vlastnej spotreby bude cez rozvádzač BG. Pripojenie tohto DG bude možné k ľubovoľnej redundancii.

DG bude na 6 kV a bude mať výkon 1 200 kW. Bude pokrývať potreby ťažkých havárií – SAM, vrátane prípadov havárie SBO. Taktiež budú inštalované dva stabilné usmerňovače, ktoré bude možné pripojiť ku dvom akubateriám na bloku.

Okrem SAM dieselgenerátora bude pre každý blok k dispozícii ďalší mobilný dieselgenerátor 0,4 kV určený predovšetkým na dobíjanie batérií. Okrem toho, v prípade potreby môže byť pripojený k rozvádzačom zaisteného napájania I. kategórie (prípoje sú už nainštalované).

Pre prípad potreby núdzového dobíjania akubaterií na EBO3,4 slúži jeden mobilný usmerňovač.

Príslušné informácie o umiestnení, fyzickej ochrane a časových obmedzeniach

Dieselgenerátor SAM bude možné v prípade ťažkej havárie naštartovať ručne z blokových dozorní alebo z centra havarijnej odozvy. Výkon DG je dimenzovaný pre prípad ťažkej havárie a aj pre SBO. Po automatickom štarte bude dodané napätie na príslušné 6 kV rozvodne a aj na 0,4 kV rozvodne oboch blokov. Ostatné manipulácie budú ručné. Niektoré budú diaľkové, iné z miesta.

Mobilné dieselgenerátory 0,4 kV budú na stanovisku pripravené na prevoz. Spolu s nimi bude k dispozícii aj kabeľáž pre pripojenie určených rozvádzačov a spotrebičov a zásoba nafty.

Mobilný usmerňovač je pripravený na prevoz a na pripojenie k ľubovoľnému rozvádzaču alebo 63 A zásuvke na strane vstupnej a k ľubovoľnému rozvádzaču jednosmerného napätia tak, aby mohol dobíjať akubateriu prúdom až 160 A.

6kV DG v JE V1 Bohunice je možné pripojiť ručnou manipuláciu v súčinnosti EBO3,4 a JE V1.

Ostatné napájacie zdroje, ktoré sú plánované a udržiavané v pohotovosti ako posledný prostriedok pre prevenciu vážnej havárie ohrozujúcej reaktor alebo bazén vyhoretého paliva

Potenciálne použiteľné špeciálne prepojenia s vedľajším blokom alebo susednými elektrárnami

Každá bezpečnostná sekcia rozvodní 6 kV BDK, BDL, BDM je vzájomne prepojitelná so zaistenou sekciou susedného bloku.

Vybrané spotrebiče ZN II. kategórie obidvoch blokov je možné napájať z jedného vyčleneného hydrogenerátora (výkon 5MW) z cca 10km vzdalenej VE Madunice. Napájanie je navrhnuté pre stav rozpadu siete a zlyhania DG EBO3,4. Výkon jedného hydrogenerátora je vedením 110 kV prenášaný do rozvodne 110 kV v JE V1. Tam cez transformátor 10 MVA je napájaný rozvádzač 6 kV r6-713, ktorý slúži ako III. sieť. Sieť pôvodne táto slúžila aj ako záloha DG na elektrárni V-1. Po jej odstavení už III. sieť nie je potrebná. Naopak, DG na JE V-1 môžu byť napojené ako zdroj, ktorý by bol alternatívou za hydrogenerátory. V JE V1 sú celkovo k dispozícii 3 sekcie.

Možnosti pripojenia mobilných napájacích zdrojov pre napájanie konkrétnych bezpečnostných systémov

Na bezpečnostných sekciách EV, EW, EX 0,4 kV boli vybudované špeciálne polia pre „riadenie havárií“ (accident management), kam je možné pripojiť mobilné 0,4 kV DG. Momentálne sú v procese obstarávania. Pripravené vývody sú vybavené ističmi, na ktoré bude možné pripojiť mobilný dieselgenerátor výkonu 440 kVA. V Mochovciach je rovnaké riešenie v procese obstarávania. Pripravené vývody sú vybavené ističmi, na ktoré bude možné pripojiť mobilný dieselgenerátor výkonu 440 kVA.

Informácie o každom zdroji napájania: výkon, napätie a ostatné relevantné obmedzenia

V EBO3,4 je k dispozícii pripojenie k VE Madunice. Na vodnej elektrárni sú k dispozícii 3 hydrogenerátory, každý s výkonom 18 MVA. Tento výkon, ako aj celá prenosová cesta sú dostatočné na pokrytie všetkých potrieb EBO3,4. Alternatívny zdroj DG 2x1600 kW v JE V1 výkonovo postačujú pre potreby EBO3,4.

2.1.2.6 Batérie pre jednosmerné napájanie

Popis batérií, ktoré je možné použiť pre napájanie bezpečnostných spotrebičov: kapacita a čas ich vybitia v jednotlivých prevádzkových situáciách (režimoch)

Systém zaisteného napájania I. kategórie je určený pre napájanie spotrebičov, u ktorých je dovolené prerušenie napájania max. do 1 sekundy. Sú tri nezávislé systémy zaisteného napájania I. kategórie.

Na každom z troch systémov zaisteného napájania v EMO1,2 sú inštalované akubatérie s kapacitou 1500 Ah 220 V, 300 Ah 24 V a 2000 Ah 24V. Akubatérie boli naprojektované na 2-hodinobú prevádzku. Hlavným spotrebičom pre batérie 220 V je núdzové osvetlenie. Na základe hodnotenia údajov nameraných počas testu zostanú prevádzkyschopné minimálne 9 hodín bez potreby dobíjania.

Projektové požiadavky EBO3,4 na akubatérie udávajú minimálnu dobu nabíjania 2 hodiny. Avšak na základe hodnotenia údajov nameraných počas testu sú výsledky takmer identické s výsledkami EMO1,2 uvedenými vyššie.

2.1.2.7 Spotrebiče napájané jednotlivými zostavami batérií: pohony armatúr, riadiace systémy, meracie zariadenia a pod.

Akubatérie napájajú systémy dôležité pre bezpečnosť, napríklad čerpadlá. Taktiež sú z nich napájané striedače, ktoré slúžia aj na napájanie SKR a armatúr a RČA (spotrebiče, ktoré nás zaujímajú hlavne z hľadiska odvodu tepla z AZ, BVP, kontajneru a riadenia reaktivity).

2.1.2.8 Fyzické umiestnenie batérií a separácia zostáv, ochrana proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam

Umiestnenie akubatérií je v oddelených miestnostiach objektov HVB na podlaží 0,0 m na podstavcoch výšky cca 30 cm. Kabeláž jednotlivých systémov je oddelená.

2.2 Významné rozdiely medzi blokmi

Čo sa týka chladiacich okruhov reaktora a bezpečnostných systémov, medzi blokmi nie sú výrazné rozdiely. Špecificky, neexistujú takmer žiadne rozdiely medzi jednotlivými blokmi nachádzajúcimi sa v tej istej lokalite, t.j., EBO3,4, EMO1,2 a MO34. Všetky modifikácie zrealizované počas prevádzky elektrárne sa najskôr zavádzajú u jedného bloku a až po ich úspešnom ohodnotení aj u ostatných blokov SE, a.s. Z tohto dôvodu sa podobnosť medzi blokmi tej istej lokality zachováva po celú ich životnosť.

Medzi blokmi v rozličných lokalitách však existujú určité rozdiely. Táto skutočnosť vyplýva z rozdielných charakteristík lokalít, ale aj z odlišnej doby výstavby blokov. Napríklad, rozdielne vlastnosti lokalít sa odrážajú v odlišnej robustnosti seizmického projektu a u systémov chladiacej vody a pripojenia elektrárne k elektrickej sieti. Špecificky ide o nasledovné rozdiely:

č.	Hlavné systémové rozdiely
1	Výpuste čerpadiel VT HSCHZ v EBO sú vybavené automatickým trojcestným ventilom a regulačným ventilom (v EMO len izolačné ventily). Nádrže HSCHZ v EMO sú vybavené elektrickými ohrievačmi.
2	Objem HA v EMO je 60 m ³ , v EBO 70 m ³ ; HA v EMO sú vybavené elektrickými ohrievačmi (58 – 60 °C). Tlak v HA v EBO je približne 3,5 MPa, v EMO približne 6 MPa.
3	Kapacity systému chladienia vyhoreného paliva v EMO nezahŕňa tretí systém s približnou chladiacou

č.	Hlavné systémové rozdiely
	kapacitou 1 MW.

č.	Sekundárne systémové rozdiely
4	Dve prepúšťacie stanice do atmosféry sú nainštalované na každom hlavnom parnom potrubí PG EMO (menovitý prietok každého je 200 m ³); v AUT režime je možné prevádzkovať len jednu PSA na každom parnom potrubí PG.V EBO je len jedna PSA na každom hlavnom parnom potrubí PG a je možné ju prevádzkovať v AUT režime.
5	Dve RČA sú v EMO nainštalované na každom hlavnom parnom potrubí PG (jedna s VT vzduchovým pohonom, druhá s dusíkovo-olejovým pohonom).V EBO je nainštalovaná jedna RČA s VT vzduchovým pohonom na každom hlavnom parnom potrubí SG.V EMO sú na hlavných parných trasách nainštalované aj spätné klapky, ktoré nie sú inštalované v EBO.
6	V EBO sú len dva hlavné systémy dochladzovania P.O., v EMO tri.
7	Trasovanie SHN v EBO a EMO je odlišné.
8	Systém TVD v EMO ponúka 3 čerpadlá na systém a 6 na dva bloky, v EBO sú len 2 čerpadlá na systém a 4 na dva bloky.
9	Dispozičné riešenie sekundárneho potrubia medzi EMO a EBO sa líši v určitých malých prípadoch, ktoré ponúkajú možnosť odlišného trasovania potrubí (napríklad potrubie spájajúce HK napájacej vody s NN zostáva v EMO).
10	V EMO je každá trasa NV PG alebo SHN v kontajneroch vybavená dvomi spätnými klapkami, EBO používa len jednu spätnú klapku.
11	V EMO sú tri nádrže SHN o objeme 770 m ³ / blok, v EBO sú tri nádrže SHN o objeme 1 065 m ³ spoločné pre oba bloky.
12	V EMO je budova čerpacej stanice TVD oddelená.V EBO je spoločná budova čerpacej stanice pre TVD a CV.
13	Rozdiely v systéme doplňovania surovej vody.
14	Rozdielne relatívne vyvýšenie budov v jednotlivých lokalitách.
Poradové číslo	Rozdiely v elektrických systémoch
15	Rozdielne pripojenie k elektrickej sieti a schéma vnútorného zaťaženia.

Napriek podobnosti základného technologického zariadenia majú rozdiely určité dopady na riadenie vážnych extrémnych udalostí, ako je špecificky uvedené v kapitole 5 tejto správy.

Bloky MO34 budú podľa projektu vybavené okrem nových elektrosystémov SKR aj všetkými systémami potrebnými na zmiernenie dopadov ťažkých havárií v súlade s požiadavkami na nové reaktory.Pre implementáciu týchto systémov u prevádzkovaných reaktorov prebiehajú projekty začaté v roku 2009 s termínom ukončenia v roku 2013 pre Bohunice a 2015 pre Mochovce (dátum ukončenia bol zmenený z roku 2018 na 2015 v dôsledku poznatkov získaných z havárie v JE Fukušima).V Bohuniciach bola už veľká časť hardvérových modifikácií zrealizovaná.

2.3 Využitie PSA ako súčasti hodnotenia bezpečnosti

Pre bloky EBO3,4 sa od roku 1994 systematicky vypracováva PSA úrovne 1, ktoré berie do úvahy vnútorné iniciačné udalosti ako iniciátori, ďalej vnútorné a vonkajšie riziká a prevádzku na výkone ako aj režim

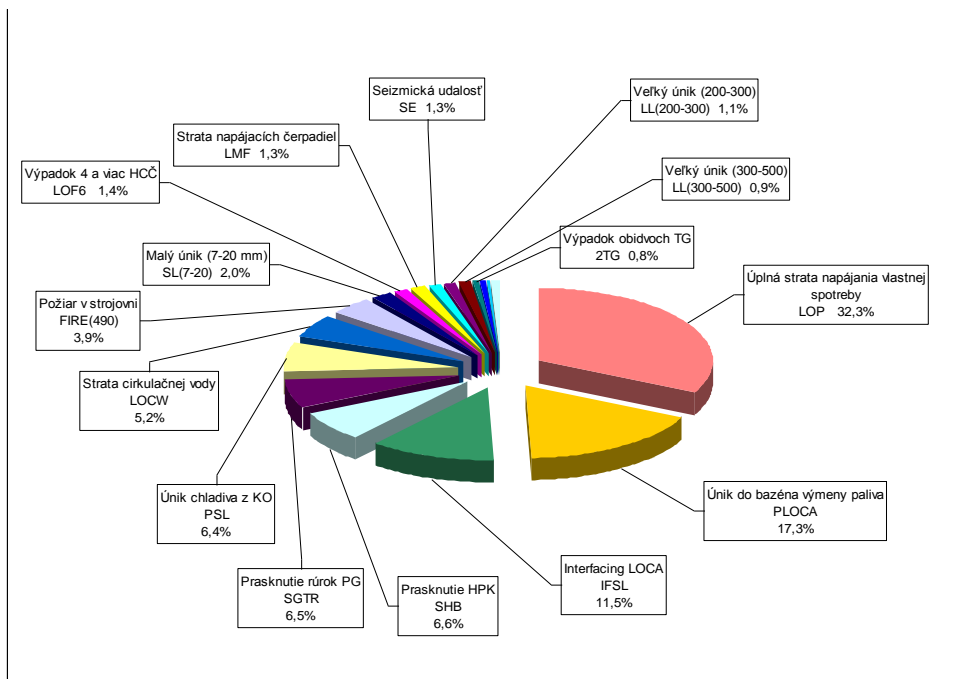
odstávky. Pokrýva aj iniciačné udalosti, ku ktorým dochádza v bazéne vyhoreného paliva. Do úvahy bolo vzatých všetkých 10 rozličných stavov elektrárne. Štúdia je pravidelne aktualizovaná s prihliadnutím na progres v použitých spôsoboch a údajoch. Posledná aktualizácia vedúca ku konzervatívnejším výsledkom bola vykonaná v roku 2010 s využitím špecifických údajov elektrárne a analýza spoľahlivosti ľudského faktora vykonaná pomocou medzinárodne uznávanej metodológie. Podľa poslednej aktualizácie je CDF pre prevádzku na výkone a aj pre prevádzku na nízkom výkone, resp. odstávku výrazne nižšia ako je určená pre existujúce elektrárne a blízko hodnoty požadovanej pre nové elektrárne. Najvýraznejším prispievateľom k CDF počas prevádzky na výkone je celková strata výkonu (32,2 %) týkajúca sa zlyhania dodatočných zariadení, z ktorých najvýraznejším je zlyhanie mobilného zdroja napájacej vody a neschopnosť operátora túto dodávku obnoviť. Pre režimy odstávky je najväčším prispievateľom k CDF malá netesnosť iniciovaná nesprávnou činnosťou personálu (43,7 %) a za ním nasleduje celková strata napájania (17,1 %). Zemetrasenia prispievajú k CDF približne 1,3 % v prípade prevádzky na výkone a 0,6 % v režimoch odstávky. Ostatné externé riziká prispievajú k CDF menej ako 1×10^{-8} / rok. Dominantnými prispievateľmi k riziku sú omyly personálu, takže účinné školenia v už v určených oblastiach (prevencia malých netesností iniciovaných operátormi, obnova napájania, obnova prirodzenej cirkulácie, odvod zostatkového tepla a kontrola malých netesností počas odstávky reaktora) môžu toto riziko výrazne znížiť.

Prvá PSA úroveň 2 bola pre EBO3,4 vypracovaná v roku 2001 a bola tiež aktualizovaná v roku 2010. Od roku 2000 sa v blokovej dozorni využíva plno rozsahový risk monitor v reálnom čase. Najvýraznejším prispievateľom k LERF je režim studenej odstávky s otvoreným reaktorom. Opatrenia, ktoré sa realizujú od roku 2009 (s termínom ukončenia v roku 2013) zahŕňajú opatrenia na zmiernenie dopadov ťažkých havárií a automatický nábeh NT-vstrekovania pri nízkej hladine v otvorenom reaktore. Tieto opatrenia znížia LERF pre všetky stavy elektrárne o približne 60 %.

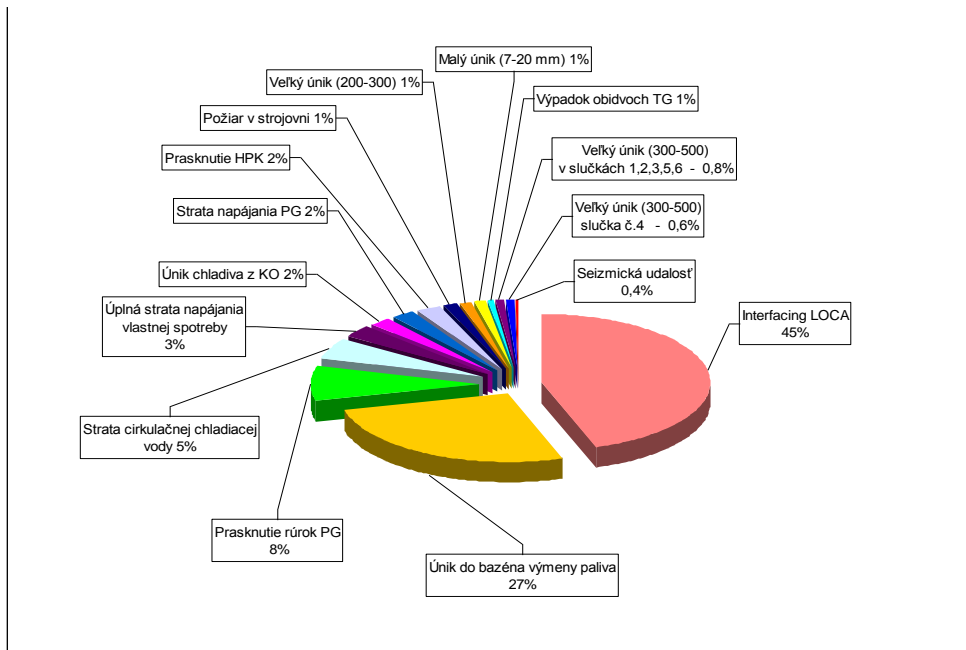
PSA štúdie pre bloky EMO1,2 majú podobný rozsah, hoci boli zrealizované s určitým oneskorením kvôli neskoršiemu nábehu elektrárne. Aktualizácia PSA úrovne 1 zahŕňa aj zvýšenie výkonu elektrárne na 107 % a je z roku 2010. Najväčším prispievateľom k CDF je prepojená LOCA - 44,3 %. Ľudské omyly prispievajú k CDF približne 85 %. Risk monitor sa využíva od roku 2005.

Referenčnou elektrárnou pre M034 je EMO1,2, ale s prihliadnutím na modifikácie zapracované do projektu. Najväčším prispievateľom k CDF sú režimy odstávky elektrárne. Najvýraznejším prispievateľom k CDF na výkone je malé roztrhnutie s LOCA, pre režimy odstávky je to opäť malé roztrhnutie iniciované operátorom. PSA úroveň 2 sa vypracováva, ale kvôli zavádzaniu opatrení na zvýšenie bezpečnosti sa očakáva, že celkové LERF (t.j., s prihliadnutím na príspevok režimov reaktora na plnom výkone, nízkom výkone a v odstávke) je nižšie ako $1E^{-6}$ / rok, ako to odporúča MAAE pre nové reaktory.

Na obr. 10 sú uvedené rozliční prispievatelia k celkovému CDF.



3.blok EBO



1.blok EMO

OBR. 10:Príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ pre výkonovú prevádzku

3 ZEMETRASENIA

3.1 Základná projektová hodnota

3.1.1 Zemetrasenie uvažované v projekte elektrárne

3.1.1.1 CHARAKTERISTIKY PROJEKTOVÉHO ZEMETRASENIA (DBE)

Pre zadefinovanie podkladov pre vypracovanie úvodného projektu pre JE EBO3,4 bola použitá správa "Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc" vypracovaná v roku 1970 GFÚ – SAV Bratislava. Správa určila maximálne vierohodné zemetrasenie pre lokalitu Bohunice s intenzitou 6 – 6,5° MCS (Mercalli – Cancani – Siebert) alebo $M=4,2$ Richterovej stupnice na základe údajov vzťahujúcich sa na zemetrasenie z roku 1906. Podľa správy bolo maximálne horizontálne zrýchlenie definované ako $PGA = 0,025$ g. Podľa normy ČSN 730036 pre stavby v seizmických oblastiach a miestach s intenzitou 6° MCS, resp. pre zrýchlenie do 0,03g nie je potrebné prihliadať na účinky zemetrasení v pôvodnom projekte elektrárne. **Následnými krokmi bola pôvodná hodnota zvýšená až na súčasných 0,344 g.**

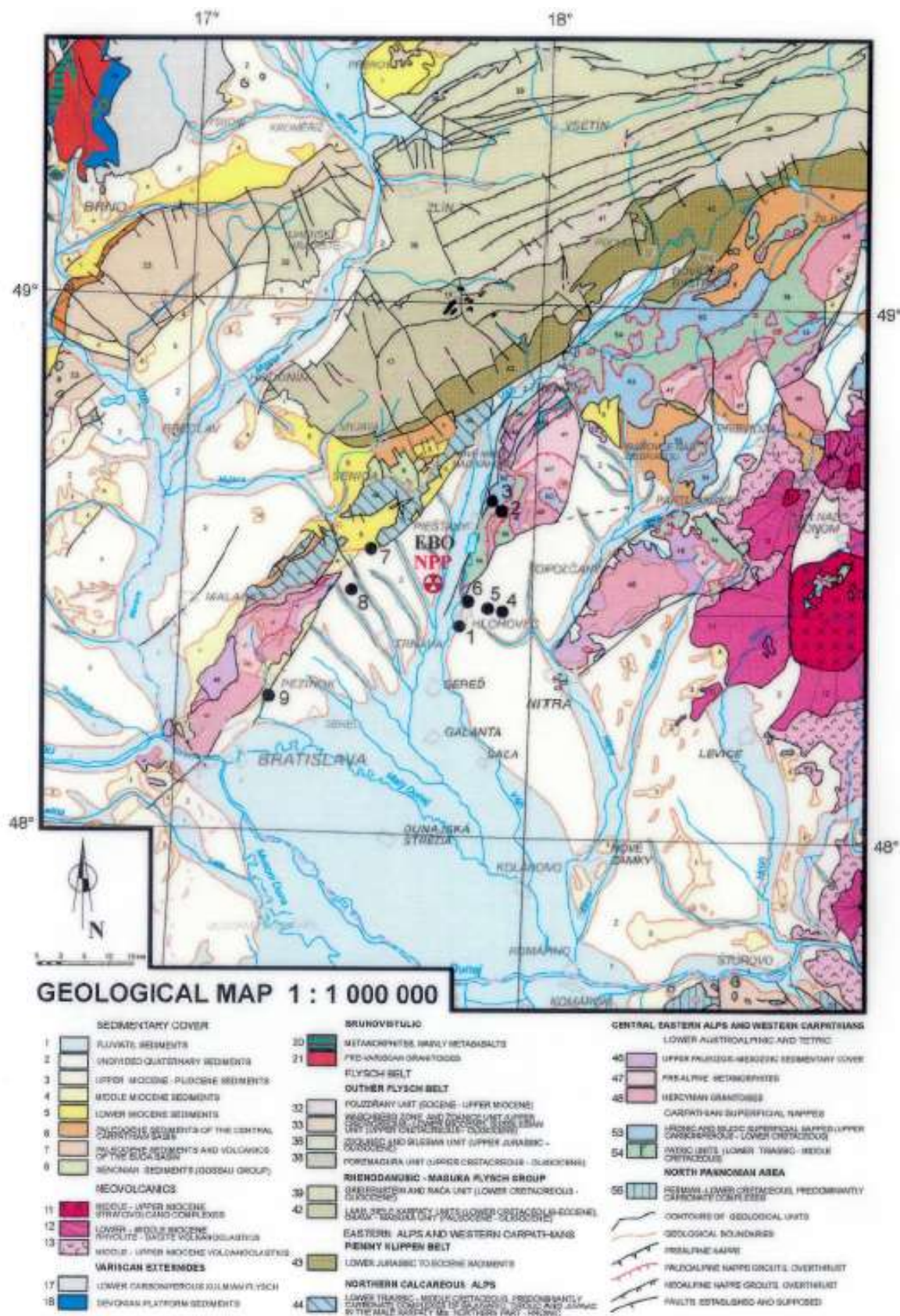
Podobne, pre lokalitu Mochovce bola špecifikovaná pôvodná úroveň seizmicity 6° MSK 64 s horizontálnym zrýchlením na voľnom poli $PGA = 0,06$ g s dobou návratnosti raz za 10 000 rokov. Akcelerogram bol odvodený zo zemetrasenia v Vrancei v Rumunsku v roku 1977. **Následnými krokmi bola pôvodná hodnota zvýšená až na súčasných 0,143 g.**

3.1.1.2 METODIKA POUŽITÁ NA VYHODNOTENIE PROJEKTOVÉHO ZEMETRASENIA

Východiskové seizmologické podklady pre lokalitu EBO boli vypracované v rokoch 1969 – 1970 v súlade s normou ČSN 730036 – Seizmické zaťaženie stavieb. Seizmicita lokality bola stanovená na 7° stupnice MCS (Mercalli – Cancani – Siebert) s použitím mapy seizmických oblastí na území ČSSR (pozri obr. 11). V súlade s citovanou normou (článok 31) bola vypracovaná špeciálna štúdia „Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc“ (06/1970), ktorá spresnila seizmicitu lokality EBO. Dokument popísal seizmicitu lokality Jaslovské Bohunice s významnými zemetrasnými oblasťami, seizmicky aktívnymi geologickými zlomami, predpoveďou seizmickej aktivity s definíciou maximálneho vierohodného zemetrasenia a v závere posudkom seizmicity so stanovením hodnoty maximálneho pravdepodobného zemetrasenia ako je uvedené vyššie. Podľa štúdie môže byť pravdepodobne najsilnejším zemetrasením v Jaslovských Bohuniciach zemetrasenie so stupňom 6 – 6,5° MCS, zodpovedajúci v Richterovej stupnici hodnote 4,2. Terén tejto oblasti je rovinatý s maximálnym sklonom 1°, čo zodpovedá priaznivým podmienkam vylučujúcim sekundárne javy zemetrasenia, najmä nebezpečenstvo gravitačných odvalov. Bolo určené, že v časovom období 200 rokov je najpravdepodobnejšie, že zemetrasenie v mieste zástavby v Jaslovských Bohuniciach dosiahne hodnotu $M = 4,2$ v Richterovej stupnici (t. j. 6,5° MCS). V časovom období 100 rokov je predpokladané najpravdepodobnejšie zemetrasenie v pásme $M = 3,5$ a pre časový úsek 50 rokov $M = 3,0$. Následne bolo určené, že zemetrasenie v tejto oblasti je zriedkavým fenoménom a podľa analýzy neexistovali žiadne seizmické otázky zabraňujúce využitiu tejto oblasti ako staveniska pre jadrovú elektrárňu. Podľa vtedy platných noriem nebolo potrebné vypracovať špeciálne seizmické analýzy.

Pre lokalitu Mochovce bola pôvodne využitá správa o seizmickom riziku lokality EMO z roku 1978, ktorá potvrdila zjednodušené pravdepodobnostné hodnotenie, že zemetrasenie s intenzitou 6° MSK 64 nebude prekročené s dobou návratu raz za 10 000 rokov; zrýchlenie na voľnom poli $PGA = 0,06$ g. Hodnota bola zvýšená

na 0,1 g, ktorá je odporúčaná ako minimálna hodnota (aj v súčasnosti) v bezpečnostných normách MAAE. Táto hodnota bola použitá na dokončenie blokov EMO1,2.



OBR. 11: Geologická mapa oblastí okolo JE na Slovensku

S prihliadnutím na odporúčania MAAE z rokov 1998 a 2003 sa ÚJD SR rozhodol zvýšiť hodnotu projektového zemetrasenia pre lokalitu Mochovce s určitou rezervou na $PGA = 0,15$ g. Táto hodnota sa použila na modernizáciu (upgrade) EMO1,2. Pre MO34 definoval ÚJD SR hodnotu $PGA = 0,15$ g ako hodnotu projektového zemetrasenia pre výstavbu elektrárne na základe pravdepodobnostného hodnotenia seizmicity.

ZÁVER O ADEKVÁTNOSTI PROJEKTOVÉHO ZÁKLADU PRE ZEMETRASENIE

Od roku 1980 do roku 2011 bolo pre obe lokality JE na Slovensku vypracovaných mnoho štúdií spojených s otázkami seizmicity, ktoré zabezpečujú, že súčasné hodnotenie lokalít sa vykonáva v súlade so súčasnými vedomosťami v tejto oblasti.

EBO 3,4

Pôvodný projektový základ pre zemetrasenie bol predmetom skúmania už od nábehu elektrárne v roku 1986 a následne bol prehodnotený v niekoľkých krokoch v súlade s vývojom metodológií, údajov a požiadaviek na bezpečnosť. Prvým krokom bolo hodnotenie seizmického rizika iniciované československou vládou komisiou v roku 1989. Výsledkom práce bolo stanovenie základných charakteristík pre maximálne výpočtové zemetrasenie dobou návratu raz za 10 000 rokov a intenzitou 8° MSK-64 na hodnotu $PGA=0,25$ g v horizontálnom smere a $PGA=0,13$ g vo vertikálnom smere. Platnosť údajov bola podmienená trvalým monitorovaním seizmických javov sieťou staníc v regióne Malých Karpát.

V roku 1997 bol vypracovaný Pravdepodobnostný výpočet seizmického ohrozenia lokality EBO. Záverečná správa obsahovala niekoľko komponentov v súlade s odporúčaniami MAAE:

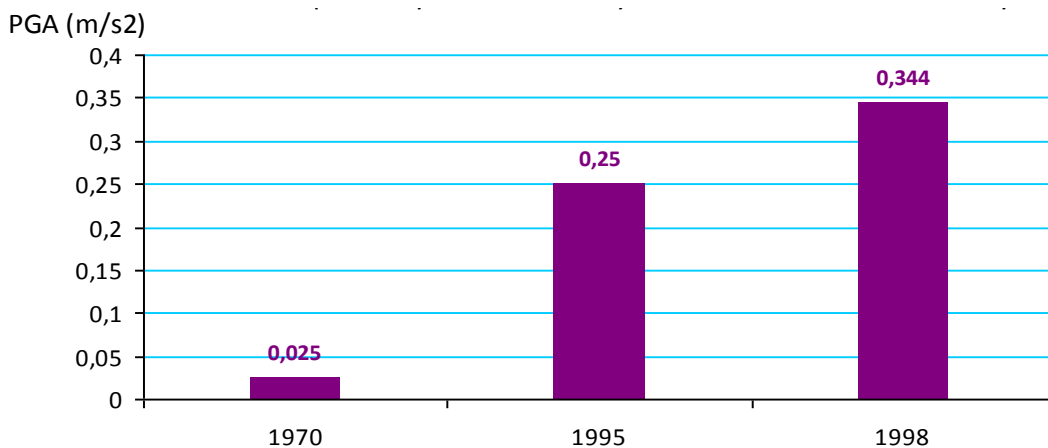
- vytvorenie seizmologickej databázy a geologickej databázy v širšom regióne, blízkom regióne, blízkom okolí a pre samotnú lokalitu
- Vypracovanie seizmicko-tektonického modelu
- určenie útlmu pre zvolené charakteristiky pohybu pôdy
- realizáciu samotného pravdepodobnostného výpočtu

Výsledkom analýzy bolo určenie spektier odozvy na voľnom poli RLE (Review Level Earthquake) pre celý areál EBO s týmito hlavnými charakteristikami:

- pravdepodobnosť výskytu 1x za 10 000 rokov,
- intenzita 8° stupnice MSK 64,
- maximálne horizontálne zrýchlenie $PGA_{RLE-H} = 0,344$ g,
- maximálne vertikálne zrýchlenie $PGA_{RLE-V} = 0,214$ g,
- doba pôsobenia rozhodujúcich pohybov 10s.

Tieto nové údaje boli použité pre nedávne zvyšovanie seizmickej úrovne existujúcich systémov a pre inštaláciu nových nosných konštrukcií.

Na obr. 12 je znázornený časový vývoj rizika špecifického pre lokalitu EBO. Od doby pôvodného projektu sa robustnosť elektrárne z pohľadu maximálneho horizontálneho zrýchlenia zvýšila približne 14x.



OBR. 12: Postupné zvyšovanie seizmického rizika lokality EBO

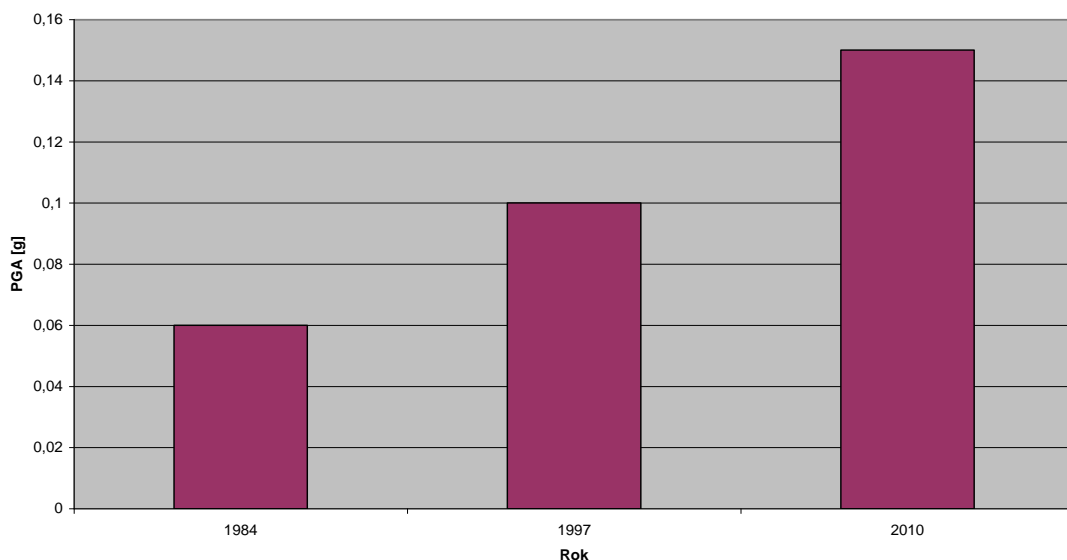
EMO

Na základe rozhodnutia o dostavbe EMO1,2 bolo vykonané nové hodnotenie seizmického rizika s využitím deterministického prístupu s prihliadnutím na odporúčania misia MAAE z roku 1993. Na základe tohto hodnotenia boli potvrdené pôvodné projektové hodnoty (t.j., 6,5 – 7 MSK-64, zrýchlenie na voľnom poli PGA = 0,06 g). Bolo však akceptované odporúčanie bezpečnostnej smernice MAAE č. 50-SG-S1 o minimálnej seizmickej odolnosti s horizontálnym PGA = 0,1 g a spektrom odozvy pre skladné podložie z NUREG-0098. Tieto vstupné údaje boli prevzaté do Technického návodu pre program seizmického prehodnotenia blokov 1-4 JE Mochovce, ktorý vypracovala MAAE v roku 1995. V roku 1996 bol na základe technického návodu MAAE vypracovaný dokument „Požiadavky na prehodnotenie seizmickej odolnosti konštrukcií a zariadení EMO blok 1 a 2“. Tento dokument sa, po odsúhlasení jeho obsahu ÚJD SR stal základným dokumentom pre dostavbu EMO1,2 pre oblasť seizmicity.

Po sprevádzkovaní EMO1,2 bola na základe pozvania ÚJD SR vykonaná v roku 1998 misia MAAE, ktorej úlohou bolo preveriť seizmické vstupné údaje pre lokalitu EMO. Na základe odporúčaní tejto misie bol v rokoch 1999 – 2003 vykonaný podrobný geologický prieskum zameraný na určenie možných geologických zlomov v regióne EMO. Dokument „Pravdepodobnostná analýza seizmického ohrozenia lokality JE Mochovce“ bol vypracovaný v súlade s bezpečnostnou smernicou MAAE NS-G-3.3. Dokument definoval novú hodnotu seizmickej úrovne lokality, PGA = 0,143 g podľa USNRC RG 1.165 (1997), s následnou deagregáciou týchto hodnôt na frekvenciu 10 Hz. Postup hodnotenia a metodika výpočtu boli preverené a schválené misiou MAAE (SIDAM) v roku 2003. Výsledkom pravdepodobnostného hodnotenia bolo stanovenie seizmického ohrozenia pre lokalitu EMO pre návratové periódy 475 rokov (SL1) a 10 000 rokov (SL2).

Misia MAAE (SIDAM) v roku 2003 odporučila vykonať podrobnejší geologický prieskum zlomu Dobrica, ktorý bol identifikovaný ako potenciálny aktívny zlom. Za účelom zdokladovania stability uvedeného zlomu, resp. preukázania jeho malej hĺbky, boli v roku 2006 vykonané práce dokladujúce stabilitu zlomu. V súlade s odporúčením misie MAAE boli v roku 2006 vykonané opätovné merania posunov na Geodetickej polohovej sieti lokality a v roku 2007 bola vypracovaná štúdia citlivosti zahrnutia zlomov v blízkom regióne JE Mochovce. Predchádzajúce rozhodnutia týkajúce sa úrovne seizmicity neboli zmenené.

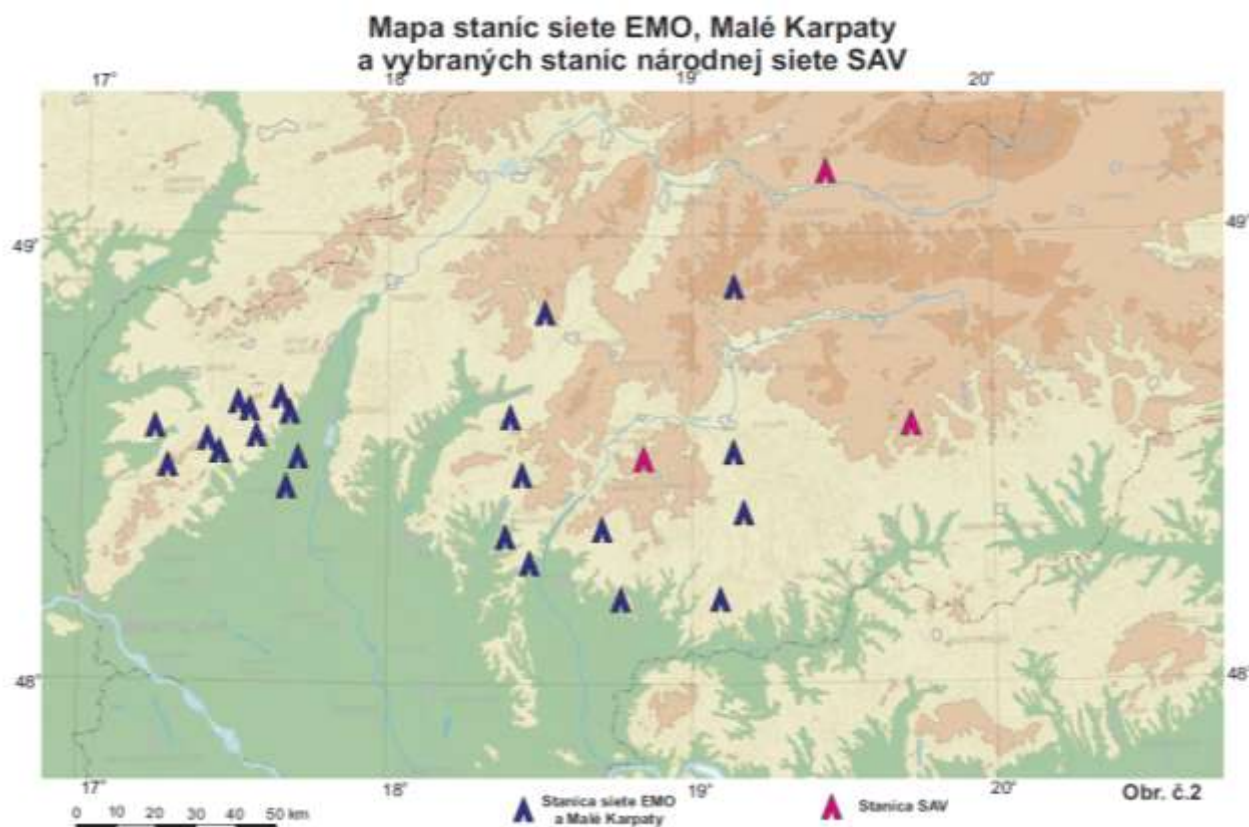
S prihliadnutím na odporúčania MAAE z rokov 1998 a 2003 sa ÚJD SR rozhodol zvýšiť hodnotu projektového zemetrasenia pre lokalitu Mochovce s určitou rezervou na PGA = 0,15 g (pozri obr. 13). Táto hodnota sa používa na dostavbu 3. a 4. bloku JE Mochovce a aj pre súčasne prebiehajúce zvýšenie úrovne pre EMO1,2.



OBR. 13: Postupné zvyšovanie seizmického rizika lokality EMO

Pre obe lokality (Bohunice aj Mochovce) bol zrealizovaný systém seizmického monitorovania a v súčasnosti sa využíva na včasnú identifikáciu akejkoľvek seizmickej činnosti, ktorá môže mať dopad na JE (pozri obr. 14). Monitorovanie seizmickej aktivity a mikroaktivity okolia JE Bohunice a Mochovce spočíva nepretržitom registrovaní a analyzovaní seizmických javov vykonávané v 22 seizmických staniach. Seizmickú sieť v okolia JE Bohunice tvorí 11 seizmických staníc nachádzajúcich sa v lokalitách: EBO, Buková, Dobrá Voda, Hradište, Lančár, Lakšár, Katarínka, Pustá Ves, Plavecké Podhradie, Smolenice a Špačince. Seizmickú sieť v okolia JE Mochovce tvorí taktiež 11 seizmických staníc nachádzajúcich sa v lokalitách: EMO, Hrušov, Bory, Kolačno, Michalková, Polichno, Mlyňany, Hostie, Dlžín, Devičany, Valentová. Umiestnenie seizmických staníc v okolí JE Mochovce bolo navrhnuté a vybudované na základe detailného seizmického a geologického prieskumu vypracovaného Geofyzikálnym ústavom Slovenskej akadémie vied a posudzovaného misiami MAEE v rokoch 1998 a 2004. Stanice je možné kontrolovať diaľkovo. Výsledky monitorovania sú spracovávané v štvrtročných správach. V prípadoch výskytu silnejších seizmických javov, ktoré sú predmetom záujmu pre prevádzku elektrárne, sú výsledky analýzy vypracované do dvoch dní od ich registrácie. Seizmické stanice umožňujú zisťovanie a lokalizáciu miestnych zemetrasení s magnitúdou vyššou ako $M_l > 1$. Seizmický monitorovací systém sa využíva na:

- Nepretržité sledovanie kmitania základovej dosky HVB,
- Automatické formovanie signálu pre BD v prípade prekročenia špecifikovanej hodnoty zrýchlenia (0,035 g pre EMO1,2 a 0,115 g pre EBO),
- Zaznamenávanie histórie vibrácií, keď dosiahnu vopred stanovenú hodnotu zrýchlenia.



OBR. 14: Rozmiestnenie seizmických monitorovacích staníc v okolí EBO a EMO

3.1.2 Opatrenia na ochranu elektrární pred projektovým zemetrasením

3.1.2.1 Identifikácia najviac ohrozených SKK, ktoré sú potrebné na dosiahnutie bezpečného odstavenia

Všetky systém, konštrukcie a komponenty (SKK) požadované na bezpečné odstavenie a odvod zostatkového tepla po seizmickej udalosti a ich klasifikácia do jednotlivých seizmických kategórií sú uvedené v zozname SSEL (zoznam zariadení potrebných na bezpečné odstavenie a ochladenie po seizmickej udalosti). Jednotlivé SKK a ich rozličné konfigurácie dostupné pre zachovanie bezpečnostných funkcií boli tiež stručne popísané v kapitole 1, vrátane informácií o ich seizmickej odolnosti. Do úvahy boli zbrané len systémy s seizmicou klasifikáciou s primeranou seizmicou odolnosťou ako systémy schopné vykonávať bezpečnostné funkcie po zemetrasení; všetky ostatné systémy boli považované za vyradené z prevádzky.

Pre obe prevádzkované elektrárne boli kritériá pre klasifikáciu jednotlivých komponentov do seizmických kategórií použité v súlade s dokumentom „Technické smernice pre program prehodnotenia JE Mochovce“ (MAAE, 1996). Ide o nasledovné kategórie:

- Seizmická kategória 1 zahŕňa stavebné konštrukcie, systémy a komponenty požadované pre:
 - Bezpečné odstavenie reaktora, jeho udržiavanie v odstavenom stave a odvod zostatkového tepla a chladenie na minimálne 72 hodín
 - Zachovanie integrity primárneho a sekundárneho okruhu až po izolačné ventily
 - Prevenciu rádioaktívnych únikov do okolia

- Seizmická kategória 2 zahŕňa všetky zariadenia, ktoré nie sú klasifikované v seizmickej kategórii 1. Seizmická kategória 2 sa delí do nasledovných podkategórií:
 - 2a, do ktorej patria stavebné konštrukcie, systémy a komponenty, ktoré by mohli v dôsledku tzv. seizmických interakcií priamo či sprostredkované spôsobiť stratu funkčnosti, pevnosti, hermetičnosti či stability polohy konštrukcií, systémov, komponent zariadení zaradených do seizmickej kategórie 1. Obvykle sa vyžaduje, aby stabilita polohy konštrukcií a komponent tejto kategórie zostala zachovaná počas a aj po skončení zemetrasenia.
 - 2b, do ktorej patria všetky ostatné stavebné konštrukcie, systémy a komponenty technologického zariadenia.

V rámci zvýšenia bezpečnosti elektrárne na novo definovanú úroveň seizmicity ($PGA = 0,1; 0,15$ alebo $0,344 g$) boli všetky zariadenia zahrnuté do SSEL prehodnotené pomocou metódy Hodnotenia seizmických rezerv (SMA) a aktualizované na požadovanú úroveň v súlade so špeciálnou metodológiou „Akceptačné kritériá a metodológia pre hodnotenie hraničnej (minimálnej) seizmickej odolnosti a pre návrh seizmických modifikácií“.

Robustnosť každého komponentu bola určená pomocou jeho HCLPF (ktoré je aj vyjadrením bezpečnostnej rezervy daného komponentu) pomocou metódy CDFM a GIP VVER (EPRI NP-6041, IAEA-SSS No-28, IAEA-TECDOC-1333).

Hlavné zásady CDFM pre výpočet hraničnej seizmickej odolnosti (SMA) sú nasledovné:

- Kombinácia účinkov prevádzkových zaťažení JE a zemetrasenia,
- Zaťaženie materiálov až po hraničnú nosnosť s minimálnymi garantovanými hodnotami podľa projektových noriem,
- Pevnostné podmienky zodpovedajúce hraničnej nosnosti pre oceľové a betónové konštrukcie, servisná úroveň D pre tlakové komponenty, potrubia a nádrže v súlade s zbierkou ASME BPVC Sekcia III,
- Duktilita (tvárnosť) – využíva sa pre duktilný spôsob poškodenia; faktor v týchto prípadoch je obvykle v rozmedzí od 1,25 do 2.

Metodológia GIP VVER používaná aj pre opätovné hodnotenie popisuje zisťovanie seizmických interakcií a uvádza formuláre pre zaznamenávanie nálezov zo seizmických pochôdzok a príslušných spôsobov nápravy. Akcelerogramy využívané pre aktualizáciu boli vytvorené v súlade s predpisom NUREG/CR-0098. Bola vypracovaná špeciálna metóda pre hodnotenie stability a pevnosti ukotvení vrátane postupu pre splnenie požiadaviek a ich overenie.

Pre stavebné objekty bez seizmickej klasifikácie neboli vykonané žiadne analýzy týkajúce sa ich kolapsu. Pre tieto objekty boli použité len požiadavky uvedené v norme ČSN 730036. Hodnotenie robustnosti rozličných konfigurácií zariadení však predpokladalo, že všetky systémy bez klasifikácie zlyhajú v prípade projektového alebo nadprojektového zemetrasenia.

Pre odvod zostatkového tepla po zemetrasení platia nasledovné predpisy:

- Technologický predpis pre Systém antiseizmickej ochrany SISCOM
- Technologický predpis pre Odvod zostatkového tepla po zemetrasení

Technologické predpisy popisujú činnosti, ktoré je potrebné vykonať pre odvod zostatkového tepla po seizmickej udalosti, vrátane popisu zariadení a nadväzností systému, prevádzkových limit a technologických obmedzení, spôsobu a činnosti obsluhy, nábehu a prevádzky systému. Pre „Scenár pre bezpečný stav bloku po seizmickej udalosti“ boli špecifikované nasledovné podmienky:

- Hlavné očakávané účinky spojené s vibráciami indukovanými v SKK prostredníctvom stavebných objektov;
- Systémy potrebné pre bezpečné odstavenie, odvod zostatkového tepla a prevenciu úniku rádioaktívnych látok do prostredia po seizmickej udalosti (uvedené v SSEL); Tento zoznam zahŕňa aj nádrže s veľkou zásobou vody, ktoré by mohli zhoršiť podmienky v dôsledku ich prasknutia alebo interakcie.
- Elektrické komponenty v rozvádzačoch sú chránené proti možnému presakovaniu vody z horných podlaží v pozdĺžnej etažérke ochranným krytom.
- Seizmická odolnosť systémov je zabezpečená do úrovne SL2. Systémy, ktoré nie sú projektované ako seizmicky odolné, môžu byť poškodené.
- Spolu so seizmickou udalosťou sa predpokladá strata napájania z externých a interných zdrojov a možný vznik miestnych požiarov.
- Elektrické napájanie zariadení uvedených v SSEL bude zabezpečené energiou zo systému ZN (zaistené napájanie) I. a II. kategórie.

3.1.2.2 Hlavné náhradné prevádzkové postupy v prípade škôd vyvolaných zemetrasením, ktoré by mohli ohroziť dosiahnutie bezpečného odstaveného stavu

Do úvahy boli zobrazené všetky možné účinky, ktoré by mohli ohroziť dosiahnutie bezpečného odstaveného stavu, vrátane:

- Možných zlyhaní ťažkých konštrukcií; aby sa zabránilo neprípustnému dopadu porušených prevádzkových zariadení na konštrukcie seizmickej triedy 1, bolo vykonané hodnotenie situácií s uvedenými možnými interakciami. Toto hodnotenie vychádzalo z pochôdzok v miestnostiach, kde sú umiestnené bezpečnostné zariadenia. Pochôdzky boli zamerané na posúdenie prevádzkových zariadení v týchto miestnostiach a na to, či by ich porucha vyvolaná zemetrasením mohla spôsobiť problémy na nejakom zariadení seizmickej kategórie 1.
- Porušenia turbíny môže mať za následok uvoľnenie letiacich úlomkov s vysokou energiou a je možný ich náraz na pozdĺžnu etažérku a následne na budovu reaktora. Bolo preverené, že zemetrasenie s intenzitou 8° MSK-64 nepovedie k porušeniu rotačných častí turbogenerátorov. Vďaka seizmickej projektovej hlavných konštrukcií strojovne sa predpokladá, že ložiská a hriadele turbíny a generátora zvládnu seizmické zaťaženie. Je preukázané, že zariadenie nadotáčkovej ochrany turbíny pracuje bezpečne aj v prípade svojej poruchy (fail-safe projekt), aby sa zabránilo porušeniu turbíny vysokými otáčkami v prípade zemetrasenia.
- Prasknutie vysoko energetických potrubí - aby sa zabránilo tlakovým vlnám a letiacim úlomkom v dôsledku porúch veľkých nádrží, prevádzkové nádrže s vysoko energetickým obsahom v priestoroch obsahujúcich zariadenia seizmickej triedy 1 boli analyzované a následne seizmicky zodolnené na seizmickú kategóriu 2a na udržanie ich celkovej stability po zemetrasení.
- *Pád ťažkých manipulačných zariadení:* Simultánna činnosť žeriavu s ťažkým bremenom a zemetrasenia sa nepredpokladá, pretože je veľmi nízka pravdepodobnosť, že takáto situácia nastane (iba niekoľko hodín prevádzky žeriavu ročne). Seizmické úpravy preukázali, že po zemetrasení nedôjde k pádu mostových žeriavov, uložených v bezpečnostne dôležitých budovách. Manipulačné zariadenia v hlavnom výrobnom bloku, ktoré sú umiestnené nad horným poschodím hermetickej zóny, ako napríklad mostové žeriavy na reaktorovej sále alebo zavážací stroj boli analyzované na udržanie svojej stability počas zemetrasenia a po ňom.
- Pre seizmické udalosti sa uvažovalo so stratou napájania zo siete, čo je popísané v kapitole 5 tejto správy.
- V prípade projektového zemetrasenia môže byť lokalita ovplyvnená poškodením prístupových ciest, najmä tých, ktoré sa nachádzajú v blízkosti predpokladaného epicentra zemetrasenia; prístup personálu a potrebných technických prostriedkov vyžaduje zväžiť poškodenie prístupových bodov do elektrárne,

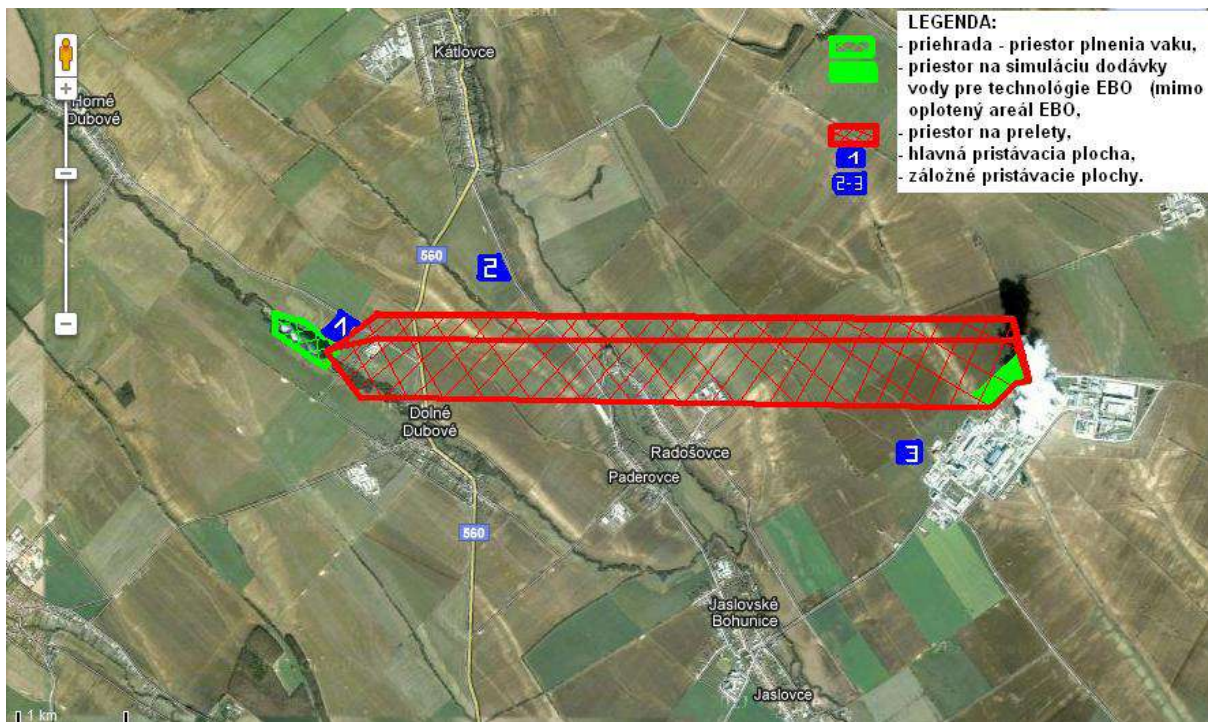
nakoľko tieto neboli uvažované ako seizmicky z odolnené. Takéto poškodenia sú popísané v kapitole 6, ktorá sa venuje riadeniu havárií.

- Môže byť ovplyvnená aj dostupnosť ciest pre možný transport chladiacej vody.
- Vznik miestnych požiarov vyvolaných zemetrasením je potrebné tiež zohľadniť, čo aj bolo zrealizované.

3.1.2.3 OCHRANA PRED NEPRIAMYMI DÔSLEDKAMI ZEMETRASENIA

Aby sa zabránilo nepriamym dôsledkom zemetrasenia alebo aby sa zmiernili ich následky, boli prijaté nasledovné opatrenia:

- Prevádzkové zariadenia, ktoré sú považované za potenciálne rizikové, sú klasifikované v seizmickej triede 2a, a je preukázaná ich seizmická odolnosť pri zohľadnení poruchových mechanizmov, ako je mechanické porušenie, rozsiahlejšie zaplavenia, nesprávna funkcia, atď., ktoré treba vylúčiť.
- Stavebné konštrukcie umiestnené v blízkosti zariadení dôležitých pre bezpečnosť boli zaradené do seizmickej kategórie 2a, následne seizmicky zodolnené, aby nedošlo seizmicitou k ich kolapsu. Sú to predovšetkým:
 - Strojovňa priamo spojená s pozdĺžnou etažérkou reaktorového bloku: Stabilita zaťažených hlavných konštrukcií strojovne je nevyhnutná nielen na zabezpečenie stability hlavného výrobného bloku, ale aj na zníženie možnosti rozsiahleho vplyvu na zariadenia s vyšším potenciálom rizika, ktoré sú umiestnené vo vnútri strojovne.
 - Chladiace veže s dopadom na ČČS TVD,
 - Prevádzková budova SO803.
 - Ventilačný komín, nakoľko sa nachádza v blízkosti budovy reaktora.
- Aby sa zabránilo tlakovým vlnám a letiacim úlomkom v dôsledku porúch veľkých nádrží, prevádzkové nádrže s vysoko energetickým obsahom v priestoroch obsahujúcich zariadenia seizmickej triedy 1 boli analyzované a následne seizmicky zodolnené na seizmickú kategóriu 2a na udržanie ich celkovej stability po zemetrasení. Zahŕňajú nasledovné komponenty:
 - Filtre vysokotlakového systému čistenia chladiva vzhľadom na ich možný vplyv na integritu kontajneru,
 - Napájacie nádrže umiestnené v pozdĺžnej etažérke.
- Aby sa zabránilo pádu ťažkých zariadení, mostové žeriavy v strojovni a pozdĺžnej etažérke (úroveň +14,7 m) majú stanovené parkovacie polohy mimo zariadení (turbogenerátormi, komponentmi alebo potrubiami systému pary a napájacej vody) počas prevádzky bloku na výkone.
- Prístup hasičských jednotiek k jednotlivým významným stavebným objektom v prípade požiaru je zabezpečený minimálne z dvoch smerov a je zadefinovaný vo výjazdových kartách ZHU.
- Bazény chladiacej vody môžu byť dopĺňané podľa situácie chladiacou vodou z hydrantovej siete EBO. Tento postup bol odsúhlasený neštandardnými testami.
- V prípade zničenia uvedených zdrojov je možné dopravovať vodu z blízkych vodných zdrojov kyvadlovým spôsobom, hadicovým vedením, alebo v podvesnom vaku vrtuľníka. V prípade neporušenia železničnej vlečky je možné dopraviť vodu vo veľkokapacitných železničných cisternách.
- Ako možný zdroj pre kyvadlovú dopravu vody pre Bohunice je možné uvažovať s Horným Dudváhom s prístupovými miestami v Pečeňadoch, Žĺkovciach a Trakoviciach. Ďalšími možnými zdrojmi sú potok Horná Blava a rybník v Jaslovských Bohuniciach, nádrž Enviral v Leopoldove, Vážsky kanál v Drahovciach a vodný mlyn v Radošovciach.
- Najvhodnejším zdrojom na čerpanie a následnú dodávku vody do EBO je priehrada Dolné Dubové. V časti pri stavidle je priehrada vhodná na odber vody vrtuľníkom s podvesným vakom. Tento postup bol reálne precvičený v rámci havarijného cvičenia (pozri obr. 15).



OBR. 15: Pracovný priestor pre činnosť s vrtuľníkom

Zabezpečenie dodávok chladiacej vody pre Mochovce je možné požiarňami cisternami z vodného diela Veľké Kozmálovce. Prístupové trasy sú vedené po štátnej komunikácii na trase Mochovce - Malé Kozmálovce a následne prístupovou cestou k odbernému miestu čerpacej stanice. Na trase sa nenachádza žiadny cestný most, ktorý by mohol byť považovaný za prekážku v prípade seizmickej udalosti. Ďalším využiteľným vodným zdrojom môže byť malá vodná elektrárňa na rieke Hron v blízkosti obce Kálnica (Kálná nad Hronom). Na tejto trase sa nenachádza žiadny most.

Prístup odborného personálu do Mochoviec je predpokladaný zo smerov Levice, Nitra, Zlaté Moravce. Mestá Nitra a Zlaté Moravce sú dostupné štátnymi cestami a je predpoklad, že po zadefinovanej seizmickej udalosti zostanú prejazdné. Zo smeru Levice je potrebné uvažovať so skutočnosťou, že na toku rieky Hron sú vo vzdialenosti do 10 km vybudované tri mostné objekty, a preto rieka Hron nebude limitovať príchod odborného personálu.

Pre zvládnutie miestnych požiarov sa uvažujú:

- Seizmicky a požiarne odolné požiarne deliace steny medzi jednotlivými požiarňami úsekmi,
- Seizmicky odolné požiarne VTZ klapky chránené požiarňou izoláciou VTZ potrubí,
- Seizmicky odolný stabilný hasiaci systém so seizmicky odolnou elektrickou požiarňou signalizáciou pre identifikáciu požiaru a následnú iniciáciu SHZ,
- Seizmická klasifikácia zariadení obsahujúcich horľavé látky (najmä olej),
- Hasenie požiarov závodným hasičským útvarom.

Zariadenia ZN I. a II. kategórie budú seizmicky odolné, bez ohľadu na to, či napájajú spotrebiče uvedené na zozname SSEL alebo nie, čím sa výrazne znižuje riziko vzniku požiaru.

3.1.3 Súlad medzi elektrárňami a ich aktuálnym princípom pre udelenie licencie

3.1.3.1 Procesy držiteľ'a licencie zabezpečujúce, že systémy, konštrukcie a komponenty elektrárne, ktoré sú potrebné na dosiahnutie bezpečného odstavenia po zemetrasení, alebo ktoré by mohli mať nepriame vplyvy prediskutované v predchádzajúcej časti, zostávajú v prevádzkyschopnom stave

Zariadenia v klasifikovaných kategóriách majú vypracované individuálne programy zabezpečenia kvality podliehajúce dozoru ÚJD SR. Tieto programy definujú požiadavky na kontroly jednotlivých zariadení od ich uvedenia do prevádzky. Kontroly (prehliadky) sú zaznamenávané vo forme protokolov. Okrem týchto kontrol sú v súlade s odporučeniami MAAE, v rámci programu riadeného starnutia vytypovaných komponentov a programu hodnotenia stavebných objektov, periodicky hodnotené zadané ukazovatele ich technického stavu. Počas záťažových testov bola vykonaná pochôdzka po elektrárni za účelom overenia stavu zariadení. Bolo potvrdené, že všetky SKK sú v súlade s aktuálnym princípom pre udelenie licencie.

3.1.3.2 Procesy držiteľ'a licencie, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii po zemetrasení, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti

Za účelom udržiavania mobilných zariadení, určených pre dodávku vody do systému superhavarijného doplnovania, v prevádzkyschopnom stave sú príslušné čerpadlá pripravené na dodávky vody z externých zdrojov v súlade s harmonogramom funkčných skúšok zariadení primárneho a sekundárneho okruhu. Pri príprave záťažových testov a ako odpoveď na odporúčania WANO boli otestované vybrané mobilné zariadenia na preukázanie ich schopnosti plniť požadované funkcie.

3.1.3.3 Možné odchýlky od princípu pre udelenie licencie a činnosti na stanovenie týchto odchýlok

Schopnosť blokov EBO3,4 zachovať si základné bezpečnostné funkcie sa výrazne zvýšila v niekoľkých etapách zvyšovania bezpečnosti z pôvodnej projektovej hodnoty $PGA = 0,025$ g (vybudovanie ako neseizmický projekt), cez aktualizáciu na $PGA = 0,25$ g v roku 1995, až po súčasnú hodnotu $PGA = 0,344$ g, ktorá zodpovedá zvyšovaniu úrovne bezpečnosti ukončenému v roku 2008.

Pre EBO3,4 neboli identifikované žiadne odchýlky od princípu pre udelenie licencie s ohľadom na seizmickú odolnosť. Seizmická odolnosť všetkých príslušných SKK sa priebežne zvyšovala na základe pravidelného prehodnocovania seizmického rizika lokality.

Lokalita Mochovce bola prehodnotená na základe novej metodiky v rokoch 1998 až 2003 a nová hodnota projektového zemetrasenia bola stanovená na $PGA = 0,143$ g s návratovou periódou 10 000 rokov. Spôsob prehodnotenia bol preverený misiou MAAE v roku 2003. Za účelom dosiahnutia zvýšenej seizmickej bezpečnostnej rezervy prebieha v súčasnosti seizmické zodolnenie elektrárne na hodnotu $PGA = 0,15$ g. Tá istá hodnota bola použitá aj pre prebiehajúcu výstavbu blokov MO34.

3.2 Hodnotenie bezpečnostných rezerv

3.2.1 Rozsah zemetrasenia, ktoré vedie k vážnemu poškodeniu paliva

Hodnotenie a zvyšovanie úrovne mechanických a elektrických zariadení vychádzalo z konzervatívneho prístupu berúceho do úvahy elastické správanie konštrukcií. Hodnotenie stavebných objektov (konštrukcií) však zahŕňalo mierne konštrukčné neelastické správanie objektov. S prihliadnutím na vlastnosti materiálov použitých pre jednotlivé komponenty bezpečnostného systému by najskôr malo dôjsť k plastickej deformácii a až po prekročení hraničných konštrukčných hodnôt by malo dôjsť k poškodeniu daného komponentu. Toto hodnotenie je však nad rámec aktuálnych regulačných požiadaviek a medzinárodných noriem a rezerva ešte nebola kvantifikovaná. Vyhodnotenie seizmických rezerv je možné získať iba prostredníctvom prepracovaných elasticko-plastických pevnostných výpočtov. Práca na analýzach už začali a výsledky sa očakávajú začiatkom roka 2012. Na základe predbežných výsledkov sa vo všeobecnosti očakávajú 20 – 30 % seizmické bezpečnostné rezervy.

3.2.2 Rozsah zemetrasenia vedúceho k strate integrity kontajneru

Rovnaké hodnotenie, ktoré platí pre rozsah vážneho poškodenia paliva, platí aj pre kontajner. V súlade s tým sa strata integrity kontajneru v EBO3,4 nepredpokladá pri hodnote nižšej ako $PGA = 0,35 g$ a pre EMO pri hodnote nižšej ako $0,2 g$.

3.2.3 Zemetrasenie prekračujúce projektové zemetrasenie elektrárne a následné záplavy prekračujúce projektové záplavy

S prihliadnutím na umiestnenie lokality, geomorfologické a hydrologické vlastnosti a na základe vykonaných analýz bolo dokázané, že dokonca ani zlyhanie priehrad na najbližších riekach spôsobené zemetrasením nespôsobí zaplavenie lokality. Konštrukcie vybudované na riekach pre dodávku surovej vody môžu byť ovplyvnené, čo by viedlo k prerušeniu dodávky surovej vody. Príslušné otázky sú definované ako udalosť straty koncového odvodu tepla v kapitole 5.

3.2.4 Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrárne voči zemetraseniam

Odolnosť elektrárne voči zemetraseniam sa v nedávnej dobe výrazne zvýšila a považuje sa za primeranú súčasným požiadavkám. Napriek tomu sa uvažuje o nasledovných opatreniach na kvantifikáciu rezerv a ďalšie zlepšenie:

- Kvantifikácia rezerv kľúčových SKK pre zemetrasenia presahujúce projektové zemetrasenie
- Vypracovanie seizmickej PSA
- Aktualizácia plánov logistiky dopravy do JE po extrémnom zemetrasení

4 ZÁPLAVY

4.1 Základná projektová hodnota

4.1.1 Záplavy uvažované v projekte elektrárne

4.1.1.1 Charakteristiky projektových záplav

Projektové záplavy neboli špecifikované v projektovej dokumentácii, nakoľko obe jadrové lokality Slovenska sa nachádzajú vo vnútrozemí a vo veľkej vzdialenosti od akéhokoľvek významného zdroja záplav. Boli však postulované možné zdroje záplav, predovšetkým silný dažď. Pre konštrukcie a objekty elektrárne bola špecifikovaná a preskúmaná jediná vierohodná príčina veľkého prítoku vody, t.j., extrémne zrážky. Projektové zrážky definované pre EBO3,4 boli 65 l/s/ha, pre všetky bloky v Mochovciach to bolo 140 l/s/ha, s trvaním 15 minút v oboch prípadoch a s dobou návratnosti 100 rokov. Najviac zrážok býva zvyčajne v letných mesiacoch počas silných búrok.

V rámci záťažových testov bolo však uvažované aj so všetkými ostatnými možnými zdrojmi záplav. Tieto zahŕňajú možné záplavy spôsobené zdrojmi povrchovej vody, poškodením priehrad, podzemnou vodou a extrémnym počasím, predovšetkým silným dažďom, topiacim sa snehom a kombináciou silného dažďa a topiaceho sa snehu. Do úvahy bola zobrať aj seizmická udalosť s následnými vnútornými záplavami. V nasledujúcej časti je uvedené hodnotenie záplav, ktoré by mohli mať dopad na zaistenie bezpečnostných funkcií.

4.1.1.2 Metodika použitá na vyhodnotenie projektových záplav

Blízke povrchové vodné zdroje

Obe lokality sa nachádzajú ďaleko od významných zdrojov povrchovej vody (rieky, veľké vodné plochy).

Rieka Váh s vodnou nádržou Sĺňava sa nachádza približne 8 km od JE Bohunice. Medzi areálom JE a riekou Váh, ako jeho pravostranný prítok, preteká nižinná rieka Dudváh. Pravostranný prítok Dudváh odvodňuje areál lokality. Medzi lokalitou a obcou Jaslovské Bohunice preteká ďalšia malá riečka Blava. Výškový rozdiel cca 11m na východe vo vzdialenosti cca 3 km, oddeľuje areál od rovinného a v tejto časti i dostatočne širokého údolia Váhu.

Lokalita Mochovce sa nachádza približne 5 km od rieky Hron. Nadmorská výška lokality JE Mochovce je 233,10 – 242,10 m, zatiaľ čo koruna priehrady vodnej nádrže Veľké Kozmálovce na rieke Hron je v nadmorskej výške 176,0 m a maximálna hladina je v nadmorskej výške 175,0 m.

S prihliadnutím na vzdialenosť riek, terén a vyvýšenie lokalít je možné povedať, že konštrukcie elektrárne a v nich umiestnené zariadenia nemôžu byť priamo ohrozené záplavami z okolitých vodných tokov a vodných diel.

Zlyhanie priehrad

Záplavy na vyššie uvedených riekach môžu ovplyvniť prevádzku čerpacích staníc nachádzajúcich sa v blízkosti vodných nádrží na riekach a prerušiť prevádzku systémov dopĺňovania priemyselnej vody.

Zlyhanie priehrad na rieke Váh môže mať potenciálny vplyv na prevádzku EBO3,4. V tomto prípade bude ohrozený zdroj prídavnej vody v Drahovciach (kvôli výpadku elektrického napájania čerpadiel) a čiastočne bude zatopená čerpacia stanica Pečeňady, kde hladina vody dosiahne úroveň 0,5 m (v prípade zlyhania Oravskej priehrady), resp. 1,2 m (pri zlyhaní Liptovskej Mary). Pri úplnej strate prívodu vody z Váhu a výpadku ČS

Pečeňady by sa pre zabezpečenie bezpečnostných funkcií využívali zásoby vody v bazénoch chladiacich veží a v kanáloch chladiacej vody.

Roztrhnutie existujúcich priehrad v povodí rieky Hron by vzhľadom na ich pomerne malé objemy a lokalizáciu hlavne v hornej časti povodia nemali vážne ohroziť objekty EMO 12 a MO34. Objekty JE sú umiestnené vo svahu. V blízkom okolí sa nenachádzajú žiadne priehrady, ktoré by pri možnom poškodení (zemetrasenie, úmyselné poškodenie) mohli ohroziť objekty MO1,2 a MO34. Pri zlyhaní priehrady vodného diela Veľké Kozmálovce bude ohrozený zdroj priemyselnej vody z dôvodu zatopenia čerpacej stanice priemyselnej vody zabezpečujúcej priemyselnú vodu pre lokalitu Mochovce. V prípade úplnej straty dodávky priemyselnej vody sa použijú zásoby vody v bazénoch chladiacich veží a v kanáloch chladiacej vody. V Mochovciach je k dispozícii dodatočný rezervoár surovej vody, ktoré je možné využiť.

Problémy týkajúce sa straty priemyselnej vody sú súčasťou analýzy vzťahujúcej sa na stratu konečného recipientu tepla. Tieto otázky sú prediskutované zvlášť v kapitole 5 tejto správy. Je však možné vylúčiť priame ohrozenie objektov a zariadení elektrárne záplavami v dôsledku zlyhania priehrad.

Podzemná voda

Hladina spodnej vody v lokalite Bohunice sa nachádza v hĺbke 16÷20 m. Monitorovanie podzemných vôd (aktivít a hydraulického režimu) je vykonávané pomocou rozsiahlej siete (143 ks) existujúcich a novovybudovaných monitorovacích vrtov. Hlavným cieľom monitorovacieho systému je zaistiť ochranu zdrojov podzemnej vody pred šírením rádioaktívnych látok.

Počas hlbokých vrtov sa v skalných formáciách v areáli elektrárne Mochovce nenašla žiadna podzemná voda. Analýza geomorfologických, geologických a hydrogeologických podmienok preukázala, že podzemná voda nemôže zasiahnuť základy budov JE Mochovce. JE preto nemá vybudovaný stály odvodňovací systém pre reguláciu hladiny podzemných vôd. Existujúce vrty vo vnútri a mimo areálu JE slúžia len pre dozimetrickú kontrolu podzemných vôd.

Z tohto dôvodu nie je potrebné brať do úvahy účinky podzemných vôd na stabilitu stavebných objektov, ani ju považovať za možný zdroj záplav.

Extrémne zrážky

Správne naprojektovanie systému dažďovej kanalizácie je zvyčajná prevencia proti záplavám v dôsledku extrémnych dažďov.

Konzervatívny odhad pre EBO3,4 udáva, že základom pre projektovanie kapacity systému odvodnenia je plocha 18,2 ha. Zrážky v objeme 65 l/s/ha (5,85 mm za 15 minút) zodpovedá celkovému prietoku 1,18 m³/s, čo je približne 50 % kapacity systému odvodnenia (2,365 m³/s). Dažďová kanalizácia z areálu JE je vedená do poistných nádrží a odtiaľ do toku Manivier. Poistné nádrže slúžia na zachytávanie suspendovaných častíc a možných ropných produktov z areálu. V prípade extrémnych zrážok dôjde v areáli k povrchovému odtoku smerom z najvyššie položenej plochy, čo je centrálna čerpacia stanica k najnižšie položeným plochám, ktorú tvorí areál okolo poistných nádrží. Je zrejme, že kapacita systému odvodnenia má veľké rezervy v porovnaní s pôvodnou projektovou hodnotou.

Dažďová kanalizácia v areáli JE Mochovce zbiera a dopravuje dažďovú vodu z rozličných oblastí elektrárne do najnižšieho bodu areálu Mochoviec, ktorý sa nachádza mimo hraníc elektrárne. Dažďová kanalizácia odvádza zachytené zrážkové vody do jedného najnižšie položeného miesta, kde je umiestnená poistná nádrž dažďovej kanalizácie v areáli ČOV. Táto nádrž v bežnej prevádzke slúži na zachytávanie dažďových oplachov plôch z areálu

JE Mochovce a plní zároveň funkciu poistného článku pre zachytenie eventuálnych únikov ropných produktov z intravilánu elektrárne. Topografia areálu zabraňuje akumulácii vody na akejkoľvek úrovni, na ktorej sa nachádzajú budovy s kritickými systémami, konštrukciami a komponentmi. Kanalizačný systém má nezávislé potrubie pre každú z úrovní a dažďová voda sa dopravuje z každej úrovne do bazéna spoločného pre EMO1,2 a MO34.

Kanalizačný systém bol naprojektovaný s uvažovaním 15-minútového privalového dažďa s periodicitou 1 roka a intenzitou dažďa 140 l/s/ha. Táto intenzita dažďa zodpovedá prietoku 26.18 l/s v menšom zberači. Odvodňovaná plocha menšieho zberača je 0,38 ha, z čoho sú 0,2 ha spevnené plochy (odtokový koeficient 0,8) a 0,18 ha nespevnené plochy (odtokový koeficient 0,15). Minimálna veľkosť potrubia kanalizačného systému je DN 300 a jeho kapacita, s 2 % sklonom, je 147,07 l/s. Zrážky na tej istej kanalizačnej ploche, ktoré by mohli vyvolať takýto prietok, zodpovedajú takmer 70 mm zrážok s trvaním 15 minút, čo je takmer dvojnásobok zrážok so 100-ročnou dobou návratnosti.

Rezerva predstavuje 38 mm s prihliadnutím na 100-ročnú návratovú periódu zrážok s trvaním 15 minút.

Tieto extrémne zrážky boli ohodnotené v správe nedávno vypracovanej (v roku 2011) Slovenským hydrometeorologickým ústavom pre areál Mochovce v spojení s výstavbou MO34. Na posúdenie hodnôt maximálnych snehových/dažďových zrážok sa použili 30-ročné hodnoty ročných meraní z meteorologickej stanice Mochovce (1981-2010), ako aj hodnoty zo 65 rokov meraní najvyšších intenzít zrážok v oblasti Mochoviec a historické údaje intenzít dažďov na Slovensku. Hodnotenie sa vykonali extrapoláciami použitím DDF (hĺbka – trvanie - frekvencia) kriviek. Hlavné výsledky štúdie sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke odporúčaných extrémnych hodnôt meteorologických parametrov, ktoré je potrebné použiť pre hodnotenie bezpečnosti:

Meteorologický parameter	Opakovanie		
	JEDNOTKA	100 rokov	10 000 rokov
Zásoba vody v snehovej vrstve	mm	88.4	165.8
Extrémne snehové a dažďové zrážky	mm	120.6	224.4
Intenzita búrky s trvaním 300 min	mm/min.	0.226	0.389
Intenzita búrky s trvaním 30 min	mm/min.	1.379	2.330
Intenzita búrky s trvaním 15 min	mm/min.	2.133	4.067
Maximálna denná výška vrstvy vody z topiaceho sa snehu	mm	50	100

Spoločná časť kanalizačného systému EMO1,2 a MO34 zberá dažďovú vodu z plochy 33,12 ha a jeho kapacita je 5,9 m³/s. Táto kapacita postačuje na odvodnenie celého areálu, aj v prípade, že by všetka dažďová voda bola odvádzaná kanalizačným systémom (čo nie je tento prípad).

Z tabuľky je zrejmé, že hodnota 140 l/s/ha použitá ako základná projektová hodnota pre EMO je výrazne nižšia (približne 12,6 mm) ako predpovedá nová štúdia. Podobná meteorologická štúdia ako bola vypracovaná pre Mochovce, sa pripravuje aj pre Bohunice za účelom aktualizácie pôvodných projektových hodnôt a bude ukončená v januári 2012. Štúdia bude zahŕňať aj metodológiu pre hodnotenie maximálnej hladiny vody v areáli pre extrémne zrážky. Je možné očakávať, že v porovnaní s projektovou hodnotou pre EBO3,4, ktorá je 65 l/s/ha, bude výraznejší rozdiel a kapacita systému odvodnenia tým pádom bude otázna. Samozrejme to neznamená, že krátky intenzívny dážď nad projektové hodnoty spôsobí záplavy. Špecificky, nie je potrebné okamžite odvieť celý objem dažďovej vody, dá sa to vykonať aj s určitým oneskorením. Očakáva sa, že v prípade správneho fungovania

systému odvodnenia nebude žiadne riziko výrazného zaplavenia areálu. Toto očakávanie je však potrebné potvrdiť po ukončení novej meteorologickej štúdie na základe podrobnejšieho hodnotenia.

Avšak, aby sme zachovali konzervatívny prístup, napriek skutočnosti, že správne fungovanie kanalizačného systému vylučuje možnosť zaplavenia v dôsledku zrážok, analyzovalo sa aj správanie elektrární v prípade kompletnej straty (upchatia) kanalizačného systému. Konzervatívne sa predpokladalo, že extrémne zrážky spôsobia vyradenie vstupov kanalizačného systému z prevádzky ich upchatím nánosmi z nespevnených plôch a že voda postupne tečie pozdĺž objektov na najnižšie miesta. V tomto prípade sa môže okolo stavebných objektov elektrárne vytvoriť určitá vrstva vody nad terénom.

Odhady hladiny vôd za vyššie popísaných podmienok je dosť komplikovaná úloha. Za pomoci vyššie uvedenej tabuľky a s prihliadnutím na extrémny dážď a topenie snehu a tvar terénu bolo určené, že výška dočasného zaplavenia s dobou návratnosti 10 000 rokov neprekročí 10 cm.

Vnútorne záplavy spôsobené zemetrasením

Okrem vonkajších zdrojov záplav bola hodnotená aj zraniteľnosť všetkých budov obsahujúcich elektrické zariadenia, ktoré môžu byť ovplyvnené záplavami (budova reaktora a budova pomocných prevádzok, strojovňa, pozdĺžna a priečna etažérka, DG stanice, ČS TVD, budova SHN), vnútornými záplavami (spôsobenými prasknutím potrubí / nádrží) s prihliadnutím na prasknutie najzraniteľnejších potrubí vody po zemetrasení.

Pre EBO3,4 a EMO1,2 boli zohľadnené nasledovné zdroje vnútorných záplav:

- Veľký únik z prasknutého potrubia napájacej vody v pozdĺžnej etažérke,
- Veľký únik cirkulačnej chladiacej vody v strojovni,
- Veľký únik z prasknutého potrubia napájacej vody a kondenzátu v strojovni.

Z pohľadu záplav je najhoršou situáciou prasknutie potrubia cirkulačnej chladiacej vody s potenciálnym únikom až 85 100 m³ vody (tento údaj platí pre MO34, pre EBO3,4 je táto hodnota 52 000 m³). Poškodenie tohto seizmicky neklasifikovaného potrubia v strojovni je možné považovať za najväznejší dôsledok zemetrasenia. Analýza však preukázala, že dokonca ani v prípade úniku celého objemu vody nedôjde k ohrozeniu káblových kanálov nachádzajúcich sa v suteréne strojovne s odbočkami na -3,0 m, ktoré by mohli spôsobiť šírenie záplavy do susednej etažérky.

Okrem toho sa do úvahy vzala aj záplava v EMO1,2 spôsobená poškodením nádrže prídavnej vody (2 x 6 000 m³). Zásobná nádrž prídavnej vody sa nachádza mimo lokality EMO1,2, asi 300 m v severovýchodnom smere smerom k ČOV. Zo skladovacej nádrže sa odpadová voda prepravuje do chemickej úpravne vody (CHÚV) cez dve vedenia s priemerom 1200 mm s dĺžkou asi 550 m. Stanica CHÚV sa nachádza priamo v areáli JE, pričom rozdiel výšok medzi CHÚV a zásobnou nádržou prídavnej vody je asi 17 m. Areál JE je oddelený od zásobnej nádrže prídavnej vody betónovou stenou vysokou 2,6 m. Terén sa zvažuje smerom k priekope s hĺbkou od 3 m do 5 m pred touto stenou v smere k zásobnej nádrži prídavnej vody. Hladina vody v nádržiach 2 x 6 000 m³ sa kontroluje diaľkovo pomocou snímačov z čerpacej stanice na rieke Hron. V prípade potenciálneho poškodenia nádrže a za predpokladu uvoľnenia celého objemu prídavnej vody, t.j. 12 000 m³ do okolia, nie je zaplavenie areálu JE možné.

4.1.1.3 Záver o primeranosti ochrany pred externými záplavami

Ako bolo objasnené vyššie, nie je potrebná žiadna ochrana areálu voči externým zdrojom záplav okrem vhodne naprojektovanej kapacity a zaistenia prevádzkyschopnosti kanalizačného systému na zvládnutie extrémnych

zrážok. Systémy boli naprojektované pre pôvodné projektové zrážky (prívalový dážď) s veľkými rezervami. Aktualizované meteorologické štúdie však naznačujú, že pravdepodobne bude potrebné prehodnotiť pôvodnú projektovú hodnotu pre maximálne zrážky. Toto prehodnotenie už bolo zohľadnené pri realizácii aktualizovaných projektových opatrení proti vstupu vody do bezpečnostne významných budov.

4.1.2 Opatrenia na ochranu elektrárne pred projektovými záplavami

4.1.2.1 Identifikácia systémov, konštrukcií a komponentov (SKK), ktoré sa požadujú na dosiahnutie a udržanie stavu bezpečného odstavenia a sú najohrozenejšie počas nárastu zaplavenia

Stupeň ohrozenia záplavami je rozdielny pre rozdielne typy konštrukcií, systémov a komponentov, predovšetkým pre stavebné objekty, mechanické komponenty, elektrické a SKR komponenty.

Nakoľko dopad podzemných vôd bol vylúčený, záplavy vo všeobecnosti neohrozujú stavebné objekty: neočakávajú sa žiadne dôsledky zaplavenia na stavebné objekty, ale len na technologické zariadenia, ktoré sú v nich inštalované. Analýza je dôležitá len pre stavebné objekty, v ktorých sa nachádzajú bezpečnostné konštrukcie, systémy a komponenty a ktorých prízemie je na najnižšej absolútnej výške, ktorá sa následne považuje za najviac ohrozenú pri skúšobných statických výpočtoch. Zraniteľnosť – možné ohrozenie sa hodnotí na základe progresívne stúpajúcej hladiny vody začínajúc od najnižšieho bodu areálu.

V analýze vnútorných záplav sa predpokladá, že:

- ak zaplavenie dosiahne úroveň miestnosti, v ktorej je inštalovaný aktívny komponent, tento komponent zlyhá, pokiaľ nie sú k dispozícii hydraulické ochrany;
- ak zaplavenie dosiahne úroveň podlahy miestnosti, v ktorej je inštalované elektrické zariadenie zabezpečujúce napájanie aktívneho komponentu, tento komponent zlyhá, pokiaľ nie sú k dispozícii hydraulické ochrany;
- bezpečnostné skrine SKR a panely BD/ND sú inštalované na dostatočne vysokej úrovni; z tohto dôvodu sa predpokladá, že nedôjde k žiadnej strate aktívneho komponentu zaplavením v dôsledku straty bezpečnostného ovládania SKR.

V prípade potreby sa hodnotí druhý krok, či sú potrebné podrobnejšie hľadiská (napríklad analýza presnej úrovne komponentu vo vnútri miestnosti). Káble a pasívne komponenty (napríklad potrubia) majú výraznú odolnosť voči záplavám, a teda ich nie je potrebné v analýzach ďalej zohľadňovať.

Budovy elektrární vyžadujúce podrobnejšie hodnotenie ich odolnosti voči záplavám, sú:

- Budova reaktora a pomocných prevádzok, v ktorých sa nachádzajú elektropohony superhavarijných vstrekových čerpadiel a havarijných napájacích čerpadiel,
- Strojovňa, pozdĺžna a priečna etažérka, kde by mohlo dôjsť k ohrozeniu elektrických rozvádzačov a napájacej automatiky,
- DGS so 6 kV vývodmi – po prekonaní určitej úrovne bude voda prenikajúca hlavne cez netesné brány na severnej strane objektu stekať do miestností pod DG, kde pri zvýšenej hladine môže zatopiť vývody 6 kV,
- Čerpacia stanica s SHNČ čerpadlami požiarnej vody,
- Budova SHN; zvýšená úroveň vody môže dosiahnuť až úroveň pohonov SHNV,
- Stredisko havarijnej odozvy,
- Vedenia silových káblov.

4.1.2.2 Hlavné projektové a konštrukčné opatrenia na zabránenie dopadu záplav na elektrárne

Vzhľadom k tomu, že jedinou možnosťou záplav lokalít JE na Slovensku sú extrémne zrážky, hlavný spôsob prevencie spočíva v správne naprojektovanom a udržiavanom kanalizačnom systéme. Ak, aj napriek tomuto opatreniu, je postulované zlyhanie systému, potom vhodným projektovým opatrením je správne utesnenie budov a vyvýšený vstup do budov. Súčasná situácia v tejto oblasti je popísaná v nasledovnej časti.

V projekte EMO1,2 a MO34 bolo uvažované so zvýšeným vstupom (20-60 cm nad terénom) do budovy významných pre bezpečnosť, v ktorých sú umiestnené bezpečnostné zariadenia, t.j.:

- dieselgenerátorová stanica,
- budova reaktora;
- pozdĺžna a priečna etažérka;
- čerpacia stanica technickej vody dôležitej (TVD).

Čo sa týka budovy reaktora, pozdĺžnej a priečnej etažérky a stanice diesel generátora, tieto budovy majú buď hermetické dvere a minimálne 20 cm vysoký prístupový prah do miestností s bezpečnostnými zariadeniami (budova reaktora), alebo 20 cm vysoký prístupový prah (stanica diesel generátora a pozdĺžna a priečna etažérka). Citlivé komponenty čerpacej stanice TVD sú elektromotory SHNČ, ktoré sú nainštalované 60 cm nad podlahou. Nakoľko funkčnosť elektrických káblov nie je záplavami dotknutá, k poškodeniu čerpadiel dochádza v prípade, že hladina vody stúpne na 60 cm nad podlahou.

U blokov EBO3,4, ktoré boli projektované skôr, bola pôvodne venovaná nižšia pozornosť ochrane pred záplavami v dôsledku extrémnych zrážok. Relatívne zraniteľné budovy elektrárne zahŕňajú:

- Budovu reaktora, v ktorej sú umiestnené čerpadlá havarijného systému chladenia aktívnej zóny a čerpadlá sprchového systému (na -6,5 m),
- Dieselgenerátorová stanica so 6 kV vývodmi,
- pozdĺžna a priečna etažérka;
- chemická úpravňa vody so SHNČ,
- Stredisko havarijnej odozvy.

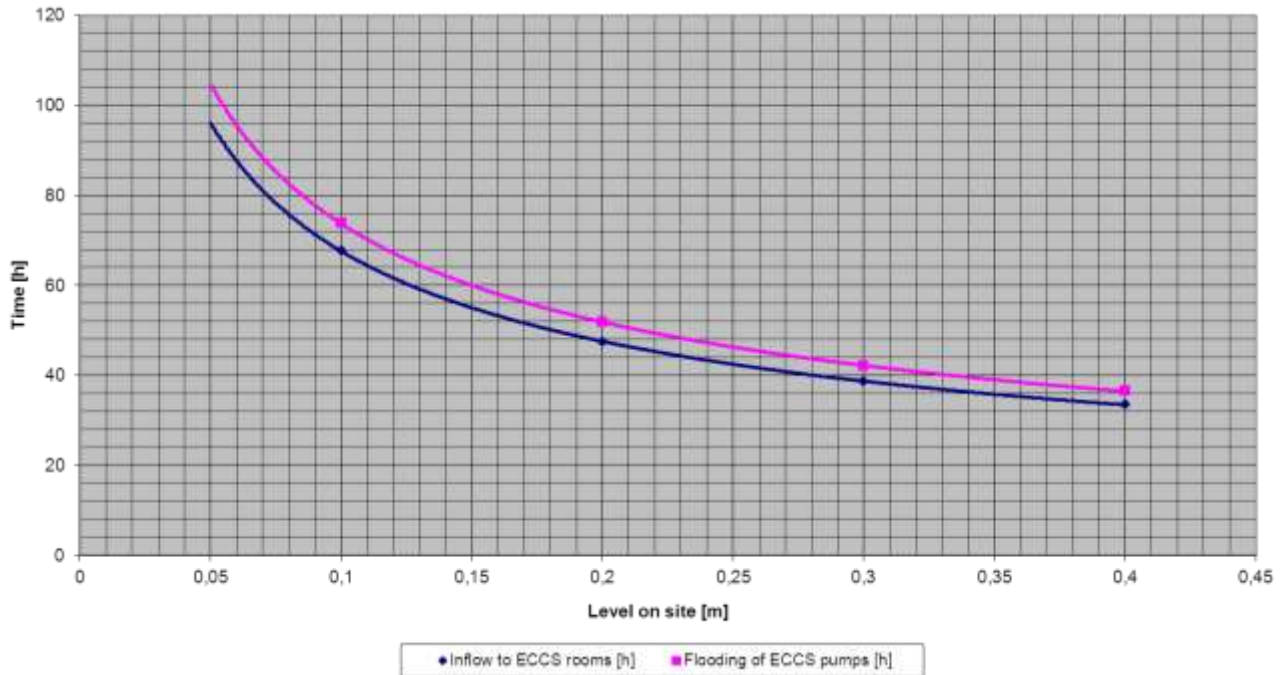
Pre potreby kvantifikácie časových rezerv a odhadu dĺžky trvania záplavy bol vypracovaný konzervatívny model na výpočet ohrozenia havarijných čerpadiel umiestnených v suteréne budovy reaktora. Na základe tohto modelu by čerpadlá mohli byť ohrozené až po viac ako 72 hodinách záplav, ktorých výsledkom by bola trvalá 10 cm hladina vody (t.j., konzervatívne sa neprihliada na žiadne aktívne protiopatrenia a prirodzený odvodňovací profil areálu) – pozri obr. 16.

V budove reaktora sú nainštalované dve odvodňovacie čerpadlá (každé s výkonom 25 m³ /h) na čerpanie vody z miestností v prípade vnútornej záplavy. Kapacita čerpadiel, dokonca ani s využitím všetkých mobilných čerpadiel, ktoré má k dispozícii ZHÚ (spolu 216 m³ /h) však nepostačuje na dostatočný odvod vody za takýchto nepriaznivých predpokladov. Preto boli potrebné opatrenia na prevenciu prítoku vody do budovy.

Podrobná analýza ukázala, že zaplavenie areálu vodou o výške viac než 30 cm kombinovanou so stratou všetkých zdrojov napájania zo siete by mohlo vyústiť do úplnej straty napájania elektrárne (SBO), avšak nie skôr ako za 24 hodín, v dôsledku zaplavenia zberníc v etažérke a nedostupnosti dieselgenerátorov. Zabezpečenie

bezpečnostných funkcií (predovšetkým odvod tepla z aktívnej zóny a z bazénu vyhoreného paliva) pre scenár SBO je podrobne analyzované v kapitole 5.

V prípade kombinácie záplavy a straty všetkých zdrojov napájania zo siete a neprijatia žiadnych protiopatrení je však bezpodmienečne nevyhnutná dostupnosť dieselgenerátorov. Ohrozenie DSG záplavami je možné očakávať v prípade viac ako približne 20 cm stálej hladiny vody okolo budovy DG (toto je veľmi konzervatívny predpoklad, ktorý musí potvrdiť plánovaná podrobná topologická štúdia prirodzenej odvoditeľnosti areálu).



OBR. 16: Predikcia časových rezerv do ohrozenia superhavarijných čerpadiel záplavou

Predpokladá sa, že vývod výkonu dieselgenerátorov, ktorý je pod zemou, môže byť vyradený z prevádzky po 1 – 2 hodinách trvalých záplav. To by vyústilo do scenára SBO. Zabezpečenie bezpečnostných funkcií (predovšetkým odvod tepla z aktívnej zóny a z bazénu vyhoreného paliva) pre scenár SBO je analyzované v kapitole 5.

Na základe analýzy boli okamžite prijaté určité zlepšenia počas záťažových testov. Boli pripravené vrecia s pieskom ako dočasná pasívna ochrana, ktoré je možné umiestniť pred vstupnú bránu do budovy reaktora a stanice DG. Konečné riešenie využívajúce permanentnú pasívnu ochranu je v predprojektovej fáze (je potrebné zohľadniť potreby dopravy počas období údržby). Pochôdzka po areáli a opatrenia týkajúce sa umiestnenia dverí a brán, ktoré boli zrealizované v októbri 2011 videli k nasledovným záverom, ktoré ešte musia potvrdiť vyššie spomínané plánované analýzy:

- Vstup do budovy reaktora sa zvýši o približne 10 cm nad terén, t.j., bola by potrebná záplava s dobou návratnosti 10 000 rokov, aby voda natiekla dovnútra budovy reaktora.
- Hladina vonkajšej záplavovej vody v blízkosti stanice DG by musela byť približne 20 cm, aby sa voda dostala do miestnosti so 6 kV vývodmi výkonu, čo je výrazne vyššie ako možná hladina záplavy s prihliadnutím na odvodňovacie vlastnosti areálu.

Dostatočná ochrana komponentov bezpečnostných systémov proti záplave spôsobenej prasknutím potrubí a nádrží je zaistená:

- projektovým redundantným riešením bezpečnostných systémov a ich komponentov;
- vlastným ochranným krytom odolným proti vlhkosti a zvýšenej teplote alebo technologickým prevedením samotného komponentu;
- umiestnením v dostatočnej výške aby maximálna hladina vody vyplývajúca z konzervatívneho výpočtu nedosiahla úroveň týchto komponentov;
- možnosťou odvádzania vody vytekajúcej na podlahu miestnosti;
- periodickými obhliadkami vykonávanými obslužným personálom, ktorý má možnosť ručnou manipuláciou armatúry na niektorých potrubiach (nie kritických z hľadiska bezpečnosti) z chodby uzatvoriť a tým zastaviť výtok média.

Na základe analýzy bol prijatý záver, že konfigurácie elektrární s tromi redundantnými bezpečnostnými systémami sú odolné voči vnútorným záplavám. Analýza vzala do úvahy aj rozličné opatrenia prijaté pred vykonaním záťažových skúšok na obmedzenie dôsledkov vnútornej záplavy (napríklad zlepšenie utesnenia medzi oddeleniami, zabezpečenie odtoku vody, modifikované dispozičné riešenie pre zabezpečenie potrebného sklonu pre odtok vody).

4.1.2.3 Hlavné prevádzkové opatrenia na zabránenie dopadu záplav na elektrárne

Prevádzkové opatrenia zahŕňajú:

- Postupy na udržiavanie prevádzkyschopnosti dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie,
- Postupy pre ZHÚ pre odčerpávanie vody zo zaplavených oblastí.

4.1.2.4 Situácia mimo elektrární, vrátane zabránenia alebo oneskorenia prístupu personálu za riadení do areálu

Pri záplavách spôsobených okolitými vodnými tokmi a dielami, budú ovplyvnené cestné komunikácie v povodí rieky Váh a bude potrebné riadiť sa a prijímať opatrenia na základe rozhodnutí štátnej správy a miestnych samospráv. Je predpoklad, že mesto Piešťany bude vysídlené a príslušné cestné komunikácie v okolí obcí Žilkovce, Leopoldov, Hlohovec, Červeník, Madunice a Drahovce budú nepoužiteľné. Dostupnosť lokality JE Bohunice zo smeru J. Bohunice–Trnava, Malženice–Trnava a V. Kostofany – Vrbové bude však bez obmedzení.

Pre obnovenie dodávky surovej vody bude potrebné dopraviť personál na obsluhu alebo kontrolu a prípadné opravy zariadení na sacom objekte v Drahovciach a ČS Pečeňady. Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách cez oblasti nad zaplaveným územím. Rozvod pitnej vody zostane funkčný.

Prístupové cesty do lokality Mochovce nie sú ohrozené veľkými záplavami a nemal by byť žiadny problém s prístupom do areálu.

V zložitejších prípadoch budú zdroje, komodity a pomoc potrebná pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK, vrátane pitnej vody poskytované v prípade zemetrasenia spôsobom popísaným pre obe lokality v kapitole 2.

4.1.3 Súlad elektrární so súčasne platnou licenčnou základňou

4.1.3.1 Procesy držiteľa licencie, ktoré zabezpečujú, že SKK potrebné pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného odstaveného stavu ako aj systémy a štruktúry projektované ako ochrana proti záplavám, sú udržiavané v prevádzkyschopnom stave

Externé záplavy neboli v pôvodnom projekte EBO3,4 a EMO1,2 postulované. Do projektu elektrárne MO34 boli zapracované, a teda aj primerane zohľadnené, externé záplavy. Ako bolo vysvetlené vyššie, stavebné objekty elektrárne obsahujúce systémy a komponenty dôležité pre bezpečnosť, sú primerane chránené aj proti novej konzervatívnej predpokladanej úrovni možných vonkajších záplav. Administratívny predpis a postupy na zaistenie dostupnosti systémov a komponentov potrebných pre riadenie záplavových scenárov sú k dispozícii a budú sa naďalej zlepšovať.

4.1.3.2 Procesy držiteľa licencie, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii pri záplavách, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti

V oboch elektrárnach je k dispozícii niekoľko čerpadiel pre ZHÚ a plánuje sa nákup ďalších. Napríklad, existujúce zariadenia v Bohuniciach zahŕňajú:

- 1 ks plávajúce čerpadlo FROGGY s výkonom 800 l/min, vlastný benzínový motor
- 1 ks plávajúce čerpadlo SAW 200 s výkonom 800 l/min, vlastný benzínový motor
- 4 ks ponorné elektrické čerpadlá MAST T 12 (výkon jedného čerpadla 1200 l/min.), 380V
- 1 ks ponorné čerpadlo SIGMA KDFU 80 výkon 800 l/min, 380V

Prevádzkyschopnosť čerpadiel bola otestovaná počas špeciálnych skúšok po havárii v JE Fukušima.

EBO3,4, ako aj EMO1,2 majú vypracované programy pravidelnej údržby /kontrol mobilných zariadení, ktoré sa plánujú použiť počas záplavových scenárov; podobné budú vypracované aj v elektrárni MO34 pred jej uvedením do prevádzky. Údržba čerpadiel je zabezpečovaná podľa príslušnej technickej dokumentácie.

4.1.3.3 Možné odchýlky od princípu pre udelenie licencie a činnosti na stanovenie týchto odchýlok

Elektrárne sú v súlade s pôvodnou projektovou základňou pre udelenie licencie a boli zrealizované činnosti na posilnenie ich úrovne ochrany, aby boli schopné zvládnuť novo definované externé ohrozenia záplavami. Na základe nových meteorologických údajov, ktoré sú už k dispozícii pre Mochovce a vypracovávajú sa pre Bohunice by bolo vhodné prehodnotiť pôvodnú projektovú základňu.

4.2 Hodnotenie bezpečnostných rezerv

4.2.1 Odhad bezpečnostných rezerv voči záplavám

Ako potenciálny zdroj záplav na Slovensku je možné považovať len extrémne zrážky.

V bezpečnostnej správe pre EMO1,2 sa uvádza, že v prípade silného dažďa s dobou návratnosti 10 000 rokov a 300-minútovým trvaním, ak sa predpokladá úplné zablokovanie kanalizačného systému a žiadny zásah personálu na jeho odstránenie, môže maximálna výška vody okolo stavebných objektov dosiahnuť maximálnu výšku 74 mm. Táto hodnota bola prijatá ako veľmi konzervatívna aj pre MO34. Hodnota je takmer 3-krát vyššia

ako veľmi konzervatívny odhad úrovne záplav, nakoľko voda by mohla mať vplyv na bezpečnostné systémy len ak jej hladina presiahne 20 cm.

V Bohuniciach je ochrana nižšia ako v Mochovciach, ale s prihliadnutím na prijaté dočasné opatrenia (trvalá pasívna ochrana je v procese prípravy), sú rezervy tak isto postačujúce a schopné chrániť dôležité systémy, konštrukcie a komponenty elektrárne voči extrémnemu dažďu s dobou návratnosti 10 000 rokov.

Je potrebné znovu podčiarknuť, že predchádzajúci popis zodpovedá kombinácii extrémnych zrážok, zlyhaniu systému dažďovej kanalizácie a neprijatiu žiadnych nápravných opatrení personálom, hlavne utesnenie otvorov vo dverách a bránach. Okrem toho, záplavy vyplývajúce z extrémneho počasia majú obmedzené trvanie.

4.2.2 Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrární voči záplavám

Napriek mimoriadne nízkej pravdepodobnosti zaplavenia areálu a už dostupným opatreniam sa zvažujú nasledovné dodatočné opatrenia na zvýšenie úrovne bezpečnosti elektrární:

- Finalizovať novú meteorologickú štúdiu pre lokalitu Bohunice, vrátane odporúčaných extrémnych hodnôt meteorologických parametrov, ktoré je potrebné použiť na hodnotenie bezpečnosti a určenie maximálneho možného zaplavenia areálu v dôsledku extrémnych zrážok;
- Aktualizovať Predprevádzkové bezpečnostné správy tak pre EBO3,4, ako aj pre EMO1,2 pre vnútorné a vonkajšie riziká s prihliadnutím na aktualizované meteorologické údaje, zlepšenia elektrárne a súčasnú metodológiu;
- Aktualizovať postupy na udržiavanie prevádzkyschopnosti dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie;
- Aktualizovať postupy na obnovenie prevádzky dotknutých systémov a komponentov elektrárne po vnútornej záplave, vrátane činností prevádzkového personálu a požiarnikov;
- Zakúpiť ručné prenosné ponorné čerpadlá s možnosťou pripojenia požiarnych hadíc;
- Zakúpiť prenosné benzínové / naftové čerpadlo
- Inštalovať trvalé opatrenia proti prenikaniu vody do bezpečnostne dôležitých budov v prípade záplav v lokalite Bohunice;

5 Extrémne poveternostné podmienky

5.1 Základná projektová hodnota

5.1.1 Prehodnotenie poveternostných podmienok uvažovaných v projekte

5.1.1.1 Overenie poveternostných podmienok, ktoré boli uvažované v projekte rozličných SKK: maximálna teplota, minimálna teplota, rozličné druhy búrok, lejak, veterné smršte a pod.

Táto časť správy sa zaoberá poveternostnými podmienkami použitými pre projektovú základňu: extrémny vietor, extrémne teploty a vlhkosť, extrémne množstvo snehu, extrémne mrazy a námraza a ich kombinácie. Extrémne zrážky, búrky a záplavy boli prediskutované v predchádzajúcej kapitole 3 správy.

Informácie o poveternostných podmienkach v lokalitách jadrových elektrární Bohunice a Mochovce sú zhrnuté v projektovej dokumentácii, bezpečnostných správach a ich podpornej dokumentácii. Prehľad poveternostných podmienok je uvedený v správach zo záťažových testov jednotlivých elektrární. Predložené informácie sú spracovávané v kontexte dokumentácie MAAE, ktoré stanovujú požiadavky, podmienky a postupy pre dosiahnutie súladu s bezpečnostnými kritériami. Zhrnutie využíva:

- Meteorologické údaje z vonkajších zdrojov, t.j. údaje z meteorologických staníc zberané za dlhé časové obdobie za podmienok stanovených Svetovou meteorologickou organizáciou (WMO);
- Údaje z vnútorného meteorologického programu implementovaného za účelom merania špecifických údajov a rozptylu rádioaktívnych látok vo vzduchu a vo vode.

Vnútorné meteorologické údaje pre lokalitu Bohunice sú k dispozícii od roku 1961 a pre lokalitu Mochovce od roku 1981. Vonkajšie meteorologické údaje sa zaznamenávajú a uchovávajú v databázach Slovenského hydrometeorologického ústavu (v ďalšom „SHMÚ“) a ostatných príslušných dokumentoch.

Na základe vnútorných a vonkajších meraní meteorologických staníc bola ako absolútna maximálna teplota klimatického normálu pre Bohunice zobrať hodnota (38 °C). Absolútna maximálna teplota vzduchu 38 °C bola dosiahnutá dňa 18. júla 2007. Absolútna minimálna teplota vzduchu -26,1 °C bola dosiahnutá dňa 13. januára 1987 a nie je ďaleko od absolútneho teplotného minima klimatického normálu pre Bohunice (-30 °C).

Údaje z meteorologických pozorovaní pre obdobie začínajúce 80. rokmi až po súčasnosť sú v globálnej, ale aj miestnej klíme charakterizované zvyšujúcou sa dynamikou jej zohrievania. Tieto zmeny sú sprevádzané menšími alebo väčšími prípadmi extrémnych zmien klimatických vlastností meteorologického fenoménu.

Podľa výsledkov Medzinárodného výboru pre klimatické zmeny je možné v časovom období niekoľkých dekád očakávať v regióne strednej Európy podstatné znaky klimatických zmien. Z pohľadu očakávanej životnosti jadrových elektrární na Slovensku inštitúcia prijala nevyhnutné opatrenia na pokračovanie meteorologických meraní a vyhodnocovanie údajov prijatých z lokalít jadrových elektrární. Tieto údaje budú využívané v blízkej budúcnosti na hodnotenie a predikciu následkov klimatických zmien na prevádzku JE a prípadné budúce preskúmanie meteorologických a hydrologických vlastností lokalít.

SHMÚ vypracoval v roku 2011 štúdiu pre JE Mochovce, ktorá sa zaoberá celkovými klimatologickým hodnotením lokality Mochovce, ako aj hodnotením meteorologických premenných (extrémne zrážky, extrémne množstvo snehu, extrémny vietor, extrémna vlhkosť a teplota vzduchu, extrémne mrazy a námraza a minimálne a

maximálne prietoky v neďalekých veľkých riekach).Štúdia bola spracovaná v zmysle postupov pre hodnotenie extrémov a klimatologických postupov podľa odporúčaní MAAE.Výsledky štúdie boli využité aj pre prehodnotenie poveternostných podmienok použitých pre projektovú základňu.

Podobná meteorologická štúdiaako bola vypracovaná pre Mochovce, sa pripravuje aj pre Bohunice za účelom aktualizácie pôvodných projektových hodnôt a bude ukončená v januári 2012.

Po poslednej verifikácii a ukončení sa vykoná aktualizácia poveternostných podmienok použitých pre súčasnú projektovú základňu JE Bohunice a Mochovce.Špecifikácie sú uvedené v projektovej dokumentácii, bezpečnostných správach a referenčných dokumentoch.

5.1.1.2 Postulovanie vhodných špecifikácií pre extrémne poveternostné podmienky, pokiaľ neboli zahrnuté v pôvodnej projektovej základni

Hurikány a tornáda boli pôvodne vylúčené pre lokalitu Bohunice a Mochovce, a preto neboli do projektu zahrnuté.Na základe súčasných meteorologických štúdií by sa však tornáda mali brať do úvahy.Aktualizovaná analýza ohrozenia ukazuje, že jedinými vierohodnými rotujúcimi vetrami pre lokalitu Bohunice a Mochovce sú tie, ktoré sú spojené s tornádami kategórie F0 a F1 stupnice Fujita.V súčasnosti sa tornáda pridávajú do aktualizovaného projektu elektrárne a vykonáva sa ich hodnotenie.

5.1.1.3 Posúdenie očakávanej frekvencie pôvodne postulovaných alebo predefinovaných podmienok základnej projektovej hodnoty

Hodnotenie a špecifikácia extrémnych poveternostných podmienok pre lokalitu Bohunice a Mochovce sú obsiahnuté v projektovej dokumentácii, bezpečnostných správach, štúdiách a ich referenčnej podpornej dokumentácii.Prehľad výsledkov hodnotení je v správach inštitúcie.

V dôsledku blízkosti lokalít Bohunice a Mochovce (80 km) a podobných klimatických podmienok sa predpokladá, že očakávané intenzity a frekvencie extrémnych poveternostných podmienok budú rovnaké (teplota a vlhkosť, množstvo snehu, námraza, vietor, atď. a ich kombinácie).

Charakteristiky niektorých meteorologických premenných sú uvedené v nasledovnej tabuľke.Zhrnutie meteorologických premenných relevantných pre lokalitu a ich vlastností vrátane frekvencií je možné nájsť v bezpečnostných správach elektrární a v ich referenčnej dokumentácii.Úplné informácie sú dané v zdrojovom dokumente „Súhrnná správa Slovenského hydrometeorologického ústavu pre lokalitu Mochovce, 2011“.

Vlastnosti meteorologických premenných - teploty

Meteorologická premenná	Pravdepodobnosť spätosti s		
	JEDNOTKA	100 rokov	10 000 rokov
Absolútne maximum ročnej teploty vzduchu	° C	+38.7	+43.2
Absolútne minimum ročnej teploty vzduchu	° C	-31.5	-47.4
Maximálna teplota trvajúca 6 hodín	° C	+37.5	+41.6
Minimálna teplota trvajúca 6 hodín	° C	-23.0	-33.7
Maximálna teplota trvajúca 7 dní	° C	+29.0	+33.5
Minimálna teplota trvajúca 7 dní	° C	-17.2	-27.3

Meteorologická premenná	Doba návratnosti
-------------------------	------------------

	JEDNOTKA	100 rokov	10 000 rokov
Maximálne množstvo snehu	cm	81	123

Zhrnutie rozsahu hodnotenia, intenzít a frekvencií pôvodne postulovaných alebo predefinovaných poveternostných podmienok základnej projektovej hodnoty je uvedené v správach zo záťažových testov. Hodnotenie zahŕňalo aj porovnanie súčasnej základnej projektovej hodnoty pre extrémne poveternostné podmienky s odporúčaniami MAAE, požiadavkami Európskych inštitúcií (v ďalšom „EUR“) a príslušnými normami STN EN.

Vo všeobecnosti, špecifikácie extrémnych poveternostných podmienok pre lokalitu Mochovce sú v súlade s odporúčaniami MAAE, požiadavkami Európskych inštitúcií a príslušnými normami STN EN. Ako však bolo spomenuté vyššie, JE Bohunice musí ukončiť aktualizáciu hodnotenia poveternostných podmienok lokality, ktoré je už takmer hotové, a vziať do úvahy najnovšie poznatky o meteorologických podmienkach.

5.1.1.4 Posúdenie potenciálnej kombinácie poveternostných podmienok

Základná projektová hodnota uvažuje s najhoršími zaťažovacími spôsobenými nasledovnými kombináciami extrémneho počasia na bezpečnosť oboch jadrových elektrární - Bohunice i Mochovce:

- Vietor / sneh a námraza; a
- Vysoké teploty a dlhodobý deficit zrážok;

Pre hodnotenie zaťaženia kombináciou vietor / sneh a námraza sú v projekte a hodnotení bezpečnosti elektrárne použité hodnoty pre elektrické zariadenia vychádzajúce z normy STN EN 1991. Pre dobu návratnosti 100 rokov sa uvažovalo s rýchlosťou vetra 27,2 m/s a hrúbkou námrazy 29 cm; pre dobu návratnosti 10 000 rokov sa uvažovalo s rýchlosťou vetra 38,7 m/s a hrúbkou námrazy 38 cm.

Charakteristickou vlastnosťou extrémneho sucha z pohľadu jeho dôsledkov pre jadrovú elektrárňu je to, že extrémne sucho nie je dynamickou zmenou, ale dlhodobý progresívny proces, ktorý poskytuje dostatok času na prijatie špecifických bezpečnostných opatrení do budúcnosti. To znamená, že uvažované extrémne sucho by nemalo ohroziť bezpečnosť elektrární. Situácia so stratou prívodu vody je riešená v prevádzkových postupoch elektrárne.

5.1.1.5 Záver o vhodnosti ochrany proti extrémnym poveternostným podmienkam

Ochrana jadrových elektrární proti extrémnym poveternostným podmienkam je popísaná v dokumentácii závodu a správach inštitúcie. Pre projekt jadrových elektrární Bohunice a Mochovce sa uplatňuje koncept ochrany do hĺbky. Ten pozostáva z viacerých fyzických bariér a nastavených úrovní ochrany. Bezpečnostné systémy sú vo všeobecnosti projektované ako redundantné, nezávislé, diverzné a fyzicky oddelené. Okrem projektových vlastností majú elektrárne aj kvalifikovaný personál, prevádzkové predpisy a opatrenia na zabránenie, riadenie a zmiernenie následkov udalostí, ak k nim dôjde.

Inštitúcia hodnotila poveternostné podmienky použité ako základnú projektovú hodnotu. Do úvahy boli zbrané všetky poveternostné podmienky a ich kombinácie dôležité pre lokality Bohunice a Mochovce. Hodnotenie vychádza z predpisov a smerníc uvedených v príslušných dokumentoch MAAE. Využíva vnútorné, ako aj vonkajšie údaje zo štandardných meteorologických meraní a pozorovaní, spracovanie údajov, extrapolácie, prognózu, odborné posudky a závery.

Postulované externé udalosti a ich charakteristiky spôsobené extrémnymi meteorologickými podmienkami sú považované za kompletne a špecifikované v súlade s medzinárodnou praxou. Pôvodne postulované udalosti boli rozšírené o tornáda. Hodnotenú meteorologickú fenomény a ich kombinácie zahŕňajú extrémne teploty a vlhkosť, sucho, sneh a námrazu, priamy a rotujúci vietor. Špecifikácie udalostí sa hodnotia až pre dobu návratnosti 10 000 rokov.

Hodnotenia a skúsenosti získané počas prevádzky JE Bohunice pri maximálnych / minimálnych hodnotách teplôt takmer na úrovni ich 100-ročných extrémnych hodnôt preukázali odolnosť a stabilitu prevádzky elektrárne Bohunice počas skutočných poveternostných extrémov, čo sa tiež očakáva pre jadrovú elektrárnu Mochovce v dôsledku veľkej podobnosti projektu.

Ochrana elektrární voči extrémnemu počasiu sa považuje za primeranú. Poskytnuté dôkazy ukazujú, že uvažované extrémne poveternostné podmienky by nemali ohroziť bezpečnosť jadrovej elektrárne Mochovce a jadrovej elektrárne Bohunice.

Výsledky analýz a hodnotenia bezpečnostných rezerv, ako aj opatrenia, s ktorými je možné uvažovať pre zvýšenie odolnosti elektrární a / alebo preukázanie ich bezpečnosti voči extrémnym poveternostným podmienkam sú zhrnuté v nasledovnej kapitole tejto správy.

5.2 Hodnotenie bezpečnostných rezerv

5.2.1 Zhodnotenie bezpečnostných rezerv pri vzniku extrémnych poveternostných podmienok

5.2.1.1 Analýza potenciálneho dopadu rozličných extrémnych poveternostných podmienok na spoľahlivú prevádzku bezpečnostných systémov, ktoré sú nevyhnutné na prenos tepla z reaktora a bazénu vyhoreného paliva do konečného recipientu tepla (UHS)

Analýzy možných dopadov rozličných extrémnych poveternostných podmienok na bezpečnosť elektrárne a spoľahlivú prevádzku bezpečnostných systémov sú zdokumentované v podporných dokumentoch uvádzaných v projektovej dokumentácii, bezpečnostných správach a v dokumentácii vypracovanej v rámci hodnotenia bezpečnosti a programov zvyšovania bezpečnosti elektrární. Rozsah analýz, ich hĺbka a kvalita s ohľadom na súčasné požiadavky na analýzy bezpečnosti sa líši závoz od závodu. Komplexnejšie analýzy a dôkazy reakcie elektrárne na extrémne poveternostné podmienky sú vypracované pre jadrovú elektrárňu MO34, ktorá je vo výstavbe. Bola hodnotená aj schopnosť logistických opatrení, dopravy zdrojov a prepojení potrebných na zaistenie potrieb personálu. Výsledky analýzy a hodnotení sú zhrnuté v špecifickej správe inštitúcie.

Hodnotenie dopadov extrémnych meteorologických podmienok nadprojektových havárií na bezpečnostne dôležité systémy, konštrukcie a komponenty jadrových elektrární EBO3,4 a EMO1,2 naráža na nedostatok informácií v súčasnej dokumentácii elektrární. Z tohto dôvodu boli chýbajúce informácie pre analýzy záťažových testov zobrať konzervatívne z novo vypracovávanej dokumentácie pre elektrárňu MO34. Považujú sa za akceptovateľné z dôvodu podobného projektu, vlastností lokality a podobných prevádzkových predpisov.

Tam, kde v dokumentácii elektrárne chýbajú informácie o odolnosti bezpečnostných systémov, konštrukcií a komponentov voči nadprojektovým poveternostným podmienkam, bol použitý technický odhad pre ohodnotenie reakcie elektrárne.

Výsledky analýz a hodnotení vyzdvihujú pozitívny vplyv zmien pôvodného projektu na zvýšenie odolnosti elektrárne Bohunice a Mochovce proti extrémnym poveternostným podmienkam a možnosť kompenzácie

negatívnych účinkov extrémnych poveternostných podmienok na technologické zariadenia (napríklad, seizmické vylepšenie zvyšuje odolnosť budov proti zaťaženiu extrémnym vetrom a snehom). Sú ukázané dostatočné časové rezervy na prijatie opatrení v extrémnych poveternostných situáciách.

Niektoré analýzy, hodnotenia, použité podmienky, uvažované následné zlyhania zariadení alebo činnosti personálu elektrárne však vyžaduje dodatočné spresnenie a dodatočné dôkazy, aby sa plne potvrdila správnosť záverov vychádzajúcich z nich s ohľadom na bezpečnosť elektrární. Závery preskúmania ukazujú, že je potrebné:

- Vykonať aktualizáciu bezpečnostnej správy JE Bohunice a jej referenčných podporných dokumentov zaoberajúcich sa vonkajšími ohrozeniami tak, aby bola v súlade s medzinárodnými požiadavkami a najnovšími poznatkami o meteorologických podmienkach;
- Vykonať podrobné hodnotenie dopadu extrémnych meteorologických podmienok (teplota a kombinácia vetra / námrazy) na zraniteľnosť VN vedení v lokalitách Bohunice a Mochovce;
- Prehodnotiť všetky strešné konštrukcie JE Bohunice porovnaním s kódom EUR a prijať opatrenia vyplývajúce zo záverov hodnotenia;

5.2.1.2 Odhad rozdielu medzi podmienkami projektovej základne a hraničnými hodnotami typu cliff edge, t.j. hraničnými hodnotami, ktoré by mohli vážne ohroziť spoľahlivosť prenosu tepla

Hodnotenie bezpečnostných hraníc proti extrémnym poveternostným podmienkam bolo vykonané pre trasy bezpečného odstavenia:

- Rezerva proti zaťaženiu priamym vetrom, snehom a námrazou pre budovy a konštrukcie obsahujúce komponenty trás bezpečného odstavenia;
- Rezerva proti teplotám pre technologické zariadenia tvoriace súčasť trás bezpečného odstavenia, t.j., zariadenia dôležité pre bezpečnosť, ktorých funkčnosť je potrebné udržiavať počas externej udalosti alebo komponenty, ktorých strata funkčnosti, Aj keď je akceptovateľná, by mohla ohroziť komponenty, ktorých funkčnosť je potrebné zachovať (komponenty trás bezpečného odstavenia umiestnené vonku alebo špecifické vzduchotechnické systémy).

Podrobné informácie o kvantitatívnom a kvalitatívnom hodnotení bezpečnostných rezerv pre extrémne poveternostné podmienky a ich kombinácie sú uvedené v dokumentácii jadrovej elektrárne a špecifickej správe inštitúcie. V nasledujúcom texte je uvedený prehľad zovšeobecnených hlavných výsledkov.

Rýchlosť priameho vetra ekvivalentná tornádu (kategórie F1 stupnice Fujita je 50 m/s) je nižšia ako rýchlosť vetra určená pre extrémne zaťaženie vetrom (pozri nasledujúcu tabuľku). To znamená, že budovy trás bezpečného odstavenia boli úspešne ohodnotené pre zaťaženie vetrom rovnajúce sa 1,2-násobku zaťaženia tornádom kategórie F1.

Vlastnosti meteorologických premenných - vietor

Meteorologická premenná	Pravdepodobnosť späťosti s		
	JEDNOTKA	100 rokov	10 000 rokov
Extrémna rýchlosť vetra po dobu 10 minút vo výške 10 m nad meraným povrchom	m / s	27.2	38.7
Maximálny dopad vetra vo výške 10 m nad meraným povrchom	m / s	40.0	53.9

Bezpečnostná rezerva jadrových elektrární pre zaťaženie snehom bola uvažovaná ako vzťah medzi zaťažením snehom uvažovaným pre hodnotenie elektrárne v rámci revízie projektovej základne (1,40 kN/m²) a projektovou hodnotou (1,17 kN/m²) na základe normy STN EN 1991. Takže, hodnotenie (JE Mochovce) ukazuje, že odolnosť budov seizmickej kategórie 1 a 2 proti zaťaženiu snehom je približne 1,2-krát vyššia ako projektové zaťaženia.

Bezpečnostné rezervy pre extrémne teploty

	Ohrozenie, °C (doba návratnosti = 10 000 rokov)	Základná projektová hodnota, °C	Rezerva, °C
Maximálna teplota trvajúca 6 hodín	+41.6	+43.8	2.2
Minimálna teplota trvajúca 6 hodín	-33.7	-44.2	8.5
Maximálna teplota trvajúca 7 dní	+33.5	+38.0	4.5
Minimálna teplota trvajúca 7 dní	-27.3	-30.0	2.7

Bezpečnostné rezervy medzi hodnotami ohrozenia a projektovými hodnotami extrémnych teplôt sú uvedené v predchádzajúcej tabuľke. Hodnotenie bolo vykonané pre ohrozenia s odhadovanou dobou návratnosti 10 000 rokov. Projekt príslušných zariadení trás pre bezpečné odstavenie bol realizovaný s prihliadnutím na stabilné podmienky vonkajšej teploty, a nie krátkodobé prechodové stavy.

5.2.2 Opatrenia, s ktorými je možné počítať na zvýšenie odolnosti elektrární voči extrémnym poveternostným podmienkam

5.2.2.1 Posúdenie opatrení, s ktorými by sa mohlo počítať na zvýšenie odolnosti elektrárne voči extrémnym poveternostným podmienkam a ktoré by zlepšili bezpečnosť elektrárne

Hlavné projektové a stavebné opatrenia a administratívne opatrenia, s ktorými je možné uvažovať pre zvýšenie odolnosti elektrární Bohunice a Mochovce voči extrémnym poveternostným podmienkam (t.j., extrémny vietor, teplota a vlhkosť, množstvo snehu, mráz a námraza a ich kombinácie) zahŕňajú:

- Ukončenie správy Slovenského hydrometeorologického ústavu pre lokalitu Bohunice tak, aby vzala do úvahy najnovšie poznatky o meteorologických podmienkach;
- Aktualizáciu bezpečnostnej správy JE EBO3,4 a EMO1,2 a jej referenčných podporných dokumentov zaoberajúcich sa vonkajšími ohrozeniami tak, aby bola v súlade s medzinárodnými požiadavkami a najnovšími poznatkami o meteorologických podmienkach;
- Vykonať podrobné hodnotenie dopadu extrémnych meteorologických podmienok (teplota a kombinácia vetra / námrazy) na zraniteľnosť VN vedení v lokalitách Bohunice a Mochovce;

V správach inštitúcie sú uvedené špecifické návrhy na zmeny prevádzkových postupov elektrárne a odporúčania preventívnych opatrení. Tieto zahŕňajú:

- Zvýšenie frekvencie pochôdzok v stanici DG počas obdobia nízkych teplôt, sneženia a námrazy;
- Navrhnutie a realizácia preventívnych opatrení pre teplotu okolia nižšiu ako je projektová, pre udržanie funkčnosti zariadení so vzťahom k bezpečnosti;

Projektové a stavebné opatrenia a administratívne opatrenia, s ktorými je možné uvažovať pre zvýšenie odolnosti elektrární Bohunice a Mochovce proti extrémnym zrážkam a záplavám sú zhrnuté v kapitole 3 tejto správy.

6 STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

6.1 Strata elektrického napájania

Zásadnou podmienkou bezpečnej prevádzky JE je elektrické napájanie pre elektrické spotrebiče dôležité z pohľadu zabezpečenia JB, na bezpečné odstavenie elektrárne, chladenie AZ, odvod zostatkového výkonu a zachovanie integrity bariér v rámci ochrany do hĺbky. U všetkých blokov existuje niekoľko možností napájania striedavým prúdom.

V prípade EBO3,4 tieto možnosti zahŕňajú:

1. Jeden zo štyroch generátorov elektrárne v prípade, ak je výkon dodaný do 400 kV siete alebo v prípade úspešného prechodu na vlastnú spotrebu
2. 2 nezávislé vedenia zo 400 kV distribučnej siete – cez linky vyvedenia výkonu do siete elektrárne
3. 2 nezávislé vedenia do rezervných transformátorov bloku (z rozvodne Bošáca 110kV z rozvodne Križovany 220 kV, ak je vývod do siete 400 kV vypnutý)
4. Jeden zo štyroch generátorov elektrárne v prípade úspešného prechodu na vlastnú spotrebu
5. Tri dieselgenerátory pre každý blok – ak nie je k dispozícii ani jeden z vyššie uvedených zdrojov. Pripojenie ktoréhokoľvek z trojice DG / blok postačuje na zabezpečenie splnenia bezpečnostných funkcií.
6. V prípade zlyhania štartu všetkých DG alebo ich pripojenia k rozvodniam ZN II. kategórie existuje dodatočná možnosť obnoviť napájanie vlastnej spotreby z hydrocentrality Madunice samostatnou linkou 110kV.
7. Navyše oproti projektovému riešeniu je v súčasnosti ešte možnosť zabezpečiť napájanie JE EBO3,4 pomocou havarijného pripojenia jedného z troch 6kV DG s výkonom 2,9MVA zo susednej JE V1.
8. Okrem toho sa v rámci prebiehajúceho SAM projektu buduje havarijný diverzný 6 kV SAM DG s výkonom 1,2 MW. Tento bude schopný zásobovať spotrebiče aj v prípade straty ostatných zdrojov napájania uvažovaných v projekte.

V blokoch EMO1,2 sú možnosti napájania nasledovné:

1. Jeden zo štyroch generátorov elektrárne v prípade, ak je výkon dodaný do 400 kV siete alebo v prípade úspešného prechodu na vlastnú spotrebu
2. 2 nezávislé vedenia zo siete 400 kV rozvodu - cez trasy vyvedenia výkonu bloku do elektrickej siete, keď sú TG odstavené (400 kV linka z rozvodne Veľký Ďur)
3. 2 nezávislé vedenia do rezervných transformátorov (z rozvodne Veľký Ďur 110kV)
4. Diverzný zdroj z vodnej elektrárne Gabčíkovo
5. Dieselgenerátorová stanica 16 x 2MW, umiestnená v 400 kV rozvodni Levice
6. Tri dieselgenerátory pre každý blok – ak nie je k dispozícii ani jeden z vyššie uvedených zdrojov
7. V rámci prebiehajúceho projektu SAM sa inštaluje diverzný 6 kV SAM DG s výkonom 1,2 MW, ktorý bude schopný napájať spotrebiče potrebné na zmiernenie následkov ťažkej havárie.
8. Okrem toho v roku 2011 prebieha obstarávanie dodatočných mobilných DG 0,4kV o výkone 300kW na blok pre dobíjanie akumulátorových batérií v prípade dlhodobého SBO a zlyhania všetkých zdrojov napájania vlastnej spotreby.

Pre bloky MO34 budú k dispozícii tie isté možnosti ako pre EMO1,2. Okrem toho bol projekt MO34 vylepšený proti projektu EMO1,2 zavedením 400 kV vypínačov na vývode z blokového transformátora. Okrem toho projekt dvojbloku MO3,4 zahŕňa opatrenia, ktoré využívajú štvorblokovú konfiguráciu a predpokladajú manuálne prepojenie DG príslušnej redundancie medzi dvojblokmi. Po nábehu 3. a 4. bloku do prevádzky sa zvýšia možnosti a stabilita napájania bezpečnostných spotrebičov nielen na 1. a 2. bloku, ale v celej lokalite EMO.

Okrem toho je k dispozícii napájanie jednosmerným prúdom z akumulátorových batérií.

Všetky možnosti sú podrobnejšie popísané v nasledujúcom texte.

6.1.1 Strata externého napájania

Ak po odpojení elektrárne od 400 kV siete nepríde k odstaveniu TG a odpojeniu generátorov od siete vlastnej spotreby, automatiky bloku zabezpečia zregulovanie bloku na chod na vlastnú spotrebu. V tomto režime generátory zabezpečia napájanie vlastnej spotreby bloku. Ak nepríde k zregulovaniu na chod na vlastnú spotrebu, elektrické napájanie bloku sa obnoví z rezervného napájania.

6.1.1.1 Projektové opatrenia berúce do úvahy túto situáciu: Záložné zdroje normálneho napájania striedavým prúdom za predpokladu ich kapacity a pripravenosti na prevádzku, závislosť na funkciách ostatných reaktorov v tej istej lokalite Robustnosť opatrení v spojení so seizmickou udalosťou a záplavou

V prípade zlyhania alebo neschopnosti prechodu bloku do režimu zaisťujúceho napájanie vlastnej spotreby blokom sa napájanie vlastnej spotreby bloku (vrátane napájania sekcií ZN II. kategórie) obnoví zo záložného napájania. Záložné napájanie je z 110 kV / 220 kV rozvodní.

6.1.1.2 Autonómia vnútorných zdrojov napájania v elektrárni a opatrenia na predĺženie prevádzky vnútorných zdrojov napájania striedavým prúdom

Rezervné napájanie oboch blokov je nezávislé na pracovnom napájaní a musí byť k dispozícii vo všetkých režimoch bloku. Rezervné napájanie bloku je kapacitne dimenzované tak, že zabezpečí napájanie všetkých spotrebičov bloku potrebných pre prevádzku vo všetkých režimoch. Každý blok JE má vlastnú sieť rezervného napájania, pričom je možné tieto siete vzájomne prepojiť, takže oba bloky môžu využívať okrem vlastného rezervného napájania aj rezervné napájanie susedného bloku. Neexistujú žiadne časové obmedzenia pre prevádzku bloku s napájaním z pracovného alebo záložného napájania.

6.1.2 Strata napájania zo siete a strata základných náhradných zdrojov striedavého napájania

Ak nie je k dispozícii rezervné napájanie bloku a príde k odpojeniu elektrárne od 400kV siete a blok nezreguluje na vlastnú spotrebu (alebo zlyhá prechod na rezervné napájanie bloku), nie je možné napájať vlastnú spotrebu bloku z pracovného ani rezervného napájania. V tomto prípade sa napájanie vlastnej spotreby bloku obnovuje automaticky v minimálnej konfigurácii potrebnej pre zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií zo zaisteného napájania II. kategórie – troch dieselgenerátorov / blok, predstavujúcich 3 x 100 % redundanciu. V tejto situácii blok automaticky prejde do režimu 3.

6.1.2.1 Projektové opatrenia berúce do úvahy túto situáciu: rôzne inštalované zdroje striedavého napájania a/alebo prostriedky na včasné zabezpečenie ďalších zdrojov striedavého napájania, kapacita a pripravenosť na ich uvedenie do prevádzky Robustnosť opatrení v spojení so seizmickými udalosťami a záplavami

Systémy zaisteného napájania (dieselgenerátory s príslušnými sekciami) sú projektované ako nezávislé, pričom každý z nich je schopný zaistiť napájanie dôležitých spotrebičov v ktoromkoľvek režime bloku, t.j., je k dispozícii 3 x 100 % zálohovanie.

Systémy zaisteného napájania II. kategórie sú plne autonómne, vrátane automatického štartu DG, pripojenia na sekciu 6kV ZN II. kategórie, zaťaženia a prevádzky. Každý DG má zásobu paliva vo vlastnej nádrži 110 m³. Počas záťažových testov sa merala spotreba DG so záťažou 1,6MW. Zo získaných údajov vyplýva, že pri uvažovanej záťaži s využitím celej zásoby nafty v nádrži, by DG mohol zostať v prevádzke po dobu 220 – 240 hodín.

V prípade potreby projektové riešenie núdzových zdrojov umožňuje predĺžiť ich prevádzku striedaním (vypínaním a ponechaním v prevádzke jedného resp. dvoch systémov).

V režimoch 1,2,3,4 musia byť prevádzkyschopné všetky tri systémy zaisteného napájania II. kategórie vrátane núdzových zdrojov. V režimoch 5, 6 a 7 musia byť prevádzkyschopné najmenej dva systémy zaisteného napájania II. kategórie vrátane núdzových zdrojov.

Robustnosť systému ZN II. kategórie v spojení so seizmickými udalosťami a záplavami je popísaná v príslušných častiach kapitoly 2, 3 a 4.

6.1.2 Kapacita batérií, trvanie a možnosti ich dobíjania

V uvažovanom prevádzkovom režime sú batérie trvalo dobíjané zo zdroja ZN II. kategórie (DG) a ich kapacita sa preto udržiava na nominálnej hodnote.

6.1.3 Strata napájania zo siete a strata základného náhradného zdroja striedavého napájania, strata diverzných zdrojov záložného striedavého napájania

Pri strate napájania zo siete a nezregulovaní bloku na vlastnú spotrebu môže dôjsť k úplnej strate napájania vlastnej spotreby (black-out), spojenej so stratou rezervného napájania a nenabehnutí všetkých troch DG alebo ich pripojenia ku 6 kV sekciám zaisteného napájania II. kategórie.

EBO 3,4 má pre prípady zlyhania ZN II. kategórie k dispozícii náhradný zdroj, ktorým je tzv. III. sieťový prípoj (vonkajší autonómny zdroj). Tento zdroj zabezpečí zásobovanie elektrickou energiou dvoch bezpečnostných systémov (jeden na každom bloku, celkový výkon 5MW). III. sieťový prípoj sa skladá z troch častí: vodnej elektrárne Madunice, spojovacieho vedenia a rozvodní v JE. Tento zdroj je schopný do 30 minút obnoviť zásobovanie jednej sekcie ZN II. kategórie na každom bloku. Sekcie ZN II. kategórie je možné tiež napájať z DG z JE V1 cez rozvodne III. sieťového prípoja.

Elektrárň Mochovce má pre prípady zlyhania zdrojov ZN II. kategórie k dispozícii náhradný zdroj, ktorým je tzv. III. sieťový prípoj (vonkajší autonómny zdroj) buď z VE Gabčíkovo, alebo z DG (16 x 2 MW) v rozvodni 400kV Levice.

V prípade úplnej straty napájania vlastnej spotreby (black-out) zostane v prevádzke iba podmnožina spotrebičov najvyššej priority zabezpečujúca obmedzený súbor funkcií zameraných prednostne na monitorovanie stavu bloku a bezpečné odstavenie zariadení. Tieto spotrebiče sú napájané z troch systémov zaisteného napájania I. kategórie. Zdrojom napájania týchto spotrebičov sú akumulátorové batérie.

Závažným následkom udalosti SBO je možná strata integrity upchávok HCČ v dôsledku výpadku ich chladenia. V prípade SBO nebude zabezpečené chladenie upchávok HCČ v dôsledku straty prietoku upchávkovvej vody HCČ a straty prietoku cez chladiče HCČ, čo v dlhodobom horizonte môže spôsobiť únik chladiva P.O. cez trasu odvodu z upchávky HCČ. Podľa súčasných dát HCČ nezlyhá do 24h od straty chladenia, pričom dlhšie výpadky chladenia sa neskúmali.

6.1.3.1 Kapacita batérií, trvanie a možnosť ich dobíjania v tejto situácii

Akumulátorové batérie pre EBO3,4 a EMO1,2 sú naprojektované na 2-hodinovú prevádzku na úrovni 220V; okrem toho, v EMO1,2 sú tiež k dispozícii 24 V batérie naprojektované na 4-hodinovú prevádzku bez zdrojov ZN II. kategórie.

Projektové predpoklady, na základe ktorých sa stanovil tento čas, boli príliš konzervatívne. Na základe údajov zozbieraných počas normálnej prevádzky a analýz kapacity batérií počas skutočných prechodových stavov sa prišlo k záveru, že zostanú prevádzkyschopné minimálne 8 – 10 hodín. Kapacita batérií EBO3,4 sa merala počas záťažových testov a záver bol, že postačuje až na 11 hodín prevádzky.

Počas blackoutu sa záťaž batérií môže ďalej znížiť pomocou prostriedkov šetriaceho programu v súlade s predpisom ECA-0.0, a preto odhadovanú hodnotu výdrže batérií počas blackoutu možno považovať za konzervatívny odhad. Ďalšou možnosťou je sekvenčné využitie ostatných systémov batérií spojených káblovým spojom s pracujúcim systémom. V EMO1,2 je nainštalovaný systém monitorovania zostatkovej kapacity batérií a podobný systém sa bude inštalovať aj v EBO3,4.

6.1.3.2 Opatrenia predpokladané na zriadenie mimoriadneho zdroja striedavého napájania z prenosného alebo špeciálneho externého zdroja

Po vzniku udalosti SBO sa napájanie vlastnej spotreby bloku obnoví zo zdrojov ZN II. kategórie, resp. z pracovného alebo rezervného napájania. Napájanie z alternatívnej siete (III. sieťový prípoj (EBO) alebo rozvodňa Gabčíkovo alebo dieselgenerátory v rozvodni Levice (EMO)) sa využije na stabilizáciu bloku len v prípade zlyhania obnovy napájania z hlavných zdrojov. Pripojenie týchto zdrojov napájania je popísané v príslušných predpisoch elektrárne.

V prípade dlhodobého SBO, ak sa nepodarilo obnoviť napájanie bloku zo žiadneho z vyššie uvedených zdrojov, sa napájanie najdôležitejších spotrebičov bude môcť obnoviť z mobilného 0,4kV DG (spotrebiče zaisteného napájania I. kat. a vybrané dôležité spotrebiče na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií) u každého bloku. Proces obstarávania týchto mobilných dieselgenerátorov práve prebieha.

6.1.3.3 Kompetentnosť zmenového personálu vykonať potrebné elektrické pripojenia a doba potrebná na tieto činnosti Čas potrebný pre špecialistov na realizáciu prepojení

Zmenový personál je kompetentný a vyškolený na vykonanie príslušných manipulácií na obnovenie napájania z uvažovaných zdrojov napájania. V prípade potreby je možné zainteresovať aj ostatný pohotovostný personál alebo denných špecialistov požadovaných STP. Do výcvikových programov personálu JE sú pravidelne zaradené scenáre s obnovovaním napájania bloku. Počas neštandardných testov v EBO3,4 v roku 2011 sa odskúšalo obnovenie napájania na sekcii ZN II. kategórie z III. sieťového prípoja a prebehlo do 30 minút od zadania požiadavky.

Obnovenie činnosti zdrojov pracovného, rezervného napájania a ZN II. kategórie je potrebný čas 1,5h. Obnova napájania z alternatívnych sietí – II. Sieťového prípoja v EBO3,4 a rozvodne Gabčíkovo alebo DG v rozvodni Levice v EMO1,2 vyžaduje 1,5, resp. 2 hodiny.

6.1.3.4 Čas k dispozícii pre obnovenie striedavého napájania a obnovenie chladenia aktívnej zóny a bazénu vyhoreného paliva pred vznikom poškodenia paliva: Zváženie rozličných príkladov časového oneskorenia od odstavenia reaktora a stratu

normálnych podmienok chladenia AZ (napr. začiatok straty vody z primárneho okruhu)

Kapitola nepredpokladá dovoz vody z externých zdrojov a uvedené časy sú časové rezervy, ktoré umožňujú len interné zásoby napájacej vody a chladiwa v objekte elektrárne. V prípade externých podporných zdrojov by časová rezerva bola neobmedzená.

Režimy 1,2,3

Riadenie reaktivity AZ :

Po nastaní situácie SBO sa reaktory odstavujú automaticky a minimálna podkritičnosť 2 % je zaistená podmienkami – jedna HRK zaseknutá v hornej polohe a chladenie P.O. na 240 °C. Kritický stav môže opätovne nastať až po ochladení P.O. na 150 °C.

V prípade viacnásobných zlyhaní (napríklad SBO a úniky zo S.O.), počas ktorých je možné vnesenie kladnej reaktivity v prípade SBO nie sú k dispozícii žiadne čerpadlá pre vstrekovanie koncentrácie kyseliny boritej do P.O. Ak by prišlo k poklesu podkritičnosti AZ, je možné dodať chladiwo s obsahom kyseliny boritej iba z HA (výtláčny tlak HA pre EBO, MO3,4 je 3,5 MPa, pre EMO1,2 je to 6MPa). Pripravenosť na vstrekovanie z HA pre zaistenie podkritického stavu aktívnej zóny by sa mala znížiť teplota P.O. tak, aby bolo možné odtlakovať P.O. a následné vstrekovanie z HA v EBO3,4 a MO34. Toto nie je potrebné v EMO1,2 kvôli vyššiemu tlaku vstrekovania z HA. V EMO1,2 sa tlak v P.O. pasívne stabilizuje počas 7 hodín na 6 MPa s dostatočnej podchladenou aktívnou zónou pre dlhodobý stav bez potreby dodatočnej zásoby a požiadaviek na zásahy za účelom dochladienia. V prípade SBO len na jednom bloku je možné na vstrekovanie bórného roztoku použiť čerpadlá z druhého bloku. Tieto čerpadlá môžu dodávať bór do P.O. a zároveň udržiavať inventár (zásobu) v P.O., ktorá sa znižuje v dôsledku znižovania objemu chladiwa a možných malých únikov z P.O. Napájanie bórových čerpadiel bude možné tiež z dieselgenerátorov 0,4kV, ktoré sú v súčasnosti v obstarávaní.

Časová rezerva: Ak sa blok počas SBO sa nevychladí pod približne 240 °C, nepríde k poškodeniu paliva z dôvodu straty podkritičnosti po neobmedzene dlhú dobu. Aj tak bude však potrebné ochladiť P.O. pod 240 °C po 24 hodinách pre ochranu upchávkov HCČ. V tomto prípade by bolo potrebné zvýšiť podkritičnosť aktívnej zóny vstrekaním roztoku bóru.

Odvod tepla z P.O.

Hlavným závažným následkom udalosti SBO je ohrozenie odvodu tepla z P.O., ktoré nastane v dôsledku straty napájacej vody PG, ktorú nie je možné dodávať bez elektrického napájania. V dôsledku prerušenia dodávky napájacej vody PG vedie odvod zostatkového tepla z aktívnej zóny k postupnému znižovaniu chladiwa S.O. Personál bloku má k dispozícii minimálne 5 hodín do straty odvodu tepla z P.O. do S.O., ak využije iba zásobu vody v PG (cca 300m³). Počas tejto doby je potrebné aktivovať ZHÚ, aby pripravil a pripojil mobilný núdzový VT systém napájacej vody (v súčasnosti dostupný v EMO1,2, v EBO3,4 prebieha jeho obstarávanie). Pre stabilizáciu hladín v dvoch PG po 5 hodinách od udalosti postačuje prietok 20 m³ / hodinu NN. S prihliadnutím na kapacitu mobilného zdroja – približne 33 m³/h je možné hladinu vo vybratých PG aj zvýšiť. Odvod tepla zo sekundárnej strany je tým zabezpečený na dobu 10 dní. SBO je udalosťou so spoločnou príčinou, ktorá má vplyv na oba bloky, jeden mobilný núdzový zdroj napájacej vody postačuje len pre jeden blok. Po 24 hodinách od udalosti jeden mobilný núdzový zdroj napájacej vody postačuje na odvod rozpadného tepla z oboch blokov.

Časová rezerva: s dostupným mobilným núdzovým zdrojom viac ako 10 dní bez vonkajšej pomoci.

Ak mobilný núdzový zdroj napájacej vody nie je k dispozícii, hladina v PG klesne. Ak teplovýmenná plocha PG stratí svoju účinnosť pre odvod zostatkového tepla z aktívnej zóny, teplota na výstupe z AZ začne rásť spolu s tlakom v P.O. Po dosiahnutí otváracieho tlaku OV KO, prípadne PV KO, dochádza postupne k ďalšej strate chladiva P.O. a k zhoršovaniu chladenia AZ. Zostatkový výkon reaktora sa v tejto fáze odvádza vyparovaním chladiva P.O. do kontajneru. Dlhodobá strata odvodu tepla z P.O. postupne prerastie do straty chladenia AZ. Pokiaľ včas nie je obnovené elektrické napájanie bloku a zahájená dodávka vody do PG, prípadne P.O., vedie iniciačná udalosť typu black-out k poškodeniu paliva.

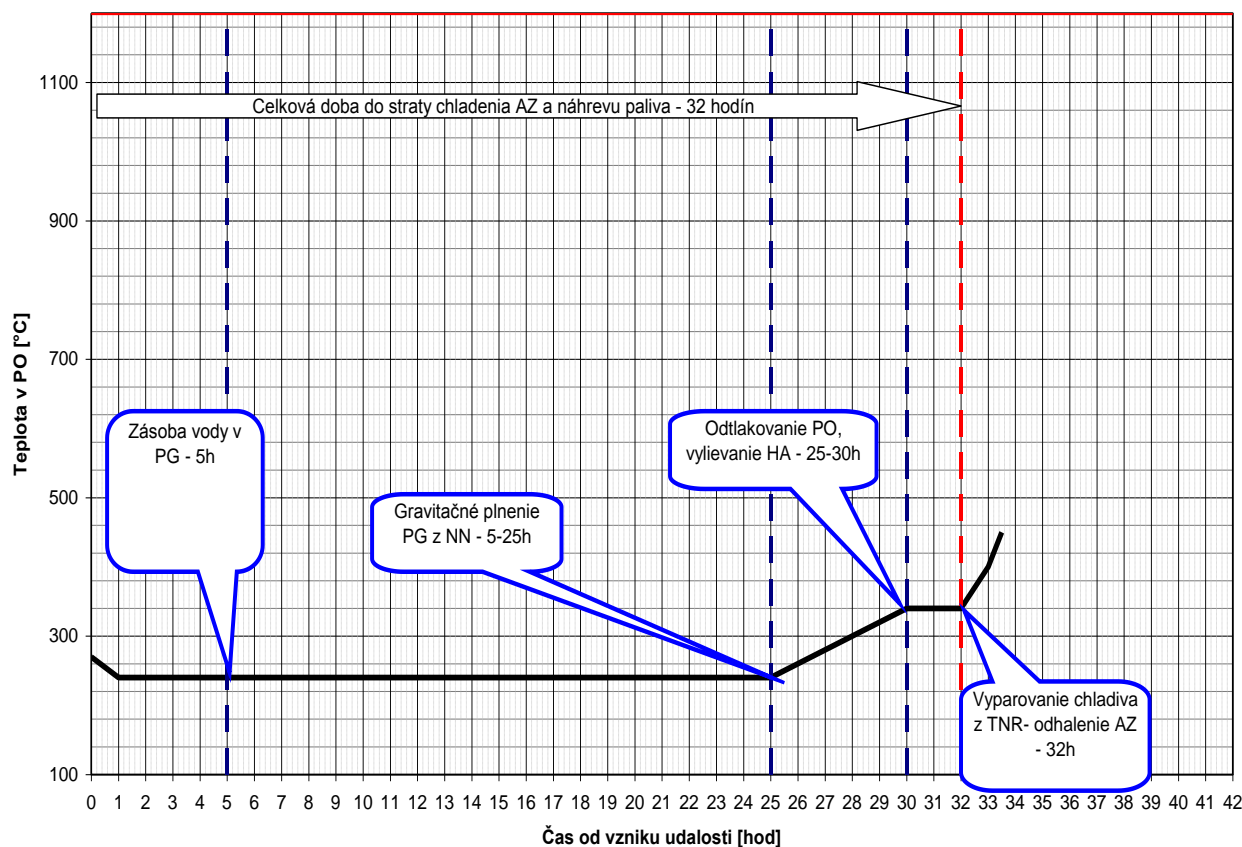
Aby sa zabránilo tomuto scenáru, je možné využiť pasívne gravitačné plnenie PG z NN; je však potrebné vziať do úvahy napätia indukované v zberačoch PG. Gravitačným plnením PG je možné zabezpečiť odvod tepla z P.O. po dobu 20h. Po vyprázdnení napájacích nádrží je možné pokračovať v dodávke nízkotlakovej NV do PG na výtlak SHNČ pomocou mobilných čerpadiel umiestnených na korbe hasičských áut hasičského zboru, ktoré sú schopné vyvinúť tlak 1 MPa.

Ak nebolo úspešné zaistenie prietoku napájacej vody požiarnymi čerpadlami, je na chladenie AZ možné použiť chladivo obsiahnuté v HA. Teplota P.O. bude kontrolovaná uvoľňovaním pary z P.O. cez OV / PV KO. V optimálnom prípade je objem chladiva v HA (160 m³) schopný zabezpečiť chladenie AZ po dobu 10h. Konzervatívne sa však predpokladá, že HA pripojené k hornej zmiešavacej komore reaktora nebudú v reálnom prípade úplne využité na chladenie AZ, nakoľko ich objem bude unikať cez OV KO/PV KO bez toho, aby sa zúčastnil chladenia AZ. Reálne preto predpokladáme, že HA zabezpečia chladenie AZ iba po dobu 5h. Podmienky pre optimálne využitie chladiva z HA sa teda musia vytvoriť ešte počas vyparovania PG (vychladenie P.O. na teplotu zodpovedajúcu tlaku v HA). Po vyčerpaní HA zabezpečí chladivo v P.O. chladenie AZ na približne ďalšie 2 hodiny.

K poškodeniu paliva môže dôjsť po viac ako 32 hodinách od iniciačnej udalosti (pozri obr. 17).

Časová rezerva: 32 hodín bez vonkajšej pomoci

Na základe vykonanej analýzy záťažového testu je potrebné pre zabezpečenie dlhodobého spoľahlivého odvodu tepla počas blackoutu modifikovať súčasné usporiadania tak, aby sa zaistila dodávka vysokotlakovej napájacej vody do PG cez kolektor SHN paralelne aj pre druhý blok (obstarať druhé mobilné SH vozidlo).



OBR. 17: Priebeh teploty na výstupe AZ počas SBO

Časová rezerva do poškodenia paliva závisí od scenára:

- So zásobovaním parogenerátorov napájacou vodou z hasičských čerpadiel – bez obmedzenia za predpokladu tesnosti P.O.
- bez zásobovania PG napájacou vodou z hasičských čerpadiel s využitím gravitačného plnenia PG – 32 hodín

Integrita HZ

Počas blackoutu nie je zabezpečený odvod tepla z kontajneru v dôsledku straty TVD a chladiacich systémov kontajneru. Na chladenie kontajneru počas SBO nie je k dispozícii alternatívny systém, a preto teplota v kontajneru začne rásť. Od vzduchu kontajneru sa s časovým oneskorením začnú nahrievať aj betónové konštrukcie kontajneru. Po 8 hodinách od výpadku elektrického napájania teplota vzduchu v kontajneru dosiahne 100 °C. Po dvoch dňoch je očakávaná teplota v strede steny kontajneru približne 60°C. Pri tejto teplote nie je ohrozená integrita kontajneru. Podľa Európskej normy Eurocode 2-1-1 klesne pevnosť betónu pri 127°C o maximálne 6%. Do poškodenia paliva (32 h od iniciačnej udalosti) teplota v kontajneru nepresiahne 110 °C a tlak 140 kPa. Pri týchto hodnotách nepríde k porušeniu integrity kontajneru.

Ak by počas SBO prišlo k strate chladenia AZ (vyčerpajú sa zdroje doplnovania NV do PG), príde k otvoreniu OV KO do kontajneru, kam sa okrem tepelných strát P.O. odvádza aj celý zostatkový výkon AZ, trend náhrevu kontajneru sa zvýši približne 3-krát, pričom bude rásť aj tlak v kontajneru. Integrita kontajneru by mohla byť ohrozená po poškodení paliva a následnom horení vodíka. Tieto procesy sú popísané v kapitole 6.

Časová rezerva:

S dostupnou napájacou vodou a SH mobilným čerpadlom – bez časového obmedzenia

Bez dostupného SH mobilného zdroja NV a bez realizácie opatrení na zachovanie integrity kontajneru – 33 hodín

Zásoba chladiva P.O.

Počas blackoutu nie je k dispozícii doplňovanie P.O. Hladina v kompenzátore objemu sa tiež znižuje v dôsledku znižovania objemu chladiva P.O. a možným malým únikom z P.O. Samotné chladenie na 238 °C zníži objem chladiva v P.O. o 17 m³. Ak v časovom horizonte 24h predpokladáme únik z P.O. 0,5 m³/h, celkovo sa objem P.O. po 24 hodinách zníži o 30 m³. Zvyšok zásoby chladiva v primárnom okruhu postačuje z hľadiska chladenia aktívnej zóny a odvodu tepla z aktívnej zóny. V časovom horizonte po 24 h po SBO môžu byť úniky z P.O. ovplyvnené možným únikom cez upchávky HCČ. Ak by k úniku cez upchávky HCČ neprišlo, zásoba chladiva v P.O. je dostatočná na zabezpečenie odvodu tepla počas ďalších 20h.

Na doplnenie chladiva do P.O. v prípade blackoutu je k dispozícii iba chladivo z HA (po odtlakovaní P.O.) alebo čerpadlami bóru po zrealizovaní navrhnutých modifikácií (pripojenie k dvojbloku alebo využitie určeného 0,4kV DG).

Časová rezerva: Zásoba chladiva v P.O. postačuje na chladenie paliva na minimálne 24h. Ďalší priebeh závisí na úniku cez upchávky HCČ; pre tento prípad však v súčasnosti nie sú k dispozícii žiadne údaje. Ak sa prijímú opatrenia na kompenzáciu únikov, čas je neobmedzený.

Monitorovanie stavu bloku

Monitorovanie je možné len v prípade, ak je k dispozícii zaistené napájanie I. kategórie. Podľa hodnôt nameraných počas záťažových testov a uvažovanej kapacity systémov zaisteného napájania I. kategórie vystačia batérie približne na 11h prevádzky. Podobný odhad pre EMO je 8-10 hodín. Po dosiahnutí minimálnej kapacity sa batérie musia vypnúť, pretože po úplnom vybití by sa nenávratne poškodili, čo by významne skomplikovalo stabilizovanie elektrárne po obnovení napájania.

EBO nemá systém monitorovania kapacity batérií, ktorý by umožnil správne zásahy na zníženie odberu a určil stav, pri ktorom je potrebné vypnúť napájanie I. kategórie zaisteného napájania. Tento systém monitorovania bude nainštalovaný v rámci projektu SAM.

Časová rezerva:

- Ak je k dispozícii dobíjanie batérií z 0,4 kV DG – štandardné monitorovanie bloku bude k dispozícii bez časového obmedzenia.
- Ak nie je k dispozícii dobíjanie batérií alebo ak nie sú prijaté opatrenia na zníženie odberu (spotreby) – po 11 hodinách od SBO nebude k dispozícii žiadny štandardný systém monitorovania bloku. Predpisy pre neštandardné monitorovanie stavu bloku sa vypracovávajú (projekt SAM).

Režimy 4,5

Riadenie reaktivity AZ:

V režimoch 4 a 5 sa v P.O. vytvorí odstavňá koncentrácia kyseliny boritej. Preto je možné závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ pri SBO v režime 3 považovať za hraničný odhad platný aj pre SBO v režimoch 4 a 5.

Odvod tepla z P.O.

V režimoch 4, 5 bol odvod tepla z P.O. pred iniciačnou udalosťou v parovodnom alebo vodovodnom režime, alebo vo fáze prechodu na vodovodný režim. V prípade SBO v režimoch 4 a 5 nie je možné pokračovať v odvode tepla z P.O. vo vodovodnom režime, pretože tento nie je možný bez elektrického napájania. Preto je potrebné prejsť k odvodu tepla zo S.O. na parovodný systém. To vyžaduje odvodnenie systému odvodu tepla a nahriatie P.O. na teplotu spôsobujúcu vytváranie pary v PG v objeme postačujúcom na odvod všetkého zostatkového tepla z aktívnej zóny.

Zásoba chladiva v PG v režimoch 4, 5 je vyššia ako v režimoch 1, 2, 3. Zostatkový výkon aktívnej zóny v režimoch 4 a 5 je nižší v dôsledku uplynutia dlhšej doby od odstavenia reaktora, čo predlžuje čas do vyčerpania PG. Z tohto dôvodu je celkový čas, počas ktorého je zaistený odvod tepla z P.O. dlhší ako v režime 3.

Integrita HZ

V režimoch 4 a 5 je teplota chladiva v P.O. a konštrukcií P.O. nižšia ako v režimoch 1, 2 a 3 a tiež zostatkový výkon AZ bude nižší vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia odvodu tepla z P.O. pri SBO v režime 3 za hraničný odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4 a 5.

Monitorovanie stavu bloku

V režimoch 4 a 5 sa nepredpokladajú vyššie odbery z akumulátorových batérií I. – IV. systému, a preto je možné považovať závery hodnotenia udržateľnosti monitorovania stavu bloku pri SBO v režimoch 1, 2 a 3 za hraničný odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4 a 5.

Režim 6

Riadenie reaktivity AZ :

V režime 6 je v P.O. už vytvorená odstavná koncentrácia kyseliny boritej. Pre riadenie reaktivity je potrebné gravitačne doplniť P.O. kyselinou boritou z barbotážnej veže v prípade zníženia koncentrácie bóru. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ pri SBO v režime 1, 2, 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režime 6.

Odvod tepla z P.O.

V režime 6 je P.O. odtlakovaný a môže byť aj otvorený (je zrušená tlaková hranica P.O.). Odvod tepla z P.O. pred udalosťou bol vo vodovodnom režime. Po SBO nie je možné pokračovať v odvode tepla z P.O. vo vodovodnom režime, nakoľko tento nie je možný bez elektrického napájania. Ak sú v režime 6 v P.O. otvorené iba odvzdušňovacie ventily, ktoré sa dajú zatvoriť, je pre hodnotenie odvodu tepla z P.O. pre SBO aplikovateľné hodnotenie pre režimy 4 a 5. Ak je reaktor otvorený, sú k dispozícii nasledovné možnosti:

- Odvod tepla z aktívnej zóny v režime varu AZ, bez akéhokoľvek zásahu operátora, počiatočná hladina chladiva 200 mm pod hlavnou deliacou rovinou TNR – časová rezerva do poškodenia paliva: približne 9 hodín
- Odvod tepla z AZ v režime varu v AZ. So zásahom operátora, ale bez vonkajšej podpory. Chladivo sa dopĺňa do P.O. gravitačným plnením z barbotážnych žľabov. Časová rezerva do poškodenia paliva: približne 4 dni
- odvod tepla z AZ čiastočne varom chladiva v TNR a čiastočne parou z PG. Chladivo sa do P.O. dopĺňa gravitačným plnením z vodných žľabov a do PG buď z NN alebo požiarными čerpadlami bez vonkajších zdrojov s intervenciou operátora BD - časová rezerva do poškodenia paliva: približne 12 dní

Integrita HZ

V režime 6 je zrušená tlaková hranica kontajnementu a nemôže prísť k ohrozeniu integrity kontajnementu.

Monitorovanie stavu bloku

V režime 6 je odber z batérií nižší ako v režimoch 1, 2 a 3, takže tieto režimy zahŕňajú SBO aj v režime 6.

Bazénvyhoreného paliva

Po udalosti SBO sú systémy pre odvod zostatkového tepla z BVP do TVD vyradené z prevádzky. Zostatkové teplo z bazéna vyhoreného paliva je možné odvádzať len alternatívnymi spôsobmi. Tieto spôsoby pozostávajú z akumulácie rozpadného tepla v chladive BVP a v iných objemoch P.O. alebo v režime varu BVP. Keď sa para z BVP vyparí do reaktorovej sály, chladiivo sa do BVP dodáva buď pomocou pasívnych prostriedkov (barbotážne žľaby) alebo pomocou požiarnych čerpadiel.

Riadenie reaktivity v BVP

V BVP je podkritičnosť zabezpečená dvomi nezávislými spôsobmi:

- Geometriou a materiálom skladovacieho roštu
- Koncentráciou kyseliny boritej

Koncepcia BVP neumožňuje vznik kritických podmienok v BVP ani po znížení koncentrácie bóru na nulu za predpokladu, že v BVP nepríde k varu. Počas SBO sú na riadenie reaktivity v BVP k dispozícii iba pasívne metódy - dopĺňovanie roztoku kyseliny boritej do BVP gravitačným dopĺňovaním z barbotážnych žľabov. Počas záťažových testov sa merali prietoky zo žľabov a boli dostatočné pre riadenie reaktivity v BVP.

Pre dolnú mrežu BVP EMO1,2 sa potvrdilo, že ak sa aj uvažuje s miestnym znížením podkritičnosti v dôsledku varu, mreža so šesťhrannými absorpčnými trúbkami je sama osebe postačujúca na to, aby zabránila vytvoreniu kritickej zostavy. Pri dopĺňovaní čistého kondenzátu preto neexistuje riziko ohrozenia riadenia reaktivity. Podobné analýzy je potrebné vykonať aj pre EBO3,4.

Odvod tepla z BVP

V prípade SBO nie je k dispozícii štandardný odvod tepla z BVP cez systém TVD. Zostatkový výkon vyhoreného paliva sa akumuluje v chladive a štruktúrach BVP a teplota v BVP začne rásť. V závislosti na zostatkovom výkone paliva v BVP, ktorý sa môže pohybovať od 1,25MW po 5MW a zásoby chladiiva v BVP pred udalosťou, sú k dispozícii časové rezervy podľa nasledujúcej tabuľky (údaje pre EBO3,4 sú bez zásahu operátora).

Po SBO je jedinou možnosťou chladenia BVP pasívne dopĺňovanie BVP zo 7 barbotážnych žľabov nad hladinou BPV, ktoré zaisťujú chladenie BVP ohrevom chladiiva zo žľabov zo 40 °C na 60 °C v časovom horizonte od 4 do 14 hodín v závislosti od zostatkového výkonu vyhoreného paliva. Po dosiahnutí bodu varu sa chladenie zabezpečuje odparovaním chladiiva z BVP. Na udržiavanie potrebnej zásoby chladiiva v BSVP je potrebné zabezpečiť jeho dopĺňovanie z iných zdrojov (hasičské čerpadlá). Potreba dopĺňovania BVP / blok pri odvode tepla z BVP varom chladiiva kolíše od 2 m³/h (výkon 1,25MW) do 8 m³/h (výkon 5MW). Para vznikajúca v BVP sa odvádza do atmosféry.

Časové rezervy do poškodenia paliva v BVP závisia od množstva / zostatkového tepla vyhoreného paliva a počiatocnej zásoby chladiiva. Niektoré kvantitatívne údaje bez zásahov operátora (bez alternatívneho chladenia) sú zrejmé z nasledujúcej tabuľky. Tieto rezervy je možné predĺžiť o 4 – 14 hodín využitím vody zo žľabov.

všetko palivo vyvezené do BVP, hladina v BSVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1 200°C
4,87MW	21,27m	2 h 48 min	+20 h 45min	+6 h 52min

V BVP je iba vyhoreté palivo z minulých kampaní, hladina v BVP 14,46 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1 200°C
1,25MW	14,46m	5 h 14 min	+37 h 33min	+19 h 15 min

V BVP je iba vyhoreté palivo z minulých kampaní, hladina v BVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1 200°C
1,25MW	21,27m	10 h 55 min	+127 h 55 min	+19 h 15 min

Podobný odhad časových rezerv bol vykonaný pre EMO1,2 a EBO3,4 s prihliadnutím na dva typy chladenia BVP:

- Pasívne gravitačné doplňovanie BVP zo 7 žľabov, umiestnených nad úrovňou BVP +21 m a zvýšenie hladiny zo +14,45m na +21,17m (zohľadňuje sa aj potreba odvodu tepla z AZ);
- Odvodnenie BVP prepacom na +21,22 m do nádrží NT HSCHZ (ak sú prázdne) alebo odvodňovacej nádrže P.O. a plnenie BVP zo žľabov;

Realizáciou týchto opatrení sa čas do varu zvýši o 5 až 10 hodín.

Ďalší odvod tepla z BVP po vyčerpaní alternatívneho chladenia (5 až 10 h po SBO) a náhreve BVP na teplotu varu po ďalších 2,6 hodinách pre vyvezenú AZ (hladina na +21,17 m) až 10,7 hodinách pre PK iba v základnom rošte (hladina na +14,46 m) je možné zabezpečiť vyparovaním chladiva. Na udržanie potrebnej zásoby chladiva v BVP je potrebné zabezpečiť jeho doplňovanie z iných zdrojov (barbotážne žľaby gravitačne, hasičské čerpadlá). Potreba doplňovania BVP / blok pri odvode tepla z BVP varom chladiva kolíše od 2 m³/h (výkon 1,25MW) do 8 m³/h (výkon 5 MW). Para vznikajúca v BVP sa odvádza na reaktorovú sálu.

Časové rezervy bez intervencie personálu sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

Udalosť SBO	Palivové kazety v oboch roštoch +21,17 m / 4,8 MW čas (h)	PK iba v základnom rošte +14,46 m/1,26 MW čas (h)
<i>ZAČIATOK UDALOSTI</i>	0	0
Dosiahnutie medze sýtosti – var v BVP	2,6	10,7
Odhalenie skladovaných PK	23	42,5
Poškodenie PK 1 200 °C	30,5	62

Ak sa používa plnenie BVP hasičskými autami, časová rezerva je neobmedzená.

6.1.4 Závěry o vhodnosti ochrany proti strate napájania

Citlivosť voči SBO je adekvátna, projekt umožňuje približne 30-hodinovú rezervu (minimálne) pre zaistenie bezpečnostných funkcií chladenia aktívnej zóny a chladenia bazéna vyhoreného paliva.

6.1.5 Opatrenia, ktoré je možné predpokladať pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania

Hodnotenie bezpečnostných rezerv projektu JE V213 pri SBO preukázalo schopnosť zabezpečiť ochranu bariér počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov riadenia havárií na obnovenie napájania elektrárne. Napriek odolnosti súčasného projektu elektrárne je možné ju zvýšiť pomocou nasledujúcich modifikácií a na základe testov a analýz:

- Zvýšiť odolnosť a spoľahlivosť ZN II. kategórie za hranice projektových udalostí (inštalácia nového 6 kV havarijného SAM DG)
- Zabezpečiť 0,4 kV DG pre každý blok na nabíjanie batérií a zásobovanie vybraných spotrebičov bloku počas SBO
- Modifikácie systému napájania (aj z 0,4 kV DG) systému čerpadiel bóru za účelom ich možného využitia počas SBO
- Zabezpečiť technické riešenia a pripraviť kabeláž pre jednoduchšie mechanické prepojenie batérií medzi systémami
- Zabezpečiť mobilný VT zdroj NN PG dostupný počas SBO s minimálnym prietokom 20 – 25 m³/h pre jeden blok a tlakovou výškou 6 MPa a zaistiť logistiku dodávok pre mobilný zdroj s možným využitím tak pre EBO3,4, ako aj MO34 (rovnaký typ dýz)
- Optimalizovať núdzové osvetlenie tak, aby sa predĺžila životnosť batérií (rozdelenie do sekcií s možnosťou vypnutia nepotrebných častí, používanie úsporných žiaroviek)
- Získať údaje dokumentujúce správanie sa upchávok HCČ pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24 hodín)
- Zabezpečiť systém monitorovania kapacity batérií (pre EBO3,4)
- Zabezpečiť mobilné meracie prístroje schopné využívať štandardné meracie snímače (napríklad termočlánky)
- Zabezpečiť napájania odvodňovacích ventilov kontajneru a izolačných ventilov HA zo systému ZN I. kategórie (EMO)
- Zvážiť možnosť riadenia vybraných ventilov bez ZN I. kategórie pomocou malého prenosného motorového 3-fázového generátora 0,4 kV (max. 7 kW)
- Nainštalovať dve fyzicky oddelené potrubia pre dopĺňanie chladiva do BVP z mobilného zdroja (hasičské čerpadlá) a externý zdroj vody výhradne určený pre SA
- Zabezpečiť dlhodobú prevádzkyschopnosť komunikačných prostriedkov pre operátorov BD a obslužný zmenový personál
- Vypracovať prevádzkový postup pre možné využitie DG nainštalovaných v rozvodni Levice pre udalosť SBO (pre EMO)

6.2 Strata schopnosti odvodu rozpadového tepla / konečného recipientu tepla

Primárnym UHS je okolitá atmosféra. Odvod tepla z AZ, BVP a kontajnementu do TVD a CV do primárneho UHS v jednotlivých prevádzkových režimoch je zabezpečený rôznymi systémami: V prípade výpadku TVD sa preruší reťazec systémov zúčastňujúcich sa odvodu tepla z AZ, kontajnementu a BVP do UHS v aspoň jednom režime bloku. Z toho vyplýva, že prevádzkyschopnosť systému TVD je nevyhnutná pre zabezpečenie súčasného dlhodobého odvodu tepla z AZ, kontajnementu a BVP do UHS (atmosféry) aspoň v jednom režime bloku. Za reprezentatívnu obálkovú udalosť predstavujúcu stratu UHS je preto možné považovať úplnú, okamžitú a dlhodobú stratu prevádzkyschopnosti všetkých 3 okruhov systému TVD, ktorá je konzervatívne pokrytá analýzou udalosti SBO popísanou v kapitole 5.1. Vzhľadom na nízku pravdepodobnosť okamžitého súčasného výpadku všetkých systémov TVD, budeme v nasledujúcej časti posudzovať projektový scenár, ktorý vedie k strate UHS v dôsledku prerušenia dodávky surovej doplňovacej vody.

6.2.1 Projektové opatrenia na ochranu pred stratou primárneho UHS, ako alternatívne prívody morskej vody alebo systémy na ochranu hlavného prívodu vody pred upchatím

Systém TVD je podporným systémom bezpečnostných systémov chladenia AZ. Podľa Vyhlášky UJD č. 50/2006 Zb. je klasifikovaný do bezpečnostnej triedy 3. TVD plní bezpečnostnú funkciu odvodu tepla z bezpečnostných systémov do primárneho UHS (atmosféra). TVD má zabezpečiť nielen koncový systém odvodu tepla, ale má zabezpečiť aj chladenie všetkých spotrebičov, u ktorých sa požaduje nepretržitá dodávka chladiacej vody.

Systém TVD je projektovaný ako redundantný 3x100%, v každom systéme sú 2 čerpadlá na blok (2x100 %), a 2 sekcie VCHV (2x100 %). Systém TVD je odolný voči jednoduchej poruche a poruche so spoločnou príčinou (požiar, záplava, seizmické udalosti, interakcie od vysoko energetických potrubí, letiace objekty, pád bremena, environmentálne podmienky a extrémne klimatické podmienky). Časti okruhov TVD sú vzájomne fyzicky separované. Každý systém TVD je napájaný z inej sekcie zaisteného napájania II. kategórie v súlade s napájaním nezávislých okruhov havarijného chladenia aktívnej zóny. Systém TVD je spoločný pre oba bloky JE v časti bazénov čerpadiel TVD, hlavných prívodných a vratných potrubných trás. Susedný blok je teda schopný plne pokryť požiadavky na chladenie TVD aj v prípade výpadku systému na vlastnom bloku.

Dvojblokové riešenie okruhov TVD na úrovni uzla čerpadiel TVD a VCHV zvyšuje spoľahlivosť systému, pretože vzhľadom na projektové riešenie napájania čerpadiel TVD a ventilátorov VCHV z oboch blokov a postačujúcej kapacity 2/4 na jeden okruh TVD, je pravdepodobnosť neprevádzkyschopnosti celého systému nižšia ako v prípade jednoblokového riešenia, čo zvyšuje odolnosť proti niektorým mechanizmom zlyhania so spoločnou príčinou.

Systém TVD nadväzuje na zariadenia mimo areálu JE, ktoré podporujú jeho prevádzkyschopnosť. Z pohľadu prevádzkyschopnosti systému TVD najdôležitejším spomedzi týchto systémov je systém doplňovania surovej vody.

Pre EBO3,4 je možné surovú vodu dopĺňať z vodnej nádrže Sĺňava a rieky Dudváh. Odbery z VN Sĺňava – Drahovce a VE Madunice sú zásobované z rieky Váh. Do čerpacej stanice Pečeňady sa prídavná voda dopravuje gravitačne štyrmi potrubiami. Z čerpacej stanice Pečeňady sa surová prídavná voda čerpá do EBO3,4 dvomi potrubiami. Surovú prídavnú vodu je možné do EBO3,4 dodávať nezávislým potrubným systémom cez JE V1.

V MO34 je systém surovej prídavnej vody naprojektovaný ako prevádzkový systém s dvojitou redundanciou zo vstupného miesta Malé Kozmálovce na rieke Hron.

Zariadenia zabezpečujúce dodávku vody sú chránené pred upchatím prívodu a zamrznutím citlivých častí systému. Vo všeobecnosti je však systém prídavnej vody prevádzkovým systémom, ktorý nebol vylepšený pre nadprojektové externé udalosti vrátane seizmických. Vzhľadom na túto skutočnosť pozostáva ochrana proti strate UHS hlavne z dostatočnej zásoby vody v bazénoch TVD a CHV.

Celková zásoba vody v areáli EBO3,4 je 42 890 m³ v bazénoch CHV a 1613m³ využiteľnej vody v každom z bazénov TVD. V niektorých režimoch je dostupných ďalších 37 510 m³ surovej vody v prívodných potrubiach surovej vody, ktoré je možné pri funkčnej ČS Pečeňady dopraviť do JE. V Mochovciach je celková zásoba vody v systéme CHV 44 000 m³ a 4 830 m³ vo všetkých systémoch TVD.

6.2.2 Strata primárneho UHS (napr. strata prístupu k chladiacej vode z rieky, jazera alebo mora alebo strata hlavnej chladiacej veže)

Stratu hlavného UHS je možné iniciovať (s podstatným časovým oneskorením) len v prípade straty všetkých systémov TVD oboch blokov. Úplné zlyhanie všetkých systémov TVD oboch blokov môže nastať v dôsledku SBO, porúch so spoločnou príčinou (napríklad zlyhanie SKR) alebo môže byť dôsledkom nadprojektovej udalosti – záplavy alebo zemetrasenia.

Za obáľkovú udalosť predstavujúcu stratu UHS je preto možné považovať úplnú stratu prevádzkyschopnosti všetkých 3 okruhov systému TVD, ktorá je konzervatívne pokrytá predchádzajúcou analýzou udalosti SBO popísanou v kapitole 5.1. Pre hodnotenie ostatných scenárov vedúcich k strate UHS bola do úvahy zobrať udalosť s prerušením napájania prídavnej surovej vody do areálu JE.

6.2.2.1 Dlhodobá strata prívodu surovej vody do areálu JE

Zásoba chladiva v systéme TVD klesá v dôsledku únikov, vyparovaniu a úletu vody (0,5 % prietoku na VCHV). Požadovaná zásoba chladiva v TVD sa udržiava dopĺňaním surovej filtrovanej vody z čerpacích staníc. Dostupné opatrenia sú popísané v nasledujúcej časti pre každú elektrárňu zvlášť.

EBO 3,4

Okrem hlavného zdroja surovej vody je možné bazény TVD dopĺňať zo systému TVN a z elektrárne V1. Všetky tieto trasy sú bez seizmickej kvalifikácie, a preto sa po projektovej seizmickej udalosti predpokladá ich zlyhanie. V takomto prípade je možné systémy TVD dopĺňovať mobilnými prostriedkami z externých zdrojov.

Po strate prídavnej surovej vody je reaktor odstavený do jednej hodiny. Celková využiteľná zásoba TVD je 1 613 m³. Bolo dokázané, že zásoba vody v systémoch TVD postačuje na vykrytie strát TVD na 72 hodín. Po uplynutí tejto doby je potrebné zabezpečiť dopĺňovanie bazénov TVD. Požadovaný prietok dopĺňovania TVD klesá z hodnoty 87 m³/h (3 dni po odstavení reaktora) na 30 m³/h (1 mesiac po odstavení reaktora).

Na dopĺňovanie bazénov TVD je k dispozícii zásoba vody v bazénoch CV, ktoré pri minimálnej hladine obsahujú 42 890 m³. Tento objem je postačujúci na dopĺňanie TVD na približne jeden mesiac prevádzky od iniciačnej udalosti. Ak k strate dodávky prídavnej surovej vody dôjde počas prevádzky na výkone, približne 10 000 m³ tejto vody sa spotrebuje na odstavenie reaktora a jeho ochladenie do režimu 3. V takomto prípade zostane v bazénoch CV k dispozícii len 32 890 m³ na dopĺňanie bazénov TVD, čo by postačovalo približne na 21 dní.

EMO1,2

Požadovaná zásoba chladiva v TVD sa udržiava dodávkou prídavnej surovej vody z čerpacej stanice v Malých Kozmálovciach. Surová voda sa zbiera v vodných nádržiach na lokalite, ktoré majú objem $2 \times 6 150 \text{ m}^3$. Okrem tohto prívodu je možné dopĺňať TVD zo systému CV. Čerpadlá TVD majú seizmickú odolnosť.

Po výpadku prívodu prídavnej surovej vody do TVD bude hladina vody v systéme TVD klesať. Okruh TVD má celkovú zásobu vody 4853 m^3 . Zníženie objemu chladiva závisí od prevádzkového režimu a zahájených činností na obnovenie stavu.

S ohľadom na znižujúcu sa zásobu TVD najnepriaznivejšia udalosť je udalosť počas prevádzky na výkone. Nepredpokladá sa rýchle obnovenie dodávky prídavnej surovej vody; to znamená, že oba reaktory je potrebné odstaviť do režimu 2 (v priebehu 6 hodín) a následne vytvoriť odstavnú koncentráciu bóru na 8 hodín; po tejto dobe sa zostatkové teplo odvádza:

- PSK do HK do CV a do atmosféry;
- cez PSA priamo do atmosféry s dostatočnou zásobou demineralizovanej vody na 10 dní.

Týmto postupom sa dosiahne teplota $130 \text{ }^\circ\text{C}$. Ďalšie chladenie P.O. je možné realizovať hlavne cez systém dochladzovania P.O. v závislosti na dostupnosti TVD.

Po zlyhaní dodávky prídavnej surovej vody do systému TVD je k dispozícii $4 853 \text{ m}^3$ vo všetkých troch vetvách. Zásoba vody v systémoch TVD je dostatočná na krytie strát TVD po dobu 3 hodín od prerušenia dodávky prídavnej surovej vody. Po uplynutí tejto doby je potrebné zabezpečiť dopĺňanie vetiev TVD z alternatívnych zdrojov.

Bol vypracovaný aj ďalší postup umožňujúci alternatívne dopĺňanie systému TVD pomocou mobilného čerpadla nezávislého na dodávke elektrickej energie, ktorého nasávanie je možné pripojiť k systému cirkulačnej vody, čo umožňuje využiť $44 000 \text{ m}^3$ vody zo štyroch bazénov CV. V systéme CV zostane $13 620 \text{ m}^3$ vody pre využitie na TVD, čo postačuje na ďalších 9,4 dňa.

Zásoba vody v bazénoch CV nemusí byť dostupná v prípade seizmickej udalosti; preto, ďalšou možnosťou je využitie zásob vody mimo areálu elektrárne automobilovými cisternami.

Ventilátorové chladiace veže systému TVD priamo zabezpečujú odvod tepla zo systému TVD do konečného recipientu tepla (atmosféry). Pri výpadku väčšieho počtu chladiacich veží sa teplo začne hromadiť v systéme TVD a príslušný systém TVD sa bude musieť odstaviť. Vzhľadom na projektové riešenie systému TVD, ktorý je v časti VCHV spoločný pre oba bloky, susedný blok môže plne pokryť požiadavky na chladenie TVD aj v prípade poruchy dvoch zo štyroch VCHV na danom systéme. K strate konečného recipientu tepla v dôsledku porúch VCHV by potom mohlo prísť len vtedy, ak by ani na jednom systéme TVD by neboli v prevádzke aspoň dve bunky VCHV. Ak by však aspoň na dvoch systémoch TVD zostala v prevádzke aspoň jedna VCHV, k strate konečného recipientu tepla by neprišlo, pretože redukovaná kapacita pracujúcich dvoch systémov by stačila pokryť požiadavky na chladenie. V zimnom období je odvod tepla dostatočný aj bez pracujúcich ventilátorov.

Integrita upchávok HCČ po strate chladenia

Závažným následkom výpadku TVD je možná strata integrity upchávok HCČ. V prípade straty TVD nebude zabezpečené chladenie upchávok HCČ v dôsledku straty prietoku upchávkovej vody HCČ a straty prietoku TVD cez chladiče HCČ, čo v dlhodobom horizonte môže spôsobiť únik chladiva PO cez trasu odvodu z upchávky HCČ.

Na základe výsledkov testu na plno rozsahovom modeli upchávky HCČ u výrobcu čerpadla sa preukázalo, že do 24 hodín od straty chladenia HCČ sa nedosiahnu podmienky, pri ktorých by prišlo k ohrozeniu integrity upchávky.

6.2.2.2 Dostupnosť alternatívneho UHS, závislosť od funkcií ostatných reaktorov v tej istej lokalite

V prípade výpadku všetkých systémov TVD je možné zostatkové teplo odvádzať z aktívnej zóny priamo parou (cez PSA PG, PV PG) do atmosféry alebo prostredníctvom iných systémov nezávislých od TVD (PSK, redukčné stanice pary), pričom do PG musí byť zabezpečený prietok NV. Prietok NV do PG zabezpečuje SHNČ z 3 nádrží demineralizovanej vody. Z tohto pohľadu je UHS zabezpečený normálnym systémom odvodu tepla z aktívnej zóny pomocou PSA PG. Tento spôsob odvodu je plne využiteľný pre režimy 1 až 5. V režime 6 s otvoreným reaktorom je možné zostatkové teplo z aktívnej zóny odvádzať po obmedzenú dobu pridávaním chladiva do reaktora / bazénu výmeny paliva z iných zdrojov chladiva (objem chladiva v P.O., havarijnú nádrž, vodné trasy kontajmentu) a následne zvýšiť hladinu v reaktore / bazéne výmeny paliva na + 21 m. Tlak nad aktívnou zónou umožní odvod pary z PG cez EO V PG. Len malá časť zostatkového tepla sa bude odvádzať na úkor vyparovania chladiva z reaktora / bazénu výmeny paliva do reaktorovej sály.

Odvod tepla prostredníctvom náhradného systému však nezabezpečí odvod zostatkového výkonu z pomocných technologických systémov (chladenie vložených medziokruhových, ventilačných systémov...), kontajmentu a BVP, a preto nie je plnohodnotnou náhradou TVD. Zabezpečí však odvod tepla z AZ bez externých zdrojov NV na dobu viac ako 10 dní.

Pre odvod tepla z kontajmentu a BVP je možné na ohraničenú dobu využiť rozličné štandardné a neštandardné prepojenia zahrnuté do konfiguračnej databázy.

6.2.2.3 Možné časové obmedzenia disponibilnosti alternatívneho odvodu tepla a možnosti zvýšenia disponibilného času

V prípade výpadku všetkých systémov TVD je možné odvádzať zostatkové teplo z AZ priamo parou (cez PSA PG, PV PG) do atmosféry alebo prostredníctvom iných systémov (technologický kondenzátor, redukčné stanice pary) do cirkulačnej vody a z nej do atmosféry, pričom do PG sa musí byť zabezpečený prietok NV. Doba udržateľnosti tohto režimu je obmedzená. Elektrárň má zásobu chladiva pre SHN čerpadlá na 10 dní (EMO) alebo 7 dní (EBO) pre oba bloky. Po tejto dobe je na zabezpečenie odvodu tepla z AZ potrebné zabezpečiť doplňovanie týchto nádrží z externého zdroja.

Ak sa po strate TVD zásoba chladiva pre dopĺňanie PG vyčerpá, hladina v PG začne klesať. Doba, počas ktorej môže menovitý objem chladiva v 6 parogenerátoroch zaistiť odvod tepla z P.O. závisí od výkonu rozpadového tepla, t.j., od času, ktorý uplynie od havarijného odstavenia reaktora. Preto závisí aj od predchádzajúceho spôsobu odvodu tepla a použitých prostriedkov. Po vysušení PG je možné pokračovať v pasívnom gravitačnom plnení PG z NN. Gravitačné plnenie PG má obmedzenú kapacitu a po vyčerpaní oboch NN je možné pokračovať v dodávke nízkotlakovej NV do PG pomocou mobilných čerpadiel hasičského zboru.

V prípade otvoreného reaktora (režim 6) sa zostatkové teplo z aktívnej zóny môže po obmedzenú dobu akumulovať v zásobe chladiva P.O. a tiež v zásobách nádrží HSCHZ a žľaboch kontajmentu. Po vyčerpaní všetkej akumulačnej kapacity chladiva je možné rozpadové teplo odvádzať pomocou odvodu pary z PG a čiastočným vyparovaním chladiva P.O., pri krytí znižujúcej sa zásoby chladiva P.O. a PG. Vytvorenie požadovanej konfigurácie v tomto prípade trvá niekoľko hodín.

6.2.3 Strata konečného recipientu tepla a náhradného recipientu tepla

Ku strate hlavného UHS môže dôjsť len v prípade straty všetkých systémov TVD oboch blokov. Za obálkovú udalosť predstavujúcu stratu UHS je preto možné považovať úplnú stratu prevádzkyschopnosti všetkých 3 okruhov systému TVD, ktorá je konzervatívne pokrytá analýzou udalosti SBO popísanou v kapitole 5.1. Pre hodnotenie ostatných scenárov vedúcich k strate UHS bola do úvahy zobrať udalosť s prerušením napájania prídavnej surovej vody do areálu JE.

Systém TVD v niektorých režimoch zabezpečuje odvod zostatkového tepla z AZ, a vo všetkých režimoch zabezpečuje odvod tepla z BVP a kontajmentu. Ďalej poskytuje podporné služby pre zariadenia, ktoré zabezpečujú riadenie reaktivity a chladenie AZ. Výpadok všetkých systémov TVD má preto závažné dôsledky na riadenie reaktivity v AZ a bazéne vyhoreného paliva, odvod tepla z AZ a BVP a môže mať tiež dopad na integritu kontajmentu. Zlyhanie všetkých systémov TVD by viedlo ku strate chladenia nasledovných systémov:

DG, havarijných systémov chladenia AZ, sprchových systémov, chladičov BVP, vzduchotechniky v príslušných miestnostiach. Ďalej príde k strate chladenia všetkých prevádzkových systémov využívajúcich TVD: chladičov recirkulačného systému kontajmentu, miestnosti VZT kontajmentu, chladenia systému normálneho dopĺňania primárneho okruhu, chladičov vložených medziokruhov, havarijných napájacích čerpadiel, systému dochladzovania S.O.

Dôsledky hodnoteného scenára na bezpečnostné funkcie v jednotlivých režimoch bloku sú uvedené nižšie.

Režim 3

Riadenie reaktivity AZ

V prípade akejkolvek udalosti majúcej vplyv na odvod tepla z aktívnej zóny sa reaktor havarijnej odstavuje buď automaticky alebo ručne. Minimálna podkritičnosť 2 % je zaistená aj v prípade, že jedna HRK zostane zaseknutá v hornej polohe a P.O. sa ochladí na 240 °C. Pre udalosti, počas ktorých môže dôjsť k vneseniu kladnej reaktivity v prípade zlyhania všetkých systémov TVD, nebudú k dispozícii projektové systémy pre riadenie koncentrácie kyseliny boritej v primárnom okruhu. Riadenie reaktivity AZ je v tomto prípade zabezpečené VT čerpadlami bóru. Týmito čerpadlami je možné súčasne vytvoriť koncentráciu bóru v P.O. pre odstavenie do studeného stavu a udržiavať zásobu chladiva v P.O., ktorá bude klesať v dôsledku únikov z P.O. Po výpadku TVD, ak systém dopĺňovania bóru zostane prevádzkyschopný, riadenie reaktivity v AZ a zásoby chladiva v P.O. bude zabezpečené v dostatočnom rozsahu.

Odvod tepla z AZ

V dôsledku rozličných zdrojov vody v lokalite a odlišných predpokladov a systémov používaných na odvod tepla je odhad časových rezerv a hodnotenie uvádzané zvlášť pre bloky EBO3,4 a EMO1,2.

EBO 3,4

Po strate surovej vody je potrebné odstaviť oba bloky do režimu 3. Teplo sa z aktívnej zóny bude odvádzať parou z PG do systému dochladzovania S.O., ktorý je v tejto etape prevádzkyschopný. Bez TVD nie je možné dochladiť blok do studeného stavu, ale je možné udržiavať ho v režime 3. Doba udržateľnosti tohto režimu je obmedzená. Konzervatívne sa neuvažuje so žiadnym dopĺňaním TVD. Hodnotenie neuvažuje ani s prevádzkou hlavných čerpadiel NV. Po 72 hodinách sa hladina v bazénoch TVD zníži na minimum a bude potrebné odstaviť všetky tri systémy TVD. HNČ, ktoré sú chladené TVD, nie je možné použiť na plnenie PG a PG sa budú musieť plniť pomocou SHNČ, ktoré nevyžadujú prevádzku TVD. Elektrárne má zásobu chladiva pre SHN čerpadlá pre oba

bloky 920 m³ v každej z troch nádrží pre oba bloky. Po výpadku prívodu surovej vody do JE nebude možné túto zásobu udržať. Teplota z AZ sa bude odvádzať parou z PG cez PSA PG/ PV PG priamo do atmosféry. Táto zásoba v čase 72 hodín od odstavenia reaktora postačuje na odvod tepla z AZ pre oba bloky na ďalších 7 dní.

Po odstavení TVD sa blok ďalej vychladí na 238 °C, aby bolo možné gravitačné plnenie a pripojenie HA k P.O. Po vyčerpaní nádrží SHN sa môžu PG ďalej dopĺňovať hasičskými čerpadlami. Tento režim odvodu tepla nie je časovo obmedzený.

Ak sa po strate TVD neuvažuje s dopĺňaním PG hasičskými čerpadlami, nominálna zásoba chladiva v 6 PG je dostatočná na odvod tepla z P.O. po dobu 50 hodín. Po vysušení PG je možné na odvod tepla z P.O. využiť gravitačné plnenie PG. Gravitačným plnením PG je možné zabezpečiť odvod tepla z PG po dobu 60 hodín.

Po vyčerpaní gravitačného plnenia sa PG vysušia zostatkovým teplom a teplota a tlak v P.O. začnú rásť. Po dosiahnutí otváracieho tlaku OV KO, prípadne PV KO, dochádza k ďalšej strate chladiva P.O. a k zhoršovaniu chladenia aktívnej zóny. V tejto fáze sa zostatkový výkon reaktora odvádza vyparovaním chladiva P.O. do kontajneru.

Na oddialenie poškodenia pokrytia paliva v tejto fáze je možné využiť chladivo, ktoré je v HA. Objem chladiva v HA (160t) je v optimálnom prípade schopný zabezpečiť chladenie AZ po dobu 40 hodín. Pre chladenie aktívnej zóny nie je možné optimálne využiť HA pripojené k hornej zmiešavacej komore reaktora. Konzervatívne preto predpokladáme, že HA zabezpečia chladenie AZ iba po dobu 20 hodín. Po vyčerpaní HA (ak je TNR stále plná), objem chladiva v TNR zabezpečí chladenie AZ na dobu približne ďalších 10 hodín.

Uvedené odhady rezerv odvodu tepla z AZ pri strate UHS neuvažovali s únikom chladiva P.O. cez upchávky HCČ, ktorý by mohol vzniknúť po výpadku chladenia upchávok HCČ po dobe dlhšej ako 24 hodín.

Časové rezervy odhadované pre vyššie popísané procesy sú uvedené na obr. 18.

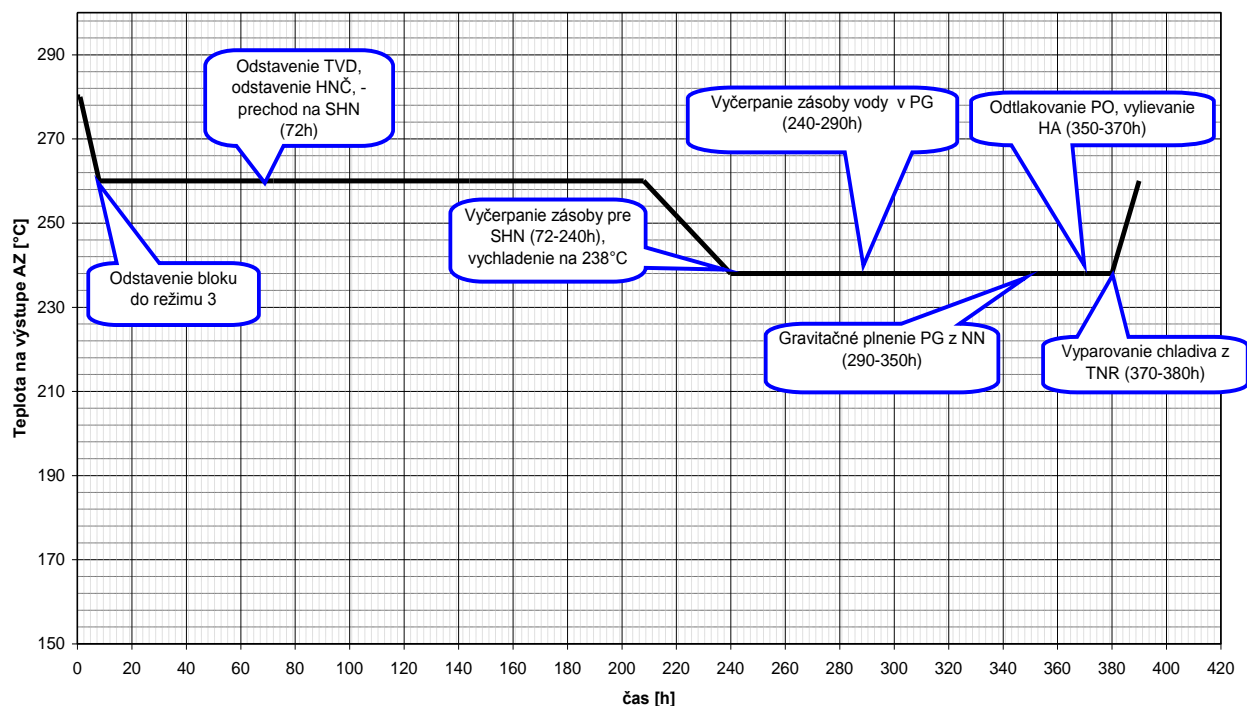
Časové rezervy do poškodenia paliva v dôsledku straty UHS závisia od scenára:

- s dodávkou NV PG z hasičských čerpadiel – bez reálneho časového obmedzenia
- bez dodávky NV PG z hasičských čerpadiel - 380 hodín

EMO1,2

Po výpadku TVD, či už z dôvodu straty surovej vody (po 72 hodinách) alebo nedostupnosti TVD, nie je k dispozícii systém odvodu zostatkového tepla z P.O., systém dochladzovania primárneho a sekundárneho okruhu a teplo z AZ nie je možné odvádzať dokonca ani v režime primárneho Feed&Bleed. V dôsledku straty TVD nie sú prevádzkyschopné systémy vysokotlakového dopĺňovania P.O. a na udržiavanie minimálnej zásoby chladiva v P.O. potrebnej na odvod tepla z P.O. na S.O. sú k dispozícii iba NT čerpadlá bóru.

Odvod tepla z AZ cez S.O. je možné udržiavať normálnym systémom odvodu tepla z PG cez PSK v HK do CV a následne do atmosféry. Na dopĺňovanie PG sa budú využívať normálne napájacie čerpadlá, alebo SHNČ, pretože havarijné napájacie čerpadlá v dôsledku straty TVD nebudú prevádzkyschopné. Konzervatívne sa neuvažuje s dopĺňaním TVD (bazény CV obsahujú zásobu na dopĺňanie TVD na minimálne 12 – 33 dní). Pre odvod tepla z aktívnej zóny sa využívajú PSK alebo PSA / PV PG a parogenerátory sa budú plniť SHNČ. (Hodnotenie neberie do úvahy časový interval 72 hodín od iniciačnej udalosti, počas ktorých by systém TVD mohol byť v prevádzke). Blok nie je možné dochladiť do studeného stavu a udržať ho v tomto stave, ale je možné ho udržiavať v polo horúcom stave, pri ktorom sa v PG bude tvoriť para v rozsahu teplôt od nominálnej až po 100 °C.



OBR. 18: Priebeh teploty na výstupe AZ počas straty UHS

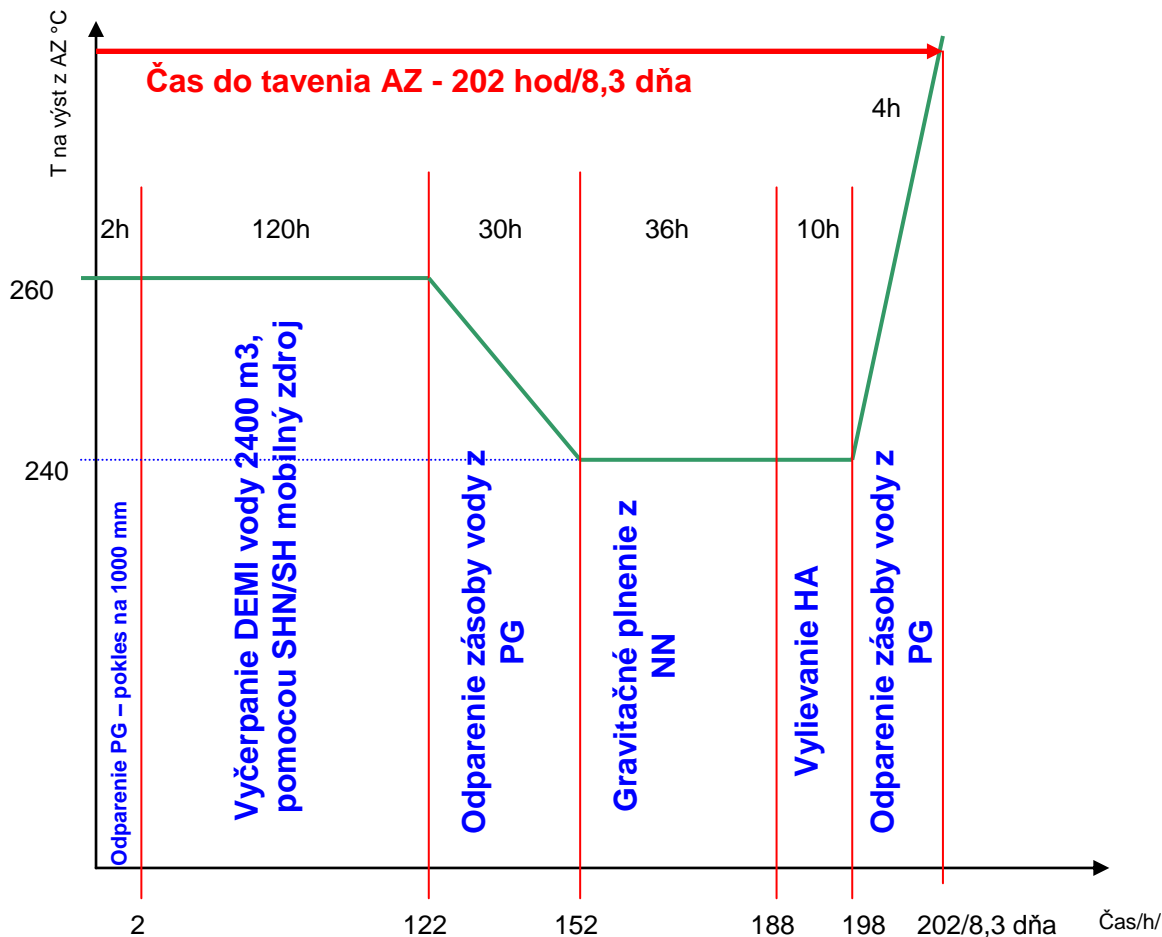
Pozn.: Schéma je konzervatívna, pretože do úvahy sa nebrala možnosť objemu prídavnej priemyselnej vody z bazénov cirkulačnej vody. Táto by však mohla predĺžiť dostupnosť systému TVD o ďalších 10 – 30 dní.

Elektrárň má zásobu chladiva pre prevádzku SHN čerpadiel na viac ako 10 dní pre oba bloky, ak sa predpokladá zásoba 2 400 m³ v troch nádržiach demineralizovanej vody na blok. Po tejto dobe je na zabezpečenie odvodu tepla z AZ potrebné zabezpečiť doplňovanie týchto nádrží z externého zdroja v množstve približne 7 m³/h pre oba bloky. Projekt neuvažuje so súčasnou nedostupnosťou SHNČ na oboch blokoch a jeden mobilný zdroj nie je počas prvých 24 hodín dostatočný pre dva bloky.

Ak po strate TVD zlyhajú alebo sa vyčerpajú vyššie uvedené metódy udržiavania polo horúceho stavu P.O., t.j., príde k vyčerpaniu zásob chladiva pre doplňovanie PG (po 10 dňoch od odstavenia reaktora) a nie je možné zabezpečiť NV z externých zdrojov, hladina v PG začne klesať. V tomto čase je nominálna zásoba chladiva v 6 PG po strate systému SHN dostatočná na odvod tepla z P.O. na 35 hodín. Po vysušení PG je možné na odvod tepla využiť gravitačné plnenie PG. Gravitačné plnenie PG má obmedzenú kapacitu a môže vyústiť až do neprojektového namáhania trubiek PG. Po vyčerpaní oboch NN je možné pokračovať v dodávke nízkotlakovej NV do PG na výtlak čerpadiel SHN pomocou mobilných hasičských čerpadiel.

Ak po vyčerpaní oboch NN (po cca 40 hodinách od zahájenia gravitačného plnenia) by sa nezačalo s doplňovaním PG pomocou mobilných hasičských čerpadiel, P.O. sa začne nahrievať zostatkovým výkonom reaktora a tlak v P.O. začne rásť. Po dosiahnutí otváracieho tlaku OV KO, prípadne PV KO, dochádza k ďalšej strate chladiva P.O. a k zhoršovaniu chladenia aktívnej zóny. Zostatkový výkon reaktora sa v tejto fáze odvádza vyparovaním chladiva PO do kontajneru. Dlhodobá strata odvodu tepla z P.O. postupne prerastie do straty chladenia AZ. Pokiaľ včas nie je obnovený odvod tepla z AZ, iniciačná udalosť v tomto scenári vedie k poškodeniu paliva.

Časové rezervy odhadované pre vyššie popísané procesy sú uvedené na obr. 19.



OBR. 19: Priebeh teploty na výstupe AZ počas straty UHS a normálnej NV

Na oddialenie poškodenia pokrytia paliva je možné ďalej využiť chladivo, ktoré je v HA. Objem chladiva v HA je v optimálnom prípade schopné zabezpečiť chladenie AZ po dobu viac ako 10 hodín. Podmienky pre optimálne využitie chladiva z HA sa musia vytvoriť ešte počas vyparovania PG (vychladenie P.O. na teplotu zodpovedajúcu tlaku v HA). Ak by po vyčerpaní HA bola TNR zaplnená, objem chladiva v TNR zabezpečí chladenie AZ na dobu približne ďalších 4 hodín.

Časová rezerva do poškodenia paliva pri strate UHS v dôsledku straty TVD je 8,3 dňa.

Po výpadku TVD je v závislosti od scenára možné udržiavať odvod tepla z AZ v závislosti na dostupnosti systémov odvodu tepla. V optimálnom prípade je po výpadku TVD možné dlhodobo udržiavať odvod tepla z AZ pomocou SHN a doplnovania nádrží demineralizovanej vody. Pre tento prípad je operátor BD schopný len s vlastnými zdrojmi vody udržať odvod tepla na viac ako 14,2 dní.

Časová rezerva do poškodenia paliva pri strate UHS závisí na scenáre udalosti:

- s dodávkou NV PG – bez reálneho časového obmedzenia
- bez dodávky NV PG z hasičských čerpadiel -14,2 dňa

Integrita HZ

V dôsledku dlhodobej straty prívodu surovej vody do JE po 72 sa budú musieť odstaviť všetky čerpadlá TVD a odvod tepla z kontajnementu nebude k dispozícii. Na chladenie kontajnementu nie je k dispozícii alternatívny systém, a preto teplota v kontajmente začne rásť. Od vzduchu kontajnementu sa s časovým oneskorením začnú nahrievať aj betónové konštrukcie kontajnementu. Po dvoch dňoch v strede steny kontajnementu sa očakáva teplota 60°C. Pri tejto teplote nie je ohrozená integrita kontajnementu. Podľa Európskej normy Eurocode 2-1-1 pevnosť betónu pri 127°C klesne max o 6%.

Ak by počas SBO prišlo k strate chladenia AZ (vyčerpajú sa zdroje doplnovania NV do PG), príde k otvoreniu OV KO do kontajnementu, kam sa okrem tepelných strát PO odvádza aj celý zostatkový výkon AZ, trend náhrevu kontajnementu sa zvýši približne 3-krát, pričom bude rásť aj tlak v kontajmente. Integrita kontajnementu by mohla byť ohrozená po poškodení paliva a následnom horení vodíka. Ďalšie informácie sú v kapitole 6.

Režimy 4,5

Riadenie reaktivity AZ

V režimoch 4 a 5 je v P.O. vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ a BVP pri strate UHS v režime 1, 2, 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4 a 5.

Odvod tepla z P.O.

V režimoch 4 a 5 bol odvod tepla z P.O. pred iniciačnou udalosťou odvod tepla vo vodovodnom režime alebo v štádiu prechodu na vodovodný režim. V prípade UHS v režimoch 4 a 5 nie je možné pokračovať v odvode tepla z P.O. vo vodovodnom režime, ktorý nie je možný bez TVD, a preto je potrebné prejsť na parovodný režim, čo si vyžaduje zdrenážovanie systému dochladzovania S.O. a nahriatie P.O. na teplotu, pri ktorej sa v PG začne tvoriť také množstvo pary, ktoré bude dostatočné na odvod aktuálneho zostatkového tepla z AZ.

Zásoba chladiva v PG v režimoch 4 a 5 je vyššia ako v režime 3. V režimoch 4 a 5 bude zostatkový výkon AZ nižší vzhľadom na dlhšiu dobu (viac ako 24 hodín) od odstavenia reaktora. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia odvodu tepla z P.O. pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4 a 5.

Integrita HZ

V režimoch 4 a 5 je teplota chladiva v P.O. a štruktúrach P.O. nižšia ako v režime 3 a tiež zostatkový výkon AZ bude nižší vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia integrity kontajnementu pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4 a 5. Z týchto dôvodov je možné považovať integritu kontajnementu v režime 4 a 5 dlhodobo za uspokojujúcu.

Režim 6

Riadenie reaktivity AZ

V režime 6 je v P.O. vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ a BVP pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režime 6.

Odvod tepla z P.O.

V režime 6 je P.O. odtlakovaný a je možné ho otvoriť (je zrušená tlaková hranica P.O.).Odvod tepla z P.O. pred udalosťou bol vo vodovodnom režime.Po strate všetkých systémov TVD odvod tepla z P.O. nemôže pokračovať vo vodovodnom režime.Pre odvod tepla z P.O. sú k dispozícii nasledovné varianty:

- Odvod tepla z P.O. v režime varu.
Chladivo sa dodáva do P.O. z nádrží havarijného systému chladenia.Zásoba chladiva v nádržiach je 660 – 700 m³, ktorá je dostatočná na chladenie AZ po dobu 50 – 70 hodín.V reálnom prípade je možné na chladenie aktívnej zóny využiť aj chladivo z žľabov kontajnementu.Predpokladáme, že v najhoršom prípade by malo byť dostupných chladivo z 9 žľabov, ktoré by postačilo na chladenie AZ po dobu ďalších 90 hodín.
Časová rezerva do poškodenia paliva:140 hodín pre EBO3,4; podobný odhad pre EMO1,2 udáva 160 hodín
- Odvod tepla z AZ čiastočne varom chladiva v TNR a čiastočne parou z PG.
Chladivo do P.O. sa dodáva zo zásob primárneho okruhu (havarijné nádrže) a PG sa plnia hasičskými čerpadlami.
Časová rezerva do poškodenia paliva:Závisí od počiatočného objemu chladiva pri nastaní udalosti.Ak hladina vody v TNR bola vysoká a bola k dispozícii aj voda zo žľabov kontajnementu, doba do odhalenia AZ by prekročila 13 dní.V najhoršom prípade, ak by hladina v TNR bola na najnižšej prevádzkovej hodnote (0,5m pod HDR) a personál by nevykonal žiadne činnosti na doplnenie P.O., je k dispozícii do odhalenia AZ približne 3,5h.

Integrita HZ

V režime 6 je zrušená tlaková hranica kontajnementu.Pri strate UHS nie je potrebné hranicu kontajnementu obnoviť, pretože para z P.O. bude unikať cez otvorené deliace roviny na reaktorovú sálu.Integrita kontajnementu nebude ohrozená, ale súčasne nie je ani možné úplne zabrániť únikom aktivity do okolia elektrárne.

Bazén vyhoreného paliva

Konečným recipientom tepla je okolitá atmosféra (vzduch).Zostatkové teplo z vyhoreného paliva sa odoberá v chladiacich systémoch výmenníkov tepla BVP do systému TVD a odtiaľ do atmosféry cez chladiace veže TVD.K strate odvodu tepla z BVP príde iba v prípade zlyhania všetkých troch systémov TVD.Pre odvod tepla z BVP nie je okrem chladiacich systémov BVP k dispozícii žiadny záložný systém.

Z hľadiska dopadov na chladenie BVP je obálkovým prípadom narušenia UHS úplná a okamžitá strata čerpadiel TVD (analyzovaná v rámci SBO).Vzhľadom na nízku pravdepodobnosť výpadku všetkých systémov TVD bol analyzovaný scenár vedúci k strate UHS v dôsledku straty dodávky prídavnej surovej vody.Hodnotenie bezpečnostných funkcií pre BPV bolo vykonané pre najkonzervatívnejšiu variantu tohto scenára, ktorá po 72h vedie k podmienkam vyžadujúcim odstavenie všetkých troch systémov TVD.

Po vypnutí všetkých systémov TVD dochádza k strate chladiacich systémov BVP, čo má dopad na funkciu odvodu tepla z BVP.Kvôli nárastu teploty v BVP sa znižuje aj podkritičnosť palivových kaziet v BVP, avšak podkritičnosť zostane zachovaná.

Riadenie reaktivity v BVP

V BVP je podkritičnosť zabezpečená koncentráciou kyseliny boritej a samotným projektom BVP, ktorý neumožňuje vznik kritických podmienok v BVP ani po znížení koncentrácie H₃BO₃ na nulu.Po výpadku TVD je teda podkritičnosť v BVP zabezpečená.Táto charakteristika sa v EMO1,2 dosiahla veľkosťou kroku mreže v BVP, ktorá je 162mm so šesťhrannými absorpčnými trubkami.Výpočty v EBO3,4 naznačujú, že v prípade nulovej koncentrácie bóru a varu chladiva je možné dosiahnutie kritického stavu.Počas straty UHS je však podkritičnosť

v BVP riadená dodávaním chladiva s obsahom bóru buď z havarijných nádrží alebo z barbotážnych žľabov, a tak je podkritičnosť BVP v projektovom rozsahu zaručená.

Odvod tepla z BVP

Z hľadiska chladenia BVP pri hodnotenom scenári spoľahlivé chladenie BVP zaručené na 72 hodín, pretože k výpadku TVD príde až po tejto dobe. Po vypnutí systému TVD nie je zabezpečený štandardný odvod tepla z BVP cez chladiče systému chladené TVD. V závislosti na zostatkovom výkone paliva v BVP, ktorý sa môže pohybovať od 1,25MW po 5MW a zásobe chladiva v BVP pred udalosťou (14,46 m / 21,27 m), sú k dispozícii časové rezervy podľa tabuľky (bez zásahu operátora). Hodnotenie časových rezerv bolo vykonané zvlášť pre EBO3,4 a pre EMO1,2.

EBO3,4

Po zlyhaní TVD je k dispozícii len časovo ohraničené alternatívne chladenie BVP (dopĺňanie BVP z havarijných nádrží a odvodnenie BVP). V tomto režime chladenia je odvod tepla z BVP pri náhreve jednej nádrže z 30°C na 60°C zabezpečený na 2 – 8 hodín v závislosti od výkonu v BVP (minimálne dve nádrže sú k dispozícii vo všetkých režimoch). Pre chladenie BVP je možné využiť aj chladivo v žľaboch kontajneru. Pri využití všetkých 12 žľabov a ohreve chladiva zo 40°C na 60°C by sa chladenie dalo zabezpečiť na ďalších 5,6 až 22 hodín v závislosti od výkonu v BVP.

Ďalší odvod tepla z BVP po vyčerpaní alternatívneho chladenia (celkovo po 9,6 – 38 hodinách od výpadku TVD) a náhreve chladiva v BVP na teplotu varu je možný len odparovaním chladiva z BVP. Na udržiavanie potrebnej zásoby chladiva v BVP je potrebné zabezpečiť jeho dopĺňovanie z iných zdrojov (hasičské čerpadlá). Para vznikajúca v BVP sa musí odvieť do atmosféry.

Časové rezervy do poškodenia paliva v BVP závisia od množstva vyhoreného paliva v BVP a počiatocnej zásoby chladiva. Odhady neberúce do úvahy činnosti personálu (bez alternatívneho chladenia) sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Alternatívnym chladením BVP je možné tieto časy predĺžiť celkovo o 9,6 – 38 hodín od výpadku TVD v závislosti od výkonu. Časové rezervy v tabuľke sú od času straty prítoku TVD. Pre scenár s úplnou a okamžitou stratou prívodu prídavnej vody je potrebné pripočítať 72 hodín.

Pozn.: Odhady sú konzervatívne, pretože do úvahy sa nebrala možnosť objemu prídavnej priemyselnej vody z bazénov cirkulačnej vody. Tým je možné predĺžiť dostupnosť TVD a schopnosť odvodu tepla z BVP na ďalších 10 – 30 dní.

Všetko palivo vyvezené do BVP, hladina v BVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1 200°C	Zhrnutie
4,87MW	21,27m	2h 48min	+20h 45min	+6h 52min	= 30h 25min

V BVP je iba vyhorené palivo z minulých kampaní, hladina v BVP 14,46 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1 200°C	Zhrnutie
1,25MW	14,46 m	5h 14 min.	+ 37h 33min	+ 19h 15min	= 62hs 2min

V BVP je iba vyhorené palivo z minulých kampaní, hladina v BVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BVP	Vyparenie	Úplné vyparenie chladiva pod	Zhrnutie

			chladiva nad palivom	palivom a teplota 1 200°C	
1,25MW	21,27m	10h 55min	+ 127h 55min	+ 19h 15min	= 158h 5min

EMO1,2

V závislosti od zostatkového výkonu paliva v BVP, ktorý sa pohybuje v rozmedzí od 1,25MW po 5MW a tepelných strát pracujúcich čerpadiel je sumárny výkon 1,3 až 5 MW. Napriek ďalšej tepelnej záťaži spôsobenej čerpadlom sa čas do varu v BVP predĺži o 3 - 10 hodín (v závislosti od objemu chladiva a počtu kaziet) vďaka súvisiacim systémovým potrubiam a možnosti využitia stratifikovaného spodného objemu chladiva BVP (20m³). Po dosiahnutí varu sa predpokladá odstavenie čerpadiel, a tak časy pre fázu odparu do odhalenia paliva v BVP sú rovnaké ako pre SBO - od 23 h po 42 h (bez zásahu operátora).

Po strate TVD je k dispozícii iba alternatívne chladenie BVP pomocou jeho plnenia a drenáže:

- doplňovanie z NT- nádrží pomocou čerpadiel BVP, pomocných čerpadiel, zo všetkých žľabov barbotážneho systému pomocou dostupného čerpadla alebo gravitačne na úroveň hladiny +21 m v BVP, čo predĺži čas do varu o 5 hodín pre konfiguráciu bez vyvezenia paliva (+14,7m);
- Drenáž BVP cez prepád na + 21,17m do nádrží HSCHZ alebo nádrží bóru a zaistenie spätného prietoku čerpadlami alebo gravitačne; Využitie náhrevu zásob chladiva predĺži čas do varu v BVP a je použiteľný v rozsahu od 40°C (60°C pre NT HSCHZ) do 90°C. chladenie BVP predĺži čas do varu o 3 – 6 hodín v závislosti od výkonu v BVP a s využitím 300 m³ (3 žľaby sprchového systému kontajneru alebo 2 NT nádrže).

Čas do varu BVP:

	IU – náhrev po bod varu		Zvýšenie hladiny na +21m		Odvodnenie BVP a náhrev NT HSCHZ alebo barbotéru 300 m ³		Celkom	
Hladina	+14,7 m	+21,17 m	+14,7 m	+21,22 m	+14,7 m	+21,22 m	+14,7 m	+21,22 m
Čas náhrevu	11 h	3 h	5 h	0 h	6h	3h	22 h	6 h

Odparovanie chladiva z BVP

Ďalší odvod tepla z BVP po vyčerpaní alternatívneho chladenia (6 až 22h po UHS) a náhreve BVP na teplotu varu je možné zabezpečiť odvod zostatkového výkonu iba na úkor vyparovania chladiva z BVP. Na udržanie potrebnej zásoby chladiva v BVP je potrebné zabezpečiť jeho doplňovanie z iných zdrojov (NT nádrže, barbotážne žľaby, hasičské čerpadlá). Potreba doplňovania BVP / blok pri odvode tepla z BVP varom chladiva kolíše od 2 m³/h (výkon 1,25 MW) do 8 m³/h (výkon 5 MW). Vznikajúca para v BSVP sa odvádza cez reaktorovú sálu do atmosféry.

Výsledné časy bez zásahu personálu

Udalosť UHS	PK v oboch roštoch +21,17 m/ 4,8 MW Čas (h)	PK iba v základnom rošte +14,46 m/1,26 MW Čas (h)
ZAČIATOK UDALOSTI	0	0
Dosiahnutie medze sýtosti – var v BVP	3	11
Odhalenie skladovaných PK	23	42,5

Udalosť UHS	PK v oboch roštoch +21,17 m/ 4,8 MW Čas (h)	PK iba v základnom rošte +14,46 m/1,26 MW Čas (h)
Poškodenie PK 1 200 °C	31	63

Výsledné časy so zásahom personálu; tabuľka udáva, o koľko sa čas predĺži

Udalosť UHS	PK v oboch roštoch +21,17 m/ 4,8 MW Čas (h)	PK iba v základnom rošte +14,46 m/1,26 MW Čas (h)
Zvýšenie hladiny v BVP	0	5
Odvodnenie BVP a náhrev NT HSCHZ 300 m ³	3	6
Vyparenie 50 % zásob barbotážnych žľabov / NT HSCHZ (600 / 300)	112	450
Plnenie požiarnym vozidlom	neobmedzene	neobmedzene

6.2.3.1 Externé činnosti smerujúce k prevencii poškodenia paliva

Externé činnosti sa musia sústrediť na zabezpečenie doplňovania TVD, doplňovanie demineralizovanej vody a logistiku zásobovania. Pre kompenzáciu strát chladiwa v okruhoch TVD je možné použiť viaceré náhradné spôsoby z vnútorných alebo z externých zdrojov. Základná časová rezerva pre zahájenie doplňovania TVD vyplývajúca zo zásoby v samotných bazénoch TVD je 72 hodín. Ďalšie vnútorné zdroje vody v JE (bazény chladiacich veží CV a prírodné kanály) obsahujú vodu v závislosti od scenáru udalosti (pozri kap.5.1.3). Túto vodu je možné čerpať do bazénov TVD čerpadlami TVN alebo mobilnými čerpadlami. Systém TVN je normálnym prevádzkovým systémom, ktorý je nezodolnený proti nadprojektovým externým udalostiam bez seizmickej klasifikácie. Doplňovanie pomocou čerpadiel TVN je možné zahájiť do 1 hodiny; prietok doplňovania je vyšší ako je potrebný na udržiavanie hladiny. Doplňovanie TVD z bazénov CV mobilnými čerpadlami bolo odskúšané počas záťažových testov pomocou ponorného čerpadla napájaného z elektrocentrály a plávajúcim čerpadlom s vlastným benzínovým motorom. Inštalovanie čerpadiel a spustenie doplňovania od nahlásenia požiadavky trvalo 30 minút.

V EBO3,4 je možné doplňovať TVD aj z JE V1 pomocou normálnych prevádzkových systémov bez seizmickej klasifikácie. Zahájenie doplňovania bazénov TVD z JE V1 je možné do 3h; prietok doplňovania bazénov je vyšší ako je potrebný na udržiavanie hladiny v bazénoch TVD. Vodu do systému TVD je v krajnom prípade možné zabezpečiť mobilnými prostriedkami (auto cisternami, resp. helikoptérmi) z vodných nádrží v okolí JE. Doplňovanie vody z externých zdrojov mobilnými prostriedkami bolo odskúšané pri havarijných cvičeniach v r. 2011. Doplňovanie bazénov TVD týmito prostriedkami je možné zahájiť do 4h.

6.2.3.2 Čas k dispozícii pre obnovenie jedného z konečných recipientov tepla alebo k iniciácii činností smerujúcich k obnoveniu chladenia aktívnej zóny a bazénu vyhoreného paliva pred poškodením paliva: zváženie rozličných príkladov časového oneskorenia od odstavenia reaktora a straty normálnych podmienok chladenia AZ a BVP (napr. začiatok straty vody z primárneho okruhu)

Časy pre jednotlivé stavy sú uvedené v nasledujúcej tabuľke; popis vrátane analýzy je uvedený v kapitole 5.2.3 (uvádzané údaje sú pre EMO1,2):

Čas k dispozícii pre obnovenie jedného z konečných recipientov tepla:

	Iniciačná udalosť	Strata TVD - čas	Čas medzi stratou TVD a tavením AZ	Celkový čas
1.	Strata prídavnej surovej vody bez interného a externého zásahu	72 hodín/3 dni	341 hodín/14,2 dňa	413 hodín/17,2 dňa
2.	Strata prídavnej surovej vody s interným zásahom - dostupnou CV	12 - 33 dní	341 hodín/14,2 dňa	26,2 až 47,2 dní
3.	Strata prídavnej surovej vody s interným a externým zásahom	neobmedzene	-	neobmedzene
4.	Strata TVD	x	341 hodín/14,2 dňa	341 hodín/14,2 dňa
5.	Strata TVD + nedostupnosť demineralizovanej vody	x	5,5 h PG+16 h NN + 3 h HA +3 h AZ=	27 hodín
6.	Strata TVD + nedostupnosť demineralizovanej vody a NN (veľmi malá pravdepodobnosť- kombinácia troch zlyhaní)	x	5,5 h PG +2,7 h HA + 2,9 h AZ	11,1 hodín

6.2.4 Závery o vhodnosti ochrany proti strate konečného recipientu tepla

Odolnosť BVP pre podmienky straty UHS (strata prídavnej surovej vody) je primeraná.

1. Menovitý objem vody TVD zaisťuje minimálne 72 hodín dostupnosti TVD po strate prídavnej surovej vody.
2. Dodatočné zásoby vody v bazénoch CV v areáli poskytujú ďalších 10 – 30 dní dostupnosti systému TVD.
3. Po strate všetkých trás TVD uvádza úvodný projekt minimálnu rezervu 200 hodín do poškodenia paliva v reaktora (pre režime 6 je to približne 140 hodín).
4. Po strate všetkých trás TVD uvádza úvodný projekt minimálnu rezervu 30 hodín do poškodenia paliva v BVP (konzervatívny odhad bez zásahu operátora).

6.2.5 Opatrenia, ktoré je možné prijať pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty konečného recipientu tepla

Hodnotenie bezpečnostných rezerv projektu V213 pri strate UHS preukázalo schopnosť projektu elektrárne zabezpečiť ochranu bariér pri danom type udalosti počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov riadenia havárií na obnovenie UHS. Napriek odolnosti projektu elektrárne je možné zvýšiť jej bezpečnosť realizovaním nasledujúcich modifikácií:

- zabezpečiť dodatočný mobilný VT- zdroj napájacej vody PG pre každý blok a zabezpečiť logistiku zásobovania mobilného zdroja
- Zabezpečiť mobilné čerpadlá pre dopĺňanie TVD z CV
- Vykonať analýzy správania sa upchávok HCC pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24 hodín)
- Vytvoriť systém logistiky pre zabezpečenie SHNV na sanie mobilných SH čerpadiel z externých zdrojov vody
- Modifikovať pripojenie SH mobilného zdroja na sanie a výtlak systému SHN tak, aby bol dostupný z kóty 0, za protimrazovou zábranou (v EMO), aby sa zaistilo SH mobilné napájanie v prípadoch vnútorných a vonkajších požiarov a záplav
- Realizovať stabilnú trasu na udržiavanie zásoby chladiva v BVP z mobilného zdroja (hasičské čerpadlá)

- Pripraviť opatrenia na odvod pary z BVP v prípade varu chladiva

6.3 Strata základného UHS skombinovaná s udalosťou SBO (pozri špecifikácie záťažových testov)

6.3.1 Doba nezávislosti lokality pred stratou podmienok normálneho chladenia AZ a BVP (napríklad začiatok straty vody z primárneho okruhu)

Nakoľko v projekte V213 sú čerpadlá TVD napájané zo zaisteného napájania II. kategórie, ktoré je po SBO nedostupné, udalosť SBO vedie vždy k strate UHS s určitým časovým oneskorením. To znamená, že dôsledky tejto kombinácie udalostí sú rovnaké ako pre samotnú udalosť SBO. Pozri kapitoly body 5.1 a 5.2.

6.3.2 Externé činnosti smerujúce k prevencii poškodenia paliva

Nakoľko v projekte V213 sú čerpadlá TVD napájané zo zaisteného napájania II. kategórie, ktoré je po SBO nedostupné, udalosť SBO vedie vždy k strate UHS s určitým časovým oneskorením. To znamená, že dôsledky tejto kombinácie udalostí sú rovnaké ako pre samotnú udalosť SBO. Pozri kapitoly body 5.1 a 5.2.

6.3.3 Opatrenia, ktoré je možné prijať na zvýšenie odolnosti elektrární v prípade straty primárneho UHS kombinovaného s SBO

Opatrenia navrhované v kapitolách 5.1.5 a 5.2.5 sa zaoberajú aj kombináciou UHS a SBO.

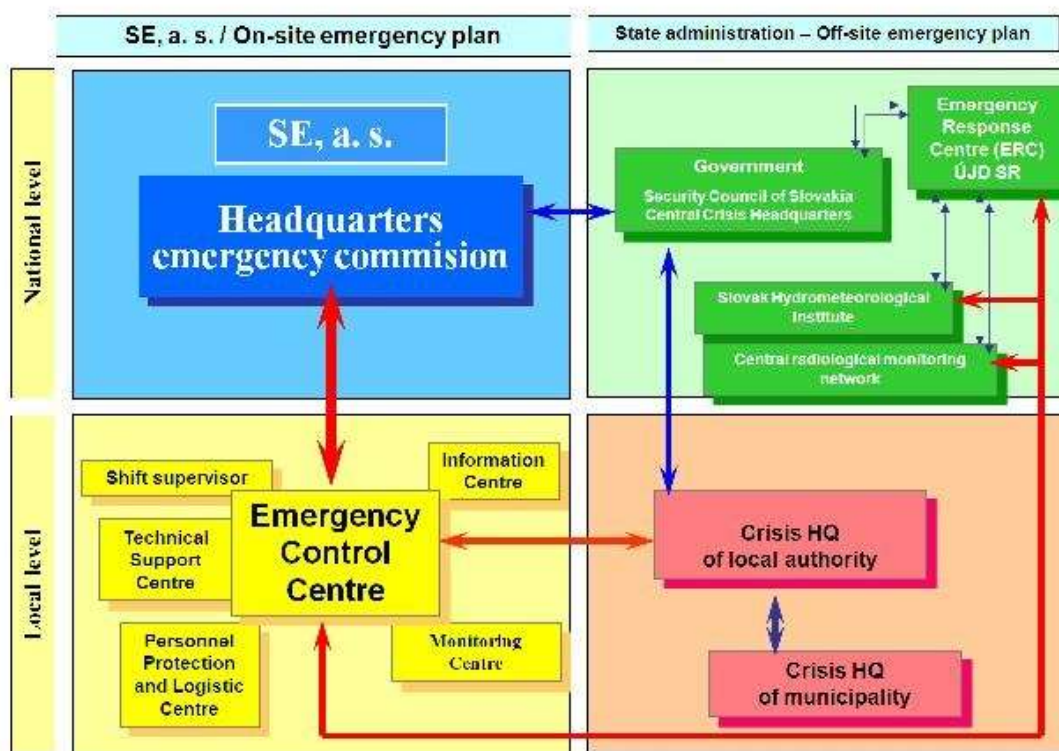
7 Riadenie ťažkých havárií

Riadenie ťažkých havárií je podobné pre všetky štyri bloky tak z pohľadu príslušných technických prostriedkov, ako aj organizačných opatrení s niekoľkými výnimkami, ktoré sa vzťahujú na odlišné vlastnosti príslušnej lokality. Pre MO34, ktoré sú v súčasnosti vo výstavbe sa tiež plánuje zaviesť podobné opatrenia. Nasledujúci text preto platí pre všetky bloky, pričom na príslušných miestach sú uvedené poznámky týkajúce sa jednotlivých rozdielov.

7.1 Organizácia a opatrenia držiteľa licencie na riadenie havárií

Havarijné plánovanie a pripravenosť (HPP) patria medzi základné zodpovednosti jadrových elektrární. Proces HPP komplexne zabezpečujú a riadia odborné útvary závodu na základe procesnej dokumentácie v rámci integrovaného systému manažérstva ISM. ISM jasne definuje požiadavky a zodpovednosti za jednotlivé časti havarijného plánovania a pripravenosti.

Systém HPP je implementovaný v súlade s medzinárodnými požiadavkami a metodikami MAAE. Systém je v súlade so všetkými požiadavkami slovenskej legislatívy, špecificky so zákonom č. 541/2004 o mierovom využívaní atómovej energie (Atómový zákon) a o zmenách a doplnení niektorých zákonov a vyhlášky č. 55/2006 o podrobnostiach v havarijnom plánovaní pre prípad nehody alebo havárie. Cieľom HPP je zabezpečiť technickú, personálnu a dokumentačnú pripravenosť personálu elektrárne a zainteresovaných externých organizácií na účinné riadenie výnimočných udalostí. Tento strategický cieľ je v súlade s politikami SE, a.s. transformovaný na úrovni jednotlivých závodov do špecifických dlhodobých a krátkodobých cieľov a úloh. HPP jadrových blokov je integrovaná do národnej organizácie havarijnej odozvy Slovenskej republiky (pozri obr. 20), pričom zodpovednosť za havarijnú pripravenosť na národnej úrovni nesie vláda SR.



OBR. 20: Národná organizácia havarijnej odozvy SR

Navrhovaná stratégia havarijnej pripravenosti vychádza z vývoja akejkoľvek udalosti s možným vonkajším dopadom a obsahuje systém činností závisiacich na jej významnosti. Havarijná odozva je organizovaná v dvoch základných fázach. V prvej fáze udalosti sú prijímané opatrenia na riešenie havárie z blokového dozoru (BD) postihnutého bloku so zásahmi štandardného zmenového personálu. V druhej fáze havarijnej odozvy preberá riadenie havárie Havarijná komisia (HK), ktorá sa schádza v Havarijnom riadiacom stredisku na lokalite do 60 minút mimo pracovnej doby a do 20 - 30 minút v pracovnej dobe po vydaní aktivačného signálu. Za špecifických podmienok sa HK schádza v Záložnom Havarijnom stredisku v Trnave a Leviciach.

HPP každej z JE odráža príslušné črty danej lokality, vrátane rozloženia obyvateľstva okolo nej. Lokalita Bohunice sa nachádza v blízkosti obce Jaslovské Bohunice, približne 12 km od mesta Trnava a približne 14 km od mesta Piešťany. V zóne pokrytej Havarijným plánovaním, ktorá má polomer 21 km, žije približne 285 000 obyvateľov. Podobne, lokalita Mochovce sa nachádza v blízkosti obce Mochovce (obyvatelia obce boli vysťahovaní pred začiatkom výstavby), približne 12 km od mesta Levice, približne 14 km od mesta Zlaté Moravce a 11 km od mesta Vráble. V zóne pokrytej Havarijným plánovaním, ktorá má polomer 20 km, žije približne 159 000 obyvateľov.

V zónach Havarijného plánovania EBO a EMO s polomerom 21 km, resp. 20 km sú vypracované vonkajšie havarijné plány. Rádiologické kritériá (úrovne zásahu) pre zavedenie núdzových ochranných aktivít sú definované v Uznesení vlády SR č. 345/2006 Zb. Vonkajšie havarijné plány sú v súlade s Vnútorými havarijnými plánmi JE.

Zóna Havarijného plánovania je rozdelená do 16 sektorov. Pre potreby havarijnej odozvy v prípade špecifickej havárie je okolie elektrárne rozdelené do nasledovných zón:

- Zóna vylúčenia
- Zóna s preventívnymi opatreniami
- Zóna s plánovaním urgentných ochranných opatrení

V týchto zónach sú prijímané príslušné opatrenia v súlade s predpismi a dokumentáciou OHO na základe predpovede vývoja havárie. Havarijné zóny vrátane evakuačných trás sú pre obe lokality znázornené na obr. 21 a 22.



OBR. 21: Mapa lokality EBO3,4 s vyznačenými pásmami a evakuačnými trasami



OBR. 22: Mapa lokality Mochovce s vyznačenými pásmami a evakuačnými trasami

7.1.1 Organizácia držiteľa licencie na riadenie havárií

7.1.1.1 Obsadenie zmien a riadenie zmien počas normálnej prevádzky

Organizácia zmenovej prevádzky

Prevádzku oboch blokov elektrární zabezpečujú zamestnanci elektrárne v zmenovej prevádzke. Minimálny počet zmenového personálu a jeho odborné zloženie podlieha schváleniu ÚJD SR. Zmenový inžinier (ZI) má plnú právomoc a zodpovednosť za bezpečnú prevádzku. ZI priamo operatívne riadi vedúcich reaktorových blokov (VRB), zmenových majstrov P.O., S.O., elektro, technických pracovníkov vodného hospodárstva, SKR, radiačnej bezpečnosti a technika chémie.

Bloková dozorná (BD) je najdôležitejším pracoviskom v JE. V blokovej dozorni sa nachádza dočasné pracovisko ZI pre výkon jeho činností počas výnimočných prevádzkových udalostí.

Havarijné riadiace stredisko (HRS) je záložným pracoviskom pre prípad neobývateľnosti BD alebo pre prípad, že reaktor a havarijné systémy nie je možné ovládať z BD.

Do organizácie zmeny patria aj ďalšie útvary:

- Personál fyzickej ochrany - zabezpečuje fyzickú ochranu a prevádzku riadiaceho centra fyzickej ochrany (RC FO), priechodnosť únikových ciest z ohrozených objektov a priestorov, monitorovanie počtu osôb v lokalite.
- Závodný hasičský útvar (ZHÚ) zabezpečuje pohotovosť požiarnej techniky, prevádzku ohlasovne požiarov a vyhlasuje požiarne poplach. ZHÚ na zmene disponuje personálom v týchto funkciách: veliteľ zmeny ZHÚ (1), veliteľ družstva (2), hasič záchranár (13 v EBO3,4 a 9 v EMO1,2) a hasič - operátor ohlasovne požiarov (1).

7.1.1.2 Opatrenia umožňujúce optimálne zásahy personálu

Sú vypracované pokyny a predpisy pre personál na riadenie havarijných – núdzových situácií.

Základné zásady a predpisy OHO sú popísané v vnútornom havarijnom pláne (VHP), havarijných prevádzkových predpisoch (HPP), havarijných pokynoch pre implementáciu VHP, smerniciach pre riadenie ťažkých havárií (SAMG) a príslušnej technickej dokumentácii závodu. Tieto predpisy definujú zodpovednosti a kompetencie personálu elektrárne a členov OHO. HPP a SAMG sú podrobnejšie popísané v časti 6.1.1.5.

Netechnické zásahové skupiny - ZHÚ, FO, policajný zbor sú okamžite k dispozícii na lokalite a využívajú sa na záchranárske, lokalizačné a obnovovacie činnosti okamžite po udalosti. Ochrana zásahového personálu počas havarijných stavov z hľadiska ožiarenia a kontaminácie je jednou z najdôležitejších častí havarijnej odozvy. Po vyhlásení udalosti sa podľa závažnosti začnú uplatňovať opatrenia na ochranu zamestnancov a ďalších osôb v lokalite v zmysle dokumentácie OHO.

Krátkodobé zhromaždiská civilnej ochrany (CO)

Zhromaždiská CO nachádzajúce sa v priestoroch elektrárne slúžia na zhromažďovanie personálu elektrárne. Tieto zariadenia zabezpečujú podmienky pre krátkodobý pobyt pri použití prostriedkov individuálnej ochrany. Všetky zhromaždiská CO sú vybavené základnými prostriedkami individuálnej ochrany v množstve podľa kapacity zhromaždiska, umožňujúcimi evakuáciu zo zhromaždisk do evakuačných dopravných prostriedkov. V zhromaždiskách CO sa nachádzajú spojovacie prostriedky, ručné dozimetre na meranie povrchovej kontaminácie a dávkového príkonu, zdravotnícky materiál a pitná voda. Celková kapacita zhromaždisk je približne 500 osôb v EBO3,4 a 800 osôb v EMO1,2.

Stále úkryty CO

Stále úkryty sa využívajú na ukrytie zamestnancov a záchranárskeho personálu. Slúžia aj na distribúciu prostriedkov individuálnej ochrany a špeciálnych zariadení záchranárskeho personálu. Stále úkryty CO spĺňajú podmienky na dlhodobý pobyt záchranárskeho personálu v súlade s Vyhláškou MV SR č. 532/2006 o podrobnostiach na zabezpečenie stavebnotechnických požiadaviek a technických podmienok zariadení CO. Kapacita úkrytov je 600 osôb v EBO3,4 a 1 200 osôb v Mochovciach.

V úkrytoch CO sa nachádza filtračno-ventilačné zariadenie. Ďalej sú vybavené vodným hospodárstvom so samostatnými zásobnými nádržami na úžitkovú/pitnú vodu, systémom núdzového osvetlenia, dekontaminačným uzlom, spojovacími prostriedkami a ručnými dozimetrami na meranie povrchovej kontaminácie a dávkového príkonu. V úkrytoch je pripravený zdravotnícky materiál, voda vo fľašiach a PIO.

Ochrana zásahového personálu v rámci OHO

Strediská OHO

Pre výkon činností OHO je lokalita vybavená priestormi pre havarijnú odozvu vrátane nástrojov na zisťovanie a hodnotenie havarijných udalostí a pre logistiku.

Blokové dozorne

Bloková a núdzová dozorná nachádzajúca sa v budove reaktora na úrovni + 9,6 m sú hlavnými centrami riadenia havarijnej odozvy. Majú dostatočné osvetlenie, vzduchotesnosť a ventiláciu, ktoré zabezpečujú pobyt po dobu požadovanú na riadenie elektrárne počas havárií bez vystavenia personálu vyšším expozičným dávkam ako je prípustné. Núdzové dozorne sú k dispozícii v prípade BD a sú schopné zabezpečiť základné bezpečnostné funkcie. BD a ND sú umiestnené v oddelených požiarnych úsekoch a sú chránené vnútorným pretlakom proti vniknutiu škodlivých látok. BD a ND sú vybavené filtračno-ventilačnými zariadeniami s filtermi určenými na

záchyt rádioaktívnych látok. Blokové dozorne sú vybavené komunikačnými prostriedkami (telefón, fax, rádiostanice, rozhlas), zásobou vody a PIO.

Havarijné riadiace stredisko (HRS)

Každá lokalita je vybavená havarijným riadiacim strediskom vrátane potrebného vybavenia. Strediská sa nachádzajú v odolných a hermetických úkrytoch a spĺňajú kritériá Vyhlášky MV SR č. 532/2006 stanovujúcich podrobnosti pre zaistenie stavebnotechnických požiadaviek a technických podmienok na priestory CO. Sú seizmicky odolné a chránené proti prenikaniu rádioaktívnych látok v prípade ťažkej havárie alebo iných nebezpečných látok.

BD a ani ND neumožňujú dlhodobý pobyt personálu v prípade ťažkej havárie. Z toho dôvodu je v budove HRS EBO3,4 vybudovanej v rámci projektu implementácie SAM vytvorené pracovisko pre operatívny personál oboch blokov BD3, BD4, ktoré poskytuje podmienky pre dlhodobý pobyt. Podobné pracovisko bude vybudované aj v priestoroch STP EMO1,2 v rámci projektu SAM.

HRS je vybavené komunikačnými prostriedkami na komunikáciu s ostatnými pracoviskami zainteresovanými na odozve na havarijnú situáciu. Je vybavené technologickým informačným systémom poskytujúcim prevádzkové údaje z oboch reaktorových blokov, TDS, on-line transfer technologických a radiačných údajov do ÚJD SR, softvér ESTE pre určenie zdrojového člena, klasifikáciu udalosti, prognózu a hodnotenie následkov havárie. Telekomunikačnú technológiu tvoria telefónne linky s prístupom do verejnej telefónnej siete, vyžarovače pre použitie mobilných telefónov, faxy, rozhlas a rádiokomunikačná sieť. Členovia Havarijnej komisie majú k dispozícii prevádzkovú dokumentáciu pre riadenie havarijných stavov, havarijné prevádzkové postupy, havarijné pokyny a príslušnú prevádzkovú dokumentáciu elektrárne.

Súčasťou HRS je pracovisko pre OTP BD a slúžiaceho ZI, použiteľné v prípade vzniku ťažkej havárie. Toto pracovisko bude dobudované v rámci projektu SAM.

HRS poskytuje podmienky pre dlhodobú prácu HK na minimálne 5 dní. HRS je využiteľné aj v prípade extrémnych prírodných podmienok a je prístupné buď po vonkajších cestných komunikáciách (za predpokladu ich prejazdnosti), prípadne náhradnou dopravou mimo komunikácií (obrným transportérom).

Záložné HRS

Slúži ako záložné pracovisko HRS namiesto HRS v prípade nepriaznivých radiačných alebo poveternostných podmienok na lokalite. Je umiestnené v objekte LRKO Trnava a Levice a umožňuje krátkodobý pobyt členov havarijnej komisie. V záložnom HRS sú k dispozícii on-line informácie z Technologického informačného systému oboch blokov a z teledozimetrického systému, softvér ESTE na určovanie zdrojového člena, klasifikáciu udalosti, stanovenie prognózy a hodnotenie následkov havárie.

Ďalej sú k dispozícii spojovacie prostriedky (telefón, fax, rádiostanice) a technická dokumentácia. Budova je zabezpečená autonómnym elektrickým napájaním. Pre monitorovanie radiačnej situácie sa využívajú prenosné dozimetre na meranie dávkového príkonu a povrchovej kontaminácie. Budova vzhľadom na vzdialenosť od lokality nie je chránená proti prieniku rádioaktívnych a nebezpečných látok a nie je seizmicky z odolnená.

Monitorovacie stredisko – vonkajšie vyhodnocovacie stredisko

Strediská sú umiestnené v objekte LRKO Trnava a Levice. Slúžia na monitorovanie, vyhodnocovanie a určenie prognózy radiačnej situácie v príslušnej lokalite a jej okolí. Strediská sú vybavené TDS, softvérom ESTE na určovanie zdrojového člena, stanovenie prognózy a ohodnotenie následkov havárie a aplikáciou GISMON a záložnou aplikáciou RMMS na monitorovanie pohybu monitorovacích vozidiel. V LRKO sú spojovacie

prostriedky (telefón, fax, rádiostanice) a dokumentácia pre riešenie havarijných situácií, pre zásahový personál, pitná voda a PIO. Pre prípad straty napájania je budova vybavená nezávislým zdrojom napájania – dieselgenerátorom izolovaným od vonkajšej siete. Budova LRKO plní len základné funkcie pre krátkodobý pobyt osôb. Budova je bez filtračno-ventilačného zariadenia, t.j. nie je chránená proti prieniku rádioaktívnych a nebezpečných látok, nie je seizmicky odolná a je bez zásoby vody určenej na dekontamináciu pre zásahový personál. Budova nespĺňa požiadavky na dlhodobý pobyt v prípade havárie alebo extrémnych poveternostných podmienok.

Osobné ochranné prostriedky

Osobné ochranné prostriedky (OOP alebo prostriedky individuálnej ochrany PIO) zahŕňajú prostriedky na ochranu dýchacích ciest, očí a tela na zaistenie primeranej ochrany proti radiačným účinkom. Tieto prostriedky sú dostupné pre všetky osoby v lokalite.

Pracoviská nepretržitej prevádzky - prevádzka JZ, RC FO, ZHÚ, stanovišťa OaB SE a jednotky PZ, úkryty a zhromaždiská CO sú vybavené ochrannými maskami s filtrami na zachyt nebezpečných a rádioaktívnych látok, osobnými ochrannými balíčkami jednotlivca, jódovými tabletkami a osobnými dozimetrami. Pre zamestnancov zmenovej prevádzky a členov zásahových jednotiek OHO, ktorí sa svojou činnosťou v kontaminovanom priestore podieľajú na likvidácii havarijnej udalosti sú určené špeciálne prostriedky, t.j. špeciálny ochranný oblek a dýchací prístroj. Akje potrebné, personál zasahujúci v kontrolovanom pásme je vybavený dýchacími prístrojmi. Použitie špeciálnych PIO umožňuje personálu a službukonajúcim osobám pobyt v kontaminovanom prostredí a vykonanie potrebných technologických a záchranárskych prác.

Voda potrebná na funkcie hygienickej slučky

K dispozícii sú zásoby vody potrebné pre prevádzku hygienickej slučky a dekontamináciu. V EBO3,4 sú zásoby vody skladované v nádržiach systému vody s celkovým objemom 30 000 litrov. V EMO1,2 sa voda skladuje v nádržiach s objemom 3 200 litrov. Nádrže sú trvalo naplnené vodou, okamžite pripravené k použitiu. Kvalita vody je pravidelne kontrolovaná.

Pre dekontamináciu je v HRS EBO3,4 nainštalovaná zásobná nádrž úžitkovej vody s objemom 11 000 litrov. Nádrž je trvalo napustená vodou a kvalita vody je pravidelne kontrolovaná. Zásoba vody na dekontamináciu v množstve 2000 l/1 deň je v súlade s legislatívou a je dostatočná a je nezávislá od verejného rozvodu úžitkovej vody v EBO. Ako zásobu úžitkovej vody je možné využiť prostriedky ZHÚ (4 cisterny ZHÚ s celkovým objemom 22 900 litrov), zásoby chladiacej vody, TVD a čírej vody.

V EMO1,2 je ďalšou možnosťou zabezpečenia vody potrebnej na dekontamináciu využitie zásob požiarnej vody cez prostriedky ZHÚ o objeme 36 000 litrov. Na prízemí prevádzkovej budovy sú prípojky pre napojenie požiarnej hadice z výtlačku čerpadla automobilovej cisternovej striekačky. Pri zohľadnení potreby úžitkovej vody na dekontamináciu (2,5 litra – ruky, 40 litrov – sprchovanie) a využiti prečerpania vody z cisterien, je zásoba pre cca 922 osôb / deň.

Ďalšou možnosťou je využitie zásob pitnej vody napustenej do nádob v krytoch.

Pitná voda a potraviny pre zásahový personál

EBO3,4 má okamžite dostupné zásoby vody v úkrytoch a zhromaždiskách CO, v prevádzkových priestoroch, v LRKO a na vrátniciach v objeme cca 645 litrov. Ďalšia zásoba je v závodných bufetoch a jedálňach v objeme cca 900 litrov. V HRS EBO3,4 je pripravená pitná voda vo fľašiach v objeme 90 litrov. Po dokončení uzla pitnej vody v HRS EBO3,4 a pri uvažovaní potreby pitnej vody v súlade s legislatívou, 3 l na osobu na deň, bude zásoba pitnej

vody postačovať na 3 dni. Mrazená strava pre zmenovú prevádzku EBO3,4 je zabezpečovaná v jedálni. Súčasná zásoba mrazenej stravy je cca 500 ks. Ďalšia zásoba stravy v počte cca 50 ks je v objekte HRS EBO3,4, určená najmä pre členov HK EBO3,4 a OTP BD.

EMO1,2 má okamžite dostupné zásoby vody v úkrytoch a zhromaždiskách CO, v prevádzkových priestoroch, v LRKO a na vrátniciach v objeme cca 552 litrov. Ďalšia zásoba je v závodných bufetoch a jedálňach v objeme cca 1 500 litrov. V HRS EMO1,2 je pripravená pitná voda vo fľašiach v objeme 165 litrov. Ďalšou možnosťou zásob pitnej vody sú nádoby v krytoch o objeme 41 950 litrov. Nádoby sú za normálnych okolností prázdne. Po zvolaní členov úkrytového družstva do úkrytu a vyhlásení klasifikovanej udalosti členovia úkrytového družstva otvorí hlavné uzávery a napustia uvedené nádoby. Pri zohľadnení doporučenej potreby pitnej vody v súlade s legislatívou (3 litre osoba / deň), je uvedená zásoba dostačujúca pre zabezpečenie pitného režimu pre 1 000 osôb na približne 14 dní. Ak je k dispozícii len minerálna voda, zásoby zabezpečia pitný režim pre 739 osôb / deň. Mrazená strava pre zmenovú prevádzku EMO1,2 je zabezpečovaná v jedálni. Súčasná zásoba mrazenej stravy je cca 3,000 ks. V prípade potreby je možné využiť i zásoby balenej stravy v bufetoch.

Monitorovanie radiačnej situácie v lokalite a radiačná ochrana pracovníkov

Údaje o radiačnej situácii v prevádzkových priestoroch a na vybraných miestach sa získavajú pomocou systému radiačnej kontroly a detektorov TDS systému. Na území JZ sú inštalované detektory na meranie dávkového príkonu na prevádzkových budovách (5 alebo 6 miest). Meranie v iných miestach sa vykonáva pomocou prenosných prístrojov.

Na zhromaždiskách CO, v krytoch CO, ZHRS, BD, DRK, ZI, RC FO a na vrátnici je dávkový príkon monitorovaný kontinuálne. Pracovníci, prichádzajúci do elektrárne za účelom zásahu alebo vystriedania zmeny, dostanú svoje PIO na hlavnej vrátnici. Takto sú vybavené aj externé jednotky hasičov, zdravotnej služby, polície, vodiči evakuačných vozidiel a iní. ZHÚ disponuje svojim nezávislým dozimetrickým vybavením na monitorovanie dostaných dávok.

V prípade radiačnej udalosti existuje riziko nadmernej dávky pre zamestnancov vykonávajúcich záchranné a lokalizačné práce (záchrannárske tímy). Dávkové limity pre tieto situácie sú určované v súlade so slovenskou legislatívou.

7.1.1.3 Použitie externej technickej podpory pre riadenie havárií

Spôsob a rozsah spolupráce s externými štátnymi orgánmi zainteresovanými na havarijnom plánovaní je určený platnou legislatívou (zainteresované organizácie zahŕňajú ÚJD SR, Ministerstvo vnútra SR, Ministerstvo zdravotníctva SR – Úrad verejného zdravotníctva SR, Oddelenie civilnej ochrany a oblastné riaditeľstvo krajského úradu v zóne havarijného plánovania).

Pre zaistenie odbornej technickej a personálnej pomoci v prípade havárií boli uzatvorené zmluvy o spolupráci s kvalifikovanými externými organizáciami, špecificky s VÚJE, a.s. a AB Merit. V Bohunicach zabezpečuje spoločnosť SE, a.s. špecializované služby pre monitorovanie areálu prostredníctvom havarijných monitorovacích skupín, strážnej služby a dekontaminačných služieb pre prípady havárií.

Dohody o spolupráci boli uzavreté s externými organizáciami v oblasti doplnkového radiačného monitorovania okolia JE, zdravotníckych služieb, požiarnických služieb, atď. Dohoda o vzájomnej spolupráci bola tiež podpísaná s OR HaZZ (Trnava a Levice) pre zdoľávanie požiarov, odstraňovanie následkov havárií, živelných pohrôm a iných mimoriadnych udalostí.

Orgány a organizácie podieľajúce sa na technickej podpore sú vybavené vlastným zariadením a majú pre tento účel vyškolených a vycvičených zamestnancov.

Riaditeľstvo SE, a.s. má uzatvorené zmluvné vzťahy s nemocnicami vybratými Ministerstvom zdravotníctva SR pre ich pripravenosť poskytovať špecializované zdravotnícke služby v prípade mimoriadnych udalostí v JE alebo počas prepravy rádioaktívneho materiálu. SE, a.s. má tiež dohodu s MV SR (Dohoda o vzájomnej spolupráci pri zabezpečovaní informačného systému civilnej ochrany a poskytovaní pomoci organizačnými jednotkami Hasičského a záchranného zboru) pre poskytovanie pomoci zložkami HaZZ závozom SE, a.s. pri vykonávaní činností potrebných na zdoľovanie a odstraňovanie následkov požiarov a jadrovej havárie, pri obnove postihnutého územia, vrátane výpomoci v areáli týchto závodov.

7.1.1.4 Závislosť od funkcií ostatných reaktorov v tej istej lokalite

Obe JE – EBO3,4 aj EMO1,2 sú naprojektované a prevádzkované ako dvojbloky. Na úrovni projektovej a nadprojektovej sú všetky požadované bezpečnostné funkcie zabezpečované špecifickými blokovými zariadeniami bez potreby podporných funkcií zo susedného bloku. Jediné relevantné prepojenie so vzťahom k bezpečnosti je v rámci systému TVD a SHN, kde je časť systémov (časti potrebné pre prídavnú surovú vodu, nádrže a časť potrubí) spoločná pre oba bloky. Vo všeobecnosti sú čiastočne zdieľané alebo spoločné systémy určené výlučne pre normálnu prevádzku (čistenie médií, nádrže odvodňovacích systémov, Pomocné prevádzkové systémy). Existuje možnosť zdieľania zdrojov (médiá, chladiivo) medzi blokmi cez podporné potrubné systémy, ale táto vlastnosť sa považuje len za možnosť pre nadprojektové situácie s veľmi malou pravdepodobnosťou.

Projektové modifikácie pre ťažké havárie sú projektované pre každý jeden blok s výnimkou nádrží SAM externého zdroja vody a superhavarijného napájania (SAM DG), ktoré sú spoločné pre oba bloky. Vhodnosť tohto riešenia bola schválená zásadami projektu SAM, v ktorom sa ťažká havária predpokladala len u jedného bloku. Vhodnosť tohto riešenia sa môže v budúcnosti prehodnotiť.

7.1.1.5 Postupy, školenia a cvičenia

Symptómovo orientované HPP a rozsiahle SAMG konzistentné s príslušnými technickými opatreniami na realizáciu požadovaných činností predstavujú základné komponenty procesnej podpory riadenia havárií a prijímanie rozhodnutí skupinami BD a OHO.

Implementácia Symptómovo orientovaných HPP

Vypracovávanie nástroja pre riadenie projektových a nadprojektových havárií je riadený proces prebiehajúci v etapách od roku 1995. Symptómovo orientované HPP pokrývajúce projektové a nadprojektové havarijné podmienky (až do tavenia aktívnej zóny) boli plne implementované v roku 1999 tak v EBO3,4, ako aj v EMO 1,2 (pre udalosti iniciované počas výkonovej prevádzky) a v roku 2006 (pre udalosti iniciované pri odstavenom reaktore resp. v BVP). Išlo o prvý potrebný krok, ktorý umožňuje vypracovanie programu riadenia ťažkých havárií.

Vývoj a implementácia symptómovo orientovaných SAMG – projekt SAM

Po ukončení HPP sa ďalším cieľom stalo rozšírenie riadenia havárií na zmiernenie ťažkých havárií. Prvým krokom bol komplexný analytický projekt PHARE 4.2.7 Analýza nadprojektových havárií a riadenie havárií, realizovaný v rokoch 1996-1998. Hlavnými cieľmi tohto projektu bola analýza odozvy JE typu VVER440/213, identifikácia mechanizmov zlyhania kontajnementu v podmienkach ťažkej havárie a preverenie aplikovateľnosti základných

stratégií identifikovaných pre západné kontajnmety na kontajnmety V213. Na tento projekt nadväzovali dva ďalšie projekty PHARE 2.06 Analýza potreby a alternatív filtrovaného vetrania kontajnmentov a PHARE 2.07 Riadenie vodíka počas ťažkých havárií, ktoré boli ukončené v roku 1999. Tieto tri projekty, spoločne realizované firmou Westinghouse a výskumnými ústavmi zo SR, ČR a Maďarska sú komplexnou štúdiou zraniteľnosti blokov V213 v podmienkach ťažkej havárie a prípravnou fázou pre implementáciu AM pri ťažkých haváriách iniciovaných internými udalosťami.

Na základe analýz z uvedených projektov bola v roku 2000 vypracovaná pravdepodobnostná štúdia PSA L2 pre EBO3,4, ktorá bola jedným z východiskových podkladov pre vývoj špecifických smerníc pre riadenie ťažkých havárií (SAMG).

SAMG boli vypracované v spolupráci so spoločnosťou Westinghouse v spoločnom projekte EBO3,4 a EMO1,2 počas obdobia od roku 2002 do roku 2004. Na rozdiel od podobných projektov u západných JE bolo rozhodnuté zmierniť alebo eliminovať všetky identifikované mechanizmy zraniteľnosti kontajnmentu vhodnou modifikáciou resp. rozšírením základného projektu V213. Návrhy týchto kľúčových modifikácií boli vypracované v niekoľkých etapách a boli realizované viaceré analytické projekty zamerané na overovanie ich realizovateľnosti a účinnosti vyvinutých stratégií.

Projekt implementácie modifikácií potrebných pre riadenie ťažkých havárií bol navrhnutý v súlade s aktualizovanými požiadavkami slovenskej legislatívy v rokoch 2006 -2008. Tieto modifikácie sa premietli do Integrálneho plánu nápravných opatrení z periodického hodnotenia bezpečnosti EBO3,4 a EMO1,2 (ukončeného v roku 2008 a 2009), schváleného v Rozhodnutí, ktorým ÚJD SR vydal povolenie na prevádzku na obdobie ďalších 10 rokov po Periodickej previerke bezpečnosti. Projekt implementácie SAM bol iniciovaný v roku 2009 ako spoločný projekt EBO3,4 a EMO1,2 s termínom ukončenia v roku 2013 v EBO3,4 a v roku 2015 v EMO1,2.

V počiatočnej etape Projektu implementácie SAM bol vypracovaný bezpečnostný koncept, ktorý definuje celkové bezpečnostné ciele, rozsah projektu, projektové základy pre novo inštalované a modifikované zariadenia. Bezpečnostný koncept bol schválený ÚJD SR.

Modifikácie a zmeny v rámci projektu sa realizujú počas odstávok blokov, pri prísnom dodržiavaní pravidiel riadenia kvality. Inštalácie a činnosti súvisiace s projektom sú zaradené do nasledujúcich skupín:

- Modifikácie súvisiace so schopnosťou riadeného odtlakovania P.O.
- Modifikácie potrebné pre zaplavovanie šachty reaktora a externé chladenie TNR
- Modifikácie súvisiace s riadením koncentrácie vodíka v kontajnmente
- Inštalácia a z odolňovanie SKR potrebného pre riadenie ťažkej havárie
- Modifikácie umožňujúceho prevenciu nadmerného podtlaku v kontajnmente
- Modifikácie umožňujúce dopĺňať chladivo z externého zdroja do reaktora a do bazénu vyhoreného paliva a spoľahlivé, časovo obmedzené sprchovanie kontajnmentu z externého zdroja
- Modifikácie umožňujúce dopĺňať chladivo do šachty reaktora, bazénu vyhoreného paliva a do nádrží externého zdroja pomocou mobilného zdroja cez pripojenie na vonkajšom plášti HVB a BPP
- Inštalácia nezávislého určeného 6 kV DG a príslušného elektrického vybavenia umožňujúceho napájanie spotrebičov SAM a vybraných kritických spotrebičov bloku v podmienkach ťažkej havárie sprevádzanej úplnou stratou napájania vlastnej spotreby

Súčasťou projektu je vypracovanie dokumentácie patriacej do licenčnej základne (komplexné deterministické a pravdepodobnostné odôvodnenie), aktualizácia SAMG podľa skutočného stavu projektu po inštalácii modifikácií a nových zariadení, výcvik personálu BD a špecializovaných tímov OHO a validácia SAMG.

Dlhodobý odvod tepla z kontajmentu po ťažkej havárii je riešený obnovovaním prevádzkyschopnosti projektových zariadení bloku (sprchový systém kontajmentu). Bola vypracovaná štúdia využiteľnosti alternatívnych systémov a štúdia realizovateľnosti obnovovania odvodu tepla z kontajmentu.

Vzhľadom na to, že projekt implementácie SAM je zameraný na posilnenie 4. úrovne ochrany do hĺbky, boli v rámci prípravy projektu nadefinované požiadavky na projektové zásady, ktoré je potrebné pri vývoji konkrétnych HW riešení jednotne a konzistentne aplikovať. Tieto zásady sú v súlade so súčasnými národnými a medzinárodnými platnými požiadavkami na bezpečnosť. V súlade s platnými prístupmi k riadeniu ťažkých havárií v čase iniciácie projektu SAM, projekt vychádza z predpokladu vzniku ťažkej havárie iba na jednom z dvojice blokov. Modifikácie SAM obsahujú aktívne prvky priradené konkrétnemu bloku; pasívne prvky (nádrže, potrubia, atď.) a spotrebné hmoty (chladivo, palivo, atď.) môžu byť využívané pre oba bloky.

Dlhodobé aspekty ťažkých havárií sa dajú riadiť pomocou existujúcich systémov. Možno na to využiť zostávajúce zariadenia určené pre normálnu prevádzku, bezpečnostné systémy určené pre riadenie projektových havárií alebo systémy určené na riadenie ťažkých nadprojektových havárií. Je možné využívať zariadenia spoločne pre dva bloky alebo prepojenia medzi nimi.

Organizačné opatrenia na používanie predpisov a smerníc

Predpisy a smernice, pokyny pre núdzové situácie a ostatná dokumentácia sú k dispozícii na pracoviskách zásahovej zmeny. Personál je pravidelne školený na používanie predpisov. Zodpovednosti a spôsoby používania sú v príslušných dokumentoch jasne definované. Hlavné dokumenty zaoberajúce sa mimoriadnymi udalosťami zahŕňajú:

- Predpisy pre abnormálnu prevádzku
- Havarijné prevádzkové postupy
- Smernice pre riadenie ťažkých havárií
- Požiarne predpisy
- Pokyny pre núdzové stavy

Predpisy pre abnormálnu a havarijnú prevádzku využívajú operátori v BD v prípade zlyhania komponentov a systémov JE vrátane havárií a vonkajších ohrození. Postupy sú špecifické pre daný blok a sú zamerané na prevenciu poškodenia aktívnej zóny. Prevádzkový personál BD prísne dodržiava HPP.

Po zvolaní HK a aktivácii STP ich členovia hodnotia a monitorujú vývoj havárie, plnenie kritických bezpečnostných funkcií a poskytujú rady pre výkon činností. STP je pre tieto činnosti vybavené špeciálnym dokumentom (príručkou STP).

Pri prechode od projektovej k nadprojektovej havárii nie sú HPP použiteľné a ďalšie rozhodnutia sa prijímajú na základe SAMG. Rozhodnutie o prechode z HPP na SAMG je vykonané na základe stanovených kritérií. Celkovým cieľom SAMG je zachovať integritu kontajmentu a zabrániť alebo minimalizovať únik rádioaktívnych látok do okolia.

JE majú vypracovaný plán školení personálu, ktorý zaistí, že zamestnanci všetkých dotknutých závodov a SE, a.s. sú vhodne pripravení na realizáciu požadovaných opatrení. Pre členov organizácie havarijnej odozvy je zabezpečená osobitná odborná príprava, cvičenia a výcvik.

Inštruktáž o havarijnom pláne je súčasťou vstupného školenia všetkých nových zamestnancov. V ďalšom období je personál zaradený do programu základného periodického školenia, kde je podrobne oboznámený s organizáciou OHO. Školenie sa zaoberá aj zásadami radiačnej ochrany.

Školenie členov OHO

Úvodnou etapou havarijnej prípravy je teoretická príprava – školenie. Všeobecná teoretická príprava vo forme vstupného, úvodného a periodického školenia je povinná pre všetky osoby pracujúce v lokalite. Okrem toho, personál tvoriaci OHO je školený pre špecifické činnosti podľa jeho zaradenia. Po teoretickej príprave nasledujú praktické cvičenia.

Pre udržiavanie potrebných zručností a oboznamovanie sa so softvérovými a hardvérovými modifikáciami havarijného a podporných stredísk sú súčasťou školenia aj dve cvičenia havarijných zmien OHO v HRS, STP, SLOP, MS a IS za rok. Školenie je možné kombinovať s havarijnými cvičeniami alebo skúškami technických prostriedkov. Príkladmi týchto cvičení sú pripojenie a komunikácia, zdolávanie požiaru, monitorovanie radiačnej situácie, evakuácia z ohrozených oblastí. Zásahové družstvo zmeny absolvuje nácvik z činností zameraných na zdravotnícku pomoc, na pomoc ZHÚ a spohotovenie úkrytu CO. Rozličné zásahové skupiny a špeciálne policajné jednotky majú programy prípravy spojené s ich špecifickými činnosťami. Sú tiež školení ako členovia OHO. Hasiči a prevádzkový personál vykonáva cvičenia spojené aj napr. s havarijným doplňovaním PG alebo dodávkou vody mobilnými prostriedkami pri simulovanej strate surovej vody.

Operátori BD sú pravidelne školení a preverovaní v súlade s licenciou prevádzkovateľa. Sú školení na plno rozsahovom simulátore.

Cvičenia členov OHO a HK (všetky zmeny) sa vykonávajú dvakrát do roka. Na simulátore sa vykonáva praktický výcvik spolu s personálom BD podľa ročného harmonogramu.

Celozávodné cvičenia, na ktorých sa podieľajú oddelenia OHO a ostatné osoby pracujúce v lokalite, sa vykonávajú raz za rok za účelom preukázania havarijnej pripravenosti v súlade s Havarijným plánom.

Súčinnostné cvičenie so zapojením externých orgánov a organizácií sa vykonáva 1x za 3 roky.

Vzdelávanie, školenia a cvičenia personálu OHO sú pravidelne kontrolované ÚJD SR počas inšpekcií.

7.1.1.6 Plány na posilnenie organizácie lokality pre riadenie havárií

Organizácia havarijnej odozvy (OHO) zvažuje široké spektrum postulovaných udalostí od tých, ktoré majú zanedbateľný vplyv na okolie až po ťažké havárie. Klasifikácia udalostí do troch stupňov závažnosti je definovaná vo Vyhláske ÚJD SR č. 55/2006 Zb. o podrobnostiach v havarijnom plánovaní pre prípad jadrovej nehody alebo havárie:

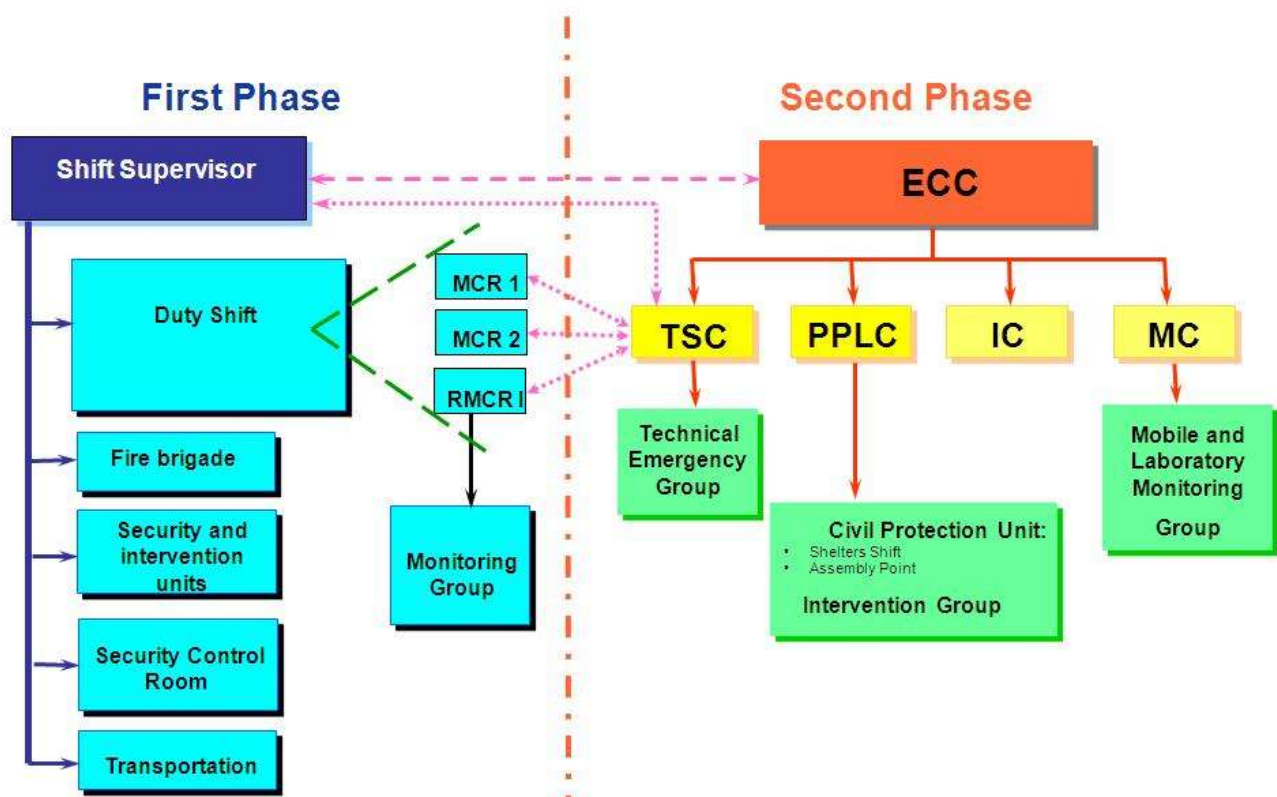
1. stupeň - POHOTOVOSŤ - je stav, pri ktorom je ohrozené alebo narušené plnenie bezpečnostných funkcií, sú narušené alebo nefunkčné bezpečnostné bariéry, hrozí únik alebo dôjde k úniku rádioaktívnych látok, čo môže viesť alebo vedie k nedovolenému ožiareniu osôb v stavebných objektoch jadrového zariadenia a v prípade nepriaznivého vývoja udalosti hrozí únik rádioaktívnych látok mimo stavebných objektov jadrového zariadenia.
2. stupeň - NÚDZOVÝ STAV NA ÚZEMÍ JADROVÉHO ZARIADENIA - je stav, ktorý môže viesť alebo vedie k úniku rádioaktívnych látok mimo stavebných objektov JZ a na jeho územie.

3. 3. stupeň - NÚDZOVÝ STAV V OKOLÍ JADROVÉHO ZARIADENIA - je stav, ktorý môže viesť alebo vedie k závažnému úniku rádioaktívnych látok do okolia JZ.

Okrem technologických a radiačných udalostí sa zvažujú aj veľké prírodné katastrofy (zemetrasenie, víchrice, búrky, blesky , záplavy , extrémny chlad) a iné vonkajšie vplyvy (rozpad vonkajšej elektrickej siete, nedostatok chladiacej vody z vonkajších zdrojov , pád lietadla na dôležité objekty).

V prípade vzniku havarijnej udalosti na klasifikovanej stupňom 1, 2 alebo 3 je jej likvidácia zabezpečená Organizáciou havarijnej odozvy (obr. 23). Riaditeľ závodu je určeným Vedúcim OHO, ktorý deleguje svoje práva na službukonajúceho zmenového inžiniera a vedúceho zmeny HK. Rozhodnutia HK sú záväzné pre všetkých zamestnancov SE, a.s. a pre všetky osoby v lokalite. ZI je trvale zodpovedný za výkon všetkých zásahov na technologických objektoch.

Emergency Response of NPP



OBR. 23: Dve fázy havarijnej odozvy

Havarijná odozva prebieha v dvoch fázach podľa obr. 23.

Havarijná odozva – prvá fáza

V prípade vzniku udalosti preberá riadenie OHO zmenový inžinier. Prvú fázu OHO zabezpečuje zmenový personál vedený slúžiacim ZI. Činnosti v tejto fáze sú zamerané na stabilizáciu situácie na bloku a na území JZ a na iniciáciu neodkladných ochranných opatrení na území elektrárne a v jej okolí.

Na počiatku rozvoja udalosti slúžiaci ZI vykonáva najmä prvotné ohodnotenie a klasifikáciu udalosti, zabezpečuje vyhlásenie udalosti v priestoroch elektrárne a prípadne aj v okolí, spohotovuje potrebné zložky OHO, najmä HK a informuje pohotovostnú službu SE, a.s. Taktiež zabezpečuje prijatie neodkladných ochranných opatrení pre

zamestnancov a v prípade potreby aj pre obyvateľstvo v okolí elektrárne, najmä varovanie, vyrozumie príslušných orgánov a organizácií (ÚJD SR, MV SR, ÚVZ SR a krízové štáby v sídle krajov v oblasti ohrozenia).

Havarijná odozva – druhá fáza

Druhá fáza je iniciovaná v momente zhromaždenia HK v Havarijnom riadiacom stredisku (HRS) a podporných centrách OHO a koordinácie činností jednotlivých zložiek HK z HRS. V druhej fáze preberá riadenie všetkých činností v lokalite Havarijná komisia.

Hlavné úlohy HK sú:

- riadenie a koordinácia všetkých činností podľa VHP;
- riadenie a koordinácia všetkých zložiek OHO;
- Vyhlásenie ochranných opatrení pre osoby v lokalite;
- Schvaľovanie havarijných dávok pre členov zásahových skupín;
- Poskytnutie prvotnej správy a následných správ dozorným a nadriadeným orgánom s návrhom ochranných opatrení pre okolie elektrárne.

Členovia HK sú rozdelení do pracovných skupín nachádzajúcich sa v rozličných priestoroch:

HAVARIJNÉ RIADIACE STREDISKO (HRS) - pracovisko, v ktorom pracuje skupina koordinujúca skupiny OHO pri plnení opatrení na zmiernenie následkov nehody alebo havárie.

TECHNICKÉ PODPORNÉ STREDISKO (STP) - pracovisko pre podporu personálu blokovej dozorne postihnutého bloku. Vykonáva analýzu stavu postihnutého bloku a určuje prognózu vývoja udalosti a riadi činnosť BD pri ťažkej havárii podľa SAMG.

STREDISKO LOGISTIKY A OCHRANY PERSONÁLU (SLOP) – pracovisko pre koordináciu záchranných, lokalizačných, likvidačných a obnovovacích prác a pre prípravu a zavedenie prijatých ochranných opatrení.

Monitorovacie stredisko (MS) – pracoviská (na lokalite a mimo nej), ktoré vykonávajú monitorovanie a prognózu radiačnej situácie, odhad dávok na lokalite a mimo nej, prípravu podkladov na určenie ochranných opatrení na lokalite a mimo nej

INFORMAČNÉ STREDISKO (IS) – pracovisko pre prípravu podkladov pre informovanie verejnosti a masmédií a skupín pri SE, a.s., ÚJD SR, CO a pre orgány štátnej správy.

Členovia HK vykonávajú pohotovostnú službu v týždenných intervaloch. V prípade vzniku udalosti sú na pokyn ZI členovia HK aktivovaní technickými prostriedkami nezávislého systému Paging a prostredníctvom vyrozumievacieho servera (automatická hlasová správa, SMS, e-mail) so spätným potvrdením prijatej informácie.

Po vyhlásení udalosti sa slúžiaca zmena HK sústreďuje v havarijnom riadiacom stredisku (HRS) alebo záložnom ZHRS v Trnave alebo Leviciach. Časový limit pre sústredenie členov HK EBO na určenom pracovisku je v pracovnej dobe 30 minút, v mimopracovnej dobe 60 minút od prijatia signálu.

7.1.2 Možnosti využívania existujúcich zariadení

7.1.2.1 Opatrenia umožňujúce používať mobilné zariadenia (disponovanie s takýmito zariadeniami, čas potrebný na ich inštaláciu v lokalite a na ich uvedenie do prevádzky)

V priestoroch jadrových elektrární sú k dispozícii rôzne mobilné zariadenia:

- Ponorné čerpadlá (v správe požiarneho útvaru a skupiny podpory prevádzky)
- Prenosné generátory (v správe hasičského útvaru)
- Mobilné DG (pre SBO) - sú v procese obstarávania
- Mobilné požiarne čerpadlá (v správe požiarneho útvaru); dodatočné sú v procese obstarávania
- Mobilný (prenosný) transformátor 6 KV/0,4 kV (v správe elektro)
- Prenosný usmerňovač (v správe elektro)

Tieto zariadenia sú spravované jednotlivými útvarmi. V rámci projektu implementácie SAM v jeho záverečnej etape pri validácii postupov SAMG bude identifikovaná potreba a možnosť využívania týchto mobilných zariadení a bude zavedený program ich testovania a udržiavania v stave zodpovedajúcom validácii postupov.

7.1.2.2 Zaistenie a riadenie dodávok (palivo pre dieselové generátory, voda a pod.)

Zásoba pracovných médií pre DG ako núdzových zdrojov elektrického napájania

V každej lokalite sú dva reaktorové bloky a každý blok má nainštalované 3 nezávislé núdzové zdroje elektrickej energie – dieselgenerátory (DG). Na odvod tepla je potrebná prevádzka jedného DG bloku.

Každý DG ako nezávislý núdzový zdroj zaisteného napájania II. kategórie je vybavený vlastnou palivovou nádržou 6 m³ a dvomi externými nádržami so zásobou paliva 100 m³ každá. Táto zásoba paliva postačuje na 240 hodín, t.j., 9 – 10 dní prevádzky na plnom výkone.

Zásoba ostatných materiálov pre riešenie havárií

Zásoba kyseliny boritej v granulovanej forme mimo technologických okruhov je 1000 kg v každej elektrárni.

Zásoba antidot (KI) na určených miestach v lokalite EBO3,4 je cca 8000 balení, v EMO1,2 približne 6 500 balení.

7.1.2.3 Riadenie rádioaktívnych výpustí, opatrenia na ich obmedzenie

Základným projektovým prostriedkom pre riadenie a obmedzovanie rádioaktívnych únikov je zachovanie funkcií kontajnementu. Všetky mechanizmy ohrozujúce funkcie kontajnementu počas ťažkých havárií sú popísané v špecifických smerniciach balíka SAMG. Využívanie novo inštalovaných systémov a modifikácií pre splnenie uvedených cieľov je nasledovné:

Integrita rozhrania kontajnementu	Rušič podtlaku Sprchovanie z určeného externého núdzového zdroja chladiiva Pasívne autokatalytické rekombinátory Zachytenie v nádobe
-----------------------------------	---

	Odtlakovanie primárneho okruhu
VTMV	Odtlakovanie primárneho okruhu Mobilné čerpadlá cez SHN
Zníženie aktivity v kontajmente	Sprchovanie z určeného externého núdzového zdroja chladiva
Dlhodobé riadenie tlaku v kontajmente	Sprchovanie z určeného externého núdzového zdroja chladiva Pasívne autokatalytické rekombinátory
Izolovanie trás cez stenu kontajmentu	Pôvodné projektové riešenia, zlepšenie monitorovania parametrov radiačnej situácie

Ako je podrobne rozobrané v kapitole 6.2, v rámci projektu implementácie SAM je inštalovaná sada modifikácií projektu resp. doplnenie nových systémov, ktoré zvyšujú spoľahlivosť vykonateľnosti stratégií v SAMG. Všeobecný popis je uvedený v príslušných častiach tejto kapitoly.

Obmedzovanie radiačných únikov z JE podporuje implementácia systému ESTE, ktorý okrem predikcie zdrojových členov pre účely havarijného plánovania a ich aktualizácie na základe monitorovania reálnych radiačných údajov v lokalite v okolí JE umožňuje predikciu radiačnej situácie a optimalizáciu dlhodobých zásahov.

Systém radiačnej kontroly je rozdelený na:

- Radiačnú kontrolu pracovného prostredia
- Meranie dávkového príkonu žiarenia gama v prevádzkových priestoroch, HVB, BPP a areáli JE
- Meranie objemovej aktivity plynov kontinuálnym odberom vzoriek vzduchu z jednotlivých miestností
- Meranie objemovej aktivity aerosólov v prevádzkových priestoroch kontinuálnym meraním pomocou BDBA snímačov a prenosnými prístrojmi pre kontinuálne meranie aerosólov
- Technologickú radiačnú kontrolu

Technologický systém radiačnej kontroly (TSRK) predstavuje autonómnu jednotku. Pracuje kontinuálne a nezávisle na funkcii ostatných systémov JE; obsahuje 400 meracích kanálov. Okrem TSRK je monitorovanie radiačnej situácie zabezpečené samostatnými stabilnými prístrojmi radiačnej kontroly. Snímače sú umiestnené v prevádzkových priestoroch a dôležitých technologických zariadeniach a zaisťujú merania, ktoré nie sú monitorované systémom TSRK. Signálno-meracie bloky samostatných prístrojov sa nachádzajú na mieste merania, v dozorni radiačnej kontroly (DRK) alebo na BD.

7.1.2.4 Komunikácia a informačné systémy (interné a externé)

V prípade straty mobilnej a pevnej telefónnej siete sa na zabezpečenie komunikácie využívajú rádiostanice. Rádiostanice sú rozmiestnené najmä na útvaroch prevádzky, dozimetrie, elektro, SKR, údržby, FO a ZHÚ. Na komunikáciu so zásahovým personálom sú k dispozícii rádiostanice v zariadeniach OHO, t.j. v HRS, ZHRS Trnava a Levice a v úkrytoch CO. Celkovo sa na komunikáciu využíva približne 300 (v Mochovciach 400) rádiostaníc. ZHÚ je spojený rádiostanicou a telefonickou linkou s miestnou batériou s Krajským operačným strediskom HaZZ.

Technickým prostriedkom vyzumievacieho systému určeného na vyzumenie zamestnancov prevádzky a osôb zaradených do OHO sú pagery, ktoré zabezpečujú príjem jednosmernej informácie.

Celkovo sa v EBO3,4 využíva cca 400 ks pagerov. Zároveň je pre jednosmerné informovanie starostov a primátorov obcí v pásme ohrozenia EBO3,4 rozdanych 308 pagerov. Tieto prijímače sú určené na informovanie

zástupcov samosprávy a štátnej správy v 21 km oblasti ohrozenia EBO3,4. Pagery sú súčasťou systému vyzrozumienia EBO3,4. Vyzrozumievacia pagingová rádiosieť je v prípade straty vonkajšej el. siete napájaná pevne zabudovanými záložnými napájacími zdrojmi, akumulátormi, ktoré umožňujú nepretržitú prevádzku 10 hodín. Vysielače a opakovače pagingového systému nie sú seizmicky odolné.

V EMO1,2 je k dispozícii 300 pagerov a zároveň je pre jednosmerné informovanie starostov a primátorov obcí v pásme ohrozenia EMO rozdanych 203 pagerov. Tieto prijímače sú určené na informovanie zástupcov samosprávy a štátnej správy v 20 km oblasti ohrozenia EMO1,2. Pagery sú súčasťou systému vyzrozumienia EMO. Paging spolu s vysielačou infraštruktúrou je nezávislým systémom na verejných komunikačných sieťach.

Sekundárnym technickým prostriedkom vyzrozumievacieho systému je oznamovací systém EBO3,4 ZUZANA alebo vyzrozumievací server EMO, ktorý zabezpečuje vyzrozumenie zamestnancov zaradených do OHO a zástupcov samosprávy a štátnej správy na mobilné a pevné telefónny prostredníctvom hlasových správ, SMS a e-mailov. Systém EBO3,4 ZUZANA a vyzrozumievací server EMO zabezpečujú pre odosielateľa správy spätnú väzbu o doručení príslušnej informácie. V prípade preťaženia verejných telefónnych sietí sa nezaručuje doručenie odosielanej informácie. Zariadenie nie je seizmicky odolné.

Zamestnanci elektrárne sú o vzniku mimoriadnej udalosti oboznámení závodným rozhlasom, ktorý je integrovaný do vnútorného systému varovania. V prípade potreby je možné využiť sirény (vnútorný systém varovania) na informovanie zamestnancov elektrárne o hroziacom nebezpečenstve.

Prostriedkom určeným na vyhlasovanie informácií pre personál EBO sú ručné megafóny, uložené v úkrytoch a zhromaždiskách, vo vozidlách OaB SE, PO a ZHÚ. Celkom je v EBO3,4 k dispozícii 8 ručných megafónov a 15 megafónov nainštalovaných vo vozidlách. Pre varovanie zamestnancov a obyvateľov v pásme ohrozenia EMO v prípade vzniku mimoriadnej udalosti sa využíva systém varovania EMO, ktorý má cca 186 koncových prvkov - elektronických sirén, so záložným zdrojom napájania minimálne na 72 hodín. Sirénami je možné vysielat' varovací signál a prostredníctvom modulu miestneho ovládania umožňuje aj hlásenie cez mikrofón pre informovanie obyvateľov o hroziacom nebezpečenstve.

Informačný systém OHO inštalovaný na území JZ a v budove LRKO v Trnave a Leviciach tvoria nasledovné komponenty:

- Celopodniková sieť s internetom, elektronickou poštou a vyhradenou elektronickou poštou na krízovú komunikáciu
- Technologická informačná počítačová sieť STP
- Centrálny počítačový systém radiačnej kontroly s TDS
- informačný systém FO na evidenciu pohybu osôb a členov OHO
- Prognostický a klasifikačný SW nástroj (ESTE)

Informačný systém poskytuje aktuálne údaje v reálnom čase o stave technologických systémov a radiačnej situácie na bloku, na území a v okolí JZ, aktuálnych informácií o meteorologickej situácii, o stave osôb. Koncové informačné systémy sú nainštalované v strediskách OHO, na pracoviskách OHO, v ZHRS a v sídle SE, a.s. a na ÚJD SR. Prostriedky informačného systému OHO majú zálohované elektrické napájanie.

7.1.3 Posúdenie faktorov, ktoré môžu mať negatívny vplyv na riadenie havárie a príslušné náhradné opatrenia

7.1.3.1 Významná deštrukcia infraštruktúry alebo zaplavenie znemožňujúce dostupnosť areálu

Členovia OHO vykonávajú svoju činnosť v Havarijnom riadiacom stredisku (HRS), ktoré je umiestnené na území elektrárne. Stavba má charakter odolného a plynutesného úkrytu a spĺňa požiadavky na zariadenia CO.

Úkryt je chránený proti prieniku rádioaktívnych látok v prípade ťažkej havárie na JZ a je hermeticky chránený proti prieniku nebezpečných látok, je vybavený vodným hospodárstvom so samostatnými zásobnými nádržami na úžitkovú a pitnú vodu, systémom núdzového osvetlenia, dekontaminačným uzlom, dozimetrickou sondou na meranie dávkového príkonu a objemovej koncentrácie jódu, zdravotníckym materiálom, stravou, minerálnou vodou a PIO. Je nainštalované samostatné napájanie diesलगenerátorom. Vybavenie stredísk OHO vytvára podmienky pre dlhodobú činnosť HK. Pracovisko je využiteľné aj v prípade extrémnych prírodných podmienok, za predpokladu prejazdnosti vonkajších cestných komunikácií, prípadne náhradnou dopravou mimo komunikácií.

EBO3,4

Doprava v okolí EBO3,4 je organizovaná tak, že hlavné ťahy (diaľnica D1, hlavný železničný ťah Bratislava - Žilina s uzlami Trnava a Leopoldov) prechádzajú vo vzdialenosti cca 6 km od areálu. Na hlavných cestách a železničných ťahoch v kraji nie sú úseky ťažko prístupné v prípade extrémnych prírodných podmienok, existuje však nebezpečenstvo vzniku mimoriadnych situácií pri havárii dopravných prostriedkov prepravujúcich nebezpečné škodliviny. Tieto úseky je možné obísť vďaka hustej dopravnej sieti okolo elektrárne.

Vzhľadom k veľkému geodetickému rozdielu v nadmorských výškach, geografickým pomerom a polohe vodného diela Sĺňava vzhľadom na areál EBO3,4 zostane minimálne jedna cestná komunikácia na transport personálu a materiálu do JZ v dôsledku lokálnej záplavy. To isté platí pre lokálne záplavy v dôsledku extrémnych zrážok a privalov zrážkových vôd z príľahlých extravilánov elektrárne.

Pri väčšom poškodení povrchu vozoviek a ich zaplavení je doprava slúžiacich členov HK EBO3,4 a zásahového personálu možná náhradnou dopravou mimo komunikácií prostriedkami MV SR - CO na základe dohody o spolupráci. Pre zabezpečenie záchranných, likvidačných a vyslobodzovacích prác je možnosť využiť 2 žeriavy a 2 valníky, ktoré má v súčasnej dobe k dispozícii útvar údržby.

Pre zabezpečenie činností 12 členov OHO EBO3,4 a ich dopravy na pracovisko v prípade udalosti na JZ sú pridelené 4 osobné pohotovostné vozidlá, ktoré majú za povinnosť zabezpečiť dovoz ďalších slúžiacich členov OHO EBO3,4. Postupy pre dovoz zamestnancov pri neštandardných a extrémnych situáciách je popísaný v HPP.

EMO1,2

Elektrárň sa nachádza v katastrálnom území obce Kalná nad Hronom, v blízkosti bývalej obce Mochovce, približne 12 km od Levíc, 14 km od Zlatých Moraviec a 11 km od Vrábľov. Najbližšími vodnými zdrojmi je vodné dielo Kozmálovce a rieka Hron.

Vzhľadom k veľkému geodetickému rozdielu v nadmorských výškach, geografickým pomerom a polohe vodného diela Kozmálovce vzhľadom na areál JE Mochovce je zaplavenie areálu z rieky Hron a vodného diela Veľké Kozmálovce nereálne. Podobne je možné vylúčiť aj zaplavenie areálu JE Mochovce v dôsledku poškodenia nádrží 2 x 6000 m³ vodojemu surovej vody z hľadiska reliéfu a umiestnenia tohto objektu.

Vzhľadom k výškovému a situačnému umiestneniu areálu JE nehrozí vlastnému areálu zaplavenie v dôsledku prítoku zrážkových vôd z príľahlých extravilánov elektrárne.

Prístupové komunikácie na lokalitu Mochovce môžu byť ohrozené riekou Hron. Potenciálne ohrozené sú prístupové cesty na lokalitu zo smeru Levice a Tlmače. Pri väčšom poškodení povrchu vozoviek a ich zaplavení je doprava slúžiacich členov HK EMO1,2 a zásahového personálu možná náhradnou dopravou mimo komunikácií prostriedkami armádnych jednotiek Levice na základe dohody o spolupráci s armádou. Pre zabezpečenie záchranných, likvidačných, vyprošťovacích a vyslobodzovacích prác je možnosť využiť 2 žeriavy a 2 valníky, ktoré má v súčasnej dobe k dispozícii útvar údržby.

Pre zabezpečenie činností 16 členov OHO EMO1,2 a ich dopravy na pracovisko v prípade udalosti na JZ sú pridelené 4 osobné pohotovostné vozidlá, ktoré majú za povinnosť zabezpečiť dovoz ďalších slúžiacich členov OHO EMO1,2. Pre dovoz zamestnancov pri neštandardných a kalamitných situáciách je popísaný postup v HO/8707 „Zvoz zamestnancov v neštandardných a kalamitných situáciách“.

7.1.3.2 Strata komunikačných zariadení / systémov

Komunikačné prostriedky v rámci OHO – pevná sieť a rádiosieť

Komunikačné zariadenia pevnej siete elektrárne sú napájané redundantnými zdrojmi a v prípade straty elektrického napájania zo siete sú zálohované akumulátormi po dobu 10 hodín. Nezávisle komunikačné zariadenia pre priame pevné spojenie blokovej dozorne s určenými miestami v technológii bloku v prípade straty elektrického napájania zo siete sú zálohované akumulátormi po dobu 10 hodín. Personál zmeny t.j. blokovej dozorne a zásahový zmenový personál je kompletne vybavený rádiostanicami, ktoré umožňujú komunikáciu po dobu 10 hodín bez dobíjania.

V prípade straty mobilnej a pevnej telefónnej siete sa na zabezpečenie komunikácie využívajú rádiostanice.

Rádiostanice sú v zariadeniach OHO EBO3,4, t.j. v HRS EBO3,4, ZHRS Trnava, v úkrytoch CO a zhromaždiskách CO a ZHÚ. Po uvedenej dobe je potrebné zabezpečiť dobitie batérií. Celkom sa v EBO3,4 využíva na komunikáciu približne 300 rádiostaníc. Na komunikáciu so zásahovým personálom sú k dispozícii rádiostanice v HRS EBO3,4, ZHRS Trnava a v úkrytoch CO. Celkom sa v EBO3,4 využíva na komunikáciu približne 300 rádiostaníc. ZHÚ EBO je spojený s Krajským operačným strediskom HaZZ telefonickou linkou s miestnou batériou a rádiosieťou s vlastným zdrojom. Rádiostanice sú okrem prevádzky EMO1,2 aj v zariadeniach OHO EMO1,2, t.j., v HRS EMO1,2, ZHRS Levice, v úkrytoch CO a zhromaždiskách CO a ZHÚ. Celkom sa v EMO1,2 využíva na komunikáciu približne 400 rádiostaníc. ZHÚ EMO je spojený rádiostanicou s miestnou batériou s Krajským operačným strediskom HaZZ.

Vyrozumievací a informačný systém

Technickým prostriedkom vyrozumievacieho systému určeného na vyrozumieanie zamestnancov prevádzky a osôb zaradených do OHO sú pagery, ktoré zabezpečujú príjem jednosmernej informácie; podobne sú vyrozumievané aj obce a zástupcovia štátnej správy v 20 km oblasti ohrozenia. Vyrozumievacia pagingová rádiosieť je napájaná pevne zabudovanými záložnými napájacími zdrojmi (akumulátormi), ktoré umožňujú nepretržitú prevádzku 10 hodín. Paging spolu s vysielacou infraštruktúrou je nezávislým systémom na verejných komunikačných sieťach.

7.1.3.3 Negatívny vplyv vysokých lokálnych dávok, rádioaktívnej kontaminácie a deštrukcie niektorých zariadení na vykonateľnosť činností

SAMG počítajú s nedostupnosťou niektorých zariadení alebo ich zlyhaním v dôsledku ťažkej havárie. Z tohto dôvodu boli vypracované stratégie s alternatívnymi činnosťami. Zariadenia inštalované alebo overené v rámci projektu SAM sú projektované tak, aby sa zachovala vysoká miera pravdepodobnosti ich prevádzkyschopnosti v podmienkach ťažkej havárie.

Projekt SAM pokrýva aj extrémne situácie vzťahujúce sa na zlyhanie alebo poškodenie aj novo inštalovaných systémov inštaláciou troch potrubí s dýzami na vonkajšom plášti budovy reaktora a budovy pomocných prevádzok, ktoré zabezpečujú možnosť dopĺňania chladiva z externých mobilných zdrojov: a) do šachty reaktora na zachovanie odvodu tepla z TNR a prevenciu dopadov kória na ex-vessel fázu; b) do bazénu vyhoreného paliva zhora, nezávisle na systéme chladenia bazénu; a c) doplňovanie nádrží núdzového zdroja chladiva (z ktorého je možné doplňovať chladivo do reaktora a do sprchového systému kontajnementu pre dlhodobý odvod tepla z kontajnementu).

Lokálne radiačné podmienky v technologických objektoch môžu ovplyvniť vykonateľnosť činností potrebných na obnovenie zariadení potrebných na dlhodobé riešenie ťažkej havárie (napr. odvod tepla z kontajnementu). V súčasnosti nie sú k dispozícii adekvátne informácie na komplexné riešenie problematiky. Táto problematika bude riešená v záverečnej fáze projektu implementácie SAM.

7.1.3.4 Dopad na dostupnosť a obývatel'nosti hlavnej a núdzovej dozorne, opatrenia prijaté na zabránenie alebo riadenie tejto situácie

Obývatel'nosť blokovej dozorne a núdzovej dozorne (v menšom rozsahu) bola posilnená v rámci projektu inštaláciou nasledovných modifikácií úvodného projektu:

- Inovácia VZT systému BD a zaistenie jeho recirkulačného systému (vytvorenie pretlaku v blokovej dozorni pre minimalizáciu prieniku vonkajšej rádioaktivity)
- Pridanie jódoých filtrov
- Utesnenie celého priestoru BD a zamurovanie okien
- Utesnenie káblových priestorov pod BD a ND proti prieniku dymu

Vysoká radiačná záťaž najmä počas hypotetických ťažkých havárií pri otvorenom reaktore, by mohla ohroziť obývatel'nosť BD. Z tohto dôvodu bude v rámci rekonštrukcie havarijných a podporných stredísk OHO, radiačne chránených (bunkrového typu), vytvorená možnosť ovládať vybrané novo inštalované zariadenia pre SAM, potrebné v dlhodobom horizonte. Potrebný systém SKR a napájania týchto spotrebičov je súčasťou projektu implementácie SAM.

7.1.3.5 Dopad na rozličné priestory používané krízovými štábmi, alebo do ktorých by bol prístup nevyhnutný na riadenia havárie

Novo vybudované priestory pre krízový tím (HRS) sú budované ako podzemný bunker odolný proti všetkým predpokladateľným vplyvom ťažkej havárie pri otvorenom reaktore; príslušný zdrojový člen bol použitý ako projektové zadanie pre dimenzovanie krytu. Bunker je vybavený zdrojom technického vzduchu pre vnútorný okruh a filtrami na odstraňovanie CO₂ a doplňovanie kyslíka, čo poskytuje možnosť autonómneho existovania počas kritických fáz ťažkej havárie (pri úniku interných plynov). Dimenzovanie bunkra je dostatočné pre dve zmeny OHO a posádku z BD oboch jadrových blokov.

V prípade rozsiahlej havárie sa členovia OHO schádzajú v záložnom HRS na hranici zóny ohrozenia.

7.1.3.6 Realizovateľnosť a efektívnosť opatrení riadenia havárií v podmienkach extrémnych externých ohrození (zemetrasenie, záplavy)

Prevažná väčšina činností, ktoré sú potrebné pre riadenie ťažkých havárií sú riadené z BD resp. z HRS, ktoré nie sú priamo ohrozené účinkami extrémnych externých udalostí. Zariadenia inštalované v rámci projektu SAM sú umiestnené v budovách, ktoré sú odolné proti externým vplyvom (seizmicita do rozsahu SSE) a preto ich použiteľnosť a dostupnosť nebude veľmi ovplyvnená externou udalosťou. To znamená, že riadenie ťažkých havárií v dôsledku extrémnych externých udalostí je zabezpečené v rozsahu ako v prípade interných iniciátorov.

Interné záplavy spôsobené externou záplavou sú priebežne riešené už prijatými opatreniami a je predpoklad preventívne zabrániť eskalácii udalosti v ťažkú haváriu.

7.1.3.7 Neprevádzkyschopnosť zdrojov napájania

Neprevádzkyschopnosť zdrojov napájania počas ťažkej havárie je jedným z východísk projektu implementácie SAM a je riešená preventívne zvýšením redundancie zdrojov v odolnom prevedení (aj proti extrémnym poveternostným podmienkam). Všetky spotrebiče inštalované v rámci projektu SAM sú okrem základného napájania z existujúcich systémov napájané aj z určeného SAM DG, ktorý je nezávislý od existujúcich systémov, predstavuje teda redundantný zdroj elektrického napájania. Popis napájania vlastnej spotreby, zahrňujúci pripojenie nového SAM DG a dodatočných mobilných zdrojov napájania 0,4 kV pre udalosť SBO je v kapitole 1 tejto správy.

7.1.3.8 Potenciálne zlyhania prístrojového vybavenia

Predpoklad potenciálnej neprevádzkyschopnosti niektorých meracích prístrojov je jedným z východísk projektu SAM. Stratégie SAMG sú navrhnuté tak, aby bolo možné ich vykonať a monitorovať ich účinnosť na základe diverzných meraní, aby sa tak znížila ich zraniteľnosť v prípade zlyhania niektorých meraní.

Pri iniciácii projektu SAM boli definované projektové zásady a požiadavky na SKR novo inštalovaných systémov. Aj keď sa nevyžaduje kvalifikácia prístrojového vybavenia na podmienky ťažkej havárie, je potrebné preukázať ich schopnosť vydržať v týchto podmienkach. Boli vypracované analýzy pre stanovenie termohydraulických a radiačných parametrov v priestoroch rozmiestnenia novo inštalovaného SKR a na ich základe boli definované požiadavky na inštalované zariadenia SKR.

Možnosť dostupnosti prístrojového vybavenia potrebného na realizáciu SAMG sa značne zvýšila implementáciou nového SAM DG ako konečného zdroja napájania všetkých zariadení SKR inštalovaných v rámci projektu SAM, predovšetkým SKR vzťahujúcich sa na veľké modifikácie.

7.1.3.9 Možné účinky ostatných inštalácií v lokalite, vrátane možnosti obmedzenej dostupnosti vyškoleného personálu zvládnuť rozšírené havárie niekoľkých blokov

Projekt implementácie SAM vychádza z predpokladu vzniku ťažkej havárie iba na jednom z jadrových blokov v súlade s existujúcimi pravidlami. Určité projektové riešenia (napríklad SAM DG) pokrývajú oba bloky, takže nie je možné vylúčiť vzájomné interferencie medzi blokmi a ich výsledné účinky na SAM. Podobné vzájomné závislosti existujú aj v technologickej časti kvôli možnému vplyvu ťažkej havárie jedného bloku na druhý blok v dôsledku relatívne blízkeho umiestnenia BD a ND, spoločnej strojovne a spoločnej budovy reaktora pre oba bloky. Tieto vzájomné prepojenia medzi blokmi bude potrebné vziať do úvahy v budúcich etapách projektu SAM.

7.1.4 Záver o vhodnosti organizačných opatrení pre riadenie havárie

Organizačné aspekty riadenia havárií DBA, BDBA a ťažkých havárií tak, ako ich odrážajú príslušné procesné smernice, sú v súlade so všetkými aplikovateľnými odporúčaniami a požiadavkami na riadenie havárií JE, pridržiava sa najlepšej priemyselnej praxe, a preto sa organizačné otázky považujú za primerane pokryté. Je však potrebné poznamenať, že štruktúra a rozsah tímov havarijnej odozvy, predovšetkým tímu SAMG sa v súčasnosti definuje z pohľadu ťažkej havárie len na jednom bloku v súlade s projektovými zásadami SAM.

7.1.5 Možné opatrenia na zlepšenie schopnosti riadenia havárií

V súčasnosti prebieha implementácia rozsiahleho SAM v súlade s programom vypracovaným v roku 2009. V súčasnosti sa neuvažuje o žiadnych dodatočných opatreniach mimo tohto projektu. Do úvahy je však potrebné viať skutočnosť, že podľa aktuálne platných požiadaviek boli opatrenia vypracované s prihliadnutím na nastanie ťažkej havárie len na jednom z dvoch blokov; tento predpoklad by bolo potrebné prehodnotiť.

V súčasnosti prebieha implementácia projektu SAM tak v EBO3,4, ako aj EMO1,2 podľa pôvodne definovaného rozsahu, ktorý vytvára predpoklady pre riadenie ťažkej havárie na jednom z dvoch blokov. Po ukončení projektu bude posúdená možnosť rozšírenia riešenia pre prípad vzniku ťažkej havárie na oboch blokoch. Ďalšie vylepšovanie SAMG a spracovanie dodatočných podporných materiálov pre rozhodovanie tímu SAMG a BD bude prijaté na základe výsledkov validácie SAMG v závere projektu.

7.2 Opatrenia na riadenie havárií, ktoré v súčasnosti existujú v rôznych stupňoch scenára straty funkcie chladenia aktívnej zóny

7.2.1 Pred nastaním poškodenia paliva v tlakovej nádobe reaktora / počet tlakových trubiek (vrátane posledných zdrojov na zabránenie poškodenia paliva)

Opatrenia na riadenie havárií patriace do preventívnej fázy riadenia havárií sú systematicky zapracovávané do závodných špecificky symptómovo orientovaných HPP, ktoré vychádzajú z prístupu Westinghouse. HPP EBO a EMO pokrývajú všetky prevádzkové režimy elektrární, t.j., režimy na plnom výkone alebo pri odstavenom reaktore. Balíky HPP pre JE EBO aj EMO boli vhodne validované a prebieha trvalá spolupráca so spoločnosťou Westinghouse, ktorá zabezpečuje údržbu a aktualizáciu HPP v rámci celosvetovej spolupráce medzi JE WOG.

7.2.2 Po nastaní poškodenia paliva v tlakovej nádobe reaktora / určitého počtu tlakových trubiek

Po identifikácii poškodenia paliva na základe merateľných symptómov vstupuje riadenie havárie do fázy zmiernovania následkov. Prechod medzi preventívnou a zmiernovacou fázou je popísaný a odôvodnený v dokumentácii SAMG a bol vypracovaný špecifický predpis / smernica SA CRG-1, ktorá obsahuje návody pre personál dozorne do doby, kým je riadenie ťažkej havárie odovzdané tímu SAMG. Tím SAMG pozostáva z odborníkov zvolaných do HRS. Tím SAMG by mal prevziať zodpovednosť za riadenie do jednej hodiny od nastania ťažkej havárie. Všetky opatrenia riadenia havárií, ktoré sú zamerané na ochranu kontajntentu a prevenciu / zmiernenie následkov ťažkej havárie na životné prostredie a verejnosť, sú zapracované do balíka SAMG. SAMG pokrýva všetky prevádzkové režimy elektrárne v súlade s príslušným HPP.

Okrem všeobecne prijatého prístupu k vypracovaniu odozvy na ťažkú haváriu predovšetkým využívaním všetkých dostupných zariadení, bezpečnostných a nie bezpečnostných, systém špecifických hardvérových

modifikácií a inštalácia nových technických prostriedkov rozširujú rámec možných opatrení a výrazne zvyšujú pravdepodobnosť úspechu stratégií v smerniciach SAG a SCG.

7.2.3 Po zlyhaní tlakovej nádoby reaktora / určitého počtu tlakových trubiek

Prevenca zlyhania tlakovej nádoby reaktora inštaláciou technických modifikácií na zadržanie v nádobe a vypracovanie špecifickej smernice SAG-3 balíka SAMG sa považuje za primerane spoľahlivú. Zlyhanie nádoby je preto možné považovať za zanedbateľné zostatkové riziko.

Ak nádoba reaktora zlyhá, hlavným relevantným poruchovým režimom kontajnementu je zlyhanie vstupných dverí do šachty reaktora v dôsledku tepelného náporu a dlhotrvajúceho pretlakovania kontajnementu kvôli interakcii s medzi roztavenou aktívnou zónou a betónom. SAMG poskytuje návod na čiastočné obmedzenie následkov dlhotrvajúceho pretlakovania využitím sprchového systému kontajnementu a externého systému vstrekovania nainštalovaného v rámci projektu SAM.

Projekt implementácie SAM nezahŕňa žiadne modifikácie priamo určené na obmedzenie dopadov zlyhania tlakovej nádoby reaktora.

7.3 Zachovanie integrity kontajnementu po vzniku významného poškodenia paliva v AZ (až do jej roztavenia)

7.3.1 Eliminácia poškodenia/roztavenia paliva pod vysokým tlakom

7.3.1.1 Projektové opatrenia

Pôvodný projekt

K vážnemu poškodeniu aktívnej zóny AZ pri eskalácii nadprojektovej havárie v ťažkú haváriu môže prísť viacerými scenármi. Medzi ne patria aj scenáre spôsobené stratou odvodu tepla z P.O. do S.O., kedy integrita P.O. zostáva zachovaná a degradácia AZ a následná relokácia kória prebieha pri vysokom tlaku. V takomto prípade je tlaková nádoba reaktora zaťažená vysokým tlakom a vysokou teplotou, vlastnou váhou a váhou kória. Hlavnou prioritou je znížiť tlak v primárnom okruhu a zabrániť pretaveniu TNR pri vysokom tlaku, ktorého dôsledkom je vyletovanie roztavenej hmoty pri vysokom tlaku (HPME), nakoľko by mohlo vyústiť do poškodenia dverí šachty reaktora, presun roztavených častíc do kontajnementu, tepelné ohrozenie jeho stien a rýchle ohrievanie kontajnementu. Ďalším prínosom zníženia tlaku je zníženie pravdepodobnosti zlyhania rúrok parogenerátorov a možnosť dopĺňovania chladiva do P.O. z nízkotlakových zdrojov.

V pôvodnom projekte bolo možné predísť zlyhaniu TNR pri vysokom tlaku dvomi kompletmi hlavných poistných ventilov a jedným odľahčovacím ventilom KO. Napájanie uzla PV KO elektrickou energiou je zabezpečené zo zaisteného napájania 1. kategórie. Všetky ventily sú ovládateľné diaľkovo ručne z BD. Zariadenia uzla PV KO majú seizmickú klasifikáciu.

Inštalovaná modifikácia

Vzhľadom na vysokú prioritu odtlakovania P.O. pri riadení ťažkej havárie sa v rámci projektu implementácie SAM inštaluje redundantný, nezávislý systém, kvalifikovaný pre podmienky ťažkej havárie. Redundantná trasa odtlakovania nemá byť využívaná pred eskaláciou havárie do ťažkej havárie, takže pravdepodobnosť zlyhania otvorenia v dôsledku predchádzajúceho tepelného namáhania alebo iným mechanizmom je

minimálna. Inštalovaný systém je súčasťou tlakového zariadenia P.O. Časť neoddeliteľná od P.O., vrátane oddeľujúcich armatúr, je seizmicky odolná. Systém je zaradený do bezpečnostnej triedy 1.

Systém je napájaný z núdzového zdroja elektrickej energie SAM DG určeného pre napájanie zariadení potrebných pre riadenie ťažkých havárií. Činnosť systému počas projektových havárií nie je požadovaná. Systém odtlakovania predstavuje kvalifikovanú, vysoko spoľahlivú zálohu s plnou kapacitou, použiteľnú pri zlyhaní štandardných trás pre odtlakovanie P.O. (OV KO, PV KO).

Odtlakovanie primárneho okruhu je najvyššou prioritou v preventívnej, ako aj zmierňujúcej časti riadenia havárií. Príslušné procesné činnosti sa následne zapracovávajú do smerníc pre obnovu symptómovo založených kritických bezpečnostných funkcií z balíka HHP (predpisy FR-C.1 a FR-C.2), po druhé, činnosť odtlakovania (ak je potrebná) je jednou z prechodových krokov medzi HPP a SAMG. Okrem toho, samotný balík SAMG obsahuje špecifickú smernicu SAG-1, ktorá je určená na riešenie situácie, keď tlak v P.O. prekročí 2,5 MPa.

7.3.1.2 Prevádzkové opatrenia

Predpisy pre odtlakovanie P.O. sú zahrnuté do HPP postupov FR-C.1 a FR-C.2 a smerníc SA CRG-1 a SAG-1 balíka SAMG, ktoré zabezpečujú vysokú spoľahlivosť požadovaných funkcií. Inštalácia dodatočnej trasy pre odtlakovanie a stratégie v návodoch SAMG poskytujú vysokú spoľahlivosť prevencie zlyhania TNR pri vysokom tlaku.

7.3.2 Riadenie vodíkových rizík vo vnútri kontajnementu

7.3.2.1 Projektové opatrenia, vrátane posúdenia dostatočnosti vzhl'adom na rýchlosť tvorby vodíka a jeho množstvo

Pôvodný stav projektu

Počas ťažkej havárie sa vytvára veľké množstvo vodíka v dôsledku exotermickej reakcie medzi zirkóniom a oceľou a vodnými parami. V prípade ďalšej eskalácie havárie, po zlyhaní tlakovej nádoby reaktora, by došlo k produkcii ďalšieho významného množstva horľavých plynov (vodíka a CO) v dôsledku interakcie kória s betónom šachty reaktora. Celková produkcia horľavých plynov v rámci tejto ex-vessel fázy niekoľkonásobne prevyšuje ich produkciu v rámci in-vessel fázy, hoci jej rýchlosť je nižšia ako v in-vessel fáze.

Hmotnosť zirkónia v reaktore je približne 18 000 kg. Podľa výpočtov sa množstvo vodíka vyprodukované počas fázy in-vessel pohybuje od približne 300 kg (LB LOCA) do 500 kg (SBO) v závislosti od scenára. Energetický výťažok exotermickej reakcie je približne 6400 J / kg zreagovaného zirkónia, takže vzniknuté teplo predstavuje významný príspevok k požiadavkám na odvod tepla z kontajnementu. V pôvodnom projekte V213 nie sú k dispozícii prostriedky pre spoľahlivý odvod vodíka pri ťažkých haváriách. Teoretická možnosť zaistenia včasného riadeného zapaľovania vodíka výbojmi pri zapínaní inštalovaných elektrických spotrebičov v kontajnemente je v niektorých scenároch ako SBO je principiálne nedostupná.

Rýchlosť produkcie vodíka počas ťažkej havárie závisí od mnohých faktorov. Zo štúdií citlivosti vykonaných v minulosti vyplýva, že maximálna rýchlosť produkcie vodíka v počiatkovej fáze ťažkej havárie môže byť vyššia ako 1 kg / s.

Vodík generovaný v priebehu ťažkých havárií predstavuje najzávažnejšie a najrýchlejšie ohrozenie integrity kontajnementu V213. Z hľadiska prevencie zaistenia integrity kontajnementu zohráva kľúčovú úlohu rýchlosť a

množstvo uvoľňovania vodíka z P.O. do kontajnementu a z toho vyplývajúci časový priebeh koncentrácie vodíka v kontajmente, ktorý závisí od koncentrácie pary, a celkovej hmotnosti vygenerovaného vodíka.

Inštalované modifikácie

Jedným z predpokladov zvládnutia problematiky vodíka počas ťažkých havárií je spoľahlivá prevencia prechodu do ex-vessel fázy. Táto problematika je pokrytá inštaláciou skupiny modifikácií umožňujúcich zadržanie roztaveného kória vo vnútri TNR a jej spoľahlivé externé chladenie.

Technickým riešením problematiky vodíka je inštalácia 28 kusov pasívnych autokatalytických rekombinátorov FR1-1500T a 4 kusov pasívnych autokatalytických rekombinátorov FR1-750T firmy AREVA. Inštalácia rekombinátorov v kontajmente je bežne aplikovaným riešením; rekombinátory boli nainštalované na vyše 100 JE v rôznych krajinách. Rekombinačná schopnosť použitých rekombinátorov bola preukázaná aj experimentálne pri testoch na experimentálnom zariadení PHEBUS a pri veľkorozmerových testoch na zariadení THAI.

Prahová koncentrácia vodíka pre zahájenie rekombinácie sú približne 2% obj. pri teplote atmosféry 50 °C. Pri referenčných parametroch uvádzaných výrobcom zabezpečujú rekombinátory celkovú rýchlosť rekombinácie vodíka pribl. 160 kg/hod. Voľba kapacity a rozmiestnenia inštalovaných PAR vychádza z výsledkov štúdií distribúcie vodíka vykonaných rôznymi organizáciami. Vo všeobecnosti je celková kapacita rekombinátorov na rekombináciu vodíka vo všetkých analyzovaných sekvenciách pod 4 – 5 % za menej ako 1 hodinu. Pre scenáre s maximálnou rýchlosťou uvoľňovania vodíka do kontajnementu (napríklad LOCA) je doba, za ktorú sa potvrdí inertizácia pary kontajnementu nižšia ako 30 minút.

PAR sú navrhnuté tak, aby odolali očakávaným havarijným teplotám a sú seizmicky zodolnené. Prípadné zlyhanie (napr. mechanické poškodenie) jedného PAR neovplyvní funkčnosť ostatných PAR systému. Vzhľadom na rozmiestnenie v rôznych priestoroch kontajnementu je nepravdepodobné zlyhanie viacerých PAR. Kapacita systému ako celku je navrhnutá s dostatočnou rezervou, takže zlyhanie niekoľkých komponentov nespôsobí zlyhanie systému ako celku.

7.3.2.2 Prevádzkové opatrenia

V rámci návodov SAMG je riadenie vodíka zohľadnené v stratégiách uvedenými vo viacerých návodoch SAG a SCG. Postup riadenia vodíka v prvej revízii SAMG bol založený na riadenom spaľovaní vodíka pri dostatočne nízkej koncentrácii pomocou elektricky napájaných zapaľovačov. Implementácia riešenia založeného na PAR s výrazne nižšími nárokmi a činnosti personálu vyžaduje aktualizáciu stratégie riadenia vodíka v SAMG.

7.3.3 Prevencia pretlaku v kontajmente

7.3.3.1 Projektové opatrenia, vrátane opatrení na zabránenie rádioaktívnych únikov, ak si ochrana pred pretlakom vyžaduje uvoľnenie pary/plynu z kontajnementu

Pôvodný stav projektu

Radiačné úniky sú minimalizované zachovaním integrity tlakového rozhrania kontajnementu, ktoré je dimenzované na vnútorný pretlak aj podtlak. Okrem stavebnej časti sú súčasťou tlakového rozhrania kontajnementu aj zariadenia zabezpečujúce izolovanie v podmienkach havárie resp. zabezpečujúce jeho hermetičnosť.

Kontajment je dimenzovaný pre projektové havárie v rozsahu:

Maximálny projektový tlak:	245 kPa
Minimálny projektový tlak:	80 kPa
Maximálna teplota :	129 °C
Integrálna dávka ionizujúceho žiarenia:	10 ⁵ Gy za 10 rokov

Tesnosť tlakového rozhrania kontajnementu pre EBO3,4 (trvale zlepšovaná):

- Počiatočná projektová hodnota úniku < 13% obj. / 24 hod pri pretlaku 150 kPa
- Súčasná hodnota je cca 5% obj. /24 hodín

Tesnosť tlakového rozhrania kontajnementu pre EMO1,2 (trvale zlepšovaná):

- Počiatočná projektová hodnota úniku < 5% obj. / 24 hod pri pretlaku 150 kPa
- Súčasná hodnota je cca 2% obj. /24 hodín

Kontajnement je spolu s budovou reaktora integrovaný do spoločného objektu. Vnútorne hermetické oddelenia tvoria miestnosť parogenerátor, barbotážnu vežu so štyrmi plynojemami, centrum VZT a bazén výmeny paliva. Z hľadiska zachovania integrity tlakového rozhrania je nutná prevencia nadmerného pretlaku ale aj nadmerného podtlaku v kontajnemente.

Prevencia nadmerného pretlaku v kontajnemente

Riadenie tlaku v kontajnemente je zabezpečované dvomi systémami:

- **Pasívny systém potlačenia tlaku** – jeho cieľom je ohraničiť pretlak pri príslušných iniciačných udalostiach (napríklad LOCA, prasknutie parných potrubí). Túto plne pasívnu funkciu systému zabezpečujú barbotážne žľaby, v ktorých kondenzuje expandujúce chladivo. Súčasný projekt V213 nezahŕňa systém riadeného filtrovaného vetrania ako preventívneho prostriedku proti dlhodobému pretlakovaniu nasledujúcemu po strate odvodu tepla z kontajnementu. Systém zároveň zaisťuje zachytávanie štiepných produktov vo vodných bazénoch kondenzátora.
- **Sprchový systém kontajnementu** – účelom je zníženie tlaku a odvod tepla z kontajnementu do technickej vody dôležitej cez chladič sprchového systému v dlhodobom, recirkulačnom režime prevádzky. Činnosťou aspoň jednej vetvy sprchového systému je možné zabezpečiť trvalý odvod tepla z kontajnementu aj po ťažkej havárii. Na základe existujúcich analýz je možné extrapolovať, že kontajnement je schopný odolať úplnej strate odvodu tepla po 3 – 5 dní do dosiahnutia hraničného tlaku definovaného pre projekt SAM (350 kPa abs.).

Prevencia nadmerného podtlaku v kontajnemente - inštalovaná modifikácia

V rámci projektu SAM sa inštaluje systém umožňujúci prevenciu vzniku nadmerného podtlaku, umožňujúci riadený návrat časti nekondenzovateľných plynov zo záchytných komôr systému späť do kontajnementu (do priestoru pred kondenzačnými žľabmi) a prevenciu prehlbovaniu podtlaku. Realizuje sa to inštaláciou štyroch elektrických ventilov a dvoch spätných ventilov s prepojovacím a výfukovým potrubím. Systém je riadený ručne operátorom. Prednosťou prijatého tohto riešenia je, že sa nenarušuje celistvosť vonkajšej časti kontajnementu, lebo sa prepájajú iba vnútorné priestory medzi sebou.

7.3.3.2 Prevádzkové a organizačné opatrenia

Prevencia poškodenia kontajnementu v dôsledku nadmerného statického pretlaku, dynamického pretlaku v dôsledku horenia vodíka a neprípustného podtlaku sa dosahuje sa stratégiami uvedenými vo viacerých

návodoch balíka SAMG.Stratégie využívajú pôvodné projektové zariadenia kontajnementu, ale ich realizovateľnosť významne uľahčujú nové systémy inštalované v rámci projektu SAM.

7.3.4 Prevencia obnovenia kritického stavu

7.3.4.1 Projektové opatrenia

Prevencia kritického stavu sa zaisťuje vstrekováním chladiva s koncentráciou kyseliny boritej vyššej ako 12 g/kg buď do primárneho systému alebo len do kontajnementu.V rámci SAMG je explicitne zakázané doplňovať nebórované chladivo počas riešenia ťažkej havárie, čo je jednou z odchýlok od generických WOG SAMG.Kvôli zvýšeniu redundancie zdrojov chladiva sa v rámci projektu implementácie SAM inštaluje externá nádrž chladiva, z ktorého je možné doplňovať chladivo do:

- primárneho okruhu/ reaktora
- sprchového kolektora
- Bazénu vyhoreného paliva

Externý zdroj okrem bezpečnostnej funkcie riadenia podkritičnosti zabezpečuje aj funkciu odvod tepla z reaktora a BVP a odvod tepla z atmosféry kontajnementu sprchovaním.Sprchovanie kontajnementu z externého zdroja zvyšuje spoľahlivosť riadenia tlaku v kontajmente a znižuje úniky rádioaktívnych častíc znižovaním tlaku a predovšetkým oplachovaním štiepných produktov z atmosféry kontajnementu.

Externý zdroj chladiva v EBO3,4 pozostáva z troch nádrží s roztokom kyseliny boritej s koncentráciou 12g/kg, s celkovým využiteľným objemom 1250 m³ a z dvoch pracovných čerpadiel s pracovným tlakom 0,85MPa (NT) a 2,5 MPa (VT).Systém je prevažne umiestnený v budove pomocných prevádzok BPP.Umiestnenie nádrží na EMO1,2 zatiaľ nebolo stanovené, preferuje sa riešenie analogické s EBO34, kvôli maximálnemu využitiu skúseností.Fungovanie systému a aplikovateľné požiadavky budú identické.

7.3.4.2 Prevádzkové opatrenia

Vstrekovanie do primárneho systému a prevencia ďalšej degradácie aktívnej zóny reaktora počas ťažkej havárie je hlavným cieľom smernice SAG-2.Smernica obsahuje všetky potrebné pokyny pre použitie existujúcich zariadení systémov a novo inštalovaného externého SAM zdroja vody umožňujúceho vstrekovanie bórovaného chladiva priamo do primárneho okruhu.Výslovné zakázanie používania nebórovanej vody je opísané v SAG-2.Prevádzkové opatrenia na zabránenie obnovy kritického stavu je možné považovať za primerané.

7.3.5 Ochrana pred pretavením základného kovu

7.3.5.1 Potenciálne projektové riešenia umožňujúce zadržať taveninu v TNR

Pôvodný stav projektu

Podľa pôvodného projektu V213 je dlhodobá fáza chladenia aktívnej zóny pri haváriách so stratou chladiva (LOCA) po ukončení injekčnej fázy z nádrží havarijných systémov (t.j. u niektorých udalostí už po cca 30 min) založená na recirkulácii chladiva z podlahy boxu PG cez tepelný výmenník sprchového systému.Chladivo uvoľnené z poškodeného systému chladenia reaktora sa zberá na podlahe boxu PG a je k dispozícii pre recirkulačný režim chladenia aktívnej zóny.

Prasknutie tlakovej nádoby reaktora sa považuje za nereálnu kvôli prísne konzervatívnemu projektu nádoby a prísnyh kontrolám, takže šachta reaktora nie je zahrnutá do recirkulačnej slučky – projekt V213 neumožňuje riadený tok chladiva do šachty alebo návrat chladiva zo šachty do boxu PG. Pôvodný projekt V213 teda neumožňoval externé chladenie TNR, ani kontrolovateľné chladenie kória na dne šachty počas ex-vessel fázy po zlyhaní TNR.

Analýzy v rámci projektov PHARE 4.2.7a ukázali, že šachta reaktora je ohrozená krátko po prechode do ex-vessel fázy haváriou. Hraničnou konštrukciou sú vstupné dvere do šachty, o ktorých sa predpokladá, že zlyhajú kvôli tepelnému náporu alebo náhlemu zvýšeniu tlaku vyplývajúceho z HPME. Existuje riziko úniku rádioaktívneho chladiva cez neizolované odvodňovacie potrubie a cez indukované úniky cez utesnené priechodky v stene šachty.

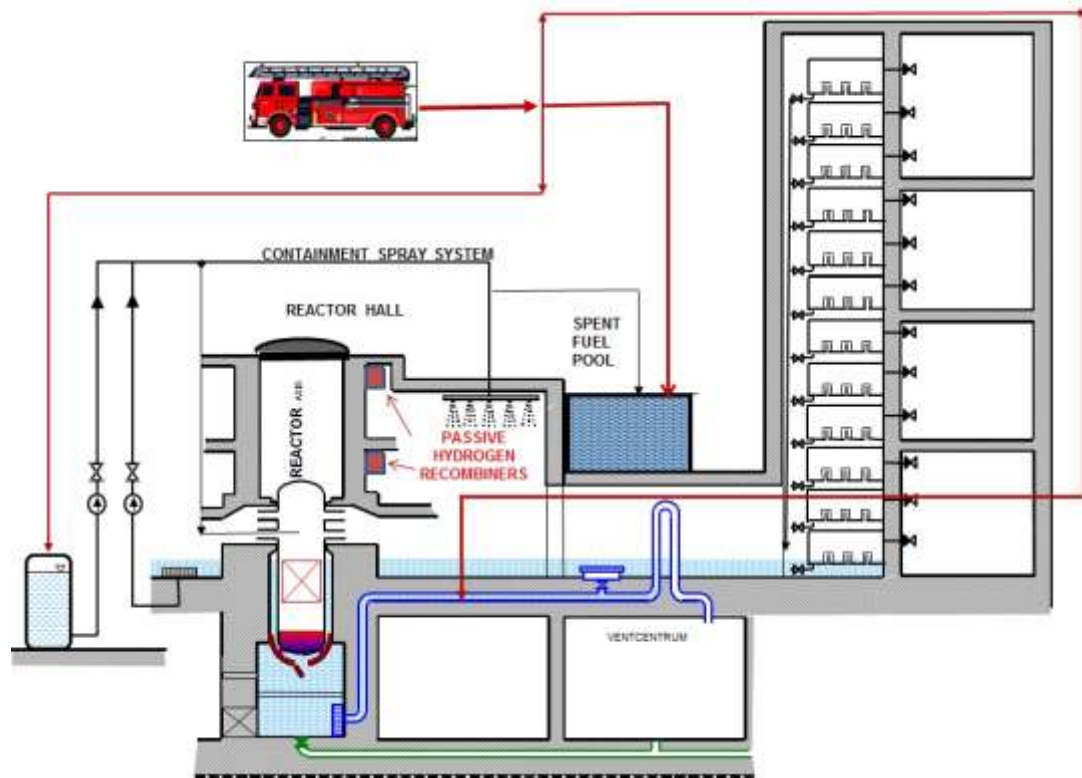
Aby sa zabránilo poškodeniu základného kovu, je potrebné vykonať nasledovné pre realizáciu externého chladenia TNR: a) včasné odtlakovanie reaktora; b) včasné zaplavenie šachty reaktora; a c) zabezpečenie kontaktu medzi stenou TNR a chladivom už pred premiestnením kória na dno reaktora; a d) zabezpečenie dostatočného odvodu pary generovanej okolo TNR späť do boxu PG. Projekčné riešenie je identické pre existujúce aj nové bloky.

Modifikácie potrebné pre zaplavenie šachty reaktora a zabezpečenie externého chladenia TNR:

- Modifikácia drenážneho systému barbotážnych žlabov - v rámci projektu implementácie SAM je zabezpečené spoľahlivé elektrické napájanie armatúr systému z havarijného SAM DG, čo zabezpečuje dostupnosť chladiva zo žlabov barbotážneho systému aj v podmienkach ťažkej havárie iniciovanej SBO.
- Filtračné sitové konštrukcie - v trase vstupu chladiva do šachty reaktora a k vonkajšiemu povrchu TNR je zaradená dvojstupňová filtrácia nečistôt ako prevencia upchatia najužších častí kanálu chladenia okolo nádoby reaktora.
- Inštalácia pasívneho otváracieho mechanizmu v tepelnej izolácii TNR - inštalácia kruhového vtokového otvoru so snímateľným vekom ovládaným špeciálnym plavákovým otváracím mechanizmom na dolnom tepelnom štíte TNR v šachte reaktora.
- Inštalácia dverí do tepelnej izolácie reaktora na úrovni reaktorových nátrubkov kvôli zníženiu hydraulického odporu pary vystupujúcej zo šachty.
- Trasa pre doplňovanie chladiva do šachty reaktora z externého mobilného zdroja - inštalácia trasy (suchovodu) vyústenej na vonkajšom plášti HVB, ktorou je možné doplňovať chladivo do šachty reaktora z mobilného externého zdroja. Trasa umožňuje využitie záložného zdroja chladiva pre externé chladenie TNR, bez potreby chladiva na podlahe boxu PG.

Modifikácie potrebné na izolovanie šachty reaktora a prevenciu nevratného úniku chladiva:

- Izolačný „sifón“ na dvoch vodorovných vzduchovodoch so zaplavovacími objektmi – úprava oboch potrubí ventilačného systému chladenia šachty reaktora. Na klesajúcej vetve sifónov sú inštalované dva zaplavovacie objekty, umožňujúce zaplavenie šachty reaktora pri ťažkých haváriách (pozri obr. 24). Sú umiestnené na oboch stranách spojovacej chodby medzi boxom PG s barbotážnou vežou a sú chránené pred nežiaducimi účinkami havárií (letiace predmety, zasiahnutie prúdom chladiva, úlomkami izolácie). Zaplavovacie armatúry sa ovládajú aktívne z BD. Ich otváranie sa predpokladá operátorom pri prechode medzi HPP a SAMG.
- Zlepšenie utesnenia hermetických dverí – zabezpečenie dostatočnej odolnosti tesnenia hermetických dverí šachty reaktora voči dlhodobému zaťaženiu zvýšenou radiáciou, teplom a tlakom (vrátane príspevku od hydrostatického tlaku v zaplavenej šachte reaktora).
- Izolácia vpuste špeciálnej kanalizácie na podlahe šachty reaktora – inštalácia uzatváracej zátky na zberači špeciálnej kanalizácie v šachte reaktora.



OBR. 24: Celkové usporiadanie pre zaplavenie šachty reaktora a sprchovanie kontajneru

7.3.5.2 Možné opatrenia umožňujúce chladenie kória vnútri kontajneru po zlyhaní TNR

Vzhľadom na obmedzenú odolnosť šachty reaktora v prípade zlyhania TNR, bez ohľadu na prítomnosť chladiva v šachte reaktora, pravdepodobne nebude možné zabrániť zlyhaniu dverí. Zlyhanie dverí umožní únik rádioaktívneho média a možno aj kória do priestoru mimo kontajneru a vážne zhoršenie vývoja havárie.

Z tohto dôvodu neboli posudzované žiadne zvláštne dodatočné opatrenia, ktoré by hypoteticky umožňovali chladiť kórium na dne šachty. Existujúce opatrenia v rámci implementácie stratégie externého chladenia TNR, najmä gravitačný nátok chladiva z boxu PG do šachty reaktora a odvod pary zo šachty späť do boxu PG, predstavujú maximálnu dosiahnuteľnú mieru ochrany dna šachty po zlyhaní TNR. Stabilizácia stavu taveniny, ukončenie degradácie betónu a dlhodobé zachovanie integrity šachty nie je možné zaručiť vyššie uvedeným spôsobom odvodu tepla. To významne zvyšuje dôležitosť prevencie zlyhania TNR. Na druhej strane je možné konštatovať, že zrealizovaná modifikácia zabezpečuje stabilizáciu roztaveného kória s dostatočnej vysokou spoľahlivosťou.

7.3.5.3 Cliff edge efekty v časovom intervale medzi odstavením reaktora a roztavením AZ

Nevykonanie zásahov operátora podľa vypracovaných stratégií, zlyhanie zariadení alebo neočakávaný vývoj havárie, ktorý je odlišný od situácií uvažovaných v stratégiách (alebo projekte zariadení) by hypoteticky mohli viesť k zlyhaniu integrity kontajneru počas ťažkej havárie. Aby sa eliminovala možnosť týchto scenárov, sú v projekte SAM a v SAMG dodržiavané nasledovné zásady a pravidlá:

- Prednosť majú určené pasívne zariadenia alebo zariadenia nepoužívané vo fáze udalosti predchádzajúcej jej vývinu do ťažkej havárie a napájané hlavne z určeného (vyhradeného) zdroja elektrického napájania;

- Všetky činnosti potrebné na zachovanie integrity kontajnementu so dodatkovými činnosťami k tým, ktoré sú uvedené v pôvodnom projekte VVER 440 a nových dodatočných projektových vlastnostiach (vysoko spoľahlivé modifikácie).

Väčšina včasných (krátkodobých) činností personálu obsiahnutých v SAM je zahrnutá do predpisu SA CRG-1, ktorý je jediný predpis realizovaný personálom z BD pred aktiváciou HRS. Činnosti popísané v SA CRG-1 sú vypracované ako algoritmus vo forme jasných pokynov a sú obsahom základného školenia personálu BD. Preto, požadované činnosti je potrebné zrealizovať s vysokou mierou spoľahlivosti.

Zásahy personálu a účinné využívanie dostupných systémov umožňujú riadenie integrity TNR a tlaku a teploty v kontajmente po dobu niekoľkých dní. Pravidelné sprchovanie kontajnementu počas tohto obdobia pomáha udržiavať minimálny vnútorný pretlak a spolu s vyplavovaním štiepných produktov sú hlavnými prostriedkami na zmiernenie rádiologických dôsledkov. Vzhľadom na pasívne riešenie prijaté pre riadenia vodíka je potrebné len monitorovať jeho úspešnosť.

V prípade nedostupnosti sprchového systému kontajnementu je pre dlhodobý odvod tepla z kontajnementu potrebné zabezpečiť obnovu činnosti minimálne jednej vetvy sprchového systému kontajnementu približne do 5 dní, počas ktorých sa zostatkový výkon a teplo z chemických reakcií môžu akumulovať v štruktúrach a stenách kontajnementu. Bola vypracovaná aj štúdia o možnom odvode tepla z kontajnementu prevádzkou ventilačných systémov kontajnementu.

7.3.6 Potreba a dodávka striedavého elektrického napájania a jednosmerného napájania a tlakového vzduchu pre zariadenia využívané na ochranu integrity kontajnementu

7.3.6.1 Projektové opatrenia

Pôvodný stav projektu

Súčasné zdroje elektrického napájania sú navrhnuté pre spoľahlivé riadenie projektových havárií; zálohovanie je väčšinou optimalizované na zvládnutie udalosti SBO spôsobených poruchami elektrických zariadení. Napájanie vlastnej spotreby je popísané v kapitole 1.3.

Inštalovaná modifikácia

Pre zvýšenie spoľahlivosti riadenia ťažkých havárií je do projektu implementácie SAM zahrnutý čiastkový projekt „Núdzový zdroj elektrickej energie“, ktorý je zameraný špecificky na zaistenie napájania počas ťažkých havárií. Inštalovaný dieselgenerátor SAM je nezávislý na existujúcich systémoch normálnej prevádzky, abnormálnej prevádzky a na systémoch pre riadenie projektových havárií. Núdzový zdroj je plánovaný ako spoločný pre dva jadrové bloky.

V EBO3,4 je SAM DG kontajnerového prevedenia; kontajner obsahuje 1 dieselgenerátor elektrickým výkonom až do 1 200 kW a jeho príslušenstvo (transformátor, záchytná vaňa pod dieselgenerátor, palivová nádrž o obsahu 3 000 l, otvor na prívod vzduchu, výfuk). Pre napájanie vlastnej spotreby SAM DG je vybudovaná samostatná vonkajšia rozvodňa 0,4 kV pre napájanie elektrických ohrievačov DG, palivového čerpadla a vývodu pre napájanie chladiacej vody v prípade ťažkej havárie.

Dispozičné umiestnenie SAM DG a príslušnej 6 kV rozvodne OBG bolo zvolené s ohľadom na nutnosť pripojenia SAM DG k blízkym kábovým kanálom, cez ktoré je pripojený III. sieťový zdroj – vodná elektrárň Madunice. Elektrický výkon SAM DG je vyvedený do novej vonkajšej 6 kV rozvodne OBG. Z rozvodne OBG je

okrem transformátora 6/0,4 kV (1 000 kVA) pre napájanie spotrebičov v prípade ťažkej havárie vyvedený vývod aj pre havarijné napájanie objektu HRS počas ťažkej havárie.

Rozhraním pre SAM DG sú panely SAM umiestnené na BD a identické panely na záložnom pracovisku umiestnené v objekte HRS. Využívanie SAM DG pri strate napájania závisí na rozhodnutí špecialistov SAMG z STP. SAM DG je možné využívať v primeranom rozsahu (t.j., bez ohrozenia jeho plnej prevádzkyschopnosti pre riešenie potenciálnej ťažkej havárie) už v etape prevencie poškodenia AZ, napr. v podmienkach SBO. Z tohto pohľadu predstavuje ďalšiu redundanciu napájania pre riadenie udalostí SBO.

V EMO1,2 je havarijné napájanie v projektovej prípravnej fáze. Riešenie bude brať do úvahy špecifické pripojenie elektrárne k elektrickej sieti a koncept vlastnej spotreby štyroch blokov EMO1,2,3,4. Z tohto dôvodu sa realizačné riešenie bude líšiť od riešenia vypracovaného pre EBO3,4. Riešenie však bude funkčne podobné k projektu EBO3,4; panely SAM budú umiestnené na BD 1. a 2. bloku EMO a identické panely budú na záložnom pracovisku umiestnené v objekte HRS.

7.3.6.2 Prevádzkové opatrenia

Obnova základného napájania, predĺženie životnosti existujúcich zdrojov striedavého napájania (batérie) a iniciácia a ovládanie SAM DG sú zahrnuté do normálnych prevádzkových postupov, HPP a SAMG a do dokumentácie STP. Realizovateľnosť požadovaných miestnych zásahov tvorí súčasť verifikácie a validácie SAMG.

7.3.7 Meracie a riadiace prístrojové vybavenie potrebné na ochranu integrity kontajneru

Pôvodný projekt

Spotrebiče a merania inštalované v rámci projektu SAM neboli súčasťou pôvodného projektu.

Prebiehajúca modifikácia:

Súčasťou projektu SAM je čiastkový projekt „Systém informácií SAM a riadiacich prvkov SAM komponentov“, obsahujúci realizáciu spoľahlivého SKR pre novo inštalované systémy a informačný systém v rozsahu potrebnom pre realizáciu stratégií uvažovaných v SAMG.

Informačný systém pre podporu SAM nadväzuje na systém PAMS – Pohavarijný monitorovací systém v súlade s odporúčaniami návodu US NRC RG 1.97.

Technicky sa jedná o doplnenie súboru meracích snímačov, príslušnej kabeláže a vyhodnocovacích zariadení umiestnených prevažne vnútri existujúcich objektov v budove reaktora, budove pomocných prevádzok a v HRS.

Pri návrhu systému boli zohľadnené požiadavky na rozsah informácií nutných pre realizáciu a monitorovanie úspešnosti stratégií v SAMG. Systematicky boli preverené všetky stratégie SAMG, diagnostické diagramy, nastavené hodnoty v stratégiách z hľadiska dostupnosti spoľahlivých údajov a redundancie ich zabezpečenia v informačnom systéme dostupnom tímom rozhodujúcim o používaní SAMG, tímu SAMG v rámci HK a tímu blokovej dozorne.

Súčasťou projektu EBO3,4 bolo analytické stanovenie kvalifikačných požiadaviek na novo inštalované zariadenia SKR a merania. Environmentálne kvalifikačné požiadavky boli stanovené na základe existujúcich analýz ťažkých havárií a novo vypracovaných analýz radiačnej situácie vo vybraných priestoroch HVB. Analogické požiadavky budú aplikované aj v projekte realizovanom na EMO1,2.

7.3.8 Spôsobilosť na riadenie ťažkej havárie v prípade simultánneho tavenia aktívne zóny / poškodenia paliva v rozličných blokoch tej istej lokality

Koncept riadenia havárií vychádza v súčasnosti z predpokladu vývinu ťažkej havárie len na jednom bloku v súlade s existujúcou legislatívou a odporúčaniami. Schopnosť reagovať na ťažkú haváriu naraz na dvoch blokoch je však dotknutá len v určitých oblastiach a len z kvantitatívneho hľadiska. Podrobná analýza zvýšenej potreby dodatočného personálu a dopĺňania vyčerpaných vonkajších zdrojov vody sú analyzované v technických správach zo záťažových testov jednotlivých elektrární. Nainštalované modifikácie (čerpadlá, potrubia, armatúry) poskytujú dostatočné kapacity na zvládnutie situácie.

7.3.9 Záver o vhodnosti systémov riadenia ťažkých havárií na ochranu integrity kontajnementu

Projekt SAM zahŕňa inštaláciu niekoľkých skupín veľkých modifikácií elektrárne, ktoré majú ako celok zabezpečiť lepšiu prevenciu eskalácie ťažkých havárií, zlepšiť schopnosť personálu JE zmierňovať dôsledky ťažkej havárie a zvýšiť pravdepodobnosť zachovania integrity kontajnementu. Rozsah prebiehajúceho projektu bol určený na základe podrobnej štúdie zraniteľnosti správania V213 a identifikácie problémov počas ťažkých havárií. Schválený rozsah projektu SAM sa považuje za primeraný.

7.3.10 Možné opatrenia na zvýšenie schopnosti udržať integritu kontajnementu po vzniku vážneho poškodenia paliva v AZ

Ďalšie možné opatrenia rozširujúce súčasný rámec projektu SAM budú analyzované po ukončení projektu na základe výsledkov validácie SAMG a analytickom preukázaní účinnosti stratégií pre zvládnutie reprezentatívnych scenárov ťažkých havárií.

7.4 Opatrenia pri riadení havárií na obmedzenie rádioaktívnych únikov

7.4.1 Rádioaktívne úniky po strate integrity kontajnementu

7.4.1.1 Projektové opatrenia

Okolo tlakového kontajnementu vo vnútri budovy reaktora sa nachádza vzduchotesná zóna, ktorej ventilačné systémy sú vybavené filtrami zachytávajúcimi štiepne produkty unikajúce cez prípadnú netesnosť rozhrania kontajnementu. Táto zóna vykonáva funkciu druhotného kontajnementu. Realizácia projektu SAM zahŕňa aj pripojenie ventilátorov ventilačného systému k určenému zdroju napájania, aby sa zabezpečila ich prevádzka aj počas ťažkých havárií spôsobených stratou napájania. Toto opatrenie výrazne prispieva k zmierneniu rádiologických dôsledkov pre okolie elektrárne.

Časť tlakového rozhrania primárneho kontajnementu nie je vybavená sekundárnym kontajnementom a prípadné úniky z tejto časti by viedli k priamemu úniku aktivity do okolia.

Vzhľadom na to, že veľkosť úniku je úmerná vnútornému tlaku v kontajnemente, všetky modifikácie inštalované v rámci projektu SAM, ktoré smerujú k zvýšeniu spoľahlivosti sprchového systému kontajnementu a zabezpečeniu odvodu tepla z kontajnementu resp. udržiavania čo najnižšieho pretlaku v kontajnemente, prispievajú k znižovaniu radiačných únikov do okolia. Medzi ne patria:

- Zvýšenie spoľahlivosti sprchového systému, odstránenie jednej z dvoch RČA na vstupe do kontajnementu, zodolnenie sprchového čerpadla proti radiácii a opatrenia smerujúce k obnove systému v prípade poruchy;

- Inštalácia núdzového externého zdroja vody s objemom nádrží 1 250 m³, s čerpadlom napájaným zo SAM DG umožňujúcim sprchovanie kontajneru. Nádrže bude možné priebežne doplňovať trasou (suchovodom) z mobilného zdroja vody. Trasa má kvôli spoľahlivému prístupu v havarijných podmienkach vyústenie na vonkajšom plášti budovy pomocných prevádzok.

Prevádzkyschopnosť sprchovania kontajneru zníži rádioaktívne úniky aj v prípade straty integrity kontajneru.

7.4.1.2 Prevádzkové opatrenia

Zmiernenie dôsledkov straty integrity kontajneru a následného uvoľnenia rádioaktívnych látok sú popísané v smernici SAMG SCG-1. Všetky príslušné prevádzkové opatrenia sú zahrnuté do smernice s dostatočnou úrovňou podrobností.

Minimalizácia dopadu rádioaktívnych únikov na personál elektrárne a na verejnosť je hlavnou úlohou havarijného plánovania a odozvy. Podrobné predpisy sú k dispozícii pre všetky činnosti vykonávané organizáciou havarijnej odozvy a ich súlad s legislatívou a ich vhodnosť boli overené počas Periodickej previerky bezpečnosti v rokoch 2008 a 2009.

7.4.2 Riadenie havárií po odkrytí vrchu paliva v bazéne skladovania paliva

7.4.2.1 Riadenie vodíka

Ako súčasť riadenia vodíka bol vypracovaný odhad možnej koncentrácie vodíka v reaktorovej sále vzniknutého v dôsledku degradácie paliva v bazéne vyhoreného paliva. Záverom hodnotenia bolo, že nie je potrebné inštalovať PAR v reaktorovej sále, nakoľko výsledná koncentrácia vodíka je pod prevádzkovou hranicou PAR s prihliadnutím na objem reaktorovej sály 160 000 m³. Hodnotenie však nezohľadnilo možnú nehomogénosť distribúcie vodíka a možnosť vzniku vyššej koncentrácie v oblasti nad bazénom. Detailnejšie analýzy zatiaľ nie sú k dispozícii.

V súčasnosti sa bezpečnosť bazénu vyhoreného paliva rieši spoľahlivou prevenciou vzniku ťažkej havárie, ktorá by mohla spôsobiť vznik nebezpečnej koncentrácie vodíka v reaktorovej sále. V projekte SAM je zahrnutá inštalácia dvoch vzájomne nezávislých trás umožňujúcich doplňovanie bórovaného chladiva do bazéna. Prvá je trasa z externého núdzového zdroja chladiva a je zaústená do potrubia systému chladenia bazénu vyhoreného paliva. Druhá trasa je pripojením k vonkajšej stene budovy reaktora a vedie do BVP zhora, t.j., bez vzťahu k potrubiu chladenia bazéna. Obe novo inštalované trasy (ktoré sú dodatkom k už existujúcim) sú dimenzované tak, aby zaistili rýchle obnovenie hladiny v bazéne v prípade zachovania jeho integrity.

7.4.2.2 Zabezpečenie primeraného tienenia proti radiácii

Pôvodný projekt V213 uvažoval s izoláciou a zakrytím bazénu vyhoreného paliva pomocou dostatočnej vrstvy chladiva nad palivom. Teda, ochrana proti radiácii je zabezpečená dostatočnými kapacitami systémov obnovujúcich zásobu chladiva v bazéne. Táto otázka je riešená v projektoch SAM inštaláciou dvoch nezávislých potrubí pre vstrekovanie vody.

7.4.2.3 Obmedzenie únikov po vážnom poškodení vyhoreného paliva v bazénoch skladovania paliva

Ventilačný systém odsávajúci vzduch sponad bazénu skladovania nie je vybavený jódovými filtrami, takže ho nie je možné využiť pre riadenie radiačnej situácie nad bazénom. Z toho vyplýva, že aj pre obmedzovanie

rádioaktívnych únikov po degradácii paliva (ťažká havária v BVP) je možné iba obnoviť dostatočnú hladinu nad palivom za účelom účinného vymývania štiepných produktov z pary unikajúcej do reaktorovej sály.

7.4.2.4 Prístrojové vybavenia potrebné na sledovanie stavu vyhoreného paliva a na riadenie havárie

Bazén skladovania je vybavený len prístrojmi potrebnými na podporu normálnej prevádzky: meranie hladiny a meranie teploty chladiva. V rámci projektu SAM sa na reaktorovej sále inštalujú dve nové dozimetrické merania (1 meranie na blok) vstupujúce do PAMS, ktoré by bolo možné nepriamo využiť pre monitorovanie stavu bazénu skladovania.

7.4.2.5 Dostupnosť a obývateľnosť blokovej dozorne

Pre hodnotenie dostupnosti a obývateľnosti BD v prípade ťažkej havárie v bazéne skladovania nie sú zatiaľ k dispozícii podklady. Toto hodnotenie bude predmetom ďalšieho výskumu.

7.4.2.6 Záver o vhodnosti opatrení na obmedzenie rádioaktívnych únikov

Vzhľadom na konštrukciu bazénu vyhoreného paliva a jeho prepojenie s reaktorovou sálou zatiaľ neboli posudzované možnosti jeho zodolnenia proti ťažkej havárii a izolácie od okolia JE ďalšou bariérou.

8 Všeobecný záver

8.1 Klúčové opatrenia zvyšujúce odolnosť (už implementované)

Od začiatku prevádzky prvých jadrových blokov na Slovensku sú všetky bloky podrobované systematickému hodnoteniu bezpečnosti a jej zvyšovaniu v súlade s novou národnou slovenskou legislatívou a medzinárodnými normami. Od pristúpenia k EÚ Slovensko dodržiava aj Zmluvu Euratom a odvodenú legislatívu EÚ. Súčasná legislatíva vo všeobecnosti dostatočne pokrýva otázky vzťahujúce sa na európske záťažové testy. Všetky elektrárne na Slovensku v súčasnosti podliehajú periodickým previerkam bezpečnosti (PPB) s 10-ročnou periodicitou. Posledná previerka v EBO bola ukončená v roku 2008, v EMO v roku 2009. Povolenia na prevádzku sú spojené s schválením programu zvyšovania bezpečnosti elektrární zameraného na dosiahnutie užšieho súladu úrovne bezpečnosti s porovnateľnými bezpečnostnými predpismi. Nedávno schválené programy zahŕňajú realizáciu rozsiahlych opatrení na zmiernenie následkov ťažkej havárie. Pre všetky elektrárne sú k dispozícii príslušne aktualizované SARA PSA úrovne 1 a 2, ktoré boli aktualizované podľa potreby a akceptované regulačnými orgánmi. Všetky prevádzkované bloky na Slovensku boli podrobené mnohým medzinárodným misiám, ktoré vykonali nezávislé hodnotenie ich úrovne bezpečnosti.

Reaktory VVER 440 / V213 majú mnoho zabudovaných bezpečnostných vlastností, ktoré sú priaznivé pre obnovu elektrárne po prevádzkových udalostiach. Tieto vlastnosti zahŕňajú nízku hustotu výkonu aktívnej zóny, riešenie elektrárne so šiestimi slučkami izolovateľnými ventilmi na každej slučke a s dvomi turbínami na zmiernenie závažnosti mnohých prechodových stavov, využitie parogenerátorov zjednodušujúcich prechod na prirodzenú cirkuláciu v P.O., veľkú zásobu vody v P.O. a parogenerátoroch, ktorá zmiernuje rušenia medzi produkciou a odvodom tepla a zaistenie dostatočných časových rezerv pre operátorov elektrárne. Veľký objem chladiva vo vodných žľaboch barbotéra slúži ako dodatočný zdroj chladiva.

V súlade so záväzkami prevádzkovateľa a pokynmi regulačného orgánu vykonala prevádzkujúca organizácia dodatočné hodnotenie bezpečnosti (záťažové testy) vo všetkých jadrových blokoch na Slovensku – v prevádzke alebo výstavbe. Rozsah hodnotenia bol v plnom súlade so špecifikáciami ENSREG.

Pre určenie bezpečnostných rezerv bol vypracovaný systematický prístup pod názvom Metóda konfiguračnej matice. Tento prístup vychádza z verifikácie výkonu základných bezpečnostných funkcií pre nastanie udalostí pri prevádzke na výkone, ako aj počas odstávkových režimov s prihliadnutím na palivo v reaktore a v BVP. Táto metóda bola následne prijatá MAAE ako jeden z prístupov pre nezávislé previerky MAAE.

Záťažové testy ponúkajú príležitosť pre hlbšie hodnotenie úrovni bezpečnosti jadrových elektrární na Slovensku s ohľadom na možné riziká nad rámec legislatívnych požiadaviek. Výsledky potvrdili, že elektrárne sú v súlade s pôvodnou základňou pre udelenie licencie a že boli zrealizované činnosti na posilnenie ich úrovne ochrany, aby boli schopné zvládnuť novo definované ohrozenia. Projekt elektrárne je robustný a vyhovuje zásadám ochrany do hĺbky, vrátane 4. úrovne ochrany, ktoré sú zamerané na prevenciu a riadenie ťažkých havárií. Neboli identifikované žiadne také nedostatky, ktoré by spochybnili ďalšiu bezpečnú prevádzku existujúcich blokov a pokračujúcu výstavbu nových.

V záťažových testoch boli potvrdené dodatočné bezpečnostné rezervy a identifikované dodatočné opatrenia na zvýšenie bezpečnosti, ktoré umožňujú ďalšie zlepšenie existujúcej úrovne bezpečnosti nad projektový základ. Žiadne z opatrení nezodpovedá bezprostrednému riziku vyžadujúcemu okamžité činnosti. Bezpečnostné rezervy a opatrenia na zlepšenie bezpečnosti pre rozličné oblasti hodnotenia sú zhrnuté v nasledovnej časti.

ZEMETRASENIA

Na území Slovenska a priľahlých územiach sa nenachádzajú žiadne tektonické štruktúry, ktoré by vyvolali vznik extrémne silných zemetrasení porovnateľných s katastrofickým zemetrasením v Japonsku. Avšak aj tak je seizmicita oblasťou, ktorá bola dôkladne zvážená v projekte, prevádzke a zvyšovaní bezpečností elektrární a bola aj predmetom záťažových testov. Bol zrealizovaný systém seizmického monitorovania a v súčasnosti sa využíva na včasnú identifikáciu akejkoľvek seizmickej činnosti, ktorá môže mať dopad na JE.

Hodnotenie seizmickej úrovne lokalít bolo vypracované v súlade s odporúčaniami MAAE. Odráža súčasný stav techniky a bol akceptovaný niekoľkými medzinárodnými misiami. Schopnosť jadrových blokov zachovať svoje základné bezpečnostné funkcie bola výrazne posilnená následnými krokmi pre zvýšenie bezpečnosti voči pôvodnému projektu. Pôvodná projektová hodnota základného špičkového zrýchlenia (PGA) pre EBO3,4 = 0,025 g bola zvýšená na PGA = 0,25 g (aktualizácia vykonaná v roku 1995) a na súčasnú hodnotu PGA = 0,344 g - táto aktualizácia bola ukončená v roku 2008. Podobne, pôvodná hodnota pre Mochovce PGA = 0,06 g bola zvýšená (na základe odporúčania MAAE) na 0,1 g, ktorá bola použitá aj pre výstavbu elektrárne. Na základe súčasného stavu techniky bola úroveň seizmicity zvýšená na 0,143 g. Regulačný orgán následne stanovil hodnotu PGA = 0,15 g ako základnú projektovú hodnotu pre výstavbu MO34 a pre zvýšenie bezpečnosti blokov EMO1,2. Nakoľko zvyšovanie hodnoty vo veľkej miere vychádzalo z konzervatívneho prístupu berúceho do úvahy hlavne elastické správanie konštrukcií, rezerva existuje ešte aj voči zvýšeným hodnotám PGA. S prihliadnutím na vlastnosti materiálov použitých pre jednotlivé komponenty bezpečnostného systému by so zvyšujúcim sa zaťažením najskôr malo dôjsť k plastickej deformácii a až po prekročení hraničných konštrukčných hodnôt by malo dôjsť k poškodeniu daného komponentu. Toto hodnotenie je však nad rámec aktuálnych regulačných požiadaviek a medzinárodných noriem a rezerva ešte nebola kvantifikovaná. Vykonávajú sa podrobnejšie analýzy za účelom určenia dodatočnej rezervy obsiahnutej v pôvodných konzervatívnych projektových predpokladoch. Predbežné odhady naznačujú, že bezpečnostné rezervy ďaleko prekračujú projektové hodnoty. Kvantifikácia týchto rezerv sa očakáva na základe ďalšieho hodnotenia.

ZÁPLAVY

Boli dôkladne zvážené účinky povrchových vodných zdrojov, zlyhania priehrad, podzemných vôd a extrémnych meteorologických podmienok ako možných zdrojov záplav. Vnútorne záplavy vyplývajúce z prasknutia potrubí po zemetrasení boli tiež zohľadnené v hodnotení. Vďaka vnútrozemskému umiestneniu lokalít, ich vzdialenosti od zdrojov vody, topografii lokality a dispozičnému riešeniu elektrárne je možné vylúčiť zaplavenie lokality z vodných zdrojov z riek alebo jazier, ako aj podzemných vôd. Analýza možných zlyhaní priehrad na riekach Váh a Hron ukázala, že indukovaná záplavová vlna môže dočasne znefunkčňiť čerpace stanice, ktoré dodávajú surovú vodu do elektrární. Tieto udalosti boli konzervatívne uvažované v správe zo záťažových testov ako dlhotrvajúce straty konečného recipientu tepla.

Jedinými významnými zdrojmi záplav lokality sú extrémne meteorologické podmienky (silný dážď, sneh, kombinácia dažďa a topiaceho sa snehu). Pre hodnotenie lokality Mochovce bola použitá nedávno (2011) aktualizovaná štúdia extrémnych meteorologických podmienok. Zaplavenie lokality v dôsledku extrémnych zrážok je veľmi nepravdepodobné; len ak sa extrémne zrážky konzervatívne skombinujú so zablokovaním kanalizačného systému a ak personál neprijme žiadne nápravné činnosti, bolo konzervatívne uvažované s hladinou vody na lokalite až do výšky 10 cm s dobou návratnosti 10 000 rokov.

Komponentmi najzraniteľnejšími záplavami sú elektrické komponenty v závislosti od ich umiestnenia / výškovej inštalácie v príslušných stavebných objektoch. Správne utiesnenie budov a dostatočné vyvýšenie vchodových dverí poskytuje dostatočnú ochranu proti záplavám. Podrobné overenie preukázalo, že obe elektrárne

v Mochovciach majú už k dispozícii veľké rezervy (viac ako dvojnásobné).V Bohuniciach boli zrealizované primerané dočasné opatrenia a konečné permanentné riešenie ochrany je v svojej predprojektovej fáze.Okrem toho boli hodnotené situácie bez akéhokoľvek pevného udania času pre zaplavenie komponentov / systémov dôležitých pre bezpečnosť, ktoré preukázali, že časová rezerva do zaplavenia základného napájania elektrickou energiou je viac ako 72 hodín.Je však dôležité povedať, že záplavy spôsobené zrážkami neprichádzajú náhle a nie sú spojené s škodlivou hydrodynamickou vlnou, a preto tu existujú časové rezervy a výsledné poškodenie je oveľa menej významné.

Extrémne meteorologické podmienky (okrem extrémnych zrážok)

Hodnotenie vykonané v rámci záťažových testov zahŕňalo meteorologické javy a ich kombinácie ako extrémne teploty a vlhkosť, extrémne sucho, vplyv ľadu a snehu, extrémny priamy a rotujúci vietor.Bola tiež hodnotená realizovateľnosť logistiky potrebnej pre havarijnú pripravenosť.

Vďaka lokalite Slovenska v miernom meteorologickom pásme Európy, extrémne podmienky neboli v minulosti považované za veľký problém, čo vo viacerých prípadoch malo za následok obmedzené projektové informácie týkajúce sa odolnosti systémov, konštrukcií a komponentov elektrárne.Následne, hodnotenia účinkov extrémnych meteorologických podmienok v správe zo záťažových testov sú prevažne kvalitatívne (špecificky pre EBO3,4) na základe prevádzkových skúseností a odborného posudku.Vykonané hodnotenie a prevádzkové skúsenosti však preukázali, že odolnosť elektrárne voči meteorologickým extrémom je prijateľná.Extrémne sucho nepredstavuje vážny problém pre bezpečnosť, nakoľko ide o pomalý proces a pretože zásoby vody sú dostatočné pre odvod tepla na viac ako 10 dní.Okrem prijatých opatrení na zlepšenie, ktorých základným cieľom bolo zvýšiť seizmickú odolnosť, tieto prispievajú aj k zlepšenej odolnosti voči vetru.Nakoľko vývoj extrémnych meteorologických podmienok (okrem veľmi silného vetra) na vyvinutie vážneho zaťaženia elektrárne vyžaduje určitý čas, hodnotenia ukazujú dostatočné časové rezervy pre prijatie protipatrení pre extrémne podmienky.

Strata elektrického napájania a strata UHS

S ohľadom na riziko straty napájania je možné vziať do úvahy skutočnosť, že obe lokality majú 8 rozličných možností (s rozličnou citlivosťou voči vonkajším rizikám) na zaistenie napájania vlastnej spotreby elektrárne (okrem ich redundancií); 5 z týchto možností nezávisí od distribučnej elektrickej siete.Tieto rozličné možnosti sa dajú aktivovať buď automaticky alebo personálom elektrárne v rozmedzí od niekoľkých desiatok sekúnd do dvoch hodín.K dispozícii sú záložné zdroje schopné zabezpečiť napájanie po neobmedzene dlhú dobu.Tú istú možnosť ponúka pripojenie JE k vybratým VE.Vnútorne zdroje napájania elektrárne nezávislé na vonkajšej sieti zahŕňajú 3 x 100 % redundanciu SH DG so zásobami paliva na 9 – 10 dní.Rozhodnutie o inštalácii dodatočného diverzného DG určeného na riadenie ťažkých havárií boli prijaté v dôsledku vykonaných periodických previerok bezpečnosti už pred haváriou vo Fukušime a ich realizácia prebieha v súčasnosti.Okrem toho boli zakúpené aj mobilné dieselgenerátory pre dobíjanie batérií v prípade dlhotrvajúceho SBO a strate všetkých ostatných zdrojov striedavého napájania.Preukázaná kapacita batérií postačuje na 8 – 11 hodín a existujú ďalšie rezervy v optimalizácii ich využitia a možnosti ich dobíjania z DG, ktorý je v súčasnosti v procese obstarávania.

Časové rezervy do nevratných strát sa líšia v závislosti od prevádzkových režimov a úspešnosti jednotlivých opatrení.V správe zo záťažových testov bol analyzovaný a rozoberaný veľký počet kombinácií; v nasledujúcej časti sú uvedené len niektoré z nich.Bolo potvrdené, že zabudované bezpečnostné črty VVER 440 / V213, ktoré prispievajú k výrazným časovým rezervám v prípade straty elektrického napájania a UHS, ktoré zahŕňajú veľkú tepelnú zotrvačnosť vyplývajúcu nízkeho výkonu a porovnateľne veľkých zásob vody v P.O. S.O., ako aj veľký

objem vody vo vnútri kontajmentu, ktorý sa nachádza v systéme potlačovania tlaku, sú potenciálne využiteľné pre chladenie paliva.

Časové rezervy v prípade SBO pri plnom výkone, ak sa využije len zásoba chladiva v P.O. a S.O., sú približne 32 hodín; s využitím mobilného havarijného zdroja by sa tieto rezervy predĺžili na viac ako 10 dní bez akejkoľvek vonkajšej pomoci. Pre odstávkové režimy sa tento časový interval predlžuje na minimálne 2,7 dňa sa s využitím havarijných nádrží demineralizovanej vody až na 13 dní. Pre stratu odvodu tepla z BVP sú časové rezervy bez akýchkoľvek zásahov operátora viac ako 30 hodín pre najkonzervatívnejší prípad s úplným vyvezením aktívnej zóny do bazéna, alebo viac ako 150 hodín pre reálnejšie situácie (pre čiastočné vyvezenie paliva). Tieto rezervy je možné ďalej predĺžiť o približne 4 – 14 hodín využitím chladiva z barbotážnych žlabov. Zásady personálu využívajúce hasičské automobily by vyriešili tento problém na neobmedzene dlhú dobu. Integritu kontajmentu je v prípade úplnej straty odvodu tepla možné udržať minimálne 3 – 5 dní (bez aktivít personálu).

JE na Slovensku využívajú atmosféru ako primárny konečný recipient tepla; alternatívnym spôsobom odvodu tepla je odvod pary do atmosféry. Hoci v zásade tento UHS nie je možné stratiť, môže dôjsť k znemožneniu prenosu tepla do UHS. Tieto situácie boli predmetom hodnotenia v rámci záťažových testov. Ak nie je možné normálne chladenie elektrárne cez S.O. a chladiace veže, zostávajúce možnosti zahŕňajú priame uvoľňovanie pary z PG do atmosféry cez bypasové stanice pary, alebo systémom Feed&Bleed P.O. alebo odvodom tepla cez systém TVD, pričom tento je kvalifikovaný aj na havarijné situácie. Nakoľko zlyhanie všetkých systémov TVD by mohlo mať vážne dôsledky s ohľadom na odvod tepla z AZ, BVP a kontajmentu, tento prípad bol podrobne analyzovaný v záťažových testoch ako najkonzervatívnejší. Ak stratu TVD nespôsobí udalosť SBO prediskutovaná vyššie, je potrebné zvážiť stratu dodávky surovej vody. Veľká zásoba chladiacej vody v každom bloku však postačuje na odvod tepla na približne 8 – 16 dní a zásoba v lokalite na približne mesiac. Prípad kombinovanej straty UHS a SBO je v prípade VVER 440 / V213 pokrytý len samotnou udalosťou SBO, nakoľko SBO je vždy spojená so stratou UHS.

Riadenie ťažkých havárií

Vypracovanie a implementácia programu riadenia havárií vrátane zmierňovania následkov ťažkých havárií je proces prebiehajúci vo všetkých jadrových blokoch na Slovensku nezávisle od havárie vo Fukušime. Symptómovo orientované havarijné prevádzkové postupy (HPP) zaoberajúce sa projektovými haváriami a preventívnou časťou ťažkých havárií boli plne zrealizované v EBO3,4 a EMO1,2 v roku 1999 (pre udalosti iniciované počas prevádzky na výkone) a v roku 2006 (pre udalosti iniciované odstaveným reaktorom alebo v BVP). Špecifické smernice pre riadenie ťažkých havárií (SAMG) pre jednotlivé elektrárne boli vypracované pre EBO3,4 a EMO1,2 v období rokov 2002 – 2004. V období 2004-2005 bola spracovaná komplexná štúdia definujúca technické špecifikácie modifikácií a rozšírení základného projektu VVER 213, potrebných pre implementáciu SAMG. Projekt implementácie modifikácií na podporu riadenia ťažkých havárií na základe SAMG bol navrhnutý v súlade so všetkými požiadavkami a odporúčaniami v slovenskej legislatíve v rokoch 2006 -2007. Projekt implementácie SAM bol iniciovaný v roku 2009 ako spoločný projekt EBO3,4 a EMO1,2 s termínom ukončenia 2013 v EBO a nadväzujúcou realizáciou v EMO1,2 (realizácia bola urýchlená po udalostiach vo Fukušime s novým termínom ukončenia v roku 2015).

Zrealizované opatrenia zahŕňajú určené prostriedky pre odtlakovanie P.O., riadenie vodíka s využitím pasívnych autokatalytických rekombinátorov, podtlakovú ochranu kontajmentu, zadržanie kória v nádobe reaktora zosilnením šachty reaktora a zabezpečením jej zaplavenia, určené veľké vonkajšie nádrže s roztokom kyseliny boritej s určeným zdrojom napájania a čerpadlom pre možné zaplavenie BVP, ktoré tiež slúžia ako doplnkový zdroj chladiva pre zaplavenie šachty reaktora a vymývanie štiepných produktov z atmosféry kontajmentu,

modifikácie umožňujúce dopĺňanie chladiva do šachty reaktora, BVP a externých nádrží pomocou mobilného zdroja pripojeného k externému pripojovaciemu miestu na stene budovy reaktora a budovy pomocných prevádzok a príslušné SKR potrebné na riadenie ťažkých havárií. Realizujú sa opatrenia za účelom možného využitia veľkých zásob chladiva z vodných barbotážnych žlabov ako dodatočného zdroja chladiva. Implementácia spoľahlivého zadržania roztaveného kória v nádobe reaktora zabraňuje komplikovanému ex-vessel fenoménu spojenému s interakciou medzi kóriom a betónom, priamym ohrevom kontajnementu, produkciou neskondenzovateľných plynov vedúcou k pretlakovaniu kontajnementu, atď.; všetky tieto fenomény sú spojené s veľkými nespoľahlivosťami.

Veľká časť požadovaných modifikácií elektrárne už bola zrealizovaná (napríklad inštalácia autokatalytických rekombinátorov, opatrenia na zaplavenie šachty reaktora). Dlhodobý odvod tepla z kontajnementu je v súčasnom rozsahu projektu SAM zaistený obnovou prevádzkyschopnosti základného projektového zariadenia - sprchového systému kontajnementu.

8.2 Bezpečnostné otázky

Tzv. cliff-edge účinok sa chápe ako situácia, keď malá zmena v parametri vedie k neproporčným náhlemu nárastu následkov. Určenie a špecifická kvantifikácia cliff-edge účinkov je komplikovaná a niekedy dokonca nemožná kvôli skutočnosti, že relevantné situácie pre nadprojektové situácie neboli predtým požadované, a preto sú často nedostatočné. Nedostatky a cliff-edge účinky sú oddelene prediskutované v nasledujúcej časti pre jednotlivé oblasti hodnotenia.

ZEMETRASENIA

Potenciál cliff-edge účinkov, ktoré môžu vyplynúť z poškodenia kľúčových objektov a zariadení potrebných na bezpečné odstavenie a chladenie elektrárne (vrátane dostupnosti napájania a UHS) alebo z poškodenia prístupových / prepravných ciest personálu alebo externých zariadení na lokalitu a do objektov elektrárne. Je potrebné vziať do úvahy nielen technologické zariadenia elektrárne, ale aj prostriedky potrebné na zmiernenie indukovaných účinkov, ako napríklad dostupnosť BD pre zásahy operátora, hasiace zariadenia alebo prostriedky na obnovu po vnútornej záplave.

Na základe hodnotenia nie je dostupnosť lokality a elektrárne považovaná za veľký problém vďaka rozličným prístupovým cestám, dostatočným časovým rezervám a nožnej dostupnosti ťažkých mechanizmov na odpratávanie sute. Tieto opatrenia tiež uľahčujú riešenie problematiky straty napájania a UHS eventuálnou mobilizáciou vonkajšej podpory elektrárne, ako je zvlášť prediskutované v tejto správe.

Hlavnou otázkou je preto zraniteľnosť zariadení potrebných na odstavenie a chladenie elektrárne. Tieto zariadenia sú presvedčivo k dispozícii v prípade zemetrasenia až do bezpečného odstavenia v prípade (projektového) zemetrasenia, ako je v súčasnosti špecifikované pre jednotlivé lokality. Pre nadprojektové zemetrasenia nie je k dispozícii hĺbková analýza zraniteľnosti kľúčových zariadení, a preto nie je v súčasnosti možné kvantifikovať špecifické cliff-edge účinky.

ZÁPLAVY

V hodnotení nebol identifikovaný žiadny mechanizmus, ktorý by viedol k náhlým záplavám vyplývajúcim do nezvratiteľnej straty bezpečnostných funkcií. Určité zaplavenie lokality je možné len v dôsledku nepravdepodobných extrémnych zrážok skombinovaných s úplným zablokovaním kanalizačného systému a neprijatím opatrení personálom na odstránenie tohto upchatia. Tento proces by sa vyvíjal postupne v čase, čím poskytuje dobu na obnovenie želateľného stavu.

Rezervy existujúce v Mochovciach sú už tak veľké, že všetky potenciálne cliff-edge účinky je možné presvedčivo vylúčiť. V Bohuniciach je však v prípade kombinácie záplavy a straty všetkých zdrojov napájania zo siete a neprijatia žiadnych protopatrení bezpodmienečne nevyhnutná dostupnosť dieselgenerátorov. Vývod výkonu dieselgenerátorov, ktorý je pod zemou, môže byť vyradený z prevádzky po 1 – 2 hodinách trvalých záplav. V prípade dodatočnej straty normálneho zdroja elektrického napájania by to viedlo k scenáru SBO. Zraniteľnosť stanice DG záplavami je možné uvažovať v prípade viac ako 20 cm trvalej hladiny vody okolo budovy DG, čo je možné považovať za cliff-edge účinok. V dôsledku dočasných opatrení, ktoré však už boli prijaté, je tento cliff-edge účinok možné taktiež vylúčiť, aj s ohľadom na budúcu inštaláciu trvalej ochrany proti záplavám. Okrem toho prevádzkové postupy zamerané na prevádzkyschopnosť kanalizačného systému ešte ďalej zvyšujú robustnosť ochrany.

Extrémne meteorologické podmienky (okrem extrémnych zrážok)

Zaťaženia vyplývajúce z extrémnych meteorologických podmienok, ako je extrémna teplota a vlhkosť, extrémne suchá, dopad snehu a ľadu, by sa vyvíjali postupne, čím poskytujú dostatočné časové rezervy na prijatie protopatrení. Silný priamy alebo rotujúci vietor by mohol spôsobiť náhle škody. Hoci pre JE Mochovce boli ukázané dostatočné rezervy, sú potrebné podrobnejšie informácie týkajúce sa podrobnej meteorologickej štúdie a hodnotenia dopadov s využitím najmodernejších spôsobov. V súčasnosti preto nie je dostupná presná kvantitatívna špecifikácia cliff-edge účinkov.

Strata elektrického napájania a strata UHS

Vnútorne bezpečnostné vlastnosti projektu V213 sú podporované celým radom opatrení zameraných na prevenciu poškodenia AZ, čo tiež poskytuje dostatočné časové rezervy na prijatie nápravných opatrení. Nezabezpečenie týchto technických opatrení alebo nezrealizovanie opatrení alebo vhodnej zmeny konfigurácií personálom elektrárne predstavuje možné cliff-edge účinky, ktoré by mohli viesť k nezvratiteľnému poškodeniu AZ. Všetky dostupné možnosti, ktoré sú k dispozícii pre prípad straty napájania alebo UHS alebo obe, sú dostatočne popísané v kapitolách 1 a 5 tejto správy, a preto tu nie sú opakované. Nižšie sú uvedené len príklady porúch, ktoré by mohli viesť k nezvratiteľnému poškodeniu AZ:

Nezabezpečenie striedavého napájania vlastnej spotreby v prípade straty napájania zo siete všetkými zdrojmi:

- Zlyhanie pripojenie záložného externého zdroja napájania
- Zlyhanie prechodu na prevádzku na vlastnú spotrebu
- Zlyhanie nábehu všetkých troch havarijných DG
- V prípade úspešného štartu minimálne jedného DG, spotrebovanie vnútornej zásoby paliva a nemožnosť opätovného naplnenia palivovej nádrže (za 3 x 10, t.j., približne 30 dní pri postupnom využívaní DG)
- Zlyhanie pripojenia vlastnej spotreby k určenej VE (Madunice alebo Gabčíkovo)
- Zlyhanie pripojenia k ktorémukoľvek z 3 DG v susednej JE V1 (pre EBO3,4) alebo DGS (16 x 2 MWe) v Leviciach (pre Mochovce)
- Zlyhanie pripojenia k diverznému DG určenému na zmiernenie následkov ťažkých havárií alebo spotrebovanie dostupného paliva v prípade úspešného nábehu

K zlyhaniu striedavého napájania dôjde len vtedy, ak nastanú všetky vyššie uvedené prípady. Dokonca ani v tomto prípade nejde o cliff-edge účinok, nakoľko nedôjde k žiadnej náhlej strate bezpečnostných funkcií.

Zlyhanie zaistenia striedavého napájania z batérií spojeného so stratou prístrojového vybavenia:

- Strata všetkých zdrojov striedavého napájania dostupného pre dobíjanie batérií
- Strata všetkých zdrojov striedavého napájania s následným vyčerpaním kapacity batérií (za približne 8 – 11 hodín)
- Zlyhanie dopravy a / alebo pripojenia mobilného DG na dobíjanie batérií
- V prípade úspešnej aktivácie mobilného DG spotrebovanie nafty (zásobu je potrebné špecifikovať)

Museli by nastať všetky vyššie uvedené možnosti, aby došlo ku strate jednosmerného napájania. Úplná strata jednosmerného napájania by znamenala vážnu situáciu, pretože by sa stratila možnosť monitorovania stavu elektrárne (pokiaľ nie je k dispozícii špeciálne mobilné monitorovacie zariadenie) a ovládanie - riadenie elektrárne by bolo obmedzené na ručné ovládanie.

Zlyhanie riadenia reaktivity AZ v prevádzkových režimoch so zatvoreným P.O. (za podmienky straty striedavého napájania):

- Zlyhanie havarijného odstavenia reaktora
- Zlyhanie zníženia tlaku v P.O. za účelom vstrekovania chladiva z HA
- Zlyhanie pripojenia malého mobilného DG pre prevádzku čerpadiel bórneho koncentráту

Zlyhanie odvodu tepla z AZ v prevádzkových režimoch so zatvoreným P.O. (za podmienky straty striedavého napájania):

- Zlyhanie prevádzkovania všetkých PSA (na odvod tepla druhotným varom chladiva – za približne 5 hodín)
- Zlyhanie aktivácie ZHÚ pripraviť a pripojiť mobilné VT SHNČ (možné na viac ako 10 dní bez vonkajšej pomoci)
- Strata NN alebo spojovacích potrubí alebo zlyhanie gravitačného napájania z NN do PG (za približne 20 hodín)
- Zlyhanie otvorenia OV KO za účelom zníženia tlaku v P.O. a vstrekovania chladiva z HA (za minimálne 5 hodín)
- Zlyhanie doplnenia vnútorných zásob chladiacej vody za približne 10 dní
- Nedostupnosť mobilného VT SHNČ v oboch blokoch v prípade nastania ťažkých havárií v rovnakom čase

Z vyššie uvedeného širokého zoznamu je za najdôležitejšie možné považovať nasledovné zlyhanie ľudského faktora počas riadenia havárie:

- Zlyhanie pripojenia jednosmerného napájania k určenému zdroju napájania pre ťažké havárie (dostupný čas približne 8 hodín)
- Zlyhanie pripojenia malého mobilného DG na dobíjanie batérií a prevádzku čerpadiel bórneho koncentráту (dostupný čas približne 8 hodín)
- Neaktivovanie ZHÚ a pripojenia mobilného VT SHN pred doplnením chladiva v P.O. a S.O. a zaistenie primeranej dodávky vody (dostupný čas približne 24 hodín)

Riadenie ťažkých havárií

Je možné prehlásiť, že HPP a SAMG zabezpečujú stratégie pre zmiernenie následkov havárie vo všetkých možných scenároch. Nevykonanie zásahov operátora podľa vypracovaných stratégií, zlyhanie zariadení alebo

neočakávaný vývoj havárie, ktorý je odlišný od situácií uvažovaných v stratégiách (alebo projekte zariadení) by hypoteticky mohli viesť k zlyhanie integrity kontajnementu počas ťažkej havárie a stať sa cliff-edge. Tieto poruchy – zlyhania by mohli vyplynúť nielen z náhodných porúch, ale aj z vážnych vonkajších nadprojektových ohrození, predovšetkým z veľkého zemetrasenia. Vzhľadom na rozličnosť scenárov nie je možné popísať dôsledky činností a dostupné časové rezervy. Aby sa eliminovala možnosť týchto scenárov, sú v projekte SAM a v SAMG dodržiavané nasledovné zásady a pravidlá:

- Prednosť majú určené pasívne zariadenia alebo zariadenia nepoužívané vo fáze udalosti predchádzajúcej jej vývinu do ťažkej havárie a napájané hlavne z určeného (vyhradeného) zdroja elektrického napájania;
- Všetky činnosti potrebné na zachovanie integrity kontajnementu so dodatkovými činnosťami k tým, ktoré sú uvedené v pôvodnom projekte VVER 440 a nových dodatočných projektových vlastnostiach (vysoko spoľahlivé modifikácie).

Väčšina včasných (krátkodobých) činností personálu obsiahnutých v SAM je zahrnutá do predpisu CRG-1, ktorý je jediný predpis realizovaný personálom z BD pred aktiváciou HRS. Činnosti popísané v CRG-1 sú vypracované ako algoritmus vo forme jasných pokynov a sú obsahom základného školenia personálu BD. Preto, požadované činnosti je potrebné zrealizovať s vysokou mierou spoľahlivosti.

Do úvahy je však potrebné vziať skutočnosť, že podľa aktuálne platných požiadaviek boli opatrenia vypracované s prihliadnutím na nastanie ťažkej havárie len na jednom z dvoch blokov. Toto obmedzenie by bolo potrebné prehodnotiť.

8.3 Možné zlepšenia bezpečnosti a ďalšie predpokladané práce

Na základe výsledkov hodnotenia bezpečnosti a napriek uspokojivej úrovni bezpečnosti elektrární prevádzkujúca organizácia určila celý rad opatrení pre ďalšie zvýšenie bezpečnosti a robustnosti elektrární v oblastiach pokrytých záťažovými testami. Niektoré z opatrení sú v pokročilom štádiu realizácie, niektoré budú vyžadovať dlhší čas. Sú zhrnuté v nasledujúcej časti oddelene pre jednotlivé oblasti hodnotenia.

ZEMETRASENIA

Odolnosť elektrárne voči zemetraseniam sa v nedávnej dobe výrazne zvýšila a považuje sa za primeranú súčasným požiadavkám. Napriek tomu sa uvažuje o nasledovných opatreniach na kvantifikáciu rezerv a ďalšie zlepšenie:

- Kvantifikácia rezerv kľúčových SKK pre zemetrasenia presahujúce projektové zemetrasenie
- Vypracovanie seizmickej PSA
- Aktualizácia plánov logistiky dopravy do JE po extrémnom zemetrasení

ZÁPLAVY

Napriek mimoriadne nízkej pravdepodobnosti zaplavenia areálu a už dostupným opatreniam sa zvažujú nasledovné dodatočné opatrenia na zvýšenie úrovne bezpečnosti elektrární:

- Finalizovať novú meteorologickú štúdiu pre lokalitu Bohunice, vrátane odporúčaných extrémnych hodnôt meteorologických parametrov, ktoré je potrebné použiť na hodnotenie bezpečnosti a určenie maximálneho možného zaplavenia areálu v dôsledku extrémnych zrážok;
- Aktualizovať Predprevádzkové bezpečnostné správy tak pre EBO3,4, ako aj pre EMO1,2 pre vnútorné a vonkajšie riziká s prihliadnutím na aktualizované meteorologické údaje, zlepšenia elektrárne a súčasnú metodológiu;

- Aktualizovať postupy na udržiavanie prevádzkyschopnosti dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie;
- Aktualizovať postupy na obnovenie prevádzky dotknutých systémov a komponentov elektrárne po vnútornej záplave, vrátane činností prevádzkového personálu a požiarnikov;
- Zakúpiť ručné prenosné ponorné čerpadlá s možnosťou pripojenia požiarnych hadíc;
- Zakúpiť výkonné prenosné benzínové / naftové čerpadlo
- Inštalovať trvalé opatrenia proti prenikaniu vody do bezpečnostne dôležitých budov v prípade záplav v lokalite Bohunice;

Extrémne meteorologické podmienky (okrem extrémnych zrážok)

Hlavné projektové a stavebné opatrenia a administratívne opatrenia, s ktorými je možné uvažovať pre zvýšenie odolnosti elektrární Bohunice a Mochovce voči extrémnym poveternostným podmienkam (t.j., extrémny vietor, teplota a vlhkosť, množstvo snehu, mráz a námraza a ich kombinácie) zahŕňajú:

- Ukončenie správy Slovenského hydrometeorologického ústavu pre lokalitu Bohunice tak, aby vzala do úvahy najnovšie poznatky o meteorologických podmienkach;
- Vykonať aktualizáciu bezpečnostnej správy JE Bohunice a jej referenčných podporných dokumentov zaoberajúcich sa vonkajšími ohrozeniami tak, aby bola v súlade s medzinárodnými požiadavkami a najnovšími poznatkami o meteorologických podmienkach;
- Vykonať podrobné hodnotenie dopadu extrémnych meteorologických podmienok (teplota a kombinácia vetra / námrazy) na zraniteľnosť VN vedení v lokalitách Bohunice a Mochovce;
- Zvýšenie frekvencie pochôdzok v stanici DG počas obdobia nízkych teplôt, sneženia a námrazy;
- Navrhnutie a realizácia preventívnych opatrení pre teplotu okolia nižšiu ako je projektová, pre udržanie funkčnosti zariadení so vzťahom k bezpečnosti a hasiacich zariadení;

Strata elektrického napájania a strata UHS

Ako bolo popísané vyššie, hodnotenie bezpečnostných rezerv pri SBO preukázalo schopnosť zabezpečiť ochranu bariér počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov riadenia havárií na obnovenie napájania elektrárne. Napriek robustnosti súčasného projektu elektrárne sa ešte uvažuje s nasledovnými zlepšeniami:

- Zvýšenie odolnosti a spoľahlivosti havarijného striedavého napájania pre nadprojektové havárie inštaláciou nového 6 kV havarijného DG pre ťažké havárie;
- Zabezpečenie 0,4 kV DG pre každý blok na dobíjanie batérií a napájanie vybraných spotrebičov bloku počas SBO vrátane modifikácií čerpadiel systému bórovaného chladiva umožňujúcej ich využitie počas SBO;
- Zabezpečenie technického riešenia a pripravenie kabeláže pre jednoduchšie mechanické prepojenie batérií medzi systémami
- Optimalizácia núdzového osvetlenia tak, aby sa predĺžila životnosť batérií (rozdelenie do sekcií s možnosťou vypnutia nepotrebných spotrebičov, používanie úsporných žiaroviek)
- Zabezpečenie systému monitorovania kapacity batérií (pre EBO3,4)
- Zabezpečenie mobilných meracích prostriedkov schopných využívať stabilné meracie snímače bez elektrického napájania:
- Zabezpečenie ZN I. kategórie pre odvodňovacie ventily kontajmentu a izolačné ventily HA (pre EMO);

- Zváženie možnosti riadenia vybratých ventilov bez ZN I. kategórie pomocou malého prenosného motorového 3-fázového generátora 0,4 kV;
- Vypracovanie prevádzkového postupu pre možné využitie DG nainštalovaných v rozvodni Levice pre udalosť SBO (pre EMO);
- Zabezpečenie dlhodobej prevádzkyschopnosti komunikačných prostriedkov pre operátorov BD a obslužný zmenový personál;

Pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty UHS sa plánujú nasledovné modifikácie:

- Zabezpečiť dodatočný mobilný VT zdroj NV PG pre každú lokalitu a zabezpečiť logistiku dodávok pre mobilný zdroj s možným využitím pre EBO aj EMO (rovnaké dýzy);
- Vytvoriť systém logistiky pre zabezpečenie SH NV na sanie mobilných SH čerpadiel z externých čistých (pitná voda) zdrojov vody po vyčerpaní zásob demineralizovanej vody;
- Modifikovať pripojenie mobilného havarijného zdroja chladiwa na nasávanie a výtok systému SHN s prístupom z prízemí (v EMO), aby sa zaistila dostupnosť zdroja v prípadoch vnútorných a vonkajších záplav a požiarov;
- Realizovať stabilnú trasu na udržiavanie zásoby chladiwa v BVP z mobilného zdroja (hasičské čerpadlá);
- Zvážiť modifikácia zaisťujúce odvod pary z BVP do reaktorovej sály a atmosféry v prípade varu chladiwa;
- Zdokumentovať správanie sa upchávok HCČ pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24h) v režime straty UHS

Riadenie ťažkých havárií

V súčasnosti prebieha implementácia projektu SAM tak v EBO3,4, ako aj EMO1,2 podľa pôvodne definovaného rozsahu, ktorý vytvára predpoklady pre riadenie ťažkej havárie na jednom z dvoch blokov. Po ukončení projektu bude posúdená možnosť rozšírenia riešenia pre prípad vzniku ťažkej havárie na oboch blokoch. Ďalšie vylepšovanie SAMG a spracovanie dodatočných podporných materiálov pre rozhodovanie tímu SAMG a BD bude prijaté na základe výsledkov validácie SAMG v závere projektu.

Prístup národného dozorného orgánu

Existujúca legislatíva vytvára dostatočné možnosti a kompetencie pre národný dozorný orgán, aby dokázal zvládnuť situáciu, ktorá nastala po havárii v JE Fukušima.

Konkrétne atómový zákon okrem iného požaduje, aby sa po získaní nových dôležitých informácií o rizikách súvisiacich s jadrovou bezpečnosťou prehodnotila úroveň bezpečnosti jadrových zariadení a boli prijaté adekvátne opatrenia. Povinnosť vykonať takéto hodnotenie a prijať vhodné opatrenia je na držiteľovi povolenia na prevádzku daného jadrového zariadenia.

Ako už bolo uvedené, národný dozorný orgán priebežne upravuje súvisiacu slovenskú legislatívu v súlade s dosiahnutou harmonizáciou skupiny WENRA a v súlade s požiadavkami Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu. Existujúce elektrárne sa modernizujú smerom k užšiemu súladu s požiadavkami na nové elektrárne v rámci procesu periodického hodnotenia bezpečnosti.

Po havárii na JE Fukušima sa uskutočnilo niekoľko stretnutí medzi prevádzkovateľom národným dozorným orgánom s cieľom zjednotenia vnímania danej problematiky. Dozorný orgán podporuje záväzok prevádzkovateľa vykonať komplexné hodnotenie odolnosti elektrární a ich rezerv voči vonkajším prírodným rizikám a vykonať dodatočné opatrenia na ďalšie zvýšenie úrovne bezpečnosti elektrární.

Dozorná organ je presvedčený, že proces by nemal byť ukončený realizáciou niekoľkých samostatných zmien, ale požaduje, aby nové skutočnosti a požiadavky na zlepšenie boli komplexne vyhodnotené a odzrkadlili sa v bezpečnostnej správe. Táto požiadavka platí osobitne na potrebu rozšírenia platných bezpečnostných správ v oblasti charakteristiky lokality vo vzťahu k vonkajším a vnútorným rizikám ako aj vo vzťahu k zraniteľnosti a odolnosti elektrarne voči takým rizikám. Špecificky sa požaduje, aby bolo vykonané komplexné prehodnotenie extrémnych meteorologických podmienok a následne aktualizované príslušné časti bezpečnostných správ s cieľom zahrnúť nové meteorologické údaje, prebiehajúce vylepšenia elektrarne a najmodernejšiu dostupnú metodiku.

Okrem existujúcich štúdií bude národný dozorný orgán požadovať, vzhľadom na obmedzené časové možnosti, ďalšie systematické a komplexné posúdenie odolnosti elektrární voči strate elektrického napájania a strate koncového odvodu tepla so zohľadnením opatrení zvyšujúcich úroveň bezpečnosti elektrarne. Je tiež potrebné prehodnotiť adekvátnosť už existujúcich analýz pre vývoj ťažkých havárií. Všetky hodnotenia by mali byť nasledované prehodnotením vhodnosti existujúcich technických, procedurálnych a organizačných prostriedkov na zvládanie takých situácií a podľa potreby prijímať nápravné opatrenia. Obzvlášť je potrebné analyzovať možnosť viacerých ťažkých havárií paralelne na viacerých blokoch v súčasnosti na danej lokalite (až po výskyt súčasne na všetkých) za podmienok vážne poškodenej infraštruktúry v okolí elektrárne. Odporúča sa zosúladiť výsledky a poučenia zo záťažových testov s prístupmi prevádzkovateľov reaktorov podobnej konštrukcie. Ukončenie týchto krokov je predbežne očakávané v horizonte 3 rokov. Výsledný rozsah a harmonogram by v každom prípade mali byť harmonizované v rámci EÚ a mali by využiť partnerských previerok záťažových testov.

Príloha 1

Prehľad slovenskej legislatívy vzťahujúcej sa na záťažové testy

Všetky aspekty obsiahnuté v rozsahu záťažových skúšok sú pokryté aj slovenskou legislatívou. Najdôležitejším zákonom v oblasti mierového využívania atómovej energie v SR je zákon č. 541/2004 Zb. o mierovom využívaní atómovej energie (Atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Ďalšie podrobnosti sú uvedené v predpisoch vydaných ÚJD. Vo vyhláske č. 430/2011 o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť sú uvedené nasledovné ustanovenia:

ZEMETRASENIE

Časť 4 predpisu definuje požiadavky na jadrovú bezpečnosť pre lokalizáciu JZ nasledovne:

- (1) Počas lokalizácie JZ je potrebné vykonať hodnotenie geologického a seizmického zaťaženia zvolenej lokality, obsahujúce:
 - a) Pravdepodobnostné hodnotenie seizmického rizika lokality;
 - b) hodnotenie seizmických a geologických podmienok v oblasti, ako aj geo-inžinierskych a geotechnických aspektov navrhovanej lokality;
 - c) určenie rizika spojeného so zemetraseniami pomocou seizmotektonického hodnotenia oblasti s využitím maximálneho rozsahu zozbieraných informácií;
 - d) hodnotenie rizika vyplývajúceho z pohybov spôsobených zemetraseniami s prihliadnutím na seizmotektonickú povahu oblasti a špecifické podmienky lokality;
 - e) analýzu neistoty ako súčasť analýzy seizmického rizika;
 - f) hodnotenie dopadu možného posunu povrchu v zlome na lokalite;
 - g) preskúmanie geologických, geofyzikálnych a seizmických vlastností regiónu bez ohľadu na štátne hranice, ako aj geotechnických vlastností lokality v súlade s medzinárodnou praxou vykonané takým spôsobom, aby výsledná zostava údajov bola homogénna pre celú oblasť alebo aby minimálne umožňovala dostatočné určenie povahy seizmotektonických štruktúr vzťahujúcich sa na lokalitu a veľkosť skúmanej oblasti, typ analyzovaných informácií a rozsah a podrobnosti analýzy, ktoré boli špecifikované na základe povahy a zložitosti seizmotektonických podmienok.
 - h) dôkaz o vhodnosti rozsahu a podrobnostiach analyzovaných informácií a prieskum vykonaný za účelom zistenia nebezpečenstva vyplývajúceho zo seizmických pohybov v zlome.
- (2) Bez ohľadu na výsledky analýz vykonaných podľa bodu (1) musí byť minimálna úroveň seizmického zaťaženia určenej lokality JZ reprezentovaná štandardným horizontálnym spektrom odozvy na voľnom poli zodpovedajúcim špičkovému zrýchleniu 0,1 g.

Požiadavky na jadrovú bezpečnosť JZ vo fáze lokalizácie (umiestňovania) zahŕňajú aj vlastnosti oblasti, ktoré zabraňujú umiestneniu JZ v danej oblasti a sú uvedené v Prílohe 2 k nariadeniu (tzv. „kritériá na vylúčenie lokality“). V tomto kontexte sú relevantné nasledovné (paragraf c):

Je zakázané – vylúčené umiestniť jadrové zariadenie v oblasti, ktorá vykazuje geodynamické a krasové fenomény ohrozujúce stabilitu skalných masívov v oblasti, ako sú zosuvy pôdy, kineticky a seizmicky aktívne zlomy, skvapalnenie pôdy, tektonická aktivita alebo iné fenomény, ktoré môžu zmeniť kvalitu povrchu oblasti mimo špecifikovaných technických požiadaviek.

Spomedzi všeobecných projektových požiadaviek na jadrové zariadenia sa na seizmicitu vzťahuje nasledovné ustanovenie uvedené v A (9):

Projekt musí obsahovať navrhované opatrenia na zaistenie dostatočnej bezpečnostnej ochrany proti seizmickým udalostiam, vrátane dostatočného potvrdenia vstupných údajov pre určenie úrovne odolnosti voči zemetraseniam.

Externé udalosti

Pre ostatné externé udalosti sú kritériá na vylúčenie lokality definované v paragrafe a) 3. a i):

Je zakázané – vylúčené umiestniť jadrové zariadenie do oblasti, kde počas normálnej a abnormálnej prevádzky alebo v prípade prevádzkovej udalosti, s výnimkou havárie, nie je možné zaručiť, že je v tejto oblasti možné zaistiť ochranu pred škodlivými účinkami záplav a extrémnych meteorologických vplyvov na jadrové zariadenia a v prípade skladovacieho zariadenia, ak je vysoké alebo ťažko predpokladateľné riziko vyplývajúce z externých udalostí a z udalostí spôsobených ľudskou činnosťou alebo ak vývoj týchto činností nie je možné spoľahlivo predpovedať po dobu jeho projektovanej životnosti.

Spomedzi všeobecných projektových požiadaviek na jadrové zariadenia sa na externé udalosti vzťahujú nasledovné ustanovenia:

H. Prevencia nastania a vývoja zlyhania zariadenia

Projekt musí zaistiť vhodné preventívne opatrenia a opatrenia na zmiernenie následkov možnej záplavy, požiaru, výbuchu, zlomenia, pohybov potrubí, vplyvu prietoku médií alebo tekutín z poškodených systémov, zostáv a komponentov alebo iných zariadení JZ.

Projekt musí vziať do úvahy účinky externých postulovaných iniciačných udalostí, ktoré môžu iniciovať vnútorné požiare alebo záplavy a môžu viesť k vytváraniu fragmentov. Tieto simultánne účinky externých a interných udalostí musia byť zahrnuté do projektu.

J. Ochrana pred externými udalosťami

(1) Vyhradené komponenty musia byť naprojektované tak, aby počas prírodných katastrof, ktoré je možné reálne očakávať, ako sú zemetrasenia, víchrice, záplavy, potopy, extrémne vonkajšie teploty, extrémne teploty chladiacej vody, dážď vo všetkých formách, vlhkosť, mráz, účinky flóry, fauny, atď., alebo počas udalostí spôsobených ľudskou činnosťou mimo JZ alebo počas ich kombinácií bolo možné:

- a) Bezpečne odstaviť JZ a udržiavať ho v podkritickom stave;
- b) Odvádzať zostatkové teplo z BVP alebo rádioaktívnych odpadov;
- c) Udržiavať úniky rádioaktívnych látok pod špecifikovanými hranicami;

(2) Okrem požiadaviek na fyzickú ochranu jadrových zariadení a jadrových materiálov, ktoré sú uvedené v špecifickej legislatíve, musí projekt taktiež vziať do úvahy:

- a) Najväznejšie prírodné fenomény historicky zaznamenané v oblasti okolo lokality JZ a extrapolované s prihliadnutím na ohraničenú presnosť čo do veľkosti a času nastania;
 - b) Kombináciu účinkov fenoménov spôsobených prírodnými podmienkami alebo ľudskou činnosťou;
 - c) Maximálne očakávané zrýchlenie dané pre oblasť lokality na základe hodnotenia seizmického zaťaženia oblasti vykonaného počas umiestňovania JZ špecifikované ako seizmickú úroveň 1 a 2;
 - d) Požiadavky na systémy, komponenty a konštrukcie JZ alebo ich časti odolné voči zemetraseniam musia zodpovedať ich bezpečnostným funkciám a predpokladaným účinkom zemetrasenia podľa špecifikovanej seizmickej úrovne 1 a 2;
 - e) Pád lietadla;
- (3) Projekt musí zahŕňať zónu vylúčenia JZ na ochranu JZ proti vonkajším fenoménom, ktoré môžu byť spôsobené prírodnými podmienkami alebo ľudskou činnosťou.

Príslušné ustanovenia pre stratu elektrického napájania a UHS

M. Napájacie systémy

- (1) Elektrické napájacie systémy musia byť naprojektované tak, aby vonkajšie a vnútorné poruchy distribúcie elektriny mali čo najmenší dopad na prevádzku.
- (2) Systémy s dopadom na jadrovú bezpečnosť, ktoré vyžadujú neprerušené napájanie, musia byť napájané z batérií.
- (3) Batérie musia mať dostatočnú kapacitu na udržanie funkčnosti na minimálne dve hodiny za všetkých podmienok. Podobne ako systémy, ktoré napájajú, musia byť tieto zdroje oddelené a nezávislé.
- (4) Technologické systémy, ktoré sú redundantné za účelom zaistenia jadrovej bezpečnosti, musia byť napájané minimálne dvomi nezávislými elektrickými systémami zdrojmi. Ak je počet zdrojov napájania nižší ako počet nezávislých technologických systémov, je potrebné dokázať, že nebude znížená spoľahlivosť.
- (5) Ak jednoduchá porucha napájacích systémov nemá vplyv na ich funkčnosť, je povolená jednoduchá porucha elektrického systému alebo napájania.
- (6) Ak je potrebná dostupnosť niektorého systému za zaistenie jadrovej bezpečnosti, musí jeho elektrický systém zabezpečovať dodatočný výkon aj počas jednoduchej poruchy.
- (7) Napájanie a systémy musia byť pripravené dodávať požadovaný výkon v kratšom čase ako je potrebný na nábeh zariadenia, ktoré napájajú.
- (8) Projekt napájacích obvodov systémov dôležitých pre jadrovú bezpečnosť musí umožňovať napájanie z havarijných zdrojov nezávislých od toho, či je prevádzkové napájanie aktívne alebo nie a musia umožňovať aj funkčné skúšky havarijného napájania počas normálnej prevádzky.

N. Prenos tepla

- (1) Zariadenia podieľajúce sa na prenose tepla uvoľňovaného štiepením a zostatkového tepla musia byť naprojektované tak, aby zabezpečovali spoľahlivé chladenie za všetkých podmienok.
- (2) Systémy prenosu tepla musia byť redundantné, fyzicky oddelené, izolované a môžu byť schopné prepojenia tak, aby plnili svoju funkciu počas normálnej prevádzky aj s jednoduchou poruchou, po odstavení aj

s jednoduchou poruchou, počas projektových havárií a vybratých nadprojektových havárií a počas straty napájania zo siete.

Existujú určité požiadavky, ktoré sú dané len pre jadrové zariadenia s jadrovými reaktormi (t.j., pre JE):

C. Systém chladenia aktívnej zóny reaktora

- (2) Systém odvodu zostatkového tepla musí byť naprojektovaný tak, aby neboli prekročené hraničné parametre palivových článkov v JZ, ktoré bolo odstavené.
- (3) Projekt musí zahŕňať zálohovanie bezpečnostných systémov na odvod zostatkového tepla, monitorovanie únikov chladiva a schopnosť ich zadržania tak, aby systém na odvod zostatkového tepla pracoval spoľahlivo aj v prípade jednoduchej poruchy a straty vonkajšieho napájania.
- (5) Projekt musí obsahovať riešenie na spoľahlivý koncový odvod tepla z vyhradených zariadení počas normálnej, abnormálnej prevádzky a projektových havárií a ktoré počas vybratých ťažkých havárií musí prispievať k odvodu tepla. Koncový odvod tepla (konečný recipient tepla) je definovaný ako prenos zostatkového tepla do atmosféry alebo vody alebo ich kombinácie.
- (6) Spoľahlivosť systémov prispievajúcich ku koncovému odvodu tepla jeho prenosom, zabezpečujúcich napájanie alebo dodávajúcich média do systémov koncového odvodu tepla sa musí dosahovať napríklad výberom odskúšaných zariadení a systémov, ich zálohovaním, rozličnosťou, fyzickým oddelením, prepojením a izoláciou.
- (7) Počas projektovania systémov koncového odvodu tepla je potrebné vziať do úvahy postulované iniciačné udalosti spôsobené prírodnými podmienkami alebo ľudskou činnosťou na základe výberu vhodných rozličných prostriedkov prenosu tepla a systémov zásobovania dodávajúcich média pre prenos tepla.

J. Systém elektrického napájania

- (1) Projekt musí obsahovať nasledovné zdroje napájania systémov dôležitých pre jadrovú bezpečnosť:
 - a) pracovné napájanie z hlavného generátora,
 - b) Dva rozličné zdroje napájania zo siete z dvoch odlišných VT rozvodní,
 - c) Havarijné napájanie z autonómneho zdroja nachádzajúceho sa v lokalite JZ
- (2) Projekt s niekoľkými blokmi v jednej lokalite musí tiež zabezpečiť, aby:
 - a) každý blok mal vlastný zdroj núdzového (havarijného) napájania;
 - b) každý blok mal vlastné pripojenie k elektrickej sieti pre prenos výkonu smerom von, ktorý je funkčne oddelený od ostatných, s eliminovaním všetkých vzájomných spojení;
 - c) ak sa používať spoločné zálohové napájanie, jeho výstup musí byť dostačujúci pre paralelný nábeh všetkých blokov;

Riadenie havárií

D. Systém budovy kontajnementu

- (1) Jadrové zariadenie musí byť vybavené systémom budovy kontajnementu, ktorý v prípade, že postulované iniciačné udalosti vedú k úniku rádioaktívnych látok a ionizujúceho žiarenia do prostredia, obmedzí tieto úniky tak, aby boli nižšie ako sú určené hraničné hodnoty pre úniky, ak táto funkcia nie je zabezpečovaná inými prostriedkami.

- (2) Budova kontajnementu musí byť naprojektovaná tak, aby si aj počas projektových havárií udržala požadovaný stupeň tesnosti. Odhliadnuc od uvedeného je potrebné vziať do úvahy schopnosť znižovať dôsledky vybraných ťažkých havárií a obmedziť únik rádioaktívnych látok do prostredia.
- (3) Tlakové časti systému kontajnementu musia byť navrhnuté s dostatočnými rezervami pre najvyššie tlaky, podtlaky a najvyššie teploty, ktoré môžu nastať počas projektových havárií.
- (4) Systém kontajnementu musí pozostávať z plnej tlakovej obálky alebo uzáveru vybaveného systémom na znižovanie tlaku a teploty alebo utesňujúcimi zariadeniami a systémom vetrania a filtrácie, ktoré sú dimenzované pre všetky postulované iniciačné udalosti a ktoré musia zaistiť neprekročenie povolených parametrov ani počas projektových havárií.
- (5) Zariadenia vo vnútri budovy kontajnementu musia byť naprojektované tak, aby plnili svoje funkcie a aby ich účinok na ostatné systémy, zostavy a komponenty bol obmedzený.
- (6) Izolačné materiály, opláštenie a kryty systémov, zostáv a komponentov vo vnútri budovy kontajnementu musia byť naprojektované tak, aby bolo zaistené plnenie ich bezpečnostných funkcií a aby odolávali účinkom ich prostredia aj počas projektových havárií.

Budova kontajnementu, ako aj systémy, zostavy a komponenty dôležité pre udržanie jej tesnosti musia byť naprojektované tak, aby bolo možné:

a) Vykonávať tesnostné skúšky pri projektovom tlaku po

- 1. Inštalácii všetkých puzdier a priechodiek;
- 2. Vykonaných opravách;

Pred uvedením do prevádzky dokázať jej integritu pomocou tlakovej skúšky pri použití tlaku vyššieho ako projektový;

Počas normálnej prevádzky jadrového zariadenia:

- 1. Vykonávať pravidelné kontroly jednotlivých zostáv a komponentov budovy kontajnementu;
- 2. Vykonávať funkčné skúšky jednotlivých systémov, zostáv a komponentov budovy kontajnementu;
- 3. Vykonávať pravidelné tesnostné skúšky budovy kontajnementu pri projektovom tlaku alebo pri nižších tlakoch umožňujúcich extrapoláciu;
- 4. Zabrániť zníženiu jej schopnosti obmedzovania letiacimi úlomkami alebo švihmi potrubí;

(8) Puzdrá (priechodky) prechádzajúce cez steny budovy kontajnementu musia byť naprojektované tak, aby:

- a) bolo možné vykonávať tesnostné skúšky;
- b) bolo možné vykonávať pravidelné skúšky ich tesnení pri projektovom tlaku nezávisle od tesnostných skúšok hermetickkej obálky;
- c) boli chránené proti účinkom dynamických síl;
- d) ich počet bol minimálny;
- e) všetky spĺňali rovnaké projektové požiadavky ako samotná budova;

(9) Potrubia primárneho okruhu, ktoré prechádzajú cez steny budovy kontajnementu alebo potrubia, ktoré sú priamo napojené do prostredia budovy kontajnementu musia byť vybavené spoľahlivými automatickými

izolačnými mechanizmami, z ktorých každé má minimálne dva izolačné prvky zapojené v sérii, ktoré sú umiestnené mimo a vo vnútri budovy kontajnementu a sú nezávisle a spoľahlivo ovládané. Vonkajšie izolačné prvky sa musia nachádzať čo najbližšie k budove kontajnementu.

- (10) Ostatné potrubia prechádzajúce cez steny budovy kontajnementu musia mať minimálne jeden vonkajší izolačný prvok umiestnený čo najbližšie k budove kontajnementu.
- (11) (11) Izolačné prvky musia byť naprojektované tak, aby:
 - a) Ich bolo možné pravidelne testovať na netesnosti;
 - b) Vykonávali svoju funkciu aj počas jednoduchej poruchy, mimo ich mechanickej časti;
- (12) Servisné otvory v stenách budovy kontajnementu musia byť vybavené dvojitými dvermi, ktoré sa otvárajú zvlášť tak, aby bol vždy zaistená tesnosť. Tesnosť prevádzkových otvorov musí zodpovedať tesnosti systému budovy kontajnementu.
- (13) Prenosové kanály medzi časťami priestoru vo vnútri budovy kontajnementu musia byť naprojektované tak, aby tlakové rozdiely vznikajúce v dôsledku prevádzkových udalostí nepoškodili budovu kontajnementu alebo ostatné systémy zariadenia budovy kontajnementu.
- (14) Ak sa využíva systém na odvod tepla von z budovy kontajnementu, musí byť naprojektovaný tak, aby zaistil spoľahlivosť a funkčnú redundanciu počas jednoduchej poruchy.
- (15) Budova kontajnementu musí byť vybavená systémami detekcie vodíka a rádioaktívnych látok, ktoré by do nej mohli unikať počas a po postulovaných iniciačných udalostiach. Spolu s ostatnými systémami tieto systémy musia:
 - a) Znižovať koncentráciu aktivity a modifikovať zloženie štiepnych produktov;
 - b) Monitorovať a udržiavať koncentrácie vodíka na povolených úrovniach, aby sa zaistila integrita budovy kontajnementu;
- (16) Budova kontajnementu vybavená systémom na znižovanie tlaku a teploty musí mať dôležité podporné systémy, zostavy a komponenty zálohované, aby sa zaistila ich funkčnosť aj počas jednoduchej poruchy.
- (17) Musí existovať možnosť izolovania budovy kontajnementu počas nadprojektových havárií. Ak nehoda vedie k bypasu budovy kontajnementu, jej dôsledky sa musia zmierniť.
- (18) Tesnosť budovy kontajnementu sa nesmie výrazne znížiť po primeranú dobu od ťažkej havárie.
- (19) Tlak a teplota vo vnútri budovy kontajnementu sa musia počas ťažkej havárie monitorovať.
- (20) Koncentrácia horľavých plynov sa musí počas ťažkej havárie kontrolovať.
- (21) Budovu kontajnementu je potrebné chrániť proti vnútornému pretlaku počas ťažkej havárie.
- (22) Je potrebné zabrániť scenáru tavenia aktívnej zóny reaktora pri vysokých tlakoch.
- (23) Je potrebné zabrániť poškodeniu budovy kontajnementu roztaveným palivom v primeranom dosiahnuteľnom rozsahu.

E. Analýzy bezpečnosti a ťažké havárie

- (1) Projekt musí zahŕňať analýzy odoziev jadrového zariadenia na minimálne nasledovné postulované iniciačné udalosti:

- a) Malý, stredný a veľký únik chladiva P.O. (LOCA) v hlavnom cirkulačnom potrubí;
 - b) Poškodenie hlavného parného potrubia a potrubia napájacej vody;
 - c) Znížený prietok chladiva cez reaktor;
 - d) Zvýšený alebo znížený prietok vody;
 - e) Zvýšený alebo znížený prietok pary;
 - f) Neočakávané otvorenie tlakových odľahčovacích ventilov kompenzátora objemu;
 - g) Neočakávaný nábeh HSCHZ;
 - h) Neočakávané uzavretie PV PG;
 - i) Neočakávané uzavretia HUA na hlavnom parnom potrubí;
 - j) Roztrhnutie potrubia parogenerátora;
 - k) Nekontrolovaný pohyb HRK;
 - l) Vystrelenie HRK;
 - m) strata vonkajšieho napájania;
 - n) havária počas manipulácie s palivom;
 - o) zlyhanie systému normálneho dopĺňovania P.O.;
 - p) úniky chladiva z P.O. do vložených medziokruhov mimo hermetickej zóny;
 - q) zlyhanie odvodu tepla v režime prirodzenej cirkulácie;
 - r) zlyhanie chladenia BPV;
 - s) pád nákladu v dôsledku zlyhania zdvíhacieho zariadenia;
 - t) požiare, výbuchy a záplavy;
- (2) Projekt musí zahŕňať analýzy odoziev navrhovaného zariadenia na minimálne nasledovné postulované iniciačné udalosti:
- a) nepriaznivé prírodné podmienky vrátane:
 - 1.Extrémneho zaťaženia vetrom
 - 2.Extrémnych vonkajších teplôt
 - 3.Extrémneho dažďa a miestnych záplav
 - 4.Extrémnej teploty chladiacej vody a námrazy
 - 5.Zemetrasení
 - b) Pád lietadla
 - c) účinky ľudskej činnosti a priemyselnej činnosti v blízkosti jadrového zariadenia;
- (3) Projekt musí zahŕňať analýzy nasledovných scenárov nadprojektových havárií:
- a) Nastanie abnormálnej prevádzky so zlyhaním automatického havarijného odstavenia reaktora;

- b) Úplná strata napájania vlastnej spotreby (SBO);
 - c) Úplná strata napájacej vody;
 - d) Únik chladiva P.O. so zlyhaním HSCHZ;
 - e) Strata chladiva v reaktore v režime chladenia prirodzenou cirkuláciou;
 - f) Úplná strata technickej vody dôležitej;
 - g) Strata odvodu tepla z AZ pre odstavený reaktor;
 - h) Nekontrolované riedenie kyseliny boritej v reaktore;
 - i) Prasknutie niekoľkých trubiek výmenníka tepla PG;
 - j) Prasknutie hlavného parného potrubia spolu s prasknutím trubky výmenníka tepla PG;
 - k) Strata bezpečnostných systémov potrebných pre dlhodobú fázu po postulovanej iniciačnej udalosti;
 - l) Strata chladenia bazénu vyhoreného paliva;
- (4) Analýzy vykonané podľa predchádzajúcej časti je možné vykonať pomocou realistického prístupu s využitím modifikovaných akceptačných kritérií.
- (5) Na základe prevádzkových skúseností, príslušných analýz bezpečnosti a výsledkov prieskumu sa projekt musí zameriavať aj na ťažké havárie, pričom musí brať do úvahy:
- a) možnosť viacnásobného zlyhania bezpečnostných systémov s následným ohrozením integrity fyzických bariér zabráňujúcich úniku rádioaktívnych látok; preventívne opatrenia alebo opatrenia na zmiernenie následkov nemusia zahŕňať použitie konzervatívneho prístupu k zaisteniu jadrovej bezpečnosti;
 - b) sadu vybratých udalostí, ktoré sú identické spomedzi postulovaných iniciačných udalostí s využitím kombinácie pravdepodobnostných metód, deterministických metód a technického hodnotenia a ktoré boli následne preskúmané pomocou systému kritérií za účelom určenia ťažkých havárií pokrytých projektom;
 - c) Hodnotenie a implementácia akýchkoľvek zmien projektu, zmien dokumentácie alebo prevádzkových postupov, ktoré by mohli znížiť pravdepodobnosť nastania vybratých udalostí podľa bodu (b) alebo zmierniť ich následky, ak je ich implementácia primerane možná;
 - d) Schopnosť využiť niektoré bezpečnostné systémy, ako aj systémy bez priameho vzťahu k jadrovej bezpečnosti alebo dodatočných dočasných systémov na vykonanie funkcií odlišných od pôvodne plánovaných a za prevádzkových podmienok odlišných od pôvodne očakávaných alebo pre uvedenie jadrového zariadenia do kontrolovaného stavu alebo na zmiernenie následkov vybratých udalostí podľa bodu (b);
 - e) Obsah prevádzkových postupov pre riadenie havárií počas ich nastania;
 - f) Pre jadrové zariadenia s viacerými blokmi s jadrovým reaktorom, využitie dostupných podporných opatrení z iných blokov, pokiaľ tým nie je ohrozená bezpečná prevádzka týchto blokov;
- (6) Analýzy projektových havárií musia vziať do úvahy neistotu parametrov použitých na zaistenie konzervatívnych výsledkov analýzy.

- (7) Pre zachovanie konzervatívneho prístupu môžu analýzy projektových havárií brať do úvahy len činnosť bezpečnostných systémov. Činnosť systémov, ktoré nie sú klasifikované ako bezpečnostné systémy, je možné vziať do úvahy len vtedy, ak majú negatívny dopad na iniciačnú udalosť.
- (8) V analýzach projektových havárií je potrebné považovať zaseknutú HRK za dodatočné zhoršujúce zlyhanie analýz projektových udalostí pre všetky postulované iniciačné udalosti.
- (9) Projekt musí zahŕňať analýzy overujúce správanie jadrových zariadení počas špecifických nadprojektových havárií, vrátane ťažkých tak, aby v sa prípadoch udalostí s veľmi nízkou pravdepodobnosťou nastania úniku rádioaktívnych látok škodlivých pre obyvateľstvo a životné prostredie tento únik minimalizoval tak, ako je primerane dosiahnuteľné.

Príloha 2

Súlad medzi kontajntmentom blokov VVER 440/V213 na Slovensku s príslušnými medzinárodnými požiadavkami

1. Súlad medzi vylepšeným kontajntmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)		
Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Projekt systému kontajntmentu	<p>Systém kontajntmentu musí byť taký, aby zabezpečil, že akýkoľvek únik rádioaktívnych látok do prostredia v prípade projektovej havárie (t.j., havárie, na ktorú je elektráreň projektovaná) bol pod predpísanými hraničnými hodnotami</p> <p>Okrem toho je potrebné zväziť ustanovenia týkajúce sa vlastností na zmiernenie následkov ťažkých havárií (t.j., veľmi nepravdepodobných havárií zahŕňajúcich značné poškodenie AZ) za účelom obmedzenia úniku rádioaktívneho materiálu do prostredia.</p>	<p>Kontajntment MO34 je tesná budova s robustnými oceľovými stenami.Kontajntment je vybavený pasívnym systémom potlačenia tlaku (barbotér), ktorý umožňuje rýchle dosiahnutie subatmosférického tlaku v kontajntmente (s následným ukončením únikov) v prípade projektových havárií so stratou chladiva.</p> <p>Vysoká dôležitosť prikladaná MAAE zmierňujúcim schopnostiam JE v prípade ťažkých havárií je zjavná vo všetkých požiadavkách, ktoré dodržiava.To dokazuje, že zachovanie integrity kontajntmentu dokonca aj v prípade ťažkej havárie ja hlavnou otázkou jadrovej bezpečnosti.Z tohto dôvodu a na základe smernice MAAE bol projekt kontajntmentu MO34 nedávno vylepšený pridaním špecifických opatrení na zvládnutie týchto scenárov.</p> <p>Pre všetky havárie uvažované v projekte bolo preukázané, že rádiologické dôsledky pre životné prostredie sú pod medzinárodnej uznávanými hraničnými hodnotami.</p>

1. Súlad medzi vylepšeným kontajmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)

Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Pevnosť konštrukcie kontajmentu	<p>Pevnosť konštrukcie kontajmentu je potrebné vypočítať s primeranými rezervami.</p> <p>Pri výpočte potrebnej pevnosti konštrukcie kontajmentu je potrebné zvážiť prírodné fenomény a udalosti vyvolané ľudskou činnosťou.</p> <p>Je potrebné zvážiť opatrenia pre zachovanie integrity kontajmentu v prípade ťažkej havárie.Predovšetkým je potrebné vziať do úvahy predpokladané spaľovanie horľavých plynov (zvyčajne vodíka).</p>	<p>S prihliadnutím na zvýšenia bezpečnosti zvažované počas revízie Úvodného projektu vykazuje projekt MO34 primerané projektové rezervy pre projektové havárie (DBA) ako aj ťažké havárie (SA).Špecificky, odolnosť voči ťažkým haváriám sa dosiahla zlepšeniami bezpečnosti identifikovanými počas revízie Úvodného projektu.V projekte kontajmentu boli zohľadnené všetky príslušné projektové havárie, vrátane úplného prasknutia najväčších potrubí systému chladenia reaktora.</p> <p>Externé udalosti (prírodné alebo ľudské) boli identifikované na základe deterministických požiadaviek a aj na základe pravdepodobnostných analýz v súlade s medzinárodnými normami (MAAE, WENRA) a národnou legislatívou platnou v SR.Všetky externé udalosti pre projekt kontajmentu boli zohľadnené a premietnuté do projektu kontajmentu v súlade s požiadavkami bezpečnostných noriem MAAE.</p> <p>Integrita kontajmentu počas ťažkej havárie a po nej je zaistená celým radom určených projektových vlastností, ktoré zahŕňajú odtlakovanie systému chladenia reaktora, možnosti chladenia poškodenej AZ vo vnútri TNR, riadenie horľavých plynov (predovšetkým vodíka) pomocou pasívnych rekombinátorov a zapaľovačov, kontrolu tlaku v kontajmente a odstraňovanie štiepných produktov pomocou určeného sprchového systému.</p>

1. Súlad medzi vylepšeným kontajmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)

Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Schopnosť tlakových skúšok kontajmentu	Musí byť možné vykonávať tlakové skúšky za účelom preukázania konštrukčnej integrity kontajmentu pred prevádzkou elektrárne a počas jej životnosti.	Boli určené tlakové skúšky kontajmentu požadované na preukázanie jeho konštrukčnej integrity.Tieto skúšky zahŕňajú skúšky hraničných komponentov kontajmentu, ako aj kompletnú projektovú tlakovú skúšku kontajmentu vykonanú počas uvádzania do prevádzky (t.j., pred prevádzkou elektrárne) a po každej odstávke elektrárne.

1. Súlad medzi vylepšeným kontajnementom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)

Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Úniky z kontajnementu	<p>Systém kontajnementu musí byť naprojektovaný tak, aby počas havárie nebola prekročená maximálna veľkosť únikov.</p> <p>Primárny kontajnement môže byť čiastočne alebo úplne obklopený sekundárnym kontajnementom pre zber a kontrolované uvoľňovanie materiálov, ktoré môžu unikáť z primárneho kontajnementu počas havárie (vrátane ťažkej).</p> <p>Musí byť možné určenie veľkosti únikov systému kontajnementu v pravidelných intervaloch.</p> <p>Je potrebné primerane zvážiť schopnosť kontrolovania akéhokoľvek úniku rádioaktívnych materiálov z kontajnementu počas ťažkej havárie.</p>	<p>Maximálna veľkosť úniku z kontajnementu je prísne špecifikovaná projektom a testovaná v pravidelných intervaloch pred a počas prevádzkovej životnosti elektrárne.Kvôli špecifickým projektovým vlastnostiam (napríklad rýchly prechod do podtlaku v kontajnemente po havárii) a nedávno zrealizovaným zlepšeniam projektu je kontajnement elektrárne Mochovce v súlade s súčasnými medzinárodne prijatými rádiologickými limitmi (aj s prihliadnutím na scenáre vážnych havárií).</p> <p>Z tohto dôvodu je potrebné rozlišovať medzi konceptom „úplného kontajnementu“ (t.j., kontajnementu plne schopného vykonávať všetky určené bezpečnostné funkcie) a „dvojitého kontajnementu“ – pozostávajúceho z primárneho a sekundárneho kontajnementu.Bezpečnostné požiadavky MAAE zaviedli sekundárny kontajnement ako možnosť pre zber možných únikov z primárneho kontajnementu, ale nevyžadujú prísne jeho realizáciu.Z tohto dôvodu sa „sekundárny kontajnement“ nemá považovať za „druhý kontajnement“, t.j., za repliku prvého kontajnementu s tými istými funkciami.</p> <p>MAAE nevyžaduje sekundárny kontajnement, nakoľko nič nebráni jednoduchému kontajnementu vykonávať všetky potrebné ochrany proti vnútorným i vonkajším udalostiam.</p> <p>Vyššie uvedené periodické skúšky sú tiež zamerané na určenie veľkosti únikov z kontajnementu.</p> <p>Nedávno bolo sformulovaných niekoľko projektových opatrení pre MO34, ktorých hlavným cieľom je zachovanie integrity kontajnementu v prípade ťažkej havárie, prísne ohraničiť rádioaktívne úniky z kontajnementu aj v takom nepravdepodobnom scenári.</p>
Hermetické priechodky	<p>Aby sa zaistila vyššia tesnosť kontajnementu za normálnych, havarijných a ťažkých havarijných podmienok, musí sa počet hermetických priechodiek udržiavať na praktickom minimálnom počte a musia spĺňať rovnaké projektové kritériá ako samotná štruktúra kontajnementu.</p>	<p>Počet hermetických priechodiek je určený technologickými potrebami (t.j., počtom a rozložením potrubí a káblov prechádzajúcich cez stenu kontajnementu).Projekčné požiadavky na priechodky sú rovnaké ako na samotnú konštrukciu kontajnementu a boli predpísané s ohľadom na podmienky ťažkých havárií.Tesnosti priechodiek sa overuje počas tesnostných skúšok kontajnementu.</p>

1. Súlad medzi vylepšeným kontajntmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)

Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Izolácia kontajntmentu	Aby sa zvýšila odolnosť kontajntmentu voči úniku rádioaktívnych materiálov v prípade havárie, je potrebné nainštalovať vhodné zariadenia tak, aby v havarijných podmienkach bolo možné automaticky a spoľahlivo izolovať kontajntment.	Kontajntment je vybavený automatickým izolačným systémom.Počas normálnej prevádzky sa kontajntment udržiava pri subatmosférickom tlaku a do prostredia sa nedostávajú žiadne nefiltrované výpuste.Vždy, keď tlak v kontajntmente vzrastie v dôsledku havárie o viac ako 10 kPa, všetky vedenia prechádzajúce cez kontajntment sa automaticky a spoľahlivo uzavrujú a izolujú kontajntment od okolitého prostredia.
Vzduchové uzávery kontajntmentu	Prístup personálu do kontajntmentu musí byť cez správne vybavené dvere, aby sa zaistilo, že počas prevádzky reaktora a počas havárie sú zatvorené minimálne jedny dvere.	Kontajntment je vybavený dvojitými dvermi pre prístup personálu (vzduchové uzávery).Dvere sú spoľahlivo utesnené a zablokované, aby sa zaistila tesnosť kontajntmentu počas prevádzky reaktora a počas havárie.
Vnútorne konštrukcie kontajntmentu	Pre zaistenie úplnej schopnosti kontajntmentu odolávať havárii (vrátane ťažkej), musí byť primeraná pozornosť venovaná aj schopnosti vnútorných konštrukcií kontajntmentu odolať účinkom havárie.	Schopnosť vnútorných konštrukcií kontajntmentu odolať účinkom havárie s dostatočnými rezervami bola preukázané v projektovej a bezpečnostnej dokumentácii elektrárne.Okrem toho bola odolnosť najdôležitejších vnútorných konštrukcií kontajntmentu (t.j., systému na potlačenie tlaku) experimentálne overená medzinárodným projektom (PHARE 2.13/95).
Odvod tepla z kontajntmentu	Musí existovať možnosť odvodu tepla z kontajntmentu reaktora (na obmedzenie vnútorného tlaku v kontajntmente a teda aj zníženie namáhania konštrukcií kontajntmentu) počas normálnych a havarijných podmienok, vrátane ťažkých havárií.	Tepelná kapacita kontajntmentu je vďaka jeho robustným betónovým stenám veľmi vysoká a umožňuje veľkú absorpciu tepla.Obmedzenie vnútorného tlaku je zabezpečené pasívne pomocou systému na potlačenie tlaku.Dlhodobý odvod tepla je zaistený redundantnými trasami rýchločinných aktívnych sprchových systémov.Okrem toho existuje určené čerpadlo a dodatočný zdroj vody na zachovanie integrity kontajntmentu počas ťažkej havárie.
Kontrola a čistenie atmosféry kontajntmentu	Ako ďalšie opatrenie na ochranu kontajntmentu musí byť možné kontrolovať rádioaktívne a / alebo horľavé plyny (predovšetkým vodík), ktoré sa môžu uvoľňovať do kontajntmentu počas havárie (vrátane ťažkej). Toto je potrebné za účelom: Znižovania objemu únikov do prostredia počas havárie; Preveniu prudkého vznietenia alebo detonácie plynov, ako napríklad vodík, ktoré by mohli ohroziť integritu kontajntmentu.	Predchádzanie prudkému vznieteniu alebo detonácii vodíka je zaistené pomocou pasívnych autokatalytických zapaľovačov a rekombinátorov vodíka, ktoré sú schopné zvládnuť aj ťažké havárie.Odstraňovanie štiepných produktov z atmosféry kontajntmentu je zaistené vymývacím účinkom aktívneho sprchového systému kontajntmentu.Okrem toho existuje určené čerpadlo a dodatočný zdroj vody, ktoré ďalej zlepšujú čistenie atmosféry kontajntmentu počas ťažkej havárie.

1. Súlad medzi vylepšeným kontajmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami MAAE na bezpečnosť (referenčný dokument:Bezpečnosť jadrových elektrární:Projektovanie“ NS-R-1, 2000)

Požiadavka MAAE	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Kryty a nátery	Je potrebné pozorne voliť kryty a nátery komponentov a konštrukcií v kontajmente (napríklad tepelná izolácia potrubí), aby sa minimalizoval dopad na bezpečnosť ich možným poškodením.	Steny kontajmentu sú obložené nerezovou oceľou odolnou voči znehodnoteniu.Možný dopad na izolácie potrubí vo vnútri kontajmentu bezpečnosť bol experimentálne preskúmaný v rámci medzinárodného projektu (PHARE 2.05/95) a do projektu Mochoviec boli zapracované vhodné projektové protiopatrenia.

Záver:

Všetky požiadavky MAAE na kontajment sú splnené pri výkone vylepšeného kontajmentu VVER 440 / V123 počas DBA.

2. Súlad medzi vylepšeným kontajntmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami WENRA na bezpečnosť (referenčný dokument: „WENRA Bezpečnosť reaktora: referenčné úrovne“, január (2008))

Požiadavka a WENRA	Popis požiadavky	Príslušné prijaté projektové opatrenia
Funkcie kontajntmentu	<p>Systém kontajntmentu musí byť taký, aby zabezpečil, že akýkoľvek únik rádioaktívnych látok do prostredia v prípade projektovej havárie bol pod predpísanými hraničnými hodnotami. Tento systém musí zahŕňať:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tesné konštrukcie pokrývajúce všetky dôležité časti primárneho systému; – Pridružené systémy pre riadenie tlaku a teplôt; – Izolačné vlastnosti; 	<p>Kontajntment je tesná budova s robustnými oceľovými stenami. Je vybavená všetkými vlastnosťami požadovanými pre účinnú kontrolu tlakov a teplôt vo všetkých projektových podmienkach elektrárne (vrátane ťažkých havárií) a jej spoľahlivé a automatické izolovanie v prípade havárie.</p>
	<p>Každé vedenie, ktoré prechádza cez kontajntment ako súčasť tlakového rozhrania chladiva reaktora alebo ktoré je priamo pripojené do atmosféry kontajntmentu musí byť automaticky a spoľahlivo utesniteľné pre prípad projektovej havárie. Tieto vedenia musia byť vybavené minimálne dvomi izolačnými ventilmi kontajntmentu nainštalovanými v sérii. Izolačné ventily musia byť umiestnené čo najbližšie ku kontajntmentu.</p>	<p>Kontajntment je vybavený automatickým izolačným systémom. Počas normálnej prevádzky sa kontajntment udržiava pri podatmosférickom tlaku a do prostredia sa nedostávajú žiadne nefiltrované výpuste. Vždy, keď tlak v kontajntmente vzrastie v dôsledku havárie o viac ako 10 kPa, všetky vedenia prechádzajúce cez kontajntment sú utesnené podľa vyššie uvedených projektových požiadaviek WENRA, aby izolovali kontajntment od okolitého prostredia.</p>
	<p>Každé vedenie, ktoré prechádza cez kontajntment a nie je súčasťou tlakového rozhrania chladiva reaktora alebo nie je priamo pripojené do atmosféry kontajntmentu, musí byť vybavené minimálne jedným izolačným ventilom kontajntmentu. Tento ventil musí byť mimo kontajntmentu a nainštalovaný k nemu čo najbližšie.</p>	<p>Pozri poznámku vyššie.</p>

2. Súlad medzi vylepšeným kontajntmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami WENRA na bezpečnosť (referenčný dokument: „WENRA Bezpečnosť reaktora: referenčné úrovne“, január (2008).

Ochrana kontajntmentu proti vybraným nadprojektovým haváriám	V prípade nadprojektovej havárie musí byť možnosť izolácie kontajntmentu.	Okrem opatrení uvažovaných pre projektové havárie (ktoré sú prediskutované v nasledovnom), boli určené dodatočné opatrenia špecificky pre správne riadenie scenárov nadprojektových havárií, t.j.: <ul style="list-style-type: none"> – Zlepšenie tesnosti priechodiek vedúcich do šachty reaktora; – Zlepšenie tesnosti prístupových dverí do šachty reaktora; – Zlepšenie odvodňovacej vetvy zo šachty reaktora;
	Tesnosť kontajntmentu proti únikom nesmie sa výrazne znížiť po primeranú dobu po ťažkej havárii. Avšak ak udalosť vedie k bypasovaniu kontajntmentu, je potrebné zmierniť jeho dôsledky.	Hlavné opatrenia: <ul style="list-style-type: none"> – Inštalácia určeného systému na zabránenie nadmerného podtlaku v kontajntmente, ktorý by mohol spôsobiť stratu integrity a tým aj tesnosti proti únikom; – Zpracovanie dodatočného, nezávislého, určeného systému dodávky chladiva do projektu z dodatočného záložného zdroja do kontajntmentu pre scenár ťažkej havárie (aby sa zabránilo nadmernému pretlakovaniu kontajntmentu, čo by mohlo viesť k strate integrity kontajntmentu); – Zpracovanie systému na riadené odtlakovanie systému chladenia reaktora do projektu, aby sa zabránilo poškodeniu kontajntmentu vyvolanému VT ťažkou haváriou (pozri aj nasledujúcu požiadavku WENRA).
	Je potrebné zabrániť scenárom s VT – tavením aktívnej zóny.	Príslušné bezpečnostné opatrenia: Zpracovanie systému na riadené odtlakovanie systému chladenia reaktora do projektu, aby sa zabránilo poškodeniu kontajntmentu vyvolanému VT ťažkou haváriou.
	Počas ťažkej havárie je potrebné riadiť horľavé plyny.	Príslušné opatrenie: Inštalácia rekombinátorov a zapalovačov s kvalifikáciou pre podmienky ťažkej havárie, aby sa zabránilo nekontrolovanému horeniu horľavých plynov vo vnútri kontajntmentu.

2. Súlad medzi vylepšeným kontajntmentom VVER 440/V213 a príslušnými požiadavkami WENRA na bezpečnosť (referenčný dokument: „WENRA Bezpečnosť reaktora: referenčné úrovne“, január (2008).

Ochrana kontajntmentu proti vybraným nadprojektovým haváriám	Je potrebné zabrániť alebo zmierniť dôsledky degradácie kontajntmentu roztaveným palivom tak, ako je to prakticky možné.	Príslušné opatrenia zahŕňajú všetky ustanovenia požadované na úspešnú implementáciu stratégie zadržania v nádobe, t.j.: <ul style="list-style-type: none"> – Modifikáciu priechodiek vedúcich do šachty reaktora; – Modifikáciu vstupných dverí do šachty; – Modifikáciu odvodňovacej vetvy zo šachty reaktora; – Zabezpečenie dostatočnej zásoby chladiva pre chladenie šachty (systém odvodnenia barbotážnych žľabov); – Modifikácia tepelného štítu dna tlakovej nádoby reaktora, aby bolo možné jej externé zavodenie; – Vytvorenie cirkulačného kanála chladiva pozdĺž steny TNR; – Inštalácia určeného DG pre scenáre ťažkých havárií; – Pridanie externých nezávislých zdrojov chladiva pre scenáre ťažkých havárií;
	Počas ťažkých havárií je potrebné riadiť tlak a teplotu v kontajntmente.	Príslušné opatrenia: <ul style="list-style-type: none"> – Inštalácia systému zameraného na zabránenie nadmerného podtlaku v kontajntmente; – Kombinované využitie existujúceho sprchového systému kontajntmentu a určeného sprchového systému spoliehajúceho sa na dodatočný zdroj chladiva, aby sa zabránilo pretlakovaniu kontajntmentu; – Inštalácia rekombinátorov a zapaľovačov s kvalifikáciou pre podmienky ťažkej havárie, aby sa zabránilo nekontrolovanému horeniu horľavých plynov vo vnútri kontajntmentu. – Inštalácia dodatočného DG určeného pre scenáre ťažkých havárií;
	Kontajntment je počas ťažkej havárie potrebné chrániť proti pretlaku.	Pozri predchádzajúci bod.

Záver:

Vylepšený kontajntment VVER 440/ V213 je v plnom súlade s referenčnými úrovňami WENRA.