Národní zpráva

„Zátěžové zkoušky“

JE Dukovany a JE Temelín
Česká republika

Hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv ve světle havárie JE Fukushima

Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Česká republika

Prosinec 2011

Obsah

OBSAH **2**

SEZNAM ZKRATEK **6**

I ÚVOD **10**

I.1 AKTIVITY SÚJB PO HAVÁRII JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUSHIMA 10
I.1.1 Monitorování a Radiační monitorovací síť *10*
I.1.2 Komunikace ze strany SÚJB *11*
I.1.3 Komunikace s mezinárodními organizacemi *11*
I.2 POSTUP REALIZACE ZÁTĚŽOVÝCH ZKOUŠEK 11
I.3 HISTORIE HODNOCENÍ JADERNÉ BEZPEČNOSTI V ČR 13
I.4 PERIODICKÉ HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI (PSR) 14
I.5 MEZINÁRODNÍ HODNOCENÍ REAKTORŮ VVER V RÁMCI MIMOROZPOČTOVÉHO PROGRAMU MAAE 15
I.6 MEZINÁRODNÍ MISE NA JE DUKOVANY A JE TEMELÍN 16
I.7 ZÁKLADNÍ LEGISLATIVNÍ POSTUPY A POŽADAVKY 17
I.8 HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOST 21
I.9 POŽADAVKY NA NADPROJEKTOVÉ HAVÁRIE 23
I.10 POŽADAVKY NA ŘÍZENÍ HAVÁRIÍ 24

II JADERNÁ ELEKTRÁRNA DUKOVANY **25**

II.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITĚ/ELEKTRÁRNĚ 25
II.1.1 Stručný popis chrakteristik lokality *25*
II.1.1.1 Hlavní charakteristiky bloků 26
II.1.1.2 Významné rozdíly mezi bloky 62
II.1.1.3 Rozsah a hlavní výsledky pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti 62
II.2 ZEMĚTŘESENÍ 64
II.2.1 Projektová východiska *64*
II.2.1.1 Projektová zemětřesení elektrárny 64
II.2.1.2 Opatření k ochraně elektrárny před projektovými zemětřeseními 67
II.2.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky 72
II.2.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv *73*
II.2.2.1 Úroveň zemětřesení vedoucí k vážnému poškození paliva 73
II.2.2.2 Úroveň zemětřesení vedoucí ke ztátě integrity kontejnmentu 73
II.2.2.3 Zemětřesení převyšující DBE a následné záplavy 73
II.2.2.4 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti zemětřesení 74
II.3 ZÁPLAVY 76
II.3.1 Projektová východiska *76*
II.3.1.1 Projektové záplavy 76
II.3.1.2 Opatření k ochraně elektrárny proti projektovým záplavám 78
II.3.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky 80
II.3.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv *81*
II.3.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti záplavám 81
II.3.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti záplavám 81
II.4 EXTRÉMNÍ POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY 83
II.4.1 Projektová východiska *83*
II.4.1.1 Projektová východiska pro extrémní povětrnostní podmínky 83
II.4.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv *86*
II.4.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémním povětrnostním podmínkám 86
II.4.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti extrémním povětrnostním podmínkám 89
II.5 ZTRÁTA ELEKTRICKÉHO NAPÁJENÍ A ZTRÁTA KONCOVÉHO JÍMAČE TEPLA 91
II.5.1 Ztráta elektrického napájení *91*
II.5.1.1 Ztráta vnějšího napájení 92
II.5.1.2 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí 94

II.5.1.3 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí včetně ztráty trvale instalovaných diverzních rezervních zdrojů střídavého napětí ... 96
II.5.2 Ztráta koncového jímače tepla ... 102
II.5.2.1 Projektová opatření k zabránění ztráty koncového jímače tepla ... 102
II.5.2.2 Ztráta primárního koncového jímače tepla ... 103
II.5.2.3 Ztráta primárního a alternativního jímače tepla ... 105
II.5.2.4 Závěry k adekvátnosti ochrany proti ztrátě koncového jímače tepla ... 105
II.5.2.5 Možná opatření k zvýšení odolnosti elektrárny v případě ztráty konečného jímače tepla ... 106
II.5.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s úplnou ztrátou vnějšího napájení ... 107
II.5.3.1 Čas autonomie do ztráty normálního chlazení aktivní zóny reaktoru ... 109
II.5.3.2 Vnější přepokládané zásahy k zabránění degradace paliva ... 109
II.5.3.3 Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztátě koncového jímače tepla kombinované s SBO ... 109
II.5.4 Bazény vyhořelého paliva ... 109
II.5.4.1 Ztráta elektrického napájení ... 109
II.5.4.2 Ztráta koncového jímače tepla ... 111
II.5.4.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s SBO ... 113
II.6 ZVLÁDÁNÍ TĚŽKÝCH HAVÁRIÍ ... 113
II.6.1 Organizace a opatření prvozovatele k zvládání havárií ... 113
II.6.1.1 Organizace prvozovatele k zvládání havárií ... 113
II.6.1.2 Možnosti použití stávajícího zařízení ... 125
II.6.1.3 Hodnocení faktorů, jež můžou ztížit zvládání havárie a jejich alternativy ... 129
II.6.1.4 Závěry o adekvátnosti organizačních opatření pro zvládání havárií ... 134
II.6.1.5 Potenciální opatření k posílení schopnosti zvládat havárie ... 135
II.6.2 Přijatá opatření k zvládnutí havárie v různých fázích scénáře se ztrátou funkce chlazení zóny ... 137
II.6.2.1 Před poškozením paliva v reaktorové nádobě (poslední možnosti zabránit poškození paliva) ... 137
II.6.2.2 Po výskytu poškození paliva v reaktorové tlakové nádobě ... 138
II.6.2.3 Po selhání tlakové nádoby reaktoru ... 139
II.6.3 Udržení integrity kontejnmentu po silném poškození paliva v aktivní zóně reaktoru ... 140
II.6.3.1 Zamezení poškození paliva/tavení při vysokém tlaku ... 140
II.6.3.2 Řešení rizika vodíku uvnitř kontejnmentu ... 140
II.6.3.3 Prevence přetlakování kontejnmentu ... 141
II.6.3.4 Prevence opakované kritičnosti ... 143
II.6.3.5 Zabránění protavení základů ... 144
II.6.3.6 Potřeba elektrického napájení (AC, DC) a stačeného vzduchu pro zařízení používaná k zajištění celistvosti kontejnmentu ... 145
II.6.3.7 Měřící a řídící instrumentace potřebná pro zajištění celistvosti kontejnmentu ... 146
II.6.3.8 Schopnost zvládnout havárii v případě tavení zóny/poškození paliva na více blocích současně ... 147
II.6.3.9 Závěry o adekvátnosti systému zvládání těžkých havárií pro zajištění celistvosti kontejnmentu ... 147
II.6.3.10 Opatření k posílení schopnosti udržet celistvost kontejnmentu po těžkém poškození paliva ... 148
II.6.4 Opatření k odvrácení radioaktivních úniků ... 148
II.6.4.1 Radioaktivní úniky po ztrátě integrity kontejnmentu ... 148
II.6.4.2 Zvládání havárie po obhalení horní částí paliva v bazénu paliva ... 149
II.6.4.3 Závěry o adekvátnosti opatření k zamezení radioaktivních úniků ... 152
II.6.4.4 Potenciální opatření k posílení schopnosti zamezit radioaktivním únikům ... 152
III JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN ... 154
III.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITĚ/ELEKTRÁRNĚ ... 154
III.1.1 Stručný popis charakteristik lokality ... 154
III.1.1.1 Hlavní charakteristiky bloků ... 155
III.1.1.2 Významné rozdíly mezi bloky ... 194
III.1.1.3 Rozsah a hlavní výsledky pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti ... 194
III.2 ZEMĚTŘESENÍ ... 196
III.2.1 Projektová východiska ... 196
III.2.1.1 Projektová zemětřesení elektrárny ... 196
III.2.1.2 Opatření k ochraně elektrárny před projektovými zemětřeseními ... 203
III.2.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky ... 207
III.2.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv ... 208
III.2.2.1 Úroveň zemětřesení vedoucí k vážnému poškození paliva ... 208

III.2.2.2 Úroveň zemětřesení vedoucí ke ztátě integrity kontejnmentu ... 208
III.2.2.3 Zemětřesení převyšující DBE a následné záplavy ... 208
III.2.2.4 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti zemětřesení ... 209
III.3 ZÁPLAVY ... 210
III.3.1 Projektová východiska ... 210
III.3.1.1 Projektové záplavy ... 210
III.3.1.2 Opatření k ochraně elektrárny proti projektovým záplavám ... 213
III.3.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky ... 215
III.3.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv ... 215
III.3.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti záplavám ... 215
III.3.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti záplavám ... 216
III.4 EXTRÉMNÍ POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY ... 218
III.4.1 Projektová východiska ... 218
III.4.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv ... 219
III.4.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémním povětrnostním podmínkám ... 219
III.4.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti extrémním povětrnostním podmínkám ... 221
III.5 ZTRÁTA ELEKTRICKÉHO NAPÁJENÍ A ZTRÁTA KONCOVÉHO JÍMAČE TEPLA ... 222
III.5.1 Ztráta elektrického napájení ... 222
III.5.1.1 Ztráta vnějšího napájení ... 223
III.5.1.2 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí ... 225
III.5.1.3 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí včetně ztráty trvale instalovaných diverzních rezervních zdrojů střídavého napětí ... 226
III.5.2 Ztráta koncového jímače tepla ... 231
III.5.2.1 Projektová opatření k zabránění ztráty koncového jímače tepla ... 231
III.5.2.2 Ztráta primárního koncového jímače tepla ... 233
III.5.2.3 Ztráta primárního a alternativního jímače tepla ... 234
III.5.2.4 Závěry k adekvátnosti ochrany proti ztrátě koncového jímače tepla ... 235
III.5.2.5 Možná opatření k zvýšení odolnosti elektrárny v případě ztráty konečného jímače tepla ... 236
III.5.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s úplnou ztrátou vnějšího napájení (SBO) ... 236
III.5.3.1 Čas autonomie do ztráty normálního chlazení aktivní zóny reaktoru ... 236
III.5.3.2 Vnější přepokládané zásahy k zabránění degradace paliva ... 237
III.5.3.3 Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s SBO ... 238
III.5.4 Bazény vyhořelého paliva ... 239
III.6 ZVLÁDÁNÍ TĚŽKÝCH HAVÁRIÍ ... 240
III.6.1 Organizace a opatření prvozovatele k zvládání havárií ... 240
III.6.1.1 Organizace prvozovatele k zvládání havárií ... 240
III.6.1.2 Možnosti použití stávajícího zařízení ... 251
III.6.1.3 Hodnocení faktorů, jež můžou ztížit zvládání havárie a jejich alternativy ... 255
III.6.1.4 Závěry o adekvátnosti organizačních opatření pro zvládání havárií ... 259
III.6.1.5 Potenciální opatření k posílení schopnosti zvládat havárie ... 260
III.6.2 Přijatá opatření k zvládnutí havárie v různých fázích scénáře se ztrátou funkce chlazení zóny ... 263
III.6.2.1 Před poškozením paliva v reaktorové nádobě (poslední možnosti zabránit poškození paliva) ... 263
III.6.2.2 Po výskytu poškození paliva v reaktorové tlakové nádobě ... 264
III.6.2.3 Po selhání tlakové nádoby reaktoru ... 264
III.6.3 Udržení integrity kontejnmentu po silném poškození paliva v aktivní zóně reaktoru ... 265
III.6.3.1 Zamezení poškození paliva/tavení při vysokém tlaku ... 265
III.6.3.2 Řešení rizika vodíku uvnitř kontejnmentu ... 266
III.6.3.3 Prevence přetlakování kontejnmentu ... 267
III.6.3.4 Prevence opakované kritičnosti ... 268
III.6.3.5 Zabránění protavení základů ... 269
III.6.3.6 Potřeba elektrického napájení (AC, DC) a stlačeného vzduchu pro zařízení používaná k zajištění celistvosti kontejnmentu ... 270
III.6.3.7 Měřící a řídící instrumentace potřebná pro zajištění celistvosti kontejnmentu ... 270
III.6.3.8 Schopnost zvládnout havárii v případě tavení zóny/poškození paliva na více blocích současně ... 271
III.6.3.9 Závěry o adekvátnosti systému zvládání těžkých havárií pro zajištění celistvosti kontejnmentu ... 272
III.6.3.10 Potenciální opatření k posílení schopnosti udržet celistvost kontejnmentu po těžkém poškození paliva ... 272

III.6.4 Opatření k odvrácení radioaktivních úniků ... 273
III.6.4.1 Radioaktivní úniky po ztrátě integrity kontejnmentu ... 273
III.6.4.2 Zvládání havárie po obhalení horní částí paliva v bazénu paliva ... 274
III.6.4.3 Závěry o adekvátnosti opatření k zamezení radioaktivních úniků ... 276

IV ZÁVĚRY ... 278

IV.1 OBECNÝ ZÁVĚR ... 278
IV.1.1 Klíčová opatření posilující odolnost elektráren (již realizována) ... 278
IV.1.1.1 Hodnocení odolnosti vůči zemětřesení ... 278
IV.1.1.2 Hodnocení odolnosti vůči záplavám ... 278
IV.1.1.3 Hodnocení odolnosti vůči extremním klimatickým podmínkám ... 279
IV.1.1.4 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě elektrického napájení ... 280
IV.1.1.5 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě odvodu tepla do koncového jímače ... 281
IV.1.1.6 Hodnocení opatření pro zvládání těžkých havárií ... 281
IV.1.1.7 Specifika kontejnmentu reaktorů VVER 440/213 ... 283
IV.1.2 Bezpečnostní problémy ... 285
IV.1.3 Možná bezpečnostní zlepšení a další předpokládané práce ... 285
IV.2 SHRNUTÍ ZÁVĚRU ... 288

SEZNAM OBRÁZKŮ ... 289

SEZNAM TABULEK ... 290

REFERENCE ... 292

Seznam zkratek

Zkratka	Popis
APS	Automatika postupného spouštění
AZ	Aktivní zóna
ATWS	Událost spojená s neodstavením reaktoru při požadavku na jeho odstavení (Anticipated Transient Without Scram)
BF	Bezpečnostní funkce
BD	Bloková dozorna
BSVP	Bazén skladování vyhořelého paliva
CDF	Frekvence poškození AZ (Core Damage Frequency)
ČEPS	Česká přenosová soustava
ČS	Čerpací stanice
DG	Dieselgenerátor
DID	Princip ochrany do hloubky (Defence-In-Depth concept)
DMS	Diverzní monitorovací systém (Diverse Monitoring System)
DV	Divize výroba
EDMG	Nouzové plány pro zvládání havarijní situace při rozsáhlém poškození SSK (Extensive Damage Mitigation Guideline)
EOPs	Havarijní postupy (Emergency Operating Procedures)
ETE	Elektrárna Temelín
ELI	Elektrárna Lipno
FAS	Pevný alarmový systém (Fixtured Alarm System)
HA	Hydroakumulátor
HCČ	Hlavní cirkulační čerpadlo
HELB	Prasknutí potrubí s vysokoenergetickým mediem (High Energy Line Break)
HPME	Vypuzení taveniny pod vysokým tlakem (High Pressure Melt Ejection)
HŘS	Havarijní řídící středisko

HSCHZ	Systém havarijního chlazení AZ
HŠ	Havarijní štáb
HU	Hermetický uzávěr
HZS	Hasičský záchranný sbor
HZSp	Hasičský záchranný sbor podniku
CHNR	Chladící nádrže z rozstřikem
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii (International Atomic Energy Agency)
I.O	Primární okruh
II.O	Sekundární okruh
IOHO	Interní organizace havarijní odezvy
IZS	Integrovaný záchranný systém
JB	Jaderná bezpečnost
JČ	Jižní Čechy
JE	Jaderná elektrárna
KKC	Krizové koordinační centrum
KO	Kompenzátor objemu
KOPIS	Krajské operační informační středisko
KTMT	Kontejnment
LERF	Frekvence velkých časných úniků (Large Early Release Frequency)
LOCA	Havárie spojená s únikem chladiva z I.O
LOOP	Úplná ztráta napájení vlastní spotřeby (Loss of Offsite Power)
LOSP	Úplná ztráta bezpečnostního napájení (Loss of Safety Power)
MCCI	Interakce taveniny s betonem (Molten Core Concrete Interaction)
MU	Mimořádná událost
MVE	Malá vodní elektrárna
MVZ	Maximální výpočtové zemětřesení

ND	Nouzová dozorna
NPL	Neprogramovatelná logika
OHO	Organizace havarijní odezvy
PACHMS	Systém pohavarijního měření koncentrace vodíku v kontejnmentu (Post-Accident Containment Hydrogen Monitoring System)
PAMS	Pohavarijní monitorovací systém (Post Accident Monitoring System)
PCS	Systém řízení elektrárny (Plant Control System)
PG	Parogenerátor
PGA	Špičkové zrychlení na povrchu země (Peak Ground Acceleration)
PP	Provozní předpis
PpBZ	Předprovozní bezpečnostní zpráva
POHO	Pohotovostní organizace havarijní odezvy
PRPS	Primární ochranný systém reaktoru (Primary Reactor Protection System)
PSA	Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti (Probabilistic Safety Assessment)
PVKO	Pojistný ventil KO
PZ	Projektové zemětřesení
Ra	Radioaktivní
RCLS	Řídící a limitační systém reaktoru (Reactor Control and Limitation System)
RČA	Rychločinná armatura
RMMS	Rychlá mobilní monitorovací skupina
RTARC	Real Time Accident Release Consequences (Výpočtový program pro výpočet a předpověď transportu a vnějších radiačních následků)
SAMG	Návody na řízení těžkých havárií (Severe Accident Management Guidelines)
SBO	Úplná ztráta střídavého napájení (Station Blackout)
SEOPs	Havarijní postupy pro odstavené stavy (Shutdown Emergency Operating Procedures)
SI	Směnový inženýr
SKŘ	Systém kontroly a řízení

SMS	Seismický monitorovací systém
SO	Stavební objekt
SSAMG	Návody na řízení těžkých havárií pro odstavené stavy (Shutdown Severe Accident Management Guidelines)
SSK	Stavební objekty, systémy a konstrukce
STC	Kategorie zdrojového členu (Source Term Category)
SÚJB	Státní úřad pro atomovou energii
SVJP	Sklad vyhořelého jaderného paliva
SZB	Systém zajištění bezpečnosti
SZN	Systém zajištěného napájení
TG	Turbogenerátor
TNR	Tlaková nádoba reaktoru
TPS	Technické podpůrné středisko
TVD	Technická voda důležitá
UHS	Koncový jímač tepla (Ultimate Heat Sink)
UIS	Informační systém elektrárny (Plant Information System)
UPS	Nepřerušované elektrické napájení (Uninterruptible Power Supply)
VD	Vodní dílo
VE	Vodní elektrárna
ZHP	Zóna havarijního plánování

I Úvod

Havárie jaderné elektrárny Fukushima Dai-ichi v Japonsku vyvolala v Evropské unii požadavek na posouzení a zhodnocení odolnosti evropských JE vůči extrémním a velmi nepravděpodobným jevům, vůči kterým projekty JE nemusí být nutně dostatečně vybaveny, neboť jejich výskyt nebyl v projektu těchto zařízení předpokládán. Požadavek Evropské komise (EK) na provedení tzv. „zátěžových zkoušek“ byl zaslán členským zemím EU 24. 5. 2011. Cílem těchto zkoušek bylo zjistit velikost existujících bezpečnostních rezerv a stanovit doby, kdy havarijní situace přejdou do fáze tzv. těžké havárie s následným poškozením paliva a velkým únikem radioaktivity do okolí. Technický obsah zátěžových zkoušek byl definován sdružením evropských dozorných orgánů – ENSREG. Požadavek byl dále detailně rozpracován skupinou ENSREG ve formě doporučení podrobné osnovy hodnotících zpráv provozovatelů jaderných elektráren a národních zpráv zpracovaných a předkládaných národními dozornými orgány.

I.1 Aktivity SÚJB po havárii jaderné elektrárny Fukushima

Podobně jako v ostatních zemích provozujících jaderné elektrárny havárie jaderné elektrárny Fukushima Dai-ichi odstartovala i v České republice aktivity směřující k posouzení úrovně jaderné bezpečnosti ve vztahu k této havárii.

SÚJB neprodleně jmenoval skupinu expertů, která měla za cíl vyhodnocovat situaci na základě analýz obdržených zpráv z Japonska a následně zajistit komunikaci a objektivní informování veřejnosti o situaci a paralelně udržovat pracovní komunikaci se zástupci provozovatele/držitele povolení k přípravě zpráv a informací požadovaných Evropskou komisí po této havárii. Vzhledem k rozsahu práce a zajištění nezávislých analýz si SÚJB zajistil analytickou expertní podporu od organizace Centrum výzkumu Řež s.r.o. (dále jen CVŘ) a v oblasti radiační ochrany analytickou skupinu vybraných pracovníků Státního ústavu radiační ochrany SÚRO. Ve spolupráci s CVŘ byla uvedena do provozu webová stránka, na které měli občané možnost klást dotazy ve vztahu k události na japonské JE Fukushima. Obě tyto skupiny se v prvních dnech po události scházely 2x týdně. Analytická skupina SÚRO připravovala v prvních dnech zprávu o aktuální situaci v Japonsku, reakcích a postojů ve světě a o aktuální radiační situaci na našem území a to s frekvencí 2x denně. V návaznosti na stabilizování situace v Japonsku se frekvence předávání zpráv snížila na 2x týdne.

I.1.1 Monitorování a Radiační monitorovací síť

Na pokyn SÚJB byla od 29.3.2011 zvýšena frekvence odběrů a analýz objemových aktivit v ovzduší Centrální laboratoří Radiační monitorovací sítě v SÚRO, přičemž monitorovanými radionuklidy byly: 131I, 134Cs, 137Cs, 132Te, 132I, 210Pb. Veškeré výsledky z monitorování složek životního prostředí byly publikovány na internetových stránkách SÚRO,v.v.i. (www.suro.cz) a s uvedeným odkazem i na internetových stránkách SÚJB (www.sujb.cz). Centrální laboratoř se podílela na měření potravin a krmiv dovezených z Japonska (monitorovány byly 131I, 134Cs a 137Cs). Centrální laboratoř poskytovala na základě požadavku SÚJB bezplatné proměření vnitřní kontaminace osobám navracejících se z Japonska, pro cestující z jiných oblastí bylo měření zpoplatněno (monitorovány byly 131I ve štítné žláze, 134Cs a 137Cs). Stejně tak bylo zpoplatněno i proměření nepotravinových zásilek odesílaných z Japonska (monitorovány byly 131I, 134Cs a 137Cs).

I.1.2 Komunikace ze strany SÚJB

V souvislosti s vývojem dění SÚJB, resp. SÚRO komunikoval s Vládou ČR, Velvyslanectvím ČR v Japonsku, médii, veřejností, relevantními ministerstvy a jejich podřízenými organizacemi a v neposlední řadě i s mezinárodními organizacemi.

Od 18.3.2001 do 30.4.2011 byl SÚJB v denním kontaktu s Velvyslanectvím ČR v Japonsku. Průběžně hodnotil radiační situaci a vydával režimová doporučení pro pracovníky velvyslanectví a české občany v Japonsku. Za období březen a duben 2011 provedl SÚJB odhad ozáření pracovníků velvyslanectví v důsledku havárie ve Fukušimě a závěrečné hodnocení bylo zasláno velvyslanectví 12.5.2011.

Dne 27.7.2011 se na SÚJB uspořádáno mezirezortní diskusní fórum k událostem v Japonsku za účasti Úřadu vlády ČR, ministerstev a jim podřízených organizací.

Již od 14. března 2011 na SÚJB docházelo velké množství dotazů týkajících se situace v Japonsku. V rámci komunikace s veřejností a médii byly na internetových stránkách SÚJB v prvních dnech po události, ve spolupráci s odborníky z CVŘ a ÚJV Řež a.s., poskytovány informace k technologickým a bezpečnostním charakteristikám havarovaných bloků a těžkých havárií. Současně byly denně prezentovány aktualizované informace o vývoji situace v Japonsku a v ČR a zveřejňována stanoviska SÚJB k jednotlivým oblastem (zdravotní účinky dávek ionizujícího záření, jodová profylaxe, aktuální radiační situace na území ČR, cestování do třetích zemí - zejména Japonska, kontroly potravinových a nepotravinových zásilek původem z Japonska, vyjádření k poplašným zprávám, atd.). Tato interaktivní webová platforma byla velmi úspěšná.

I.1.3 Komunikace s mezinárodními organizacemi

V exponovaném období havárie SÚJB obousměrně komunikoval s mezinárodními organizacemi IAEA, OECD a EK, včetně systému ECURIE.

Do OECD a ECURIE se hlásily informace o zavedených opatřeních a jejich rozsahu pro vytvoření přehledu reakcí jednotlivých členských států. V případě ECURIE docházelo i k výměně informací o aktuálním vývoji situace.
Komunikace s IAEA byla o předávání informací k aktuálnímu vývoji situace a mezinárodní podpoře pro Japonsko.

Komunikace s EK (DG SANCO) týkající se výsledků měřených potravin a krmiv pocházejících nebo zasílaných z Japonska byla vedena přes Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci. Komunikace s WHO ohledně monitorování potravin v obdobích: rok 2010, 1.1. až 11. 3 .2011 a 12. 3. až 14. 9. 2011 byla vedena přes Státní zdravotní ústav.

SÚJB společně s SÚRO byly zapojeny do vnitrostátního připomínkového řízení prováděcích nařízení komise (EK) ke stanovení zvláštních podmínek pro dovoz krmiv a potravin pocházejících nebo odesílaných z Japonska po havárii v jaderné elektrárně Fukushima.

I.2 Postup realizace zátěžových zkoušek

Požadavek EK na provedení zátěžových zkoušek přenesl SÚJB dne 25. 5. 2011 dopisem na provozovatele obou jaderných elektráren Dukovany a Temelín ČEZ a.s. Přípravu zpráv o zátěžových zkouškách zahájil ČEZ a.s., dne 1. 6. 2011 ustavením zvláštní skupiny v rámci

Divize výroba složené z pracovníků obou elektráren a určení odpovědných garantů za jednotlivé části zpráv. Skupina zahrnovala odborníky na jadernou bezpečnost, projekt a provoz jaderných elektráren, řízení havárií, havarijní plánování, fenomenologie těžkých havárií, aj.

Vlastní realizace zátěžových zkoušek probíhala v několika etapách:

- 1. – 15. června proběhl sběr informací ze všech relevantních dokumentů týkajících se zajištění jaderné bezpečnosti (bezpečnostní zprávy, pravděpodobnostní studie bezpečnosti (PSA), dokumentace periodického hodnocení bezpečnosti (PSR), předpisy pro abnormální a havarijní stavy - EOP, SAMG, dokumenty MAAE, WANO a další). Následně byly na obou elektrárnách zahájeny pochůzky a kontroly důležitých systémů a zařízení k ověření jejich skutečného stavu. Na základě výsledků této kontroly a analýz bezpečnostní dokumentace byly pro obě elektrárny zpracovány první verze zpráv o zátěžových zkouškách a proběhlo jejich první posouzení z hlediska správnosti a vyváženosti informací.

- 15. – 22. června bylo provedeno detailní posouzení a shrnutí zpráv odbornými útvary obou jaderných elektráren a zprávy byly projednány ve Výboru pro bezpečnost ČEZ a.s. Posouzení bylo zaměřeno na identifikaci slabých míst a navržena možná opatření k prohloubení odolnosti obou elektráren. V této etapě rovněž proběhla výměna informací s ostatními provozovateli JE s VVER.

- 15. července – 15. srpna - zprávy byly připomínkovány experty ÚJV Řež a.s. na jadernou pro bezpečnost, zejména v oblasti hodnocení těžkých havárií.

- Dne 8. 8. 2011 byly zprávy o zátěžových zkouškách JE Dukovany a JE Temelín schváleny Výborem pro bezpečnost ČEZ a.s. Dne 15. 8. 2011 byly obě zprávy předány Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) k posouzení.

- V návaznosti na to SÚJB požádal Centrum výzkumu Řež s.r.o., aby v rámci své funkce TSO provedl zevrubné posouzení obou zpráv a zpracoval k nim připomínky, jež byly předány autorům obou zpráv v rámc i ČEZ a.s . s cílem zahrnout je do přípravy konečných verzí zpráv.

- 15. září SÚJB odeslal do EK zprávu o postupu prací na zátěžových zkouškách.

- 31. října ČEZ a.s. předal SÚJB konečné zprávy o výsledcích zátěžových zkoušek na JE Dukovany a JE Temelín.

V průběhu zpracování hodnocení proběhlo několik pracovních setkání se zpracovateli zátěžových zkoušek ostatních JE typu VVER v rámci tzv. klubu VVER (EDU, Paks, Loviisa, Bohunice, Mochovce) a JE Kozloduj a s partnerskými dorory zemí provozující JE s VVER. V rámci WANO MC probíhaly diskuse i s ostatními provozovateli JE typu VVER mimo země EU.

Pro zabezpečení objektivnosti hodnocení bylo provedeno nezávislé posouzení výsledků nejvýznamnějšími vnějšími dodavateli v oblasti jaderné bezpečnosti, mezi které patří zejména ÚJV Řež a.s. a Westinghouse.

Hodnocení realizovaná v rámci zátěžových zkoušek a to jak na úrovni provozovatele tak i státního dozoru zahrnují:

- posouzení projektových požadavků a soulad s jejich plněním,

- posouzení odolnosti, robustnosti vůči nadprojektovým stavům (bezpečnostní rezervy, diverzita, redundance, fyzická separace, atd.) a efektivity systému ochrany do hloubky, včetně identifikace hraničních stavů (cliff edge effects) a případných opatření, jak se těmto hraničním stavům vyhnout,
- identifikaci všech prostředků k udržování 3 základních bezpečnostních funkcí (reaktivita, chlazení paliva, omezení úniků) i podpůrných funkcí (elektrické napájení, odvod tepla do koncového jímače) a zvažuje efektivní možnosti k dalšímu zlepšení ochrany do hloubky.

Do hodnocení zátěžových zkoušek byly zahrnuty všechny provozní režimy a stavy jaderných bloků. Konkrétně se zátěžové zkoušky týkaly dopadů událostí, jako je zemětřesení, záplavy, extrémní přírodní vlivy, ztráta vnějších zdrojů el.napájení, úplná ztráta el.napájení a ztráta koncového jímače tepla. Významnou část zpráv tvoří rovněž kapitoly „těžké havárie“, jež popisují procesy a strategie pro jejich zvládnutí v různých fázích. Obě závěrečné zprávy předložené ČEZ a.s. jdou svým hodnocením a závěry výrazně nad rámec licenčních požadavků stanovených platnou legislativou (Zákon č. 18/1997 Sb., a jeho prováděcími vyhláškami).

Výsledky hodnocení zátěžových zkoušek jaderných elektráren Dukovany a Temelín jsou společně se souhrnným stanoviskem SÚJB shrnuty v této národní zprávě.

I.3 Historie hodnocení jaderné bezpečnosti v ČR

Hodnocení jaderné bezpečnosti pro účely povolovacího řízení staveb s jaderným zařízením má v ČR dlouhou tradici. Již v 70-tých létech byla v bývalém Československu v souvislosti s výstavbou jaderné elektrárny V-1 v Jaslovských Bohunicích zakotvena do stavebního zákona povinnost předkládat pro účely územního řízení, řízení o povolení stavby a kolaudačního řízení jaderných zařízení tři druhy bezpečnostních zpráv: zadávací, předběžnou a předprovozní. K jejich posuzování státním dozorem Československé komise pro atomovou energii byly v 70-tých létech vydány první obecně závazné právní předpisy, mimo jiné:

- Výnos ČSKAE č. 2 o zajištění jaderné bezpečnosti při navrhování jaderných zařízení (1978) a
- Výnos ČSKAE č. 4 zajištění jaderné bezpečnosti při umisťování jaderných zařízení (1979).

Tato základní kriteriální báze vycházela v té době z praxe zemí s rozvinutou jadernou energetikou a z doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni.

Jaderná legislativa ČR byla zásadně novelizována vydáním zákona č. 18 o mírovém využívání jaderné energie v r. 1997 (atomový zákon) a jeho prováděcích vyhlášek, zejména:

- vyhláška SÚJB č. 132/2008 Sb., o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd
- vyhláška SÚJB č. 215/1997 Sb., o kriteriích na umísťování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření
- vyhláška SÚJB č. 106/1998 Sb., o zajištění jaderné bezpečnosti jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a provozu,
- vyhláška SÚJB č. 195/1999 Sb., o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti,
- vyhláška SÚJB č. 309/2005 Sb., o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení,

- vyhláška SÚJB č. 185/2003 Sb., o vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu,
- vyhláška SÚJB č. 146/1997 Sb., ve znění vyhlášky SÚJB č. 315/2002 Sb., stanovující činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků,
- vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky SÚJB č. 499/2005 Sb.
- vyhláška SÚJB č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb.,
- vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, ve znění vyhlášky SÚJB č. 27/2006 Sb.,
- vyhláška SÚJB č. 193/2005 Sb., o stanovení seznamu teoretických a praktických oblastí, které tvoří obsah vzdělání a přípravy vyžadovaných v České republice pro výkon regulovaných činností náležejících do působnosti Státního úřadu pro jadernou bezpečnost,
- nařízení vlády č. 11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování.

Tuto legislativní bázi doplňuje řada bezpečnostních návodů, které nejsou právně závazné (mají charakter doporučení) a které SÚJB vydal na základě harmonizace legislativy podle referenčních úrovní stanovených Asociací západních evropských dozorných organizací WENRA. Všechny referenční úrovně WENRA tak byly zahrnuty do legislativy. Doporučení obsažená v návodech budou v blízké budoucnosti implementována do právně závazné legislativy, tj. zákona a vyhlášek. Problematiky zátěžových zkoušek se týkají zejména tyto návody:

- O požadavcích na projekt jaderných zařízení, BN – JB – 1.0
- Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti, BN – JB – 1.6
- Výběr a hodnocení projektových a nadprojektových událostí a rizik, BN – JB – 1.3
- Požadavky na zavedení provozních předpisů typu EOP a SAMB, BN – JB – 1.11

Požadavky obsažené v těchto návodech jsou přebírány jako podmínky rozhodnutí, které SÚJB vydává držitelům povolení v rámci své dozorné činnosti.

I.4 Periodické hodnocení bezpečnosti (PSR)

Vedle povolovacího řízení v souvislosti s výstavbou nových jaderných zařízení je v ČR dlouhodobě zavedena praxe periodického hodnocení bezpečnosti (PSR) jaderných elektráren v 10-ti letých intervalech. K jeho provádění vydal SÚJB návod „Periodické hodnocení bezpečnosti BN – JB – 1.2. V rámci periodického hodnocení bezpečnosti se hodnotí do jaké míry systémy, konstrukce a komponenty jaderného zařízení jednotlivě i jako celek, včetně jejich obsluhy, odpovídají současným bezpečnostním požadavkům obsaženým v právních předpisech ČR, doporučeních WENRA a MAAE a mezinárodní praxi a do jaké míry zůstávají v platnosti původní projektová východiska, na jejímž základě byla vydána rozhodnutí SÚJB s umístěním, výstavbou a provozem jaderného zařízení. Výsledkem PSR je soubor opatření k udržení, event. k zlepšení bezpečnosti s cílem zajistit náležitou úroveň bezpečnosti jaderného zařízení po celou dobu provozu až do dalšího periodického hodnocení, event. do konce jeho životnosti.

Poslední periodické hodnocení jaderné bezpečnosti JE Dukovany bylo provedeno v letech 2006 a 2007 po 20 letech provozu. Jednalo se o hloubkovou kontrolu plnění požadavků domácích i mezinárodních legislativních dokumentů, požadavků WENRA definovaných v dokumentu „Reactor Safety Reference Levels“ i dalších mezinárodních doporučení z dokumentů IAEA (Safety Guides). Komplexní hodnocení v rámci PSR identifikovalo obdobné příležitosti ke zvýšení bezpečnosti, jaké jsou uvedeny v této zprávě. Některé z nich (zvýšení odolnosti projektu EDU na následky těžkých havárií, jehož součástí je zvýšení kapacity systému likvidace vodíku doplněním rekombinátorů pro těžké havárie a příprava na zaplavení šachty reaktoru) jsou již dnes ve fázi implementace nebo přípravy na implementaci a byla by realizována i bez ohledu na toto nové hodnocení v rámci zátěžových zkoušek. Provedené PSR JE Dukovany předpokládá implementaci odsouhlasených opatření do roku 2015, tj. do doby obnovení licence k provozu.

Periodické hodnocení bezpečnosti JE Temelín bylo provedeno v letech 2008 a 2009. Z hlediska technického obsahu a hloubky bylo identické z hodnocením JE Dukovany. I jeho závěrem je řada opatření k zvýšení odolnosti projektu ETE na následky těžkých havárií, např. zvýšení kapacity systému likvidace vodíku, které jsou ve fázi implementace. PSR JE Temelín rovněž předpokládá implementaci většiny opatření do roku 2015, v některých odůvodněných případech do příštího PSR (2018).

I.5 Mezinárodní hodnocení reaktorů VVER v rámci Mimorozpočtového programu MAAE

Zcela výjimečným procesem mezinárodního hodnocení prošly projekty obou jaderných elektráren v rámci tzv. Mimorozpočtového programu MAAE v létech 1991 – 1997 zaměřeného na reaktory VVER.

Výsledkem tohoto rozsáhlého programu byly Závěrečná zpráva projektu (1999) a tzv. „Safety books“ pro jednotlivé typy reaktorů VVER. V národní zprávě ČR pro Konvenci jaderné bezpečnosti z r. 2010 je dokladováno plnění identifikovaných „safety issues“ pro JE Dukovany a JE Temelín s následujícím závěrem:

- JE Dukovany – splněno 65, ve stadiu plnění 9 safety issues
- JE Temelín – splněno 70, ve stadiu plnění 1 safety issue.

Řada těchto „safety issues“, zejména tzv. kategorie III (závažné z hlediska jaderné bezpečnosti) se přímo dotýká problematiky zátěžových zkoušek. Jako příklad lze uvést následující:

„Safety issues“ kategorie III pro JE s reaktory VVER-440/213 (stav na JE Dukovany):

G 02 Kvalifikace zařízení - v realizaci
CI 02 Nedestruktivní kontroly - vyřešeno
S 05 Ucpání sít vtoků hvarijního chlazení - vyřešeno
S 13 Zranitenost systému napájení PG - vyřešeno
C 01 Pevnostní zodolnění barbotážního systému v podmínách LOCA havárie - vyřešeno
IH 02 Prevence požárů - vyřešeno
IH 07 Vnitřní rizika v důsledku roztržení vysokoenergetických potrubí - v realizaci
EH 01 Seismické zodolnění - v realizaci.

„Safety issues“ kategorie III pro JE s reaktory VVER- 1000 (stav na JE Temelín):

G 02 Kvalifikace zařízení - v realizaci
RC 02 Spolehlivost zasunutí řídicích klastrů/deformace paliva - vyřešeno
CI 01 Křehnutí tlakové nádoby reaktoru a jeho monitorování - vyřešeno

CI 02 Nedestruktivní kontroly - vyřešeno
CI 04 Integrita kolektorů parních generátorů - vyřešeno
CI 06 Integrita potrubí páry a napájecí vody - vyřešeno
S 05 Ucpání sít vtoků havarijního chlazení - vyřešeno
S 09 Kvalifikace přepouštěcích ventilů PG na výtok vody - vyřešeno
I&C 08 Monitorovací systém těsnosti víka reaktoru - vyřešeno
El 05 Doba vybití akumulátorových baterii - vyřešeno
IH 02 Prevence požárů - vyřešeno.

Mezi vyřešenými „safety issues“ je řada zařízení a systémů, které souvisejí s prevencí nebo se zaměřením této zprávy t.j. zmírněním těžkých havárií, například: odstranění vodíku (S15), spolehlivost dieselů (EL02), akumulátorové baterie (EL 03), chování barbotážního systému (C01, C02, C03), seismicita (EH01, EH02), těžké havárie - SAMG (AA 09), blackout (AA 14), ztráta koncového jímače tepla (AA 15), aj.

I.6 Mezinárodní mise na JE Dukovany a JE Temelín

S cílem objektivity hodnocení skutečného stavu zajištění jaderné bezpečnosti JE Dukovany a JE Temelín jsou na obě jaderné elektrárny zvány mezinárodní mise, zejména mise MAAE, které hodnotí vybrané oblasti z pohledu svých bezpečnostních požadavků a návodů a současné nejlepší mezinárodní praxe. Jednalo se o následující mise:

JE Dukovany:
- Operational Safety Review (OSART), IAEA (1989)
- Operational Safety Review Follow-up (OSART FU), IAEA (1991)
- Assessment of Significant Safety Events (ASSET), IAEA (1993)
- Assessment of Significant Safety Events (ASSET), IAEA (1996)
- Technický audit, ENAC (1994 – 1995)
- Safety Issues of WWER 440 Resolution Review, IAEA (1995)
- Jaderný pojišťovací Pool, Marsh & McLennan (1996)
- Jaderný pojišťovací Pool, organizován Gradmann & Holler (1996)
- Jaderný pojišťovací Pool, ČJP (1997): inspekce pojišťovacích rizik (v prosinci 1997 podepsána pojistná smlouva mezi ČEZ, a. s., a ČJP pro krytí odpovědnostních rizik),
- Peer Review, WANO (1997)
- International Peer Review Service (IPERS), IAEA (1998)
- International Physical Protection Advisory Service (IPPAS), IAEA (1998)
- Jaderný pojišťovací Pool, ČJP (2000)
- Certifikační audit EMS, Det Norstke Veritas (2001):závěrečné posouzení podle požadavků normy ISO 14001
- Operational Safety Review (OSART), IAEA (2001)
- Operational Safety Review Follow-up, (OSART FU), IAEA (2003)
- Jaderný pojišťovací Pool, ČJP (2006)
- Peer Review, WANO (2007)
- Safety Assessment Long Term Operation Review (SALTO), IAEA (2008)
- Peer Review Follow-up, WANO (2009)
- Operational Safety Review (OSART), IAEA (2011).

JE Temelín:
- Site Safety Review, Design Review, NUS Halliburton (1990): hodnocení lokality, bezpečnostních systémů, projektu aktivní zóny a bezpečnostních analýz,
- Pre–Operational Safety Review (Pre-OSART), MAAE (1990)
- Pre–Operational Safety Review Follow up, MAAE (1992)
- Quality Assurance Review MAAE (QARAT) (1993)

- Leak Before Break Application Review, MAAE (1993 – 1995)
- Fire Safety MAAE (1996)
- International Peer Review Service – PSA 1, PSA 2, MAAE (IPERS), (1995 – 1996)
- Safety issues of WWER 1000 Resolution Review, MAAE (1996)
- Physical Protection Assurance – IPPAS, MAAE (1998)
- Operational Preparedness and Plant Commissioning Review, MAAE (2000)
- Operational Safety Review (OSART) MAAE (2001)
- Safety Issues of WWER 1000 Resolution Review Follow up, MAAE (2001)
- International Physical Protection Advisory Service (IPPAS), MAAE (2002)
- Site Seismic Hazard Assessment – expert mission, MAAE (2003)
- International Probabilistic Safety Assessment Review, MAAE (IPSART) (2003)
- Operational Safety Review Follow-up (OSART FU), MAAE (2003)
- Peer Review, WANO (2004)
- Peer Review Follow-up, WANO (2006)
- WANO Peer Review (2011).

Všechny výše uvedené mise skončily, a to bez ohledu na řadu formulovaných doporučení a podnětů, pozitivním závěrem potvrzujícím náležitou úroveň zajištění jaderné bezpečnosti obou elektráren a příklady nadstandardních bezpečnostních řešení (good practices).

I.7 Základní legislativní postupy a požadavky

Základní legislativní postupy a požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti v ČR se řídí Zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie (atomový zákon) a jeho prováděcími vyhláškami (viz odst. 0.3). Zákon č. 18/1997 Sb., stanovuje v § 9 hlavní fáze licenčního procesu pro schvalování jaderných zařízení:

a) umístění jaderného zařízení a úložiště radioaktivních odpadů
b) výstavba jaderného zařízení
c) provoz jaderného zařízení
d) provedení rekonstrukce a změn ovlivňujících jadernou bezpečnost, radiační ochranu, fyzickou ochranu a havarijní připravenost jaderného zařízení
e) jednotlivé etapy vyřazování jaderného zařízení z provozu.

Žadatel o povolení k zahájení výše uvedených činností musí k žádosti přiložit stanovenou bezpečnostní dokumentaci.

Pro souhlas s umístěním jaderného zařízení nebo úložišť radioaktivních odpadů jsou tyto informace předloženy v Zadávací bezpečnostní zprávě, která obsahuje:

1. charakteristiky a průkazy o vhodnosti vybrané lokality z hlediska kritérií na umísťovaných jaderných zařízení nebo úložišť radioaktivních odpadů stanovených prováděcím právním předpisem
2. charakteristiky a předběžné hodnocení koncepce projektu z hlediska požadavků stanovených prováděcím předpisem na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, havarijní připravenost
3. předběžné hodnocení vlivu provozu navrhovaného zařízení na zaměstnance, obyvatele a životní prostředí,
4. návrh koncepce bezpečného ukončení provozu,
5. vyhodnocení zabezpečení jakosti při výběru lokality, způsob zabezpečení jakosti přípravy realizace výstavby a zásady zabezpečení jakosti navazujících etap.

Pro vydání povolení k výstavbě je nezbytné předložit Předběžnou bezpečnostní zprávu, která obsahuje:

1. průkaz, že navrhované řešení dané projektem splňuje požadavky na jadernou bezpečnost, radiační ochranu a havarijní připravenost stanovené prováděcími předpisy,
2. bezpečnostní rozbory a rozbory možností neoprávněného nakládání s jadernými materiály a zdroji ionizujícího záření a hodnocení jejich následků na pracovníky, obyvatele a životní prostředí,
3. údaje o předpokládané životnosti jaderného zařízení nebo velmi významného zdroje ionizujícího záření,
4. hodnocení vzniku radioaktivních odpadů a nakládání s nimi během uvádění do provozu a provozu povolovaného zařízení nebo pracoviště,
5. koncepci bezpečného ukončení provozu a vyřazení z provozu povolovaného zařízení nebo pracoviště, včetně likvidace radioaktivních odpadů,
6. koncepci nakládání s vyhořelým jaderným palivem.

Souhlas SÚJB s provozem je vydán na základě posouzení Předprovozní bezpečnostní zprávy, která obsahuje:

1. doplňky předprovozní bezpečnostní zprávy a další doplňky dokumentace vyžadované k vydání povolení pro první zavezení jaderného paliva do reaktoru, vztahující se ke změnám realizovaným po prvním zavezení jaderného paliva,
2. vyhodnocení výsledků předchozích etap uvádění do provozu,
3. průkaz o splnění předchozích rozhodnutí a podmínek SÚJB,
4. průkaz o připravenosti zařízení a personálu k provozu,
5. harmonogram provozu,
6. aktualizované limity a podmínky pro bezpečný provoz.

Obsah pojmu **„jaderná bezpečnost“** je obsažen přímo v jeho definici v atomovém zákoně, kde se pod pojmem jaderná bezpečnost pro účely tohoto zákona rozumí *„stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí* ***a omezovat následky nehod****“.*

Konkrétní požadavky na projekty jaderných zařízení, jsou obsaženy ve vyhlášce SÚJB č. **195/1999** Sb., o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti. Ve vztahu k vnějším rizikům vyhláška definuje následující požadavky na ochranu proti jevům vyvolaným přírodními podmínkami nebo lidskou činností vně jaderného zařízení:

§ 10 Ochrana proti jevům vyvolaným přírodními podmínkami nebo lidskou činností vně jaderného zařízení

i. Zařízení důležitá pro jadernou bezpečnost musí být řešena tak, aby při živelných událostech, které lze reálně předpokládat (zemětřesení, vichřice, zátopy) nebo událostech vyvolaných lidskou činností vně jaderného zařízení (pád letadla, výbuchy v okolí elektrárny, apod.) bylo možné
   a) reaktor bezpečně odstavit a udržovat v podkritickém stavu
   b) odvádět zbytkový výkon reaktoru po dostatečně dlouhou dobu
   c) zajistit, že případné radioaktivní úniky nepřekročí hodnoty stanovené zvláštním právním předpisem.

ii. Při navrhování jaderného zařízení se proto musí uvážit:
   a) nejvážnější přírodní jevy, nebo události vyvolané lidskou činností, historicky zaznamenané v dané lokalitě a jejím okolí, extrapolované s uvážením omezené přesnosti hodnot a času,
   b) kombinace účinků přírodních jevů nebo událostí vyvolaných lidskou činností a havarijních podmínek těmito jevy způsobenými.

Vyhláška SÚJB č. **195/1999** Sb. obsahuje řadu dalších konkrétních technických požadavků na systémy chlazení reaktorů, ochranné obálky, energetické napájecí systémy a jejich zálohování, včetně požadavků na jejich fungování v normálním, abnormálním provozu a v havarijních podmínkách, mezi které patří i vnější události, jejichž výskyt lze, s ohledem na historii v dané lokalitě, reálně předpokládat.

Z pohledu technického obsahu zátěžových zkoušek jsou důležitá zejména ustanovení o zajištění odvodu tepla a zálohování elektrického napájení. Na zajištění odvodu tepla se vztahují mimo jiné následující ustanovení:

§ 25 Systém odvádění zbytkového tepla

iii. Systém odvádění zbytkového tepla musí zajistit, aby při odstaveném reaktoru nebyly překročeny projektové limity palivových elementů a primárního okruhu.

iv. Systém odvádění zbytkového tepla musí zajistit dostatečné zálohování důležitých zařízení systému odvádění zbytkového tepla, vhodné propojení, možnosti odpojení části systému, detekci úniků a možnost jejich zachycení tak, aby systém pracoval spolehlivě i při jednoduché poruše.

§ 26 Systém havarijního chlazení

Systém havarijního chlazení musí zajistit:

a) spolehlivé chlazení aktivní zóny za havarijních podmínek způsobených ztrátou chladiva, aby
   1. teploty pokrytí palivových elementů nepřekročily hodnoty stanovené projektovými limitami
   2. energetický příspěvek chemických reakcí (pokrytí, voda, uvolňování vodíku) nepřekročil přípustnou hodnotu
   3. nevznikly změny palivových elementů, palivových souborů a vnitřních částí reaktoru, které by mohly ovlivnit účinnost chlazení
   4. zbytkové teplo bylo odváděno dostatečně dlouhou dobu,

b) jeho dostatečné zálohování, vhodné propojení, možnost odpojení částí systému, detekce úniků a možnost jejich zachycení tak, aby systém pracoval spolehlivě i při jednoduché poruše.

Požadavky na elektrické napájení jsou uvedeny v následujících ustanoveních:

§ 29 Energetické napájecí systémy

(1) Vyvedení výkonu jaderného zařízení a zásobování vlastní spotřeby musí zajistit, aby
   (a) jejich vnější a vnitřní poruchy rozvodu ovlivnily co nejméně provoz reaktoru a systémy odvodu tepla
   (b) zařízení elektrárny důležitá pro povoz mohla být napájena ze dvou různých zdrojů (vlastní generátor a síť elektrizační soustavy)

(2) Elektrický rozvod pro napájení řídících a ochranných systémů zařízení primárního okruh, systémů odvádění zbytkového tepla, havarijního chlazení a systémů ochranné obálky musí kromě tooho umožňovat napájení z nouzového zdroje, tj. být zálohovány nezávisle na tom, zda jsou v provozu vlastní generátory nebo elektrizační soustava. Řídící a ochranné systémy musí být napájeny nepřetržitě.

§ 30 Zálohování energetických napájecích systémů

(1) Systémy, které jsou vzhledem k zajištění jadrné bezpečnosti zálohovány, musí být zásobovány energií tak, aby se zaručila jejich funkční nezávislost tím, že systémy elektrického napájení a jejich zdroje jsou vzájemně nezávislé. Pokud je počet zdrojů nižší, než počet nezávislých systémů, musí návrh prokázat, že to nesnižuje jejich spolehlivost.

(2) Jestliže jednoduchá porucha napájených systémů nenaruší jejich funkci, připouští se i jednoduchá porucha elektrického sytému nebo zdroje.

(3) Pokud je k zajištění jaderné bezpečnosti nezbytná provozní schopnost některého systému, musí systém elektrického napájení zajistit potřebné napájení i při jednoduché poruše bez omezení.

§ 31 Nouzové zdroje energie

(1) Systémy, které se musí napájet bez přerušení (spotřebiče I. kategorie) se napájejí ze zdrojů, které poskytují energii okamžitě (baterie se střídači).

(2) Zdroje a napájecí systémy, které se uvádějí v činnost až po určité době trvání havarijních podmínek (spotřebiče II. kategorie), musí být uvedeny na potřebný výkon v době kratší, než je doba spuštění spotřebičů II. kategorie.

(3) Musí být zajištěna možnost provádět funkční zkoušky nouzových zdrojů elektrického napájení.

Ve vztahu k těžkým haváriím hraje důležitou úlohu poslední bariéry proti úniku radioaktivních látek ochranná obálka. Vyhláška SÚJB č. 195/1999 Sb., obsahuje pro systémy ochranných obálek, mimo jiné, následující ustanovení (havarijními podmínkami se zde rozumí projektové nehody):

§ 33 Zásady řešení

(1) Systém ochranné obálky pozůstává z hermetické obálky dimenzované pro všechny projektové nehody, z uzavíracích orgánů, systémů snížení tlaku a teploty a z ventilačních a filtračních systémů.

(2) Systém ochranné obálky musí zajistit, aby se jeho požadovaná těsnost zachovala při vzniku havarijních podmínek a dostatečně dlouhou dobu po jejich ukončení.

(3) Systém ochranné obálky musí zajistit požadovanou funkci pro maximální tlaky i případné podtlaky a teploty projektových nehod. Je nutné uvážit vliv systémů snížení tlaku a teploty uvnitř hermetické obálky, vliv ostatních potenciálních zdrojů energie, průchodek a průchodů, nepřesnost výpočtových modelů, výsledky experimentů a provozních zkušeností.

(4) Systém ochranné obálky musí splňovat požadavky ochrany před vnějšími vlivy podle § 10.

(5) Zařízení systému ochranné obálky musí zajistit plnění jejich funkce a omezit vliv na ostatní systémy a zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti.

§ 35 Tlaková zkouška hermetické obálky

Hermetická obálka musí umožňovat před uvedením jaderného zařízení do provozu prokázat tlakovou zkouškou její celistvost při zkušebním tlaku, který je vyšší než projektový.

§ 41 Systém snížení tlaku a odvodu tepla z hermetického prostoru

(1) Hermetický prostor musí být vybaven systémem snížení tlaku a odvodu tepla, který by spolu s ostatními systémy po ukončení havarijních podmínek spojených s uvolněním hmoty a energie zajistil dostatečně rychlé snížení tlaku a teploty v hermetickém prostoru a který by dále zajistil. Že jejich přípustné hodnoty nebudou překročeny.

(2) Systém musí zabezpečovat spolehlivost, zálohování a funkční různorodost jeho důležitých zařízení a zajistit funkci systémů při jednoduché poruše.

§ 42 Ostatní systémy ochranné obálky

(1) Systém ochranné obálky *musí být vybaven systémy, které zabezpečí kontrolu štěpných produktů a látek, které by do něho mohly vniknout při vzniku havarijních podmínek. Tyto systémy musí být schopny spolu s ostatními systémy*
   (a) snížit objemovou aktivitu a upravit složení štěpných produktů
   (b) kontrolovat objemové koncentrace výbušných látek, aby se zajistila celistvost hermetické obálky a snížilo množství unikajících radionuklidů.

(2) Důležitá zařízení těchto systémů musí být zálohována, aby mohla pracovat při jednoduché poruše.

I.8 Havarijní připravenost

Národní legislativa definující požadavky na havarijní připravenost je v souladu s dokumenty MAAE, zejména:

- Safety Standards GS-R-2: Preparedness and response for Nuclear and Radiation Emergencies, 2002
- Safety Standards GS-G-2.1: Arrangements for Preparedness for Nuclear and Radiation Emergencies, 2007.

Ustanovení § 2 Atomového zákona definuje základní pojmy – havarijní připravenost, radiační nehodu, radiační havárii, radiační mimořádnou situaci, havarijní ozáření, zónu havarijního plánování a havarijní plán.

Podle § 3 Atomového zákona SÚJB v rámci své působnosti:

- schvaluje vnitřní havarijní plány a jejich změny po projednání vazeb na vnější havarijní plány; schválení vnitřního havarijního plánu je podmínkou povolení k uvádění jaderného zařízení do provozu a jeho provozu,
- stanovuje zónu havarijního plánování na základě žádosti držitele povolení,
- řídí činnost celostátní radiační monitorovací sítě a zajišťuje funkci jejího ústředí,
- zajišťuje činnost krizového koordinačního centra a zabezpečuje mezinárodní výměnu dat o radiační situaci,
- zajišťuje pomocí celostátní monitorovací radiační sítě a na základě hodnocení radiační situace podklady pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření v případě radiační havárie,
- je povinen v přiměřené míře poskytovat veřejnosti informace o výsledcích své činnosti, pokud nejsou předmětem státního, služebního nebo obchodního tajemství, a jednou za rok vypracovat zprávu o své činnosti a předložit ji vládě a veřejnosti.

V § 4 Atomový zákon stanovuje mj. zásady k provádění radiačních činností a limitování havarijního ozáření. Zásady k odvrácení nebo snížení ozáření při radiačních nehodách a ozáření osob, které se podílejí na zásazích, jsou rozpracovány v prováděcí vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.

V § 17 ukládá Atomový zákon mezi všeobecnými povinnostmi držiteli povolení zajistit havarijní připravenost, včetně jejího ověřování v rozsahu odpovídajícím pro jednotlivá povolení, a oznamovat SÚJB každou změnu důležitou z hlediska havarijní připravenosti, včetně změn všech skutečností rozhodných pro vydání povolení.

Ustanovení § 18 Atomového zákona stanovuje mezi dalšími povinnostmi držitele povolení:

- sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat veličiny, parametry a skutečnosti důležité pro havarijní připravenost v rozsahu stanoveném prováděcími předpisy,
- vést a uchovávat evidenci zdrojů ionizujícího záření, objektů, materiálů, činností, veličin a parametrů a dalších skutečností důležitých z hlediska havarijní připravenosti a evidované údaje předávat SÚJB způsobem stanoveným v prováděcím předpise,

- zajistit soustavný dohled nad dodržováním havarijní připravenosti, včetně jejího ověřování.

Ustanovení § 19 Atomového zákona stanovuje mezi povinnostmi držitele povolení v případě vzniku radiační nehody v rozsahu a způsobem stanoveným vnitřním havarijním plánem schváleným SÚJB:

- neprodleně vyrozumět příslušné orgány veřejné správy, SÚJB a další dotčené orgány uvedené ve vnitřním havarijním plánu o vzniku nebo podezření na vznik radiační havárie,
- neprodleně při vzniku radiační havárie zajistit varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování,
- neprodleně zajistit likvidaci následků radiační nehody v prostorách, kde provozuje svoji činnost, a realizovat opatření pro ochranu zaměstnanců a dalších osob před účinky ionizujícího záření,
- zajistit monitorování ozáření zaměstnanců a dalších osob a úniků radionuklidů a ionizujícího záření do životního prostředí,
- informovat dotčené orgány zejména o výsledcích svého monitorování, o skutečném a očekávaném vývoji situace, o opatřeních přijatých na ochranu zaměstnanců a obyvatel, o opatřeních přijatých k likvidaci radiační nehody a o skutečném a očekávaném ozáření osob,
- kontrolovat a usměrňovat ozáření zaměstnanců a osob podílejících se na likvidaci radiační nehody v prostorách, kde provozuje svoji činnost,
- spolupracovat při likvidaci následků radiační nehody svého zařízení,
- podílet se při vzniku radiační havárie na činnosti celostátní radiační monitorovací sítě

Podrobnosti a požadavky v oblasti havarijní připravenosti pro případ vzniku mimořádných událostí (radiačních nehod a havárií) jsou dále stanoveny prováděcími předpisy k Atomovému zákonu:

- ***vyhláška SÚJB č. 318/2002 Sb.***, ve znění vyhlášky SÚJB č. 2/2004 Sb., stanovuje podrobnosti k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.
  V souladu s touto vyhláškou je provozovatel jaderné elektrárny (držitel povolení) povinen k zajištění havarijní připravenosti vytvořit odpovídající organizační a personální podmínky tak, aby v případě vzniku mimořádných událostí byl personál jaderné elektrárny připraven okamžitě reagovat na vzniklou situaci a zahájit předem plánované činnosti zaměřené k potlačení negativních projevů a důsledků.
- ***vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky SÚJB č. 499/2005 Sb.,***
- ***vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, ve znění vyhlášky SÚJB č. 27/2006 Sb.***

I.9 Požadavky na nadprojektové havárie

SÚJB má již poměrně dlouhou dobu v pokročilém stadiu rozpracování novelu vyhlášky č. 195/1999 Sb., která stanovuje bezpečnostní cíle a principy bezpečnosti a požadavky na jaderná zařízení s reaktory o výkonu vyšším než 50 MWt. Novela je v současnosti vydána jako Návod SÚJB - O požadavcích na projekt jaderných zařízení BN-JB-1.0. Tato novela zahrnuje v souladu s bezpečnostním návodem MAAE NS-G-2.15 i události typu "extended design conditions – rozšířené projektové podmínky" a deklaruje specifické požadavky i na nadprojektové havárie (BDBA).

Ve vztahu k nadprojektovýn haváriím návod obsahuje mimo jiné následující ustanovení:

Hodnocení bezpečnosti

(36) S využitím kombinace deterministických a pravděpodobnostních metod a inženýrského úsudku musí být proveden výběr bezpečnostně nejvýznamnějších nadprojektových událostí (tzv. rozšířené podmínky), provedeny jejich bezpečnostní analýzy a stanoveny ty události, pro které je potřebné a současně rozumně proveditelné zavést v projektu jaderného zařízení odpovídající preventivní či zmírňující technická a organizační opatření.

(37) Pro analýzy těchto nadprojektových nehod mohou být stanovena méně konzervativní kritéria přijatelnosti, mohou být použity realistické předpoklady analýzy – tzv. best estimate přístup (není nutné uplatňovat kritérium jednoduché poruchy, lze uvažovat zásahy systémů neklasifikovaných jako bezpečnostní apod.).

(38) Musí být vyhodnoceny i průběhy a radiační důsledky těžkých havárií, které nemají charakter prakticky vyloučených podmínek:

- *za účelem identifikace prakticky proveditelných opatření pro prevenci vzniku a rozvoje havárií a pro řízení a zmírňování jejich následků,*
- *jako podklad pro vypracování návodů pro zvládání havárií a pro výcvik obsluhy,*
- *jako podklad pro vypracování plánů na ochranu obsluhy a obyvatelstva a zavedení zmírňujících opatření k omezení dopadů radioaktivních úniků ohrožujících obsluhu, obyvatelstvo a životní prostředí,*

Tlakový a chladící okruh reaktoru

(82) Návrh zařízení primárního okruhu musí obsluze zajistit technické prostředky a umožnit realizaci organizačních opatření, které umožní předejít rozvoji tavení zóny za vysokého tlaku v chladicím okruhu reaktoru v havarijních podmínkách těžkých havárií.

Systém ochranné obálky

(108) Pro ochranu a zajištění funkcí ochranné obálky musí být stanovena projektová kritéria (zahrnující limity teplot a tlaků uvnitř ochranné obálky a její těsnosti) a projektem musí být zajištěny podmínky, že tato kritéria nebudou překročena:

- *při projektových nehodách po dostatečně dlouhou dobu po dosažení bezpečného a stabilizovaného stavu,*
- *po vzniku těžké havárie minimálně po dobu potřebnou k realizaci ochranných opatření podle zvláštního právního předpisu4).*

(117) Projekt musí zajistit, aby ztráta bezpečnostních funkcí ochranné obálky byla prakticky vyloučena a musí být stanoveny postupy, zajištěny technické prostředky a organizační

opatření pro zajištění co největšího stupně ochrany její celistvosti a funkčnosti při nadprojektových nehodách, včetně těžkých havárií tak, aby byly co nejvíce omezeny důsledky jejího možného přetlakování, přehřátí, poškození výbušnými plyny, narušení integrity taveninou z degradovaných zbytků aktivní zóny, úniku radioaktivních látek ve formě kapaliny a aerosolů, taveniny aktivní zóny apod.

I.10 Požadavky na řízení havárií

Provozní předpisy na řízení těžkých havárií – SAMG – byly poprvé v ČR zavedeny v rámci uvádění do provozu JE Temelín. K jejich zpracování byly využity zkušenosti firmy Westinghouse. Požadavky SÚJB na řízení nehod jsou v současné shrnuty v Návodu SÚJB - Požadavky na zavedení provozních předpisů typu EOP a SAMG, BN – JB – 1.11. Tento návod specifikuje požadavky na program zvládání havárií včetně provozních předpisů, podle kterých je postupováno při zvládání projektových i nadprojektových havárií, včetně těžkých havárií. Návod uvádí požadavky na formát, rozsah a obsah předpisů, včetně jejich údržby a výcviku personálu. Převážná část požadavků tohoto návodu vychází z Bezpečnostního standardu MAAE - Řízení těžkých havárií NS-G-2.15. Povinnost zavést předpisy typu EOP a SAMG vychází z následujících ustanovení návodu:

(3.17) Personál vykonávající opatření v rámci zvládání havárií musí mít k dispozici vhodný provozní předpis ve formátu předpisu nebo návodu.

(3.45) Příprava programu zvládání havárií musí probíhat v následujících krocích:

a) identifikace zranitelností (slabých míst) JE odolávat haváriím za účelem zjištění mechanismů ohrožení kritických bezpečnostních funkcí a bariér proti úniku štěpných produktů (ŠP)
b) identifikace schopností (potenciálu) JE, a to zařízení i personálu, odolat ohrožení kritických bezpečnostních funkcí a bariér proti úniku ŠP, včetně potenciálu tato ohrožení zmírnit
c) vývoj vhodných strategií a opatření pro zvládání havárií, včetně technického vybavení, které kompenzuje identifikovaná slabá místa JE
d) vytvoření předpisů a návodů pro zvládání havárií.

(3.25) Návody pro zvládání těžkých havárií musí uvažovat specifická ohrožení spojená s odstavenými stavy reaktoru a dlouhodobými odstávkami JE, jako jsou otevřené průchody do kontejnmentu. V návodech musí být zahrnuto potenciální poškození ozářeného jaderného paliva jak v reaktorové nádobě, tak v bazénu skladování. Protože během plánovaných odstávek JE bývá prováděna generální údržba, musí být návody primárně zaměřeny na bezpečnost personálu.

(3.32) Zavedení EOP a SAMG tvoří nedílnou součást havarijních opatření na JE. Zodpovědnost za provádění zásahů podle SAMG přísluší organizaci havarijní odezvy (OHO) JE. Funkce a zodpovědnosti členů OHO zapojených do zvládání havárií musí být jasně definované a vzájemně zkoordinované.

V dozorné praxi SÚJB jsou výše uvedené požadavky transformovány do závazných podmínek rozhodnutí SÚJB týkajících se povolení k provozu. Například povolení k provozu pro bloky JE Dukovany vydané v létech 2005 a 2007 obsahovaly podmínku ve znění:

„Žadatel bude dále rozvíjet program řízení havárií, včetně zvládání tzv. nadprojektových havárií a o výsledcích bude každoročně informovat SÚJB do konce 1. čtvrtletí následujícího roku.“

Obdobně povolení k provozu 1. a 2. bloku JE Temelín z let 2004 a 2005 obsahují následující podmínku:

„Žadatel bude aktualizovat předpisy pro řízení těžkých havárií (SAMG) včetně návodů pro činnost blokové dozorny a Technického podpůrného střediska. O provedené aktualizaci bude SÚJB informován pravidelně 1x ročně, nejpozději vždy do konce 1. čtvrtletí následujícího roku.“

Tyto podmínky jsou oběma elektrárnami průběžně plněny.

Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín

Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín se nachází na jihu České republiky v blízkosti měst Brno a České Budějovice.

Obr. 1: Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín

II Jaderná elektrárna Dukovany

II.1 Všeobecné údaje o lokalitě/elektrárně

II.1.1 Stručný popis chrakteristik lokality

Jaderná elektrárna Dukovany (EDU) leží jihozápadně od města Brna na upravené rovinné ploše s kótou terénu 389,3 m n. m, která je na severu ohraničena hluboko zaříznutým údolím řeky Jihlavy. Okolní nadmořské výšky se pohybují cca na úrovni 370-395 m n.m. Nejbližšími sídly jsou obce Mohelno, Dukovany, Rouchovany a Slavětice ležící ve vzdálenosti 3-5 km.

V lokalitě EDU jsou v provozu čtyři jaderné bloky (využívající některá společná zařízení). Bloky jsou identické, stavebně sloučené do dvojbloků.

Na řece Jihlavě je přehrada s přečerpávací elektrárnou Dalešice, která současně slouží jako zásobárna vody pro jadernou elektrárnu. Elektrická energie je z jaderné elektrárny vyvedena do 400kV rozvodny Slavětice.

V lokalitě EDU jsou dále umístěny 2 sklady vyhořelého jaderného paliva (MSVP/SVP). Vyhořelé jaderné palivo je skladováno v kontejnerech CASTOR chlazených přirozenou

cirkulací vzduchu v MSVP/SVP. Vzhledem k pasivnímu principu chlazení obalových souborů nehrozí ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkci po vzniku iniciační události a tudíž MSVP/SVP není předmětem tohoto hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv.

Držitelem povolení k provozu všech jaderných zařízení umístěných v lokalitě je ČEZ, a. s., Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4. Aktuálně platná povolení k provozu EDU byla vydána pro první blok Rozhodnutím SÚJB č. j. 24273/2005 ze dne 16.12.2005, pro druhý blok Rozhodnutím SÚJB č. j. 55714/2006 ze dne 8.12.2006, pro třetí blok Rozhodnutím SÚJB č. j. 30852/2007 ze dne 10.12.2007 a pro čtvrtý blok Rozhodnutím SÚJB č. j. 30853/2007 z 10.12.2007. Platnost všech povolení je 10 roků.

II.1.1.1 Hlavní charakteristiky bloků

Jednotlivé RB EDU obsahují tlakovodní reaktory VVER 440 (typ V-213č), projektový tepelný výkon 1375 MWt. Bloky byly uvedeny do provozu v letech 1985 – 1987.
Reaktor (resp. aktivní zóna reaktoru) je chlazený a moderovaný vodou primárního okruhu, která je čerpána přes aktivní zónu hlavními cirkulačními čerpadly. Teplo akumulované v chladivu je po průchodu reaktorem v parogenerátorech předáváno vodě sekundárního okruhu. Tlak primárního okruhu je udržován kompenzátorem objemu. Systém chlazení reaktoru (primární okruh) je tvořen šesti smyčkami cirkulačního potrubí s hlavním cirkulačním čerpadlem (HCČ) a horizontálním parogenerátorem (PG) s možností oddělení netěsného HCČ nebo PG hlavními uzavíracími armaturami a dále systémem kompenzace objemu.

Reaktor a hlavní komponenty primárního okruhu jsou umístěny v robustní hermetické zóně - kontejmentu, který tvoří železobetonová konstrukce s hermetickou oblicovkou, a který je bariérou proti úniku radioaktivních látek do okolí. Kontejnment se nachází uvnitř reaktorové budovy, která nad hlavním podlažím na úrovni 18,9 m pokračuje ocelovou konstrukcí tvořící zastřešení. V reaktorové budově jsou umístěny bazény skladování vyhořelého paliva (BSVP). kam se vyváží vyhořelé palivo z aktivní zóny. Odsud je po snížení zbytkového výkonu průběžně odváženo v kontejnerech CASTOR do MSVP/SVP.

Sekundární okruh sestává ze dvou turbogenerátorů pro jeden blok se systémy kondenzace, regenerace, napájecí vody a parovodů. Na sekundární okruh navazují systémy cirkulační chladící vody a systémy technických vod se čtyřmi chladícími věžemi pro HVB.

Zbytkové teplo je do atmosféry odváděno za normálního provozu přes parogenerátory, hlavní kondenzátory, cirkulační vodu a chladící věže, během odstávky přes parogenerátory, technologické kondenzátory, systém technické vody důležité a chladící věže. Odvod tepla ze systému technické vody důležité do atmosféry je realizován samostatným rozvodem této vody v chladících věžích s přirozeným tahem. Čerpací stanice technické vody důležité je řešena jako samostatný stavební objekt pro dvojblok, celkem jsou tedy dvě čerpací stanice TVD v areálu elektrárny.

Aktivní bezpečnostní systémy mají redundanci 3 x 100 % a jsou vzájemně nezávislé a fyzicky oddělené. Pasivní bezpečnostní systémy (hydroakumulátory uvnitř kontejnmentu) mají redundanci 2 x 100 %. Je zajištěna seismická odolnost všech redundantních bezpečnostních systémů, včetně elektrického napájení a systémů řízení a dalších pomocných systémů. Nouzové zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seismicky odolné (podléhající kvalifikaci jako pro bezpečnostní systémy). Projekt disponuje diverzifikovanými systémy pro zajištění plnění tří základních bezpečnostních funkcí 1) zajištění odstavení reaktoru (podkritičnost), 2) odvod tepla (dochlazení) a 3) zamezení únikům (bariéry a izolace kontejnmentu) – viz kap. II.1.1.1.3.

II.1.1.1.1 Program obnovy zařízení

V roce 1998 byl schválen a v následujících letech realizován Program obnovy zařízení tzv. MORAVA (**MO**dernizace - **R**ekonstrukce - **A**nalýzy - **VA**lidace), v rámci projektu byla realizována řada bezpečnostně významných akcí řešících tzv. bezpečnostní nálezy IAEA („Safety issues and their ranking for WWER 440 model 213 Nuclear Power Plants“), které byly posuzovány i v rámci EU. S jejich realizací je spojeno i významné snížení hodnoty pravděpodobnosti tavení aktivní zóny reaktoru. Mezi významné bezpečnostní modifikace patří:

- ochrana jímek TQ – modifikace sít jako prevence zanesení sání sprchových čerpadel troskami v průběhu havárie
- modifikace zařízení na PoE +14,7 m – ochrana vysokoenergetických potrubí před letícími předměty
- kompletní obnova systému kontroly a řízení (automatiky RTS, ESFAS, ELS, RST, PAMS atd.)
- přemístění sekčního kolektoru superhavarijních napájecích čerpadel – oddělení bezpečnostního systému od vysokoenergetických potrubí
- doplnění OVKO včetně ochrany TNR proti natlakování zastudena
- doplnění havarijního odvzdušnění TNR a primárních kolektorů PG
- drenážní trasa z A,B 301/1,2 – prevence ztráty chladiva v případě úniku na palubu HCČ
- modifikace pro zvýšení požární ochrany – rozšíření SSZ, instalace požárně odolných dveří, hašení na palubě HCČ
- modifikace projektu „únik před roztržením“ – zodolnění tělesa KO proti kmitům, dostrojení omezovačů švihnutí cirkulačního potrubí
- kvalifikace PVKO a OVKO pro práci s vodním médiem
- kvalifikace PV PG a PSA na parovodech pro práci s vodním médiem
- realizace nátrubků na trasy SHNČ umožňující připojení mobilních čerpadel HZSp
- výměna HNČ za výkonější
- kvalifikace bezpečnostně významných komponent
- úprava geometrie trasy ventilace TL11 v kontejnmentu pro zamezení úplné ztráty chladiva při LOCA . Součástí této akce je i příprava nátokového otvoru pro možnost chlazení TNR zvenku
- implementace symptomaticky orientovaných havarijních předpisů (EOPs) a návodů pro
- zvládání těžkých havárií (SAMG).

II.1.1.1.2 Periodické hodnocení bezpečnosti (Periodic Safety Review – PSR)

Na JE Dukovany bylo provedeno PSR po 20 letech provozu v období 1/2006 – 6/2007.

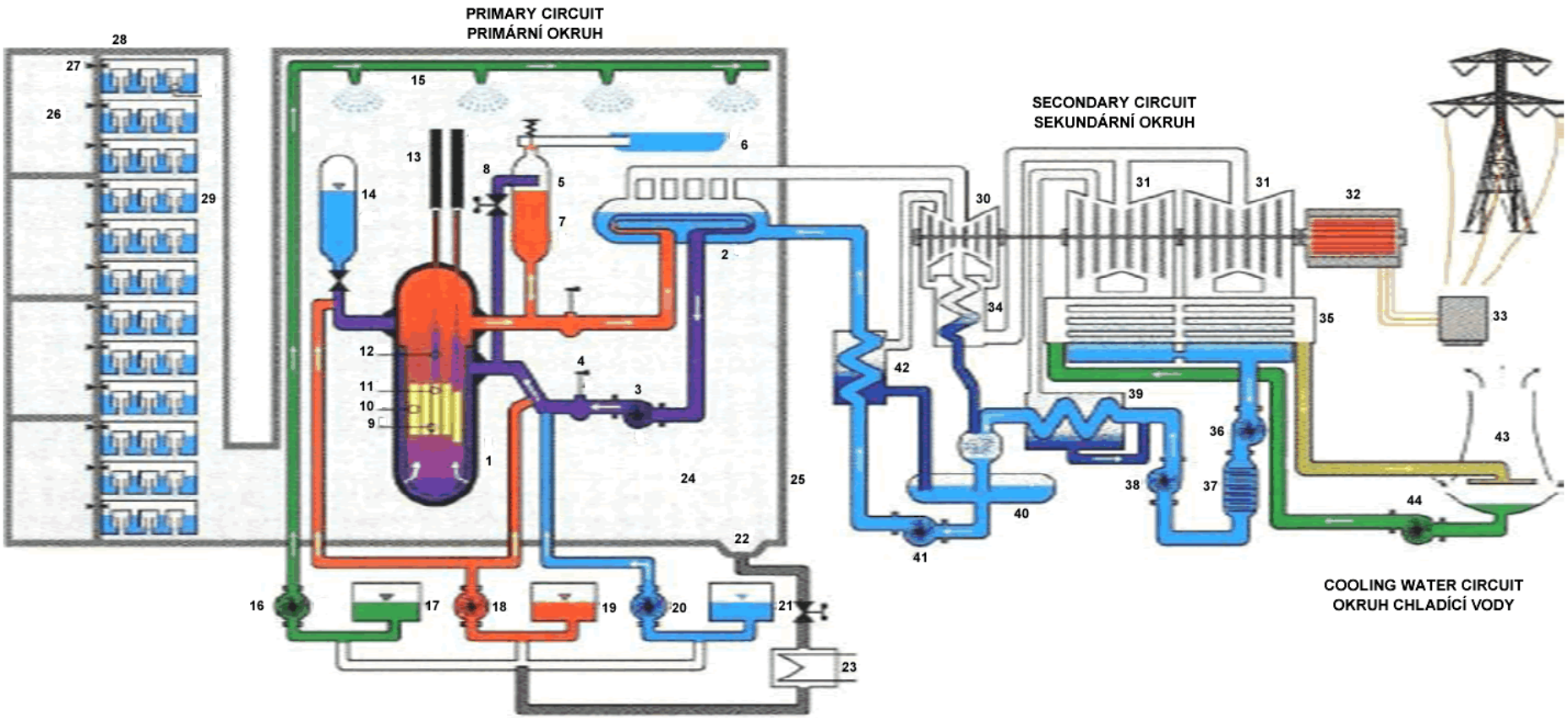
Pro provedení PSR byla v předstihu připravena dokumentace zahrnující zejména Metodiky a Kritéria, které vycházela z legislativních dokumentů České Republiky a z dokumentů IAEA do úrovně Safety Guide, dokumentů řady INSAG a požadavků WENRA na PSR. Zhodnocení bylo provedeno pro všechny oblasti (14 oblastí) a pro všechny bezpečnostní faktory definované dle návodu IAEA NS-G-2.10.

Zjištěné odchylky byly rozděleny z hlediska bezpečnostní významnosti s využitím schválené Metodiky rozděleny do 4 skupin (vysoká, střední, nízká, velmi malá).

Komplexní hodnocení v rámci PSR přitom identifikovalo obdobné příležitosti ke zvýšení bezpečnosti, jaké jsou uvedeny v této zprávě jako výsledek zátěžových zkoušek.

Některé z nich jsou realizovány nebo již téměř dokončeny (kvalifikace projektu EDU včetně seismického zodolnění, doplnění systému PAMS vytvoření seizmické PSA, opatření proti nevratné ztrátě chladiva, měření hladiny v šachtě reaktoru, dostrojení omezovačů švihu,

zpřesnění měření těsnosti kontejnmentu, zpracování dokumentace pro TPS, sledování a vyhodnocování kvality lidského faktoru a kultury bezpečnosti) další jsou již dnes ve fázi přípravy na implementaci a byla by realizována i bez ohledu na toto nové hodnocení. Jedná se v oblasti řízení stárnutí o zavedení programu řízení životnosti a spolehlivosti zařízení, v oblasti technické o zvýšení odolnosti projektu EDU na následky těžkých havárií, (jehož součástí je zvýšení kapacity systému likvidace vodíku havárie doplněním rekombinátorů pro těžké havárie, příprava na zaplavení šachty reaktoru, instalace systému vnitřního seismického monitoringu, modifikace vzduchotechniky BD a zodolnění či omezení zatížení 12. patra VBK, modernizace EPS, zodolnění potrubí II.O. v kontejnmentu, zodolnění krytů – dieselgenerátory a kyslíková regenerace). V oblasti administrativní a personální dokončení



1 - Reaktor, 2 - Parogenerátor, 3 - Hlavní cirkulační čerpadlo, 4 - Hlavní uzavírací armatura, 5 - Kompenzátor objemu - pára, 6 - Barbotážní nádrž, 7 - KO - voda, 8 - Vstřiky KO, 9 - Aktivní zóna, 10 - Palivová kazeta, 11 - Regulační kazeta (HRK), palivová část, 12 - Regulační kazeta (HRK), absorbční část, 13 - Pohony HRK, 14 - Hydroakumulátor,15 - Sprchový systém, 16 - Sprchové čerpadlo, 17 - Zásobní nádrž sprchového systému, 18 - Nízkotlaké havarijní čerpadlo, 19 - Zásobní nádrž nízkotlakého havarijního systému, 20 - Vysokotlaké havarijní čerpadlo, 21 - Zásobní nádrž VT havarijního systému, 22 - Sání z hermetické zóny, 23 - Chladič sprchového systému, 24 - Kontejnment, 25 - Ochranná obálka kontejnmentu, 26 - Záchytný plynojem barbotážní věže, 27 - Zpětná klapka, 28 - Brbotážní věž, 29 - Žlaby barbotážní věže, 30 - VT díl turbíny, 31 - NT díl turbíny, 32 - Elektrický generátor, 33 - Blokový transformátor, 34 - Separátor a přihřívač páry, 35 - Kondenzátor, 36 - Kondenzátní čerpadlo I°, 37 - Bloková úprava kondenzátu, 38 - Kondezátní čerpadlo II°, 39 - NT regenerace, 40 - Napájecí nádrž, 41 - Elektronapájecí čerpadlo, 42 - VT regenerace, 43 - Chladící věž cirkulační vody, 44 - Čerpadla CV

Obr. 2: Technologické schéma EDU

tvorby tzv. Shutdown SAMG a vytvoření prostředku umožňující grafické zobrazení průběhu těžkých havárií jako nástroje pro tvorbu, školení a výcvik personálu, doplnění bezpečnostních analýz nadprojektových havárií a nevýkonových stavů. PSR přitom předpokládá implementaci odsouhlasených opatření do roku 2015, tj. do doby prodloužení životnosti JE Dukovany.

II.1.1.1.3 Popis hlavních bezpečnostních systémů

Projekt JE Dukovany zajišťuje plnění těchto základních bezpečnostních funkcí:

1. Bezpečně odstavit reaktor a udržet jej v podmínkách bezpečného odstavení.
2. Odvádět zbytkové teplo z aktivní zóny reaktoru a z použitého vyhořelého paliva.
3. Omezit úniky radioaktivních látek tak, aby úniky nepřekročily stanovené limity.

Systémy, které se podílí na zajištění těchto bezpečnostních funkcí jsou klasifikovány jako systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, které se dále dělí na

1. Bezpečnostní systémy (safety systems)
2. Systémy související s bezpečností (safety related systems).

Systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, tj. bezpečnostní systémy a systémy související s bezpečností, jsou zařazeny mezi vybraná zařízení (classified equipment) a jsou v souladu s legislativními požadavky rozděleny do tří bezpečnostních tříd (safety class) podle jejich významu z hlediska bezpečnosti.

Technologické systémy, konstrukce a komponenty jsou klasifikovány i z hlediska seismické odolnosti. Všechny bezpečnostní systémy (a část systémů souvisejících s bezpečností) jsou zařazeny do první kategorie seismické odolnosti.

Pro bloky tohoto typu je typická schopnost zajišťovat základní bezpečnostní funkce následujícími vícenásobnými diverzními systémy v režimech normálního a abnormálního provozu a v havarijních podmínkách:

- **Podkritičnost** je zajišťována mechanickou regulací – pádem regulačních kazet vlastní váhou, vysokotlakými aktivními bezpečnostními systémy s vysokou koncentrací kyseliny borité, nízkotlakými aktivními a pasivními bezpečnostními systémy s odstavnou koncentrací kyseliny borité, dále systémy souvisejícími s bezpečností pro doplňování a bórovou regulaci za normálních a abnormálních provozních podmínek.
- **Odvod tepla** je zajišťován za normálních a abnormálních provozních podmínek parogenerátory s velkou zásobou vody, z kondenzátorů turbiny zajišťuje odvod tepla cirkulační okruh chladící vody s chladícími věžemi s přirozeným tahem. Pro odvod tepla jsou dále určeny přepouštěcí stanice do kondenzátoru, redukční stanice, technologické kondenzátory – vše zařazeno mezi systémy související s bezpečností. Jako jejich náhrada jsou dále použity bezpečnostní systémy - přepouštěcí stanice do atmosféry, případně pojistné ventily parogenerátorů. Pro dochlazení bloku je k dispozici aktivní nízkotlaký systém dochlazování s odvodem tepla z technologických kondenzátorů pomocí TVD s redundancí 3 x 100 % aktivních prvků (čerpadel). Obecně jsou bezpečnostní systémy řešeny blokově, technická voda důležitá je u tohoto typu elektrárny řešená dvoublokově. Odvod tepla z TVD do atmosféry je realizován pomocí chladících věží s rozstřikem.
- **Zamezení úniků štěpných produktů** z aktivní zóny je zajištěno fyzickými bariérami – matrice a pokrytí paliva, tlaková hranice primárního okruhu, kontejnment s udržováním podtlaku v něm za normálních a abnormálních podmínek. Z bazénu vyhořelého paliva je za normálních a abnormálních podmínek zajištěn odvod tepla redundantním (2 x 100 %) systémem souvisejícím s bezpečností, za havarijních podmínek s využitím zásoby

kyseliny borité v nádržích nízkotlakého bezpečnostního systému s odparem do prostoru reaktorového sálu. Za havarijních podmínek je dále aktivována izolace kontejnmentu od okolí s uzavřením rychločinných armatur na jeho hranici s odvodem tepla a snižováním tlaku v kontejnmentu pomocí aktivního bezpečnostního sprchového systému a s odvodem tepla pomocí TVD do chladících věží.

Podrobnější popisy včetně způsobu řešení nadprojektových stavů jsou uvedeny v následujících kapitolách.

II.1.1.1.3.1 Řízení reaktivity

Podkritičnost aktivní zóny

Aktivní zóna reaktoru je tvořena 349 kazetami, z toho je 312 pracovních a 37 HRK, které se mohou přemisťovat ve vertikálním směru. Krok palivové mříže zabezpečuje samoregulační vlastnosti AZ při práci na výkonu v důsledku záporných zpětných vazeb od výkonu a teploty moderátoru a paliva (koeficienty reaktivity od výkonu a teploty jsou záporné). Z důvodu relativně malé AZ je tato stabilní vůči radiálnímu i axiálnímu kolísání rozložení výkonu při přechodových procesech od xenonu.

Pro řízení reaktivity jsou určeny dva nezávislé systémy založené na různých technických principech:

- Mechanický systém odstavení reaktoru včetně vypínačů napájení
- Systém doplňování a bórové regulace.

Mechanický systém odstavení reaktoru je zařazen mezi BS. Je tvořen havarijními a regulačními kazetami (HRK) a plní následující funkce:

- zajišťují rychlé přerušení řetězové reakce v reaktoru rychlým pádem absorpční části do aktivní zóny a současným vysunutím její palivové části z aktivní zóny
- podílí se na automatické regulaci s cílem udržení výkonu reaktoru na zadané hladině a přechodu z jedné výkonové hladiny na druhou
- kompenzují rychlé změny reaktivity.

V reaktoru je umístěno celkem 37 HRK rozdělených do šesti skupin. Bezpečnostní funkci rychlého odstavení reaktoru plní HRK pádem vlastní váhou po vypnutí vypínačů napájení. Ztráta napájení znamená automatické vypnutí vypínačů (tzv. bezpečná porucha).

Systém doplňování a bórové regulace je zařazen mezi systémy souviseící s jadernou bezpečností.

Systém doplňování obsahuje dva základní provozní systémy TK, TE.

TK systém je určený mimo jiné k doplňování I.O. (kompenzaci neorganizovaných úniků). Systém může sloužit i pro doplňování I.O. v havarijních stavech (netěsnosti primárního okruhu, prasknutí parovodu, prasknutí trubky PG), i když není pro tyto havarijní stavy primárně určen. Jedná se o jeden technologický okruh s čerpacími agregáty v řešení 3 x 100 % s napájením ze II. kategorie zajištěného napájení (DG).

TE systém je určený zejména k odpouštění chladiva z I.O. ve všech režimech provozu. Jedná se o jeden technologický okruh s pracovním a rezervním čerpadlem s napájením ze II. kategorie zajištěného napájení (DG).

Systém bórové regulace obsahuje dva základní provozní systémy TC, TB.

Systém TC zajišťuje kontinuální čištění vody primárního okruhu. Systém je určen především k udržování požadované kvality chladiva I.O na hodnotách určených normami vodochemického režimu.

Systém TB zajišťje doplňování kyseliny borité do primárního okruhu. Systém tvoří dvě skladovací nádrže koncentrátu H_3BO_3 (2x50m^3) a šest čerpadel (1 nízkotlaké (manipulační),

2 vysokotlaká (slouží pro tlakovou těsnostní zkoušku), 3 havarijní – napájená z II. kategorie zajištěného napájení (DG)).

Kromě výše popsaných systémů jsou pro zajištění bezpečnostní funkce řízení reaktivity určeny také havarijní systémy chlazení AZ, zařazené mezi BS

Havarijní systémy chlazení AZ (vysokotlaký TJ, nízkotlaký TH) – aktivní

a) Systém TJ - Vysokotlaký systém havarijního chlazení AZ slouží ke zmírnění průběhu a likvidaci následku havárií spojených se ztrátou těsnosti I.O případně II.O. Za normálního provozu bloku na jmenovitém nebo sníženém výkonu je zařízení v pohotovostním režimu připraveno automaticky zasáhnout v případě vzniku havarijní situace.

Za havarijní situace zajišťuje:
- doplňování I.O a zvyšování koncentrace kyseliny borité v I.O při netěsnostech I.O nebo prasknutí II.O s cílem omezit poškození paliva
- zabraňuje nepřípustným přechodovým procesům spojeným se změnami reaktivity
- svou funkcí spolu s ostatními bezpečnostními systémy omezuje úniky radioaktivních látek a průnik ionizujícího záření z hermetické zóny při havarijních podmínkách a po nich.

Systém je řešen se systémovou redundancí 3 x 100% včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace).

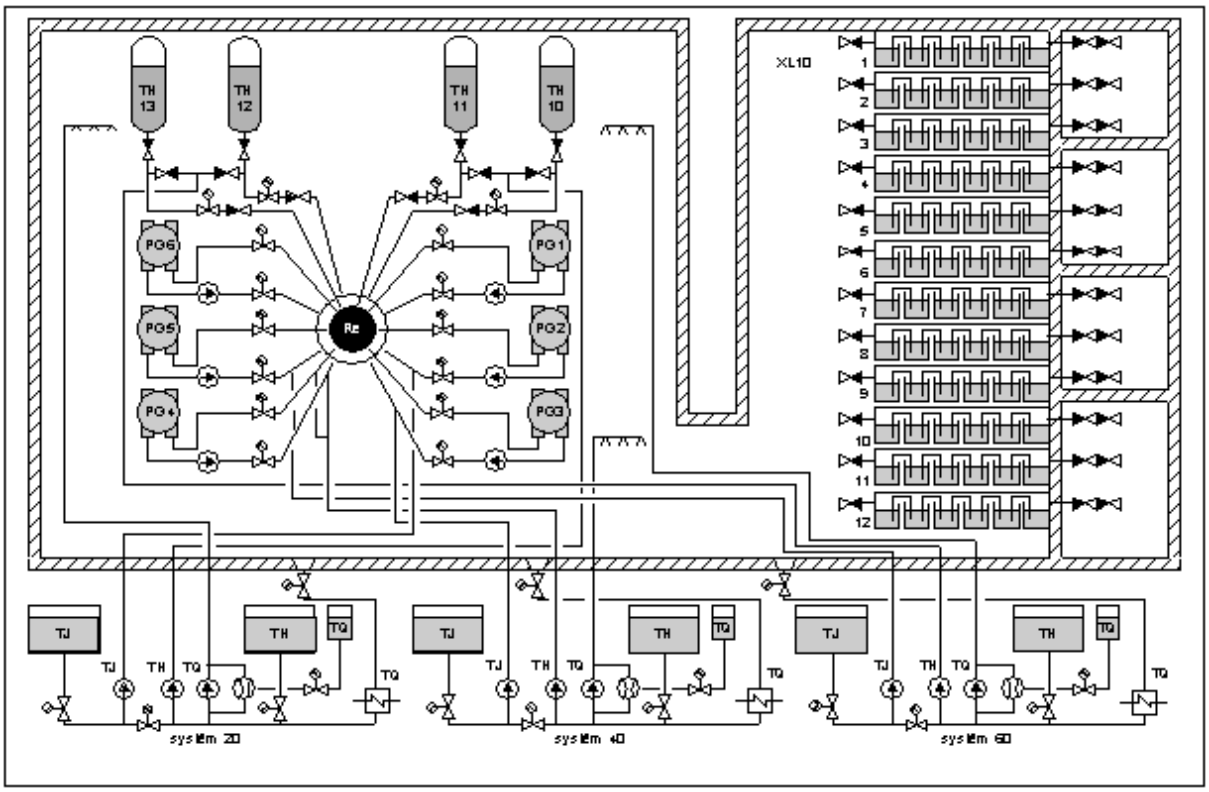
TJ čerpadla jsou napájena z II.kat ZN. Hlavní zařízení TJ systému havarijního chlazení:
- vysokotlaké havarijní doplňovací čerpadlo - 3 ks – průtok 65 m3/h při protitlaku 12,7 MPa, max tlak na výtlaku 14,3 MPa
- nádrže TJ systému - 3 ks (3x80 m3 koncentrace H3BO3 39 g/kg a teplota 60 °C).

b) Systém TH – nízkotlaký systém havarijního chlazení AZ slouží ke zmírnění průběhu a likvidaci následku havárií spojených s velkými úniky z I.O. Za normálního provozu bloku na jmenovitém nebo sníženém výkonu je zařízení v pohotovostním režimu připraveno automaticky zasáhnout v případě vzniku havarijní situace. Systém TH je koncipován obdobně jako systém TJ (tj. s redundancí 3 x 100%).

TH čerpadla jsou napájena z II.kat ZN. Hlavní zařízení TH systému havarijního chlazení:
- nízkotlaké havarijní doplňovací čerpadlo - 3 ks - 280 m3/h při tlaku 0,71 MPa na výtlaku
- nádrže TH systému - 3 ks (3x250m3 koncentrace H3BO3 12g/kg).

<u>Havarijní systémy doplňování TH - pasivní</u>

Systém tlakových zásobníků je určen pro zalití AZ v počáteční fázi havárie a zabezpečuje rychlé zalití AZ roztokem kyseliny borité. Systém se skládá ze 4 tlakových zásobníků (4x40m^3 koncentrace H_3BO_3 12g/kg). Každý ze čtyř tlakových zásobníků má svou nezávislou výtlačnou trasu DN 250 přímo na reaktor. Vylití zásobníků do reaktoru probíhá díky dusíkovému polštáři pasivně poklesem tlaku v I.O.



Obr. 3: Principielní schéma havarijních systémů EDU

Pro zajištění funkce řízení reaktivity v případě nadprojektových havárií lze kromě systémů popsaných výše využít ještě dalších systémů TM, TD.

Systém TM - Systém čištění bazénových vod, zařazený mezi SSB. Systém je určen k čištění vody nádrží havarijní zásoby roztoku kyseliny borité barbotážního kondenzátoru, systému havarijního chlazení aktivní zóny a skladovacích bazénů vyhořelého paliva od rozpustných i nerozpustných příměsí. Pro účely zajištění bezpečnostní funkce řízení reaktivity je možné využít bloková čerpadla tohoto systému TM13,14D01 napájená ze zajištěného napájení II. kategorie (DG) pro přečerpání roztoku kyseliny borité mezi nádržemi NT havarijního systému s jeho následnou dodávkou do primárního okruhu po jeho odtlakovaní.

Analogicky je možné použít bloková čerpadla systému TD60 pro přečerpání koncentrovaného roztoku kyseliny borité mezi nádržemi VT havarijního systému s jeho následnou dodávkou do systému primárního okruhu pomocí VT čerpadel havarijních systémů

Podkritičnost bazénu skladování vyhořelého paliva

Podkritičnost souboru palivových kazet v bazénu skladování je zajištěna dvěmi nezávislými způsoby:

- geometrií a materiálovým provedením skladovacích mříží umístěných v bazénu vyhořelého paliva
- koncentrací kyseliny borité v objemu bazénu.

V základní kompaktní skladovací mříži je možno skladovat 699 vyhořelých palivových souborů (PS), z toho 17 pro PS umístěné v hermetických pouzdrech (HP). Při odstávce s úplným vyvezením paliva z reaktoru je do BSVP umístěna dočasně tzv. rezervní

skladovací mříž umístěná nad základní skladovací mříží, tj. na úrovni +10,97 m. Rezervní mříž umožňuje uložení 296 ks PS a 54 ks HP.

Při skladování paliva ve dvou vrstvách je předepsána minimální hladina +18,5 m, při manipulacích s palivem minimálně +20,75 m.

Koncentrace kyseliny borité ve vodě je udržována na min.hodnotě 12 g/l. Dle Limitů a podmínek (LaP) je teplota vody v BSVP předepsána ≤ 60 °C, dle provozních předpisů (PP) musí být teplota udržována pod 50 °C.

Pro umístění paliva v dolní základní kompaktní skladovací mříži neplatí žádná omezení. Pro umístění paliva v horní, tj. rezervní skladovací mříži jsou zpracována pravidla pro umísťování PS tak, aby PS s čerstvým palivem byly obklopeny PS s vyšším vyhořením.

Za výše uvedených podmínek je podkritičnost zajištěna i v případě zaplnění bazénu vyhořelého paliva čistým kondenzátem, tj. **kef <0,95**.

II.1.1.1.3.2 Odvod tepla z reaktoru do koncového jímače tepla

Tabulka 1: Pro jaderný blok VVER-440 typ 213 se rozlišuje 7 režimů bloku.

REŽIM	Název REŽIMU	Výkon reaktoru [% N_{nom}]	Reaktivita $\Delta k/k$ [%]	Teplota $T_{I.O}$, T_{TNR}, T_{HVS} [°C]	Tlak $p_{I.O}$ [MPa]
1	**Provoz na výkonu**	> 2	> -1	$T_{I.O}$ > 250	$p_{I.O}$ > 8,3
2	**Nevýkonový provoz** τ_R = 72 hodin	≤ 2	≥ -1	$T_{I.O}$ > 190	$p_{I.O}$ > 8,3
3	**Horká rezerva**	Zbytkový výkon	< -1	T_{HVS} ≥ 180°C	$p_{I.O}$ > p_{atm}
4	**Polohorká rezerva**	Zbytkový výkon	< -1	T_{HVS} ≥ 90°C	$p_{I.O}$ > p_{atm}
5	**Odstavení s dochlazením I.O**	Zbytkový výkon	< -1	T_{HVS} < 90°C	$p_{I.O}$ > p_{atm}
6	**Odstavení s roztěsněním I.O**	Zbytkový výkon	< -1	T_{HVS} < 90°C	$p_{I.O}$ = p_{atm}
7	**Vyvezení paliva z AZ**	**AZ neobsahuje palivo**			

T_{HVS} - teplota horkých větví I.O

Existující prostředky pro odvod tepla

Tyto kapitoly popisují způsoby odvodu tepla od AZ do UHS v režimech 3 až 6, tj. režimy, kdy blok byl odstaven a je nutné zajistit odvod tepla z I.O ke koncovému jímači tepla až do stavu s možností roztěsnění I.O a odvodu zbytkového tepla po jeho roztěsnění.

Pro zajištění odvodu tepla pro splnění všech výše uvedených důvodů je možné využít jak provozních systémů, tak bezpečnostních systémů, ev. další systémy.

Informace o uspořádání řetězce k odvodu tepla

Provozní systémy

Systém kondenzace

Normálním provozním systémem pro odvod tepla od AZ ke konečnému jímači tepla je odvod tepla přes sekundární okruh s tím, že odvod tepla z AZ je zajišťován pomocí nucené cirkulace (pokud jsou HCČ v provozu), nebo pomocí přirozené cirkulace. Teplo z I.O se odvádí v PG, pára je odváděna do kondenzátorů TG. Teplo z kondeznátorů odvádí cirkulační chladící voda. Voda z kondenzátů je odváděna kondenzátními čerpadly, která dodávají vodu do napájecích nádrží. Z napájecích nádrží je voda dodávána do PG pomocí normálního nebo havarijního napájení PG.

Systém dochlazování

Tento systém pracuje ve dvou provozních režimech – parovodním a vodovodním. Odvod tepla v obou těchto režimech zajišťuje TVD v technologickém kondenzátoru (dále TK). Odvod tepla z AZ do PG je zajišťován nucenou nebo přirozenou cirkulací.

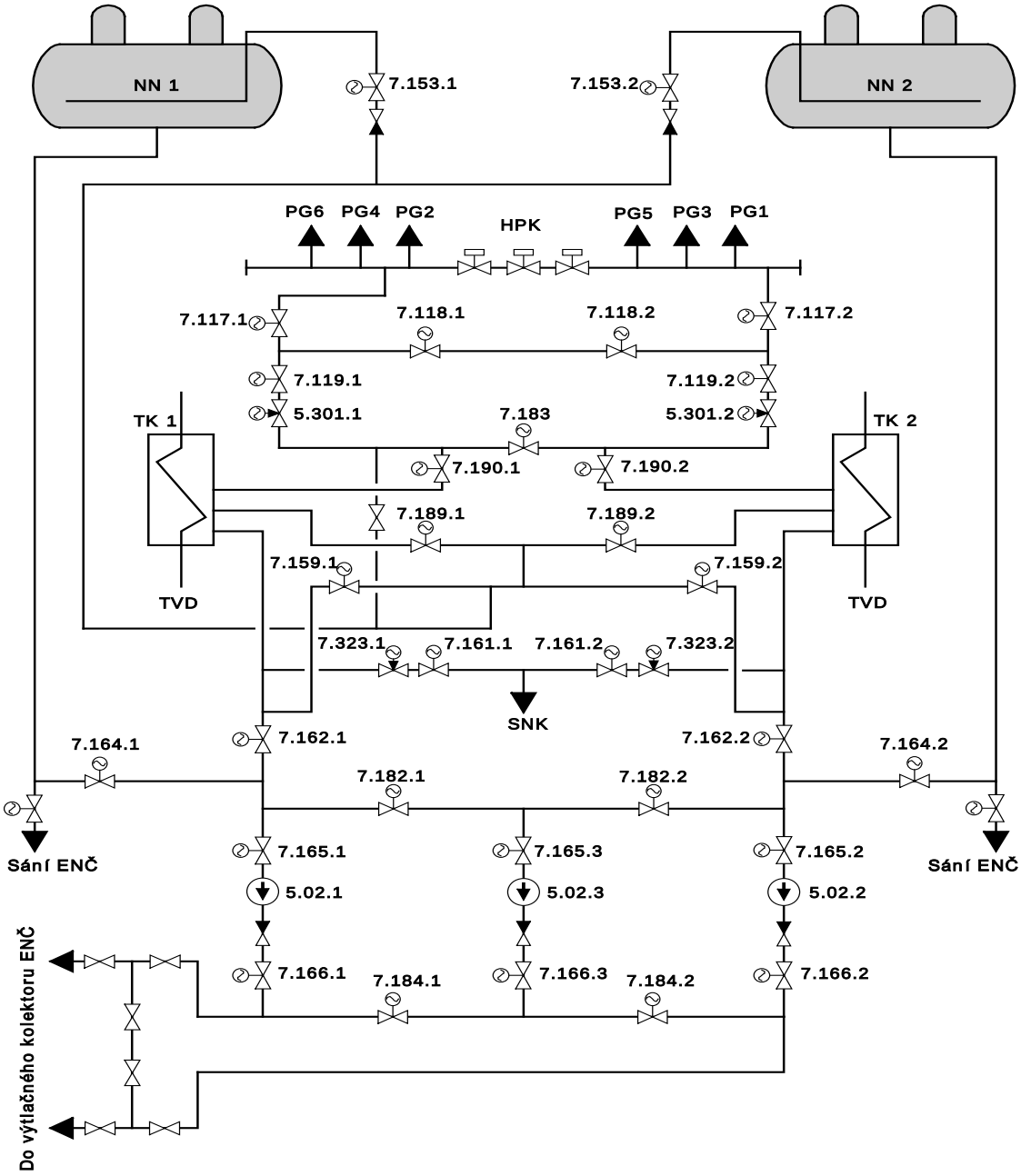
V parovodním režimu je pára z PG odváděna přes redukční stanici dochlazování do TK, odkud teplo odvádí TVD. Kondenzát je odváděn do SNK, resp. NN. Hladina vody v PG je zajišťována systémem normálního nebo havarijního napájení PG. Případný úbytek vody v systému je doplňován čerpadly demivody 1MPa.

Zdrojem vody jsou NN a nádrže demivody, čerpání zajišťují ENČ nebo HNČ napájené ze SZN II. kategorie (DG), odvod tepla z TK zajišťují čerpadla TVD, napájené ze SZN II. kategorie, čerpadla demivody jsou napájené ze SZN II. kategorie (DG).

Všechny uvedené systémy (s výjimkou TVD) patří do kategorie SSB. TVD patří mezi BS.

Ve vodovodním režimu je TK využíván jako výměník voda/voda. Parovody a trasy HPK a celého systému dochlazování jsou zaplněny vodou pomocí HNČ. Potrubní trasy včetně závěsů jsou dimenzovány na zaplnění vodou. Po úplném zaplnění tras je cirkulace chladiva zajištěna čerpadly dochlazování. Případná ztráta vody v systému je doplňována z nádrží DV. Využívá se rovněž minimálně jedna NN, která plní funkci kompenzátoru objemu.

Všechny tyto systému patří do kategorie SSB, nádrže demivody 1000m^3 patří do kategorie BS, RSD, technologické kondenzátory a potrubní trasy jsou zdvojeny (2x100%), čerpadla jsou v provedení 3x100%. Systém je umístěn na strojovně a není dispozičně oddělen od systémů normálního provozu. Napájecí trasy do PG včetně regulačních a uzavíracích armatur jsou umístěny na podélné etažérce na podlaží +14,7m, ve stejném prostoru jsou umístěny i parovody z jednotlivých PG včetně uzavíracích armatur. Každý z technologických kondenzátorů je chlazen jinou divizí TVD. Jako záloha je použita třetí divize TVD, kterou je možno propojit na oba TK. Systém dochlazování nemá seismické provedení, pouze technologické kondenzátory jsou v provedení Sc, tj. odolnost proti překlopení. Ochrana proti externím událostem je stejná jako u všech dalších systémů umístěných na strojovně (viz další kapitoly této zprávy).



Obr. 4: Systém dochlazování EDU

Systém havarijního napájení PG

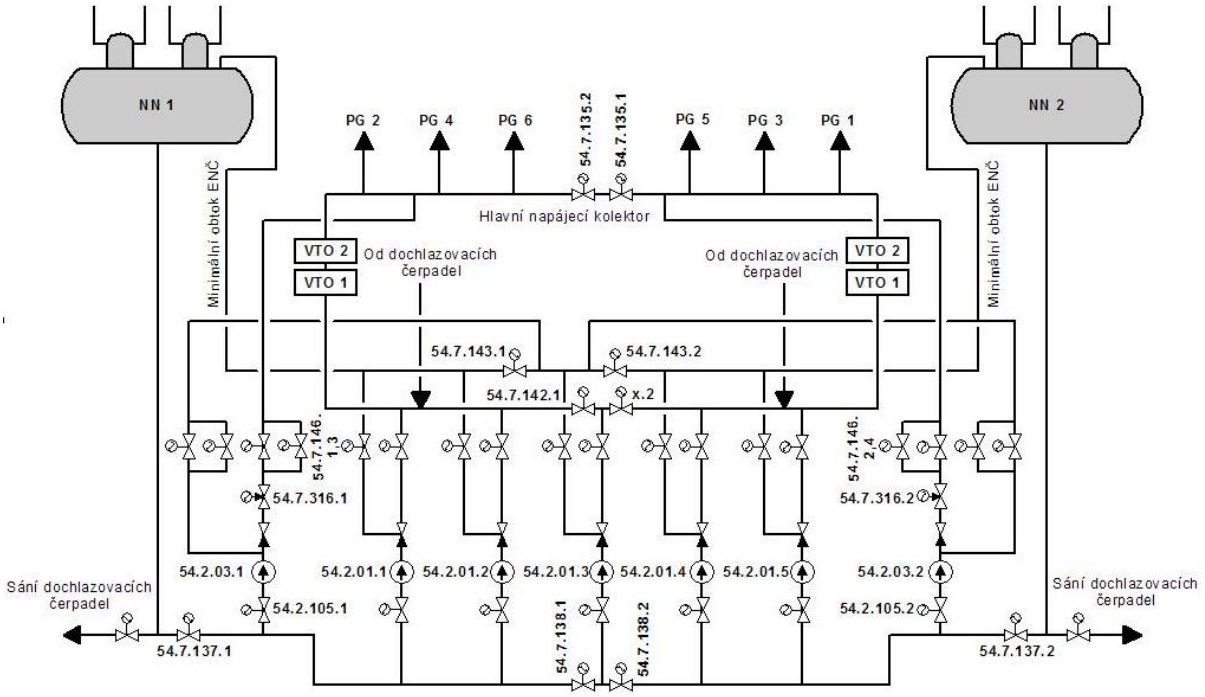
Systém havarijního napájení je tvořen dvěma havarijními napájecími čerpadly (HNČ) a zdvojenými potrubními trasami (2x100%). Sání je z napájecích nádrží (NN), výtlačné trasy jsou vedeny mimo vysokotlakých ohříváků (VTO) a jsou zavedeny přímo do havarijního napájecího kolektoru (HNK). Pro napájení PG jsou vytvořeny samostatné trasy havarijního napájení menšího průměru s uzavíracími a regulačními armaturami. Tyto trasy jsou propojeny s trasami normálního napájení PG a přívod do kontejnmentu a do PG je proveden společným potrubím pro každý PG. Systém má elektrické napájení ZN II. kategorie a čerpadla jsou spouštěna programem ELS. Systém je umístěn na strojovně a není dispozičně oddělen od systémů normálního provozu, trasy jsou propojeny se systémem normálního napájení PG. Systém se používá při odvodu zbytkového tepla pomocí

technologického kondenzátoru v parovodním režimu, pro napájení PG na nízkém výkonu (při odstavených TG) a rovněž je možno jej použít pro napájení PG v režimu sekundární feed&bleed s odvodem páry přes PSA nebo PVPG.

V režimu sekundární feed&bleed není potřebná TVD, tímto způsobem je tedy možno provést dlouhodobý odvod zbytkového tepla i při ztrátě UHS. Čerpadla a armatury mají napájení ze ZNII, PSA a PVPG jsou napájeny ze ZNI, takže je možno tento způsob odvodu tepla provést i při ÚZNVS, tj. při provozu DG. Při provozu DG však již bude systém TVD nezbytný pro chlazení DG. V režimu ÚZNVS bude odvod tepla z reaktoru probíhat přirozenou cirkulací a operátoři budou postupovat podle předpisů EOP, postup ES-0.2. Odvodem páry přes PSA je možno vychladit na teplotu v I.O. cca 120-130 °C za 30-40 hodin po odstavení reaktoru. Pro odvod zbytkového tepla (bez vychlazování) je v čase 0,5 h po odstavení reaktoru potřebný průtok napájecí vody do PG 37 m^3/h, v čase 40 h cca 10 m^3/h, při vychlazování trendem 10 °C/h v režimu přirozené cirkulace cca 17 m^3/h v čase 40 hodin. Dodávka napájecí vody do PG je prováděna z NN, doplňování NN je prováděno z nádrží demivody (3x 1000 m^3 pro HVB) pomocí čerpadel demivody 1MPa. Při postupu podle ES-0.2 vystačí zásoba demivody v nádržích 1000 m^3 při uvažování současného odvodu zbytkového tepla z obou reaktorů v rámci jednoho HVB na cca 3 dny, potom je ještě k dispozici objem vody v NN. Nádrže demivody je možno doplňovat z dostupných zásob vody v areálu EDU (čiřiče, bazény chladicích věží) pomocí mobilní techniky, pro tento účel jsou instalovány stabilní nátrubky pro možnost snadného připojení požárních hadic.

Režim sekundární feed&bleed je možno použít i v režimu vodovodního dochlazování, tj. po zaplnění PG a parovodů vodou, v tomto režimu by byla přes PSA nebo PVPG odpouštěna voda. Pro tento způsob chlazení jsou zpracovány analýzy, ale zatím nejsou zpracovány provozní předpisy. Pro tento postup je totiž potřeba podstatně vyšší průtok vody do PG a bylo by potřebné použít obě HNČ nebo obě SHNČ.

Systém napájení PG - havarijní napájení (HNČ – proj. ozn. 52.2.03.1,2)



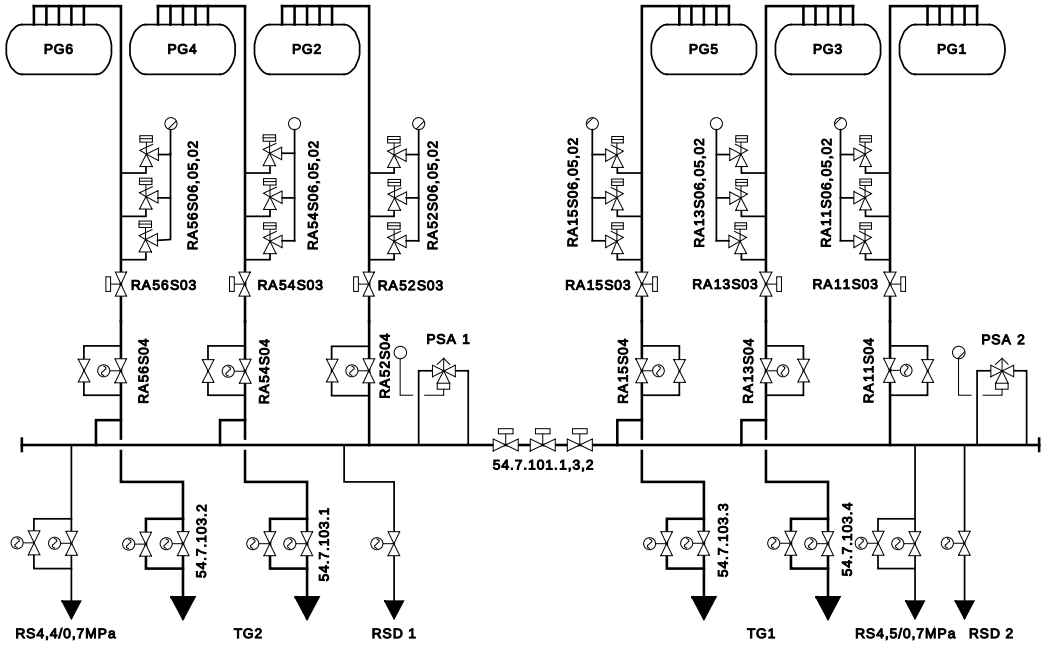
Obr. 5: Havarijní napájení PG EDU

Bezpečnostní systémy

V případě nedostupnosti systémů uvedených v předchozích popisech jsou k dispozici systémy zařazené do kategorie BS.

Systém superhavarijního napájení a systém PVPG a PSA

Odvod tepla z I.O je realizován pomocí nucené nebo přirozené cirkulace. Odvod tepla v II.O je v tomto případě realizován přes neuzavřený okruh, tj. přes přepouštěcí stanice do atmosféry, resp. přes PV PG do atmosféry.



Obr. 6: Hlavní parní kolektor EDU

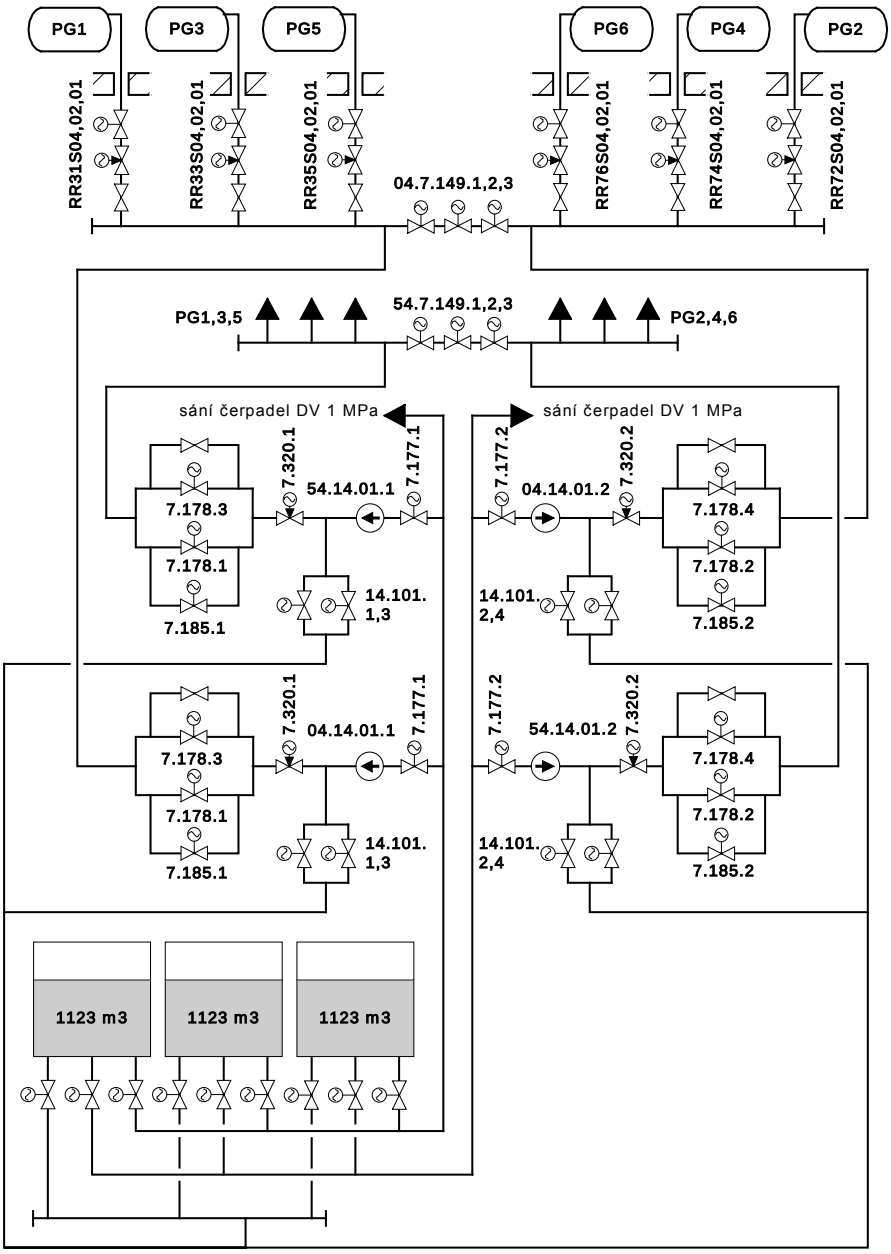
Dodávku vody do PG, pokud nejsou k dispozici ENČ nebo čerpadla havarijního napájení HNČ lze zajistit čerpadly SHNČ.

Zdrojem vody pro SHNČ jsou tři nádrže demivody, které stojí v areálu u zdi HVB, nádrže jsou společné pro 2 bloky v rámci HVB. Nádrže mají teplotu vody cca 20°C, v zimě s ochranou proti zamrznutí. Čerpadla SHNČ jsou dvě pro každý blok, jsou umístěny v samostatném objektu vně HVB spolu s čerpadly demivody 1 MPa. Čerpadla SHNČ jsou umístěna v samostatných kobkách a jsou tedy navzájem dispozičně oddělena. Čerpadla SHNČ a jejich trasy jsou zdvojeny (redundance 2x100%). Napájení čerpadel a armatur je provedeno z ZNII, čerpadla jsou spouštěna programem ELS a též od signálů ESFAS. Výtlačné trasy jsou vedeny potrubními kanály na strojovnu a odtud na podlaží +22 m na podélné etažérce. Napájecí trasy s uzavíracími a regulačními armaturami jsou navzájem dispozičně odděleny, trasy pro PG1,2,3 jsou umístěny v jedné místnosti a trasy pro PG 4,5,6 jsou umístěny v další samostatné místnosti. Odtud trasy prostupují na podlaží +14,7 m a hermetickými průchodkami jsou vedeny do boxu PG a k jednotlivým PG. Potrubní trasy superhavarijního napájení jsou v prostoru strojovny a podélné etažerky chráněny masivním opancéřováním z důvodu ochrany před leticími předměty. Trasy SHNČ jsou zcela dispozičně odděleny od tras normálního napájení PG a do PG jsou přivedeny samostatnými nátrubky.

Zařízení systému SHNČ je v seismickém provedení s minimální odolností na SL2, objekt SHNČ a nádrže demivody jsou odolné na seismicitu a rovněž na působení extrémních klimatických podmínek.

PSA a PV PG jsou umístěny v podélné etažérce HVB na podlaží +14,7 m. PSA jsou umístěny na HPK v provedení 2x100%, na každém PG je umístěna trojice PVPG. Elektrické napájení PSA a PVPG je provedeno z ZNI, dálkové ovládání je možné z BD a z ND, PSA mají též ruční kolečko pro možnost otevření z místa. PSA a PVPG jsou kvalifikovány na seismicitu a podmínky HELB, možnost odvodu média je v parním i vodním režimu. PSA umožňují snížení tlaku v II.O prakticky až do atmosférického tlaku, pomocí PVPG je možno odtlakovat PG pouze na tlak 3,5 MPa. V současné době je připravena modifikace pro možnost snížení tlaku pomocí PVPG až na atmosférický tlak.

Při použití systému SHNČ je dodávána demivoda o teplotě cca 20°C přímo do PG. Pro použití SHNČ je zpracován v rámci EOP podrobný postup ES-0.6. Pro odvod zbytkového tepla není potřebná TVD, postup sekundární feed&bleed je tedy možné použít i při ztrátě UHS. Pokud je však ztráta UHS spojena s ÚZNVS, potřebujeme TVD pro chlazení DG. Při dochlazování trendem nižším než 10 °C v režimu přirozené cirkulace vystačí zásoba demivody v nádržích 3x 1000 m^3 na dobu delší než 72 hodin při současném odvodu zbytkového tepla z obou reaktorů jednoho HVB. Nádrže demivody je možno doplňovat z dostupných zásob vody v areálu EDU (čiřiče, bazény chladicích věží) pomocí mobilní techniky HZS, pro tento účel jsou instalovány stabilní nátrubky pro možnost snadného připojení požárních hadic.



Obr. 7: Systém superhavarijního napájení PG EDU

Chlazení pomocí SAOZ

Další možností odvodu tepla z I.O (kromě nucené a přirozené cirkulace, uvažované v předchozích popisech) je využití VT havarijního systému s čerpadly TJ v režimu feed&bleed s odpouštěním chladiva z I.O do kontejnmentu přes OVKO, resp. PVKO. V tomto režimu by byl zajištěn odvod tepla z I.O do kontejnmentu a odtud, přes výměník SAOZ systémem TVD. Navíc by byl použit sprchový systém TQ pro udržování tlaku v kontejnmentu a kondenzaci páry. VT čerpadla jsou schopna dodávat koncentrovaný roztok kyseliny borité do I.O i při nominálním tlaku v něm. Režim je analyzován při provozu jednoho, dvou TJ čerpadel a otevřením OVKO, nebo PVKO a jejich kombinaci. Pokud se nepodaří obnovit chlazení AZ ze strany II.O., lze po dosažení nízkého tlaku v I.O. použít místo TJ čerpadel nízkotlaká čerpadla TH systému.

Všechna čerpadla BS jsou napájena z II. kategorie SZN. Umístění zařízení SAOZ je ve vzájemně oddělených systémových místnostech HVB.

Systémy TVD

Systém TVD je z pohledu zajištění bezpečnosti a přenosu zbytkového tepla, ať již z paliva v AZ nebo z paliva v BSVP, do koncového jímače tepla klíčový.

Vzhledem k redundanci systémů TVD 3x100 % a další vnitřní redundanci 2X100 % každé divize TVD (4 čerpadla), je ztráta schopnosti přenosu tepla od zdrojů podmíněna neprovozuschopností všech čerpadel TVD (celkem 12 čerpadel). Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovozuschopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná. I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí.

Ostatní systémy

Protože je nutné analyzovat všechny možnosti i v oblasti nadprojektových havárií pro odvod tepla z AZ, lze využit i tzv. alternativní řešení, která jsou nad rámec běžných projektových řešení. Jde o možnost gravitačního plnění PG přímo z NN bez použití čerpadel doplňování. Tento režim by byl použit v kombinaci s odvodem páry z PG přes PSA. Výhodou režimu je, že může být použit i při SBO. Pro odvod tepla stačí použít PSA (jsou napájeny z I. kategorie elektrického napájení a lze je dokonce otevřít i z místa). Pro použití této metody je nutné odtlakovat PG na tlak menší než v NN (0,7 MPa).

Dále je možné využít i režim dochlazování s použitím HNČ resp. SHNČ a odvodem vody přes PSA. Tyto systémy umožňují tzv. feed&bleed na sekundární straně. Tato metoda umožňuje vychlazovavat pouze mírným trendem do teploty cca 90°C, případně by sloužila ke stabilizaci teploty. Omezení je relativně malým průtokem použitých čerpadel a omezenou kapacitou nádrží 3×1000m^3.

Alternativně lze propojit TVD různých systémů na straně technologického kondenzátoru.

II.1.1.1.3.2.1 Časová omezení pro dostupnost různých řetězců odvodu tepla

Provozní systémy

Předpokládá se použití systému dochlazování, který je chlazen systémem TVD. Odvod tepla prostřednictvím systému kondenzace a cirkulační chladící vody nemusí být vždy k dispozici. V případě konzervativního předpokladu rychlého odstavení reaktoru bude odvod tepla z I.O zajišťován odvodem páry z PG do atmosféry pomocí PSA, popř. PVPG a doplňováním PG pomocí HNČ z NN (feed&bleed na II.O). Pro odvod zbytkového tepla postačuje průtok 30 t/h. Úbytek vody v NN je kompenzovaný ze systému demi-vody 1 MPa. Nahřátí systému dochlazování ze studeného stavu trvá přibližně 4 h, což znamená úbytek vody v nádržích demivody cca 120 t. Vzhledem k objemu 1000 m^3 je to zanedbatelné množství.

Po přechodu na parovodní vychlazování pomocí systému dochlazování se okruh uzavře a ke ztrátám demivody prakticky nedochází. Pro možnost přechodu na vodovodní dochlazování je třeba zaplnit PG (6 x 24 = 144 t) a parní potrubní trasy (160 t). Úbytek vody v NN bude opět kompenzován doplňováním z nádrží demivody 1000 m^3. Po najetí vodovodního okruhu bude v tomto uzavřeném okruhu docházet pouze k objemovým změnám chladiva souvisejícím s klesající teplotou.

Zásoba vody v NN a zásoba v nádrži demivody 1000 m^3 plně postačuje nejen na dochlazení bloku, ale taky na nepřetržitý odvod zbytkového tepla ve vodovodní fázi.

Bezpečnostní systémy

Systém superhavarijního napájení a systém PVPG a PSA
V případě dochlazování bloku v režimu feed&bleed na II.O (napájení PG prostřednictvím čerpadla SHNČ a odvodem páry přes PSA, popř. PV PG) je doba použitelnosti tohoto režimu

dána množstvím vody v nádržích demivody 1000 m^3. Při současném vychlazování všech bloků vystačí množství vody v nádržích demivody a obou NN min. 4 dny. Pro nižší režimy (2, 3, 4) je možné uvažovat s delší časovou rezervou. V režimech 5 a 6 tuto konfiguraci neuvažujeme, protože pro maximalizaci výdrže je nutné pracovat v parním režimu
Nádrže demivody 1000 m^3 je možné doplňovat z hasičských aut nebo hadicemi z bazénů věží, UCHV či retenčních nádrží. Tím je možné prodloužit dobu použitelnosti konfigurace s SHNČ na neomezeně dlouhou dobu. V případě neprovozuschopnosti SHNČ je také možné PG napájet pomocí čerpadel HZS. Nátrubky pro připojení hasičské techniky jsou vyvedeny na zdi budovy SHNČ.

Chlazení pomocí SAOZ

V případě ztráty odvodu tepla ze strany II.O, např. z důvodu ztráty napájení PG, je možné odvádět teplo z AZ pomocí režimu feed&bleed na I.O. Jedná se o využití VT havarijního systému s čerpadly TJ v režimu feed&bleed s odpouštěním chladiva z I.O do kontejnmentu přes OVKO, resp. PVKO. V případě přechodu na recirkulační fázi je možné teplo odvádět dlouhodobě, protože se jedná o uzavřený chladící okruh. Teplo je odváděné přes TQ chladič do systému TVD. Po dosažení nízkého tlaku v I.O lze místo TJ čerpadel použít nízkotlaká čerpadla TH systému. Z fyzikálního hlediska je režim feed&bleed použitelný v jakémkoliv režimu (3,4,5,6).

Ostatní systémy

Systém havarijního napájení a systém PVPG a PSA

Režim feed&bleed na straně II.O lze provozovat i s využitím čerpadel HNČ, přičemž odvod páry z PG probíhá přes PSA a PV PG stejně jako při využií čerpadel SHNČ. Rozdíl je ten, že čerpadla HNČ sají z nádrží NN (čerpadla SHNČ sají přímo z nádrží demi-vody 1000 m^3). Pokles hladiny v NN je kompenzován prací čerpadel demi.vody 1 MPa, které mají sání z nádrží demi - vody 1 MPa. Nevýhodou tohoto režimu je, že v NN je voda o teplotě cca 164 °C oproti nádržím demi-vody 1000 m^3, kde je voda o teplotě cca 20 °C – 30 °C . Při nominální hladině je v obou NN cca 2 x 150 t chladiva. Přesto je možné i v tomto režimu zabezpečit odvod tepla z AZ po dobu několika desítek hodin. Pro přesnější určení doby do vyčerpání příslušných nádrží by bylo třeba provést doplňující analýzy.
Nádrže demi-vody 1000 m^3 je, stejně jako v režimu s použitím čerpadel SHNČ, možné doplňovat z hasičských aut nebo hadicemi z bazénů věží, UCHV či retenčních nádrží. Tím je možné prodloužit dobu použitelnosti v podstatě na neomezeně dlouhou dobu.

PSA v kombinaci s gravitačním plněním PG přímo z NN

V případě události SBO je možné jako zdroj NV využít gravitační plnění PG přímo z NN bez použití jakéhokoliv napájecího čerpadla. Jedná sa tedy o pasívní způsob napájení PG. Odvod tepla může být v tomto režimu zajištěn po dobu cca dvaceti hodin po vzniku SBO. Tento režim je možné použít také při seismické události, protože příslušné zařízení je na projektové zemětřesení zodolněno.

II.1.1.1.3.3 Zdroje střídavého napětí a baterie

Komponenty popsané v předchozích dvou kapitolách jsou napájeny ze zdrojů I. a II. kategorie. Z II. kategorie SZN jsou napájena čerpadla, z I.kategorie PSA a rychločinné armatury. Z I.kategorie jsou rovněž napájeny systémy kontroly a řízení. Podrobněji se el. napájení věnují samostatné kapitoly II.1.1.1.6 a II. 1.1.1.7.

II.1.1.1.3.4 Potřeba a způsob dochlazovacích zařízení

Provozní systém dochlazování odvádí v konečném důsledku teplo pomocí TVD. Parovodní a vodovodní režim lze pokládat za dva fyzikálně diverzní způsoby dochlazování, protože pro svůj provoz využívají odlišná čerpadla. K dispozici jsou dva technologické kondenzátory, každý z nich je chlazen jinou divizí TVD s tím, že při případné ztrátě jedné divize TVD je možné třetí (záložní) divizi přepojit na libovolný z obou TK.

Bezpečnostní systémy na II.O zajišťují odvod tepla v parním režimu přímo do atmosféry (konfigurace PSA plus chlazení pomocí SHNČ). Pokud jsou tato zařízení v režimu provozu napájena z DG, je nutný i systém TVD (pro chlazení DG). Nicméně tento odvod tepla ze sekundární strany je nejjednodušší a realizovaný minimem prostředků.

VT a NT SAOZ potřebují pro odvod tepla vždy TVD. Jako v předchozím případě platí, že při provozu od DG je TVD nutná i pro jeho chlazení.

Při konfiguraci s odpouštěním páry přes PSA a doplňováním napájecí vody pomocí HNČ platí závěry o nutnosti TVD.

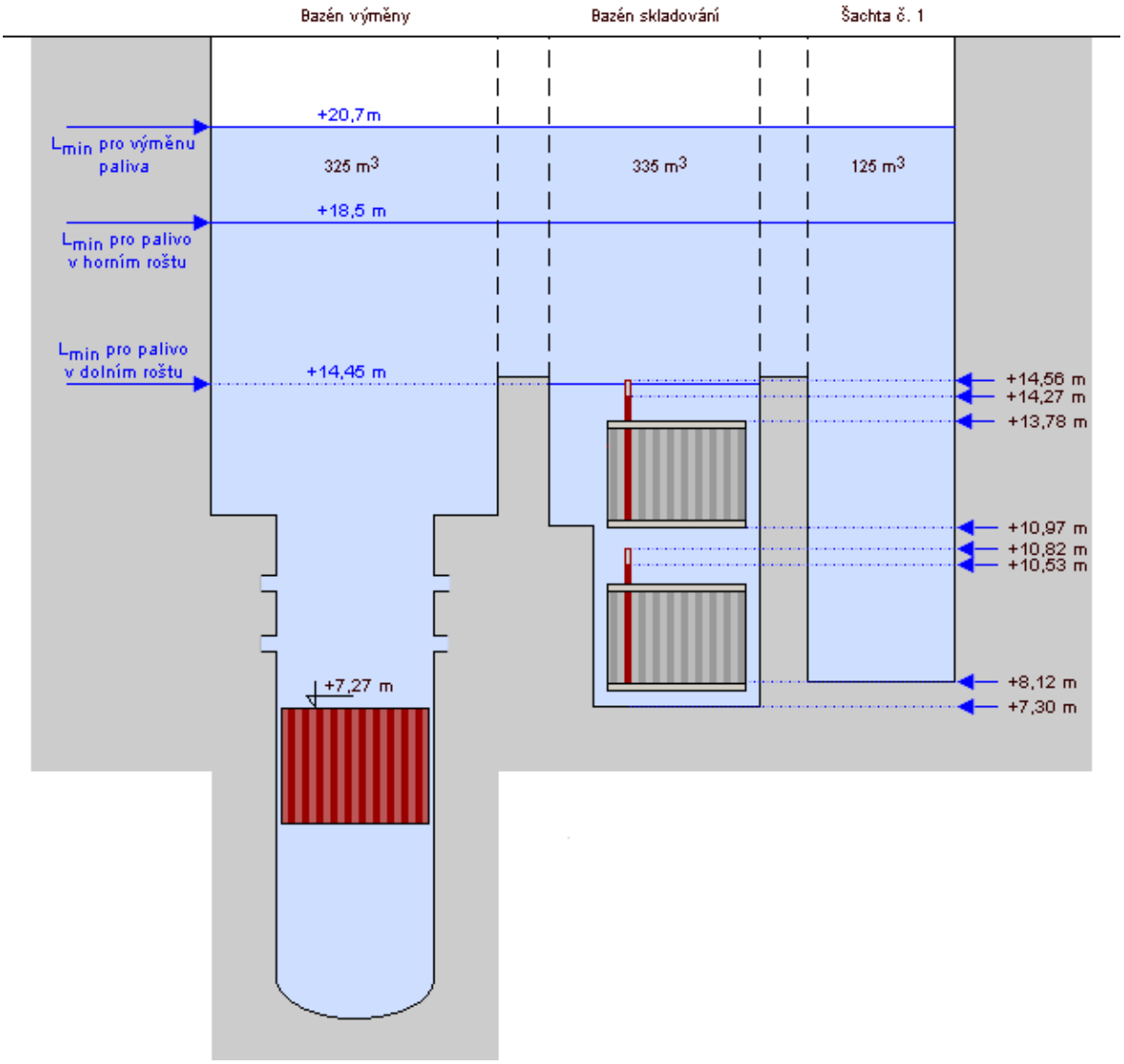
Při gravitačním plnění PG jde o pasivní způsob tepla s odvodem do atmosféry, jeho funkčnost je limitována zásobou vody v NN.

Jako poslední uvažovaná možnost je doplňování PG pomocí mobilní techniky (autocisterny).

II.1.1.1.4 Odvod tepla z bazénu vyhořelého paliva ke koncovému jímači tepla

Z hlediska odvodu zbytkového tepla z bazénu skladování vyhořelého paliva se rozlišují dva možné výchozí stavy:

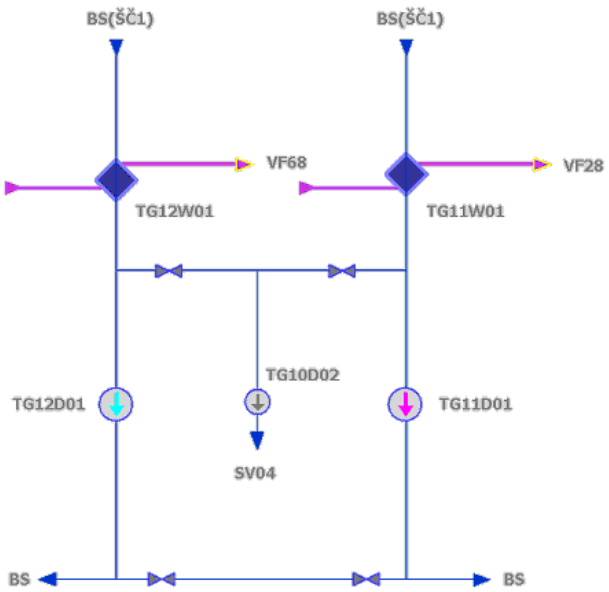
- v bazénu je umístěno vyhořelé palivo z předchozích kampaní z důvodu snížení jeho aktivity a zbytkového tepelného výkonu. Minimální hladina v tomto stavu je +14,6 m.
- v čase rozšířené odstávky bloku na generální opravu s vyvezením celé AZ, kdy je spolu s vyhořelým palivem vyvezeno i částečně vyhořelé palivo. Palivo je v tomto stavu umístěno ve dvou roštech nad sebou, minimální hladina je +18,5 m, při výměně paliva a manipulacích je minimální hladina +20,75 m.



Obr. 8: Bazény výměny a skladování vyhořelého paliva EDU

II.1.1.1.4.1 Existující prostředky pro odvod tepla

Odvod tepla z BSVP v obou výše uvedených případech je zajišťován nucenou cirkulací chladící vody, kterou zajišťuje systém chlazení BSVP s označením TG. Cirkulaci zajišťují dvě čerpadla chlazení bazénu a odvod tepla se uskutečňuje ve dvou výměnících, chlazených TVD. Zjednodušeně řečeno, existují dva samostatné a nezávislé okruhy chlazení (redundance 2x100%). Pro zvýšení spolehlivosti a provozuschopnosti systému odvodu tepla z BVP jsou však tyto dva okruhy vzájemně propojeny na straně sání čerpadel a také na straně výtlaků čerpadel, což umožňuje operativně kombinovat řetězec odvodu tepla (čerpadlo, výměník, systém TVD). Čerpadla systému TG jsou napájena ze zajištěného napájení II. kategorie (DG) a systém chlazení včetně samotného bazénu vyhořelého paliva je umístěn v reaktorovně HVB mimo kontejnment.



Obr. 9: Schéma systému chlazení BSVP EDU

V případě, že žádná z kombinací okruhu nuceného chlazení (čerpadlo TG, výměník, TVD) není schopna zajistit odvod tepla z bazénu, dochází k odvodu tepla varem a odpařováním chladiva z bazénu do prostoru reaktorového sálu dvojbloku elektrárny (v reaktorovém sále jsou umístěny bazény obou bloků příslušného HVB).

II.1.1.1.4.2 Informace o uspořádání prostředků k odvodu tepla

Provozní systémy odvodu tepla z BSVP

Za normálních provozních podmínek je odvod tepla zajišťován dvěma okruhy systému TG, který je zařazen mezi SSB a je řešen s koncepcí 2 x 100 %. Chladivem je roztok kyseliny borité. Okruh chlazení je seismicky odolný. Kapacita chladícího okruhu je dostatečná pro oba výchozí stavy zaplnění BSVP. Odvod zbytkového tepla z BSVP je prováděn nepřetržitou cirkulací chladiva přes chladiče chlazené technickou vodou důležitou. Konečným jímačem zbytkového tepla ve standardních podmínkách je TVD. Ztráta odvodu zbytkového tepla z TVD do UHS je popisována v kapitole II.5.2. V případě úplné ztráty odvodu zbytkového tepla pomocí systému TVD je možno zbytkové teplo z BSVP dlouhodobě odvádět varem chladiva v BSVP a doplňováním roztokem kyseliny borité, případně i čistou vodou.

Systém chlazení BSVP je umístěn v HVB v reaktorově a je tedy chráněn před nepříznivými vlivy extrémních externích událostí. Seismická odolnost na hodnotu 0,1g byla ověřena výpočty. Odolnost systému TVD na podmínky extrémních externích událostí je řešena v kapitole II.4.

V případě neschopnosti žádné z kombinací čerpadlo-výměník-TVD odvádět zbytkové teplo z paliva je možné zajistit odvod tepla pomocí odpouštění chladiva z BSVP čerpadlem TG10D02 do nádrží NT systému SAOZ s ohřevem vody v těchto nádržích. Nedochází přitom k nežádoucímu míchání médií, protože nádrže NT SAOZ jsou určeny k plnění BSVP v režimech výměny paliva – roztok z těchto nádrží slouží ke zvýšení hladiny v BSVP v režimu výměny paliva). Pomocí čerpadel TM13(14)D01 pak vodu zpětně doplňovat do BSVP. Podle tohoto postupu by se postupovalo až do zvýšení teploty ve všech nádržích SAOZ na 60°C. Tímto způsobem je možné prodloužit dobu do dosažení varu v bazénu. Pro případ nedostatečného chlazení BSVP je zpracován provozní předpis SD-9.

Jako alternativní způsob odvodu tepla z bazénu je uvažováno doplňování BSVP ze žlabů VBK, které je možné zajistit s použitím čerpadla plnění žlabů VBK XL10D01, případně i bez použití čerpadel pouze gravitací

Dalším možným způsobem doplňování BSVP je možnost použítí čerpadel TM13(14)D01 systému TM, který slouží pro čištění chladiva BSVP a pomocí těchto čerpadel dodávat chladivo z nádrží NT SAOZ do BSVP. Čerpadla TM jsou napájena ze systémových zdrojů II.kategorie.

Při roztěsněném reaktoru v období výměny paliva existuje také možnost dodávky chladiva libovolným čerpadlem VT nebo NT systému SAOZ přímo do reaktoru propojeného s BSVP a odtud do I.O, nebo je možné zajistit dodávku chladiva odpouštěním z hydroakumulátorů.

Při použití chladiva ze všech nádrží SAOZ a barbotážních žlabů vystačí zásoba chladiva pro doplňování ztrát varem chladiva v BSVP na více než 8 dní a to i v případě uspořádání paliva ve dvou mřížích nad sebou.

Jako krajní případ způsobu dochlazování BSVP je možnost dodávky vody pomocí mobilní čerpací techniky s odparem do reaktorového sálu.

II.1.1.1.5 Odvod tepla z kontejnmentu do koncového jímače tepla

Reaktor a primární okruh reaktoru jsou uzavřeny do hermetického prostoru nazývaného obecně kontejnment. Kontejnment slouží k lokalizaci radioaktivních (RA) látek v případě havárií s únikem chladiva uvnitř kontejnmentu. Požadavek na těsnost kontejnmentu je definován jako maximálně 13% pokles hmotnosti suchého vzduchu za 24 hodin při přetlaku 150 kPa uvnitř kontejnmentu. Tato hodnota odpovídá, s ohledem na velikost a dobu trvání přetlaku při DBA těsnosti standardních plnotlakých kontenmentů. Dlouhodobě je přitom těsnost kontejnmentů bloků EDU 1,8 až 6,3 %. Kontejnment je vybaven sprchovým a vakuobarbotážním systémem, které slouží ke snižování tlaku a k lokalizování RA látek uvolněných do kontejnmentu při haváriích s únikem chladiva.

Kontejnment je za normálního provozu reaktoru pro veškerý obsluhující personál nepřístupný a jeho těsnost je periodicky kontrolována. Veškerá potrubí procházející stěnami tvořící hranici kontejnmentu jsou opatřena rychločinnými uzavíracími armaturami, které se v případě havárie:

- uzavírají - u systémů pro normální provoz JE, pokud byly tyto armatury před signálem „velká havárie“ otevřeny
- otevírají - u havarijních a bezpečnostních systémů, pokud byly tyto armatury před signálem „Velká havárie“, který způsobuje izolaci kontejnmentu zavřeny

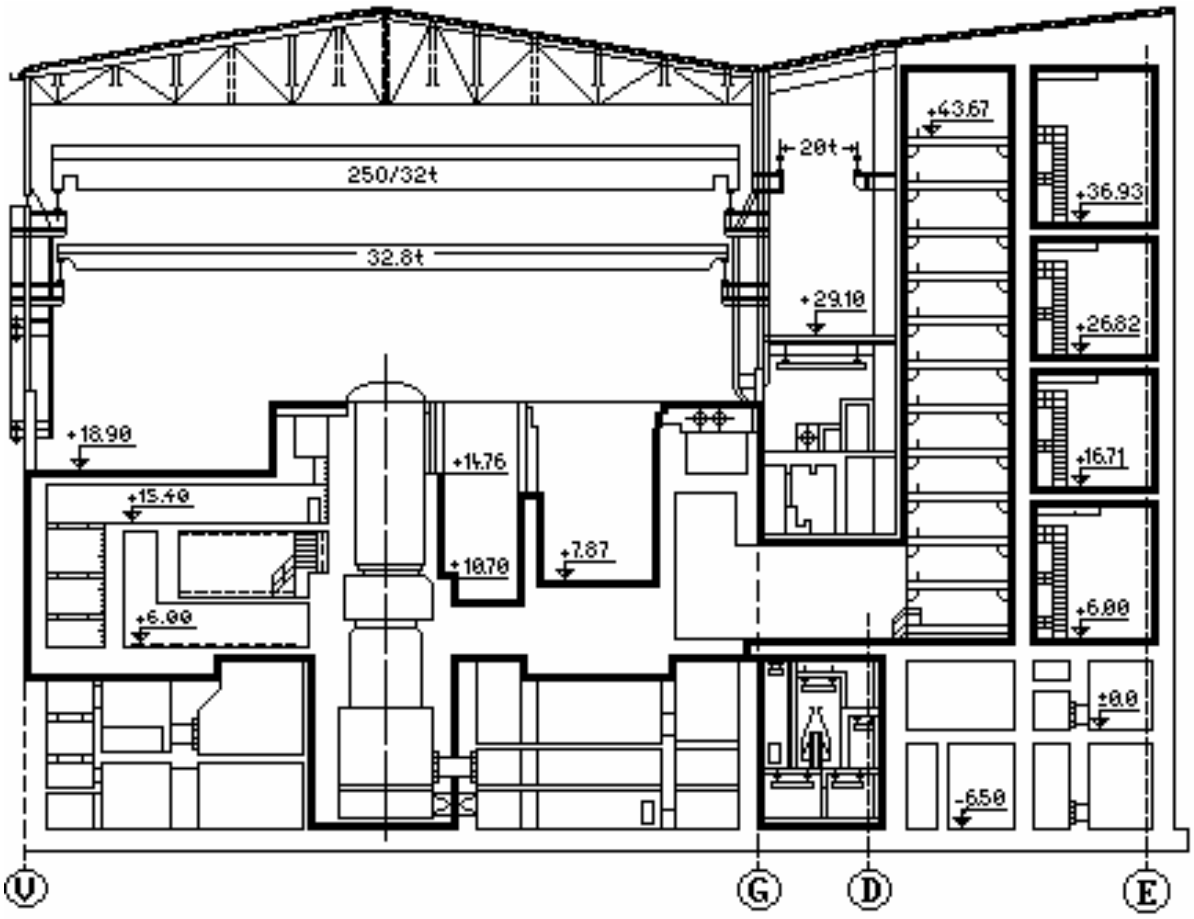
Kontejnment plní tyto následující funkce:

- omezuje uvolnění radioaktivních látek mimo oblast lokalizace havárie
- udržuje radioaktivní záření v mezích stanovených projektem
- chrání systémy a prvky, jejichž selhání může vést k uvolnění radioaktivních látek nad přístupné meze.

Kontejnment se skládá z těchto základních stavebních prvků:

- hermetické ocelové vystýlky (oblicovky)
- železobetonové ochranné konstrukce
- hermetických uzávěrů.

Celkový volný objem (geometrický objem po odečtení objemu velkoobjemových technologických zařízení) kontejnmentu na jeden blok (reaktor) je bez započtení objemu vody ve žlabech barbotéru 51 119 m^3.



Obr. 10: Řez reaktorovnou JE s VVER-440/V213

II.1.1.1.5.1 Existující prostředky odvodu tepla

Systémy odvodu tepla z ochranné obálky se dělí na :

a) Vzduchotechnické recirkulační systémy (TL)
b) Sprchový systém (TQ)
c) Vakuobarbotážní systém (XL)

a) Vzduchotechnické recirkulační systémy (TL)

Koncepce odvodu tepla z kontejmentu vzduchotechnickými systémy je ovlivněna dvěma požadavky:

- pro minimalizaci hodnoty aktivity vypouštěné do životního prostředí ventilačním komínem je nutné, aby do ventilačního komína odcházelo co nejmenší množství vzduchu (jde o nositele aktivity)
- pro zajištění vhodného prostředí v prostorech kontejnmentu je nutné eliminovat velké množství tepla uvolněného z primárního okruhu (za normálního provozu cca 1 MW).

Z těchto důvodů jsou pro odvod uvolněného tepla použity vzduchotechnické recirkulační systémy, které pouze cirkulují velké množství vzduchu kontejnmentu a zabezpečují jeho chlazení a čištění na speciálních filtrech. Udržení požadovaného podtlaku pak zabezpečují menší vzduchotechnické systémy (přívodní a odvodní TL40, TL70) s odvodem malého množství vzduchu z kontejnmentu přes filtrační systém do ventilačního komína.

Recirkulační vzduchotechnické systémy jsou základními systémy odvodu tepla z ochranné obálky v režimech normálního a abnormálního provozu a částečně v havarijních podmínkách. Cirkulací vzduchu přes tepelné výměníky zabezpečují předání tepla do systému TVD a eliminují tak tepelnou zátěž uvolněnou technologií primárního okruhu. Podílí se také na odstranění následků případné havárie. Systémy jsou umístěny v kontejnmentu, tedy v prostorech do kterých se může (při nehodách spojených s porušením těsnosti I.O, potrubí NV nebo potrubí ostré páry) rozšířit paroplynná směs. Jsou dimenzovány a navrženy pro práci ve ztížených podmínkách z hlediska tlaku, teploty a aktivity. Recirkulační vzduchotechnické systémy jsou umístěny ve ventilačním centru, které má společný vzduchový prostor s prostorem boxů parogenerátorů.

Spolehlivost provozu recirkulačních vzduchotechnických systémů je zajišťována podle provozní důležitosti s 50 - 200 % rezervou jednotek. Pro odvod tepla z ochranné obálky jsou určeny systémy TL10, TL11, TL14 a TL13. Teplo odváděné z kontejmentu předávají tyto systémy do TVD, nebo alternativně do systému chlazené vody VC, která předává teplo do cirkulační chladící vody.

Recirkulační systém TL10 je určen pro odvádění přebytkového tepla a vlhkosti z kontejnmentu. Skládá se ze tří jednotek, dvou pracovních a jedné rezervní. Elektrické napájení je provedeno ze ZN 2. kategorie.

Recirkulační systém TL11 je určen pro odvod přebytkového tepla a vlhkosti ze spodní časti šachty reaktoru a šachty systému řízení a ochrany reaktoru. Skládá se ze tří jednotek, jedné pracovní a dvou rezervních. Elektrické napájení je provedeno ze ZN 2. kategorie.

Recirkulační systém TL14 je určen pro odvod přebytkového tepla z místností elektrických pohonů systémů TL10 a TL11. Skládá se ze tří jednotek, jedné pracovní a dvou rezervních. Elektrické napájení je provedeno ze ZN 2. kategorie.

Recirkulační systém TL13 je určen pro odvod přebytkového tepla z místnosti elektrických pohonů HCČ (paluby HCČ). Skládá se ze dvou jednotek, jedné pracovní a jedné rezervní. Elektrické napájení je provedeno z nezajištěného napájení.

b) Sprchový systém TQ

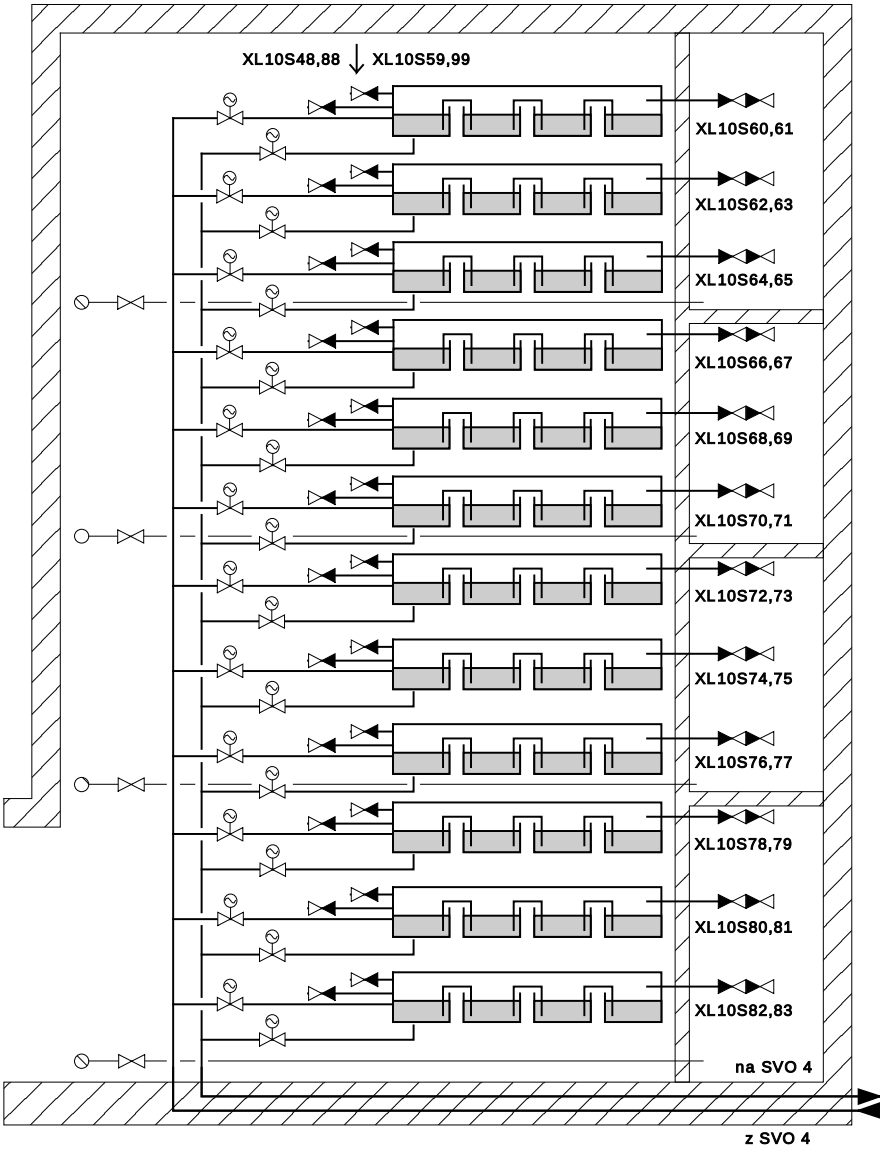
Sprchový systém je aktivní bezpečnostní systém určený na snížení tlaku v kontejnmentu a na odvod tepla, které se uvolňuje v kontejnmentu při haváriích s únikem chladiva. Odvod uvolněného tepla je z kontejnmentu zabezpečen přes jímky TQ, které jsou vybaveny síty jako prevence zanesení sání sprchových čerpadel troskami v průběhu havárie, prostřednictvím tepelných výměníků systému TQ do TVD.
Každý podsystém obsahuje sprchové čerpadlo o průtoku 380 až 520 m^3/h a přetlaku na výtlaku 0,35 až 0,5 MPa, přídavnou nádrž o objemu cca 10 m^3 s roztokem N2H4 + KOH, vodoproudé čerpadlo, tepelný výměník a systém sprchových trysek. Snížení tlaku je zabezpečeno rozstřikováním studené vody v prostoru boxu parogenerátorů pomocí sprchových trysek. Systém sestává ze tří vzájemně nezávislých okruhů, pro zvládnutí všech projektem předpokládaných stavů postačuje zapracování jednoho okruhu. Sání systému TQ je napojeno na nádrže systému TH (3x250 m^3 koncentrace H3BO3 12g/kg) a po jejich vyčerpání přechází na sání z podlahy boxu PG přes chladiče předávající teplo do TVD.

Za normálního provozu bloku při teplotách chladiva I.O nad 90 °C je zařízení sprchového systému v pohotovostním režimu připraveno automaticky zasáhnout v případě vzniku havarijního stavu od signálu přetlak v boxu. Elektrické napájení je provedeno ze ZN 2. kategorie. Systémy jsou projektovány na dlouhodobý provoz. Chlazení místností systému TQ je zajištěno vlastním vzduchotechnickým systémem TL22.

c) Vakuobarbotážní systém XL

Vakuobarbotážní systém je pasivní bezpečnostní systém určený ke snížení počátečního nárůstu tlaku v kontejnmentu při haváriích s únikem chladiva. Svou činností pohlcuje podstatnou část tepelné energie uvolněné z uniklého chladiva primárního okruhu nebo

uniklého média z části sekundárního okruhu umístěné v kontejmentu (napájecí voda, pára). Vakuobarbotážní systém je tvořen souborem 12 pater nad sebou umístěných žlabů naplněných roztokem kyseliny borité o koncentraci 12 g/kg do nichž se akumuluje uvolněné teplo. Objem jednoho žlabu je cca 114 m^3. Žlaby vytvářejí vodní uzávěr o malém hydraulickém odporu. Spodní prostor vodního uzávěru je spojen s kontejmentem, prostor nad uzávěrem je spojen přes zpětnou armaturu DN 500 se záchytnými komorami a přes zpětné armatury DN 250 zpět s kontejmentem. Jedna záchytná komora je společná pro trojici nad sebou umístěných žlabů - celkem jsou tedy 4 záchytné komory o celkovém objemu 17080 m^3 Záchytné komory jsou určeny pro jímání nezkondenzovatelných plynů. Celý vakuobarbotážní systém je součástí kontejmentu. V případě vzniku netěsnosti na I.O vzniká v kontejnmentu parovzdušná směs, která proudí přes žlaby VBK. Parní fáze zkondenzuje ve vodním uzávěru žlabu a vzduch prochází do záchytné komory, kde je lokalizován. V případě dosažení zadaného tlaku v kontejnmentu, dojde k automatickému uzamčení zpětných armatur DN 250. Funkcí sprchového systému dojde v kontejnmentu ke snížení tlaku a přetlakem vzdušiny nad hladinou žlabů dojde k vylití vody ze žlabů na podlahu boxu parogenerátorů, přes rozlivná síta – jde o pasivní sprchování kontejmentu. Systém je při provozu bloku nepřetržitě připraven plnit projektovou funkci. Je projektován jako pasivní bez potřeby napájení a řízení. Chlazení je zajištěno systémem TL10.



Obr. 11: Pasivní systém potlačení tlaku – barbotážní systém EDU

II.1.1.1.6 Napájení střídavým napětím

Elektrické schéma je koncipováno tak, aby fungovalo podle principu hloubkové ochrany a ve všech provozních, abnormálních a havarijních stavech zabezpečovalo spolehlivé elektrické napájení všem systémům důležitým z hlediska jaderné bezpečnosti.

Princip „hloubkové ochrany elektrických systémů“ (DIDELSYS) je na elektrických systémech EDU aplikován v návaznosti na řešení strojní části a instrumentace SKŘ. Aplikace DIDELSYS začíná ve vnějších sítích velmi vysokého napětí, do kterých je EDU připojena a pokračuje přes systémy normálního napájení vlastní spotřeby až na autonomní systémy zajištěného napájení. Funkce a vazby jednotlivých úrovní DIDELSYS stručně vyjadřuje následující tabulka.

Tabulka 2: Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE EDU

<table>
<tr><th>Úroveň</th><th>Celá JE (DID)</th><th>Elektrické systémy JE (DIDELSYS)</th><th>Robustnost úrovní</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Předcházení odchylkám od normálního provozu</td><td>• Necitlivost na odchylky U,f
• Stabilita přenosu energie
• Dynamická stabilita
• Ostrovní provoz</td><td rowspan="5">• Vazba na robustnost technologie, SKŘ a stavby
• Robustnost el. systémů (nezávislost, redundance, diversita)
• Ochrany
• Regulace, automatiky,
• Jakost
• Testování funkce
• Provozní instrukce
• Trénovaný personál</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Identifikace a náprava událostí, stavů a podmínek abnormálního provozu</td><td>• Zregulování TG na VS
• AZR na rezervní napájení</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Zásahy (opatření) vedoucí k odvrácení rozvoje, nebo ke zvládání havarijních podmínek projektovými prostředky</td><td>• Projektové (bezpečnostní) funkce systémů zajištěného napájení:
• BS (1,2,3),
• SSB (4,5)</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Prevence a zmírnění následků rozšířených projektových podmínek</td><td>• Postupy pro zvládnutí SBO
• Opatření na podporu zmírnění následků SA
• (Funkce AAC)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Opatření na ochranu při radiační nehodě</td><td>Podpora havarijních řídicích středisek</td></tr>
</table>

Struktura DID a robustnost jednotlivých úrovní vytváří odolnost proti vnějším i vnitřním událostem (poruchám).

Důležité ochranné a řídicí systémy a EDU a výkonné systémy, které plní bezpečnostní funkce, jsou napájeny z redundantních systémů zajištěného napájení (SZN). Každý blok EDU má 3 nezávislé bezpečnostní SZN (označené jako 1, 2, 3) a další SZN, klasifikované jako související s bezpečností (označené jako 4.1 a 4.2). Tyto SZN poskytují podpůrné bezpečnostní funkce, jako je zajištěné elektrické napájení, a účastní se i řízení funkce elektrických spotřebičů.

II.1.1.1.6.1 Elektrický systém vně EDU

Schéma vyvedení výkonu i schéma pracovního napájení vlastní spotřeby je blokové, schéma rezervního napájení ze sítě 110 kV je dvoublokové. Výkon se vyvádí do přenosové soustavy 400 kV (provozovatelem je ČEPS a.s.). Rezervní napájení je zajištěno z distribuční sítě 110 kV (provozovatel je E.ON).

Za dobu provozu EDU (od spuštění jednotlivých bloků v letech 1985 až 1987 roce až do dnešní doby) nebyla zaznamenána žádná porucha v síti 400 kV a 110 kV, která by

ukazovala na nevyhovující funkci nebo spolehlivost vnějšího elektrického systému nebo na nesprávnou reakci EDU na poruchy ve vnější síti.

Za dosavadního provozu bloků vzniklo několik poruch zařízení v oblasti zapojení jednotlivých bloků do sítě, resp. na okolních rozvodnách a linkách přenosové soustavy. Nejzávažnější poruchou byl zkrat na přípojnicích rozvodny 400 kV Slavětice v roce 1990, který vyřadil vazbu se sítí 400 kV i 110 kV všech 4 bloků. Na druhé straně systémové poruchy v přenosové soustavě v roce 2006 ukázaly na schopnost bloků EDU zvládat ostrovní režimy provozu sítě.

Spolehlivost zapojení EDU do vnějších elektrických sítí a odolnost EDU proti poruchám je založena na těchto vlastnostech:

- Blokové uspořádání schématu vyvedení výkonu. Omezuje přenos a šíření poruch mezi bloky navzájem. V kombinaci s robustním schématem rozvodny Slavětice (2 vypínače na odbočku, sekční dělení přípojnic, selektivní systém ochran) omezuje i přenos poruch mezi bloky a přenosovou soustavou. Vyvedení výkonu EDU do sítě je navrženo podle spolehlivostního kriteria N-2.
- Velká funkční a fyzická nezávislost systému vyvedení výkonu 400kV (tj. pracovního napájení vlastní spotřeby) a systému rezervního napájení vlastní spotřeby (110 kV). Možnost napájet systém rezervního napájení z různých geograficky a funkčně diverzních zdrojů.
- Reakce bloku na poruchy a přechodové procesy ve vnější síti jsou řízeny souborem regulací, automatik a ochran. Tyto funkce jsou vzájemně zkoordinovány, aby byla zajištěna vzájemná selektivita a aby blok v případě potřeby řízeně ustupoval po jednotlivých úrovních hloubkové ochrany.
- Statická stabilita přenosu výkonu do soustavy. Bloky EDU jsou normálně zařazeny do systému automatické sekundární regulace napětí a jalových výkonu. Tento systém zajišťuje stabilní napětí v pilotním uzlu Slavětice.
- Stabilita turbosoustrojí při zkratech v systému vyvedení výkonu (rychlé základní a záložní ochrany, které odepnou zkrat, účinná regulace turbíny a napětí generátoru). Stabilita byla analyzována na dynamickém modelu přenosové soustavy. Při působeni základních a záložních ochran (do 100 ms) i automatik selhání vypínače 400 kV jsou turbosoustrojí s uvažování funkce jejich regulací stabilní.
- Schopnost práce bloků v ostrovním provozu přenosové soustavy, které jsou doprovázeny velkými odchylkami frekvence a napětí (podpora stability sítě při systémových poruchách). Bloky mohou pracovat s plným výkonem v pásmu 48,5 – 50,5 Hz. Časově i výkonově omezený provoz bloku je možný v pásmu 47.5 – 52.5 Hz. Bloky jsou vybaveny síťovými frekvenčními ochranami, které v 1° (±200 mH) přepínají regulaci výkonu bloku na „ostrovní regulaci“. Blok tak reguluje svůj výkon tak, aby pomohl stabilizovat poměry U a f v ostrovní síti. Pokud se poměry nedaří stabilizovat a odchylka frekvence se dále zvyšuje a přesáhne meze (47.9 Hz po dobu 1 s resp. 52,5 Hz po dobu přes 10 s), blok se odepne 2° frekvenční ochrany od sítě a zreguluje na vlastní spotřebu.
- Odpojení bloku od sítě 400 kV při poklesu napětí na rozvodnách 6 kV vlastní spotřeby zajišťuje automatika, která na 0,7 Un/1,5 s. Po odepnutí od sítě blok zreguluje na vlastní spotřebu. Při neúspěšném zregulování přechází napájení vlastní spotřeby na rezervní zdroje (síť 110 kV). V případě neúspěšného přechodu na rezervní zdroje (síť 110 kV) nebo nedostupnosti těchto zdrojů, přejde napájení na nouzové zdroje (DG).
- Hlavní blokové rozvodny jsou vybaveny automatikami záskoku z pracovního na rezervní napájení (110 kV). Při ztrátě pracovního napájení vlastní spotřeby (např. působení ochran generátorů, blokových transformátorů a dalších zařízení vyvedení výkonu, nebo při neúspěšném zregulování turbosoustrojí) jsou rozvodny přepnuty na

rezervní napájení. Pokud není záskok úspěšný, vyčleňují se systémy zajištěného napájení a přecházejí na nouzové zdroje (DG, akumulátorové baterie).

- Napájení regulací, automatik a ochran je provedeno ze zdrojů zajišťovaných bateriemi. Funkce je tedy nezávislá na poklesech napětí v síti, vyvolaných poruchami. V celém projektu EDU je aplikován princip elektromagnetické kompatibility, který zajišťuje funkci systémů v daném elektromagnetickém prostředí a při rušení.
- Provoz bloků EDU probíhá v souladu s dispečerským řízením přenosové soustavy. Provozovatel přenosové soustavy zná vlastnosti a provozní meze EDU, tyto informace jsou zakotveny v Kodexu PS. Periodická údržba zařízení ve vnějších sítích (rozvodny, linky, transformace 400/110 kV) a zařízení EDU probíhá vzájemně dohodnutým způsobem. V případě stavů nouze v elektrizační soustavě (rozpad sítě, SBO EDU atd.) má obnovení napájení vlastní spotřeby EDU z přenosové soustavy nejvyšší prioritu.

II.1.1.1.6.2 Zapojení elektrárny do elektrizační soustavy

Základní elektrické schéma EDU je patrné z Obr. 13. Schéma zahrnuje 1. a 2. blok, schéma bloků 3 a 4 je analogické. Schéma zahrnuje vyvedení elektrického výkonu do sítě 400 kV, schéma rezervního napájení ze sítě 110 kV a schéma napájení vlastní spotřeby po úroveň hlavních rozvoden 6 kV a zapojení SZN 1, 2, 3.

Výkon je vyveden samostatnou jednoduchou linkou do rozvodny 400 kV Slavětice, vzdálené přibližně 3 km od EDU. V elektrárenské rozvodně 400 kV jsou pouze odpojovače, přístrojové transformátory a bleskojistky. Vypínače 400kV bloků EDU jsou umístěny až v rozvodně Slavětice.

Rozvodna 400kV Slavětice je spojena s přenosovou soustavou 6 linkami, 4 linky rozvádějí výkon do různě dispozičně vzdálených částí ČR a 2 do Rakouska. Tím je vytvořena geografická diverzita zapojení 400kV. Část linek je jednoduchých, část linek je dvojitých. Přenosová soustava ČR jako celek je navržena a provozována v souladu s kriteriem N-1. Vyvedení výkonu z rozvodny Slavětice dále do sítě je ale navrženo podle přísnějšího kriteria N-2. Tyto požadavky jsou stanoveny v Kodexu PS.

Rozvodna 400kV Slavětice je venkovního provedení se zkratovou odolností 50/125kA. Má schéma se dvěma systémy přípojnic a pomocnou přípojnicí. Hlavní přípojnice jsou navíc podélně děleny vypínači. Bloky EDU jsou zapojeny schématem se 2 vypínači na odbočku, které je voleno v souladu se zvýšenými požadavky na spolehlivost a odolnost vyvedení výkonu EDU proti poruchám. Ostatní vývody (na linky 400kV do přenosové soustavy mají schéma 1 vypínač na odbočku). V rozvodně jsou dva transformátory 400/110kV, 350 MVA pro napájení rozvodny 110 kV Slavětice. Dále jsou do rozvodny dvěma linkami 400 kV připojeny bloky přečerpávací vodní elektrárny Dalešice (4 x 112,5 MW), která představuje externí zdroj AAC pro řešení SBO na EDU.

Rezervní napájení EDU je napájeno ze sítě 110kV. Každý HVB má svůj rezervní zdroj napájený z 2 různých rozvoden v distribuční síti 110kV. Mezi oběma přívody ze sítě 110kV je automatický záskok. Obvyklé zapojení těchto zdrojů je do rozvoden 110kV Slavětice a 110kV Sokolnice, kde jsou transformace 400/110kV resp. 220/110kV. Existují i jiné možnosti napájení. Tím je zajištěna značná variabilnost a geografická diversita. Toto zapojení rovněž zajišťuje zálohování transformátorů 400/110kV a 220/110 jakožto zdrojů pro rezervní napájení EDU, při zachování dostatečné zkratové tvrdosti napětí pro rezervní napájení vlastní spotřeby JE.

Rozvodna 110kV Slavětice slouží především jako hlavní zdroj pro rezervní napájení bloků EDU. Kromě toho je z rozvodny napájena i distribuční síť 110 kV v jižních Čechách. Rozvodna 110 kV Slavětice má robustní a pružné schéma se 3 systémy přípojnic.

Rozvodna Sokolnice, která je druhým obvyklým zdrojem rezervního napájení EDU, je významným uzlem přenosové soustavy s transformacemi 440/110kV a 220/110kV. Je vzdálena cca 50km od EDU.

Schéma rozvoden 400 kV i 110 kV Slavětice, Sokolnice (a další rozvoden v okolí EDU) i způsob jejich provozu jsou voleny tak, aby byl maximálně omezen přenos poruch mezi bloky EDU navzájem i mezi bloky EDU a elektrizační soustavou.

Systém rezervního napájení EDU proto může být napájen z různých geograficky a směrově diverzních zdrojů v přenosové soustavě (transformace 400/110kV a transformace 220/110kV Slavětice, Sokolnice a Čebín). Vodní elektrárna Dalešice byla po provedení analýz SBO zvolena jako hlavní vnější zdroj AAC a tato funkce byla prakticky ověřena zkouškami. Elektrárna Dalešice (výkon 4 x 112,5 MW) má schopnost startu ze tmy. Zkouškou byla ověřena schopnost podání napájení do 30 minut (po vedení 400kV) nebo do 60 minut (po vedení 110 kV). Zkouška zahrnovala prověření technických i organizačních opatření pro zvládnutí SBO, funkčnost komunikačních prostředků, role a postupy klíčových osob při vzniku SBO.. Podmínkou použití VE Dalešice vzdálené cca 6 km je provozuschopný stav rozvoden a vedení 400 kV a 110 kV v napájecí cestě.

Zkouškou byla ověřena také schopnost podání napájení do 60 minut (po vedení 110 kV) z Vodní elektrárny Vranov.

II.1.1.1.6.3 Elektrický systém uvnitř EDU

Hlavní napájecí zdroje a rozvodné sítě

Napájení elektrických spotřebičů vlastní spotřeby je rozděleno na více rozvoden, napájecích systémů a zdrojů, které se zálohují (na substitučním nebo redundantním principu). Tím se omezují důsledky poruch těchto systémů na provoz reaktoru a bloku.

Elektrické spotřebiče jsou rozděleny do skupin podle jejich důležitosti a podle toho jsou napájeny ze zdrojů a sítí odpovídající kategorie zajištěnosti napájení. Důležitost spotřebiče zahrnuje kriterium (bezpečnostní) funkce spotřebiče a přípustnou dobu přerušení napájení. Funkce spotřebiče je klasifikována podle standardů IAEA na bezpečnostní (BS), související s bezpečností (SSB) a nedůležitou z hlediska bezpečnosti (SNB). Vlastní spotřeba každého z bloků JE Dukovany má k dispozici:

- pracovní zdroje, tj. odbočkové transformátory ANT s regulací napětí OLTC (napájené z turbogenerátorů 300MVA (259MVA u bloků před probíhající rekonstrukcí) a/nebo ze sítě 400kV). Pracovní zdroje mají čistě blokový charakter.
- rezervní zdroje, tj. rezervní transformátory AST s regulací napětí OLTC (napájené ze sítě 110kV). Rezervní transformátory jsou dva na každý reaktorový dvojblok (HVB) a mohou být zálohovány AST sousedního HVB. Rezervní transformátory jsou schopny zajistit odstavení jednoho reaktorového bloku při ztrátě jeho pracovního napájení, při předběžném zatížení spotřebiči druhého reaktorového bloku.
- nouzové zdroje, které napájí systémy zajištěného napájení (SZN). Nouzové zdroje jsou tvořeny dieselgenerátory, akumulátorovými bateriemi a agregáty nepřerušeného napájení (usměrňovače, střídače). Jsou instalovány v areálu EDU, dimenzovány podle požadavků napájených zátěží a jejich funkceschopnost nezávisí na stavu pracovních a rezervních zdrojů ani vnější sítě. Každý z bloků EDU je vybaven 3 redundantními SZN (označení 1, 2, 3) klasifikovanými jako BS (každý z nich je podpůrným systémem pro svoji divizi BS). Ze SZN 1 a 2 jsou napájeny SZN 4.1 a 4.2 pro napájení spotřebičů SSB a SNB.

Spotřebiče nedůležité z hlediska jaderné bezpečnosti (SNB, zajišťující provoz bloku, výrobu el. energie, ...) jsou napájeny z pracovních zdrojů. Při ztrátě pracovního napájení (transformátory ANT) přechází napájení automaticky na rezervní zdroje (transformátory

AST). Na každém bloku jsou 4 hlavní blokové rozvodny 6kV (BA, BB, BC, BD) vybavené AZR na rezervní napájení.

Spotřebiče důležité z hlediska jaderné bezpečnosti (BS a SSB) jsou napájeny ze systémů zajištěného napájení (SZN). SZN jsou tvořeny sítěmi zajištěného napájení a nouzovými zdroji. SZN jsou normálně napájeny z pracovních nebo rezervních zdrojů (prostřednictvím rozvoden BA, BB,…). Při ztrátě tohoto napájení se příslušný SZN odpojuje od sítě normálního napájení a přechází na napájení z nouzových zdrojů. Nepřerušené napájení citlivých spotřebičů je zajištěno akumulátorovými bateriemi.

Odpojení SZN a nastartování DG je iniciováno od ztráty napájení (U<0,25Un po dobu 2,5 s nebo 0,7Un/6 s nebo pokles frekvence 47 Hz/6 s). Odchylky frekvence jsou řešeny síťovou frekvenční ochranou, která vyhodnocuje pokles frekvence v síti 400 kV. Projektové analýzy i zkoušky potvrdily selektivitu tohoto nastavení vůči funkci AZR z pracovních na rezervní zdroje a funkci dalších ochran a automatik.

Od těchto iniciačních podmínek jsou DG automaticky startovány a automaticky postupně zatěžovány pevně zadaným programem ELS. V souladu s požadavky bezpečnosti jsou DG připraveny k zatěžování do 10s od povelu na start. Funkce DG a automatik jejich zatěžování je pravidelně ověřována periodickými zkouškami.

Uspořádání a rozmístění zdrojů a sítí

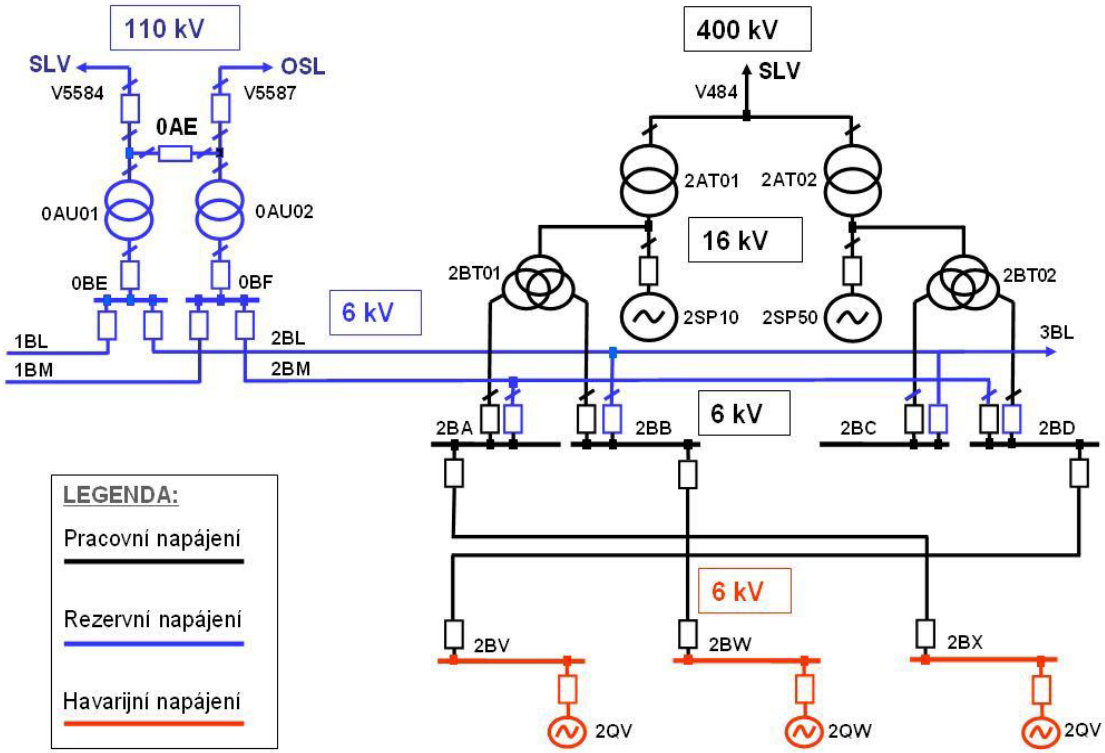
Před strojovnou bloku jsou stanoviště blokových (GT), odbočkových (ANT) a rezervních (AST) transformátorů. Stanoviště jsou vzájemně fyzicky, elektricky i požárně oddělena.

Pracovní zdroje vlastní spotřeby (2 odbočkové transformátory ANT, každý o výkonu 32/16/16 MVA) jsou napájeny z odbočky hlavního generátoru. ANT napájí hlavní blokové rozvodny 6kV (BA, BB, BC, BD), které jsou umístěny v budově mezistrojoven (podélná a příčná). V této budově jsou i snižovací transformátory 6/0,4 kV a rozváděče 0,4 kV pro napájení reaktorovny, strojovny a sekundárního okruhu.

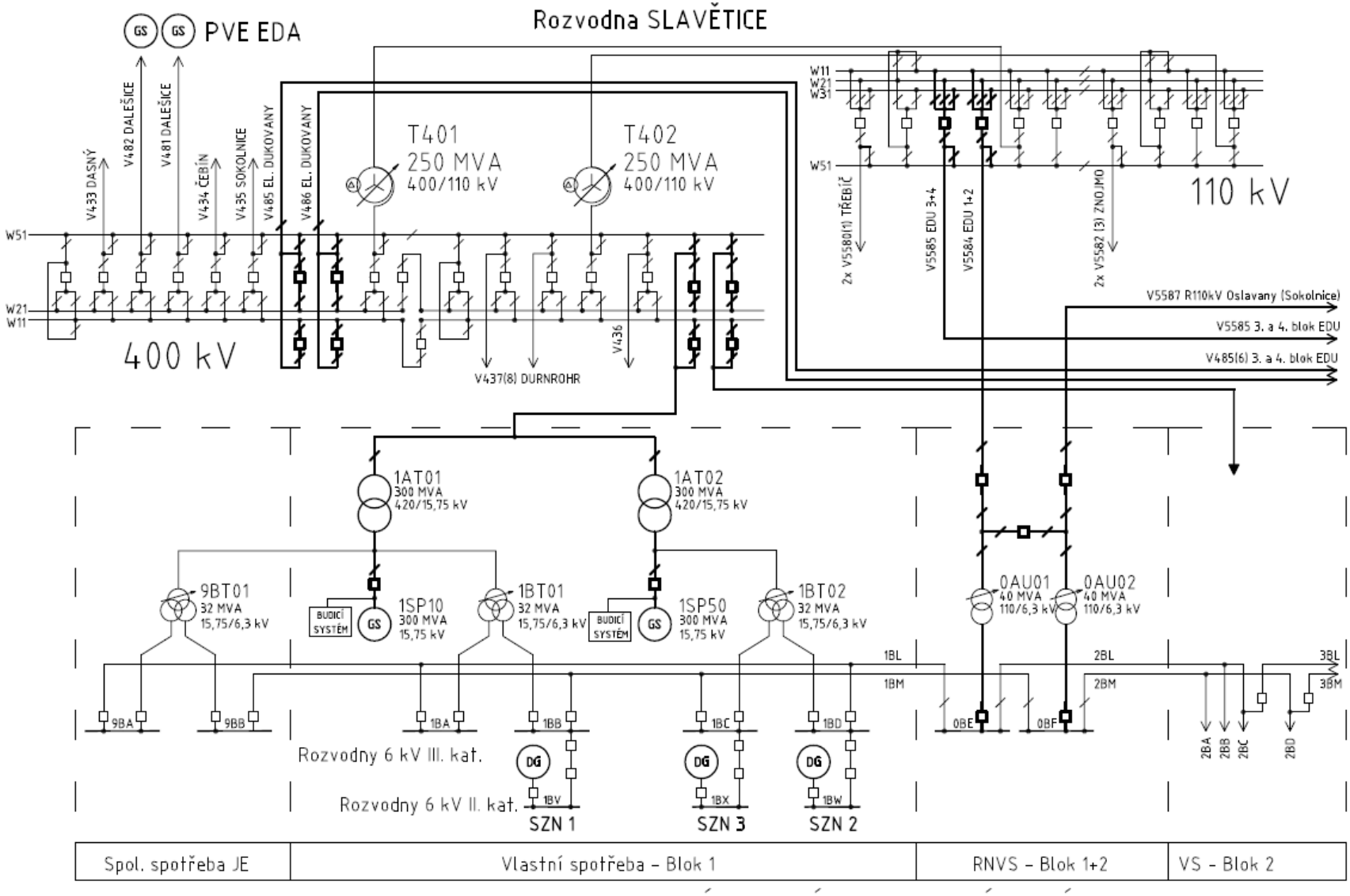
Rezervní zdroje vlastní spotřeby (pro každý HVB jsou 2 rezervní transformátory AST, každý o výkonu 40 MVA) jsou napájeny ze sítě 110 kV. Rezervní zdroje HVB1 a HVB2 se mohou vzájemně zálohovat propojkami 6 kV. AST jsou zdrojem rezervního napájení blokových rozvoden 6 kV BA, BB, BC, BD.

Z blokových rozvoden 6 kV jsou napájeny i motory 6kV (HCČ, napáječky, chladičky,…), rozvodny 6kV zajištěného napájení (BV, BW, BX systémů 1, 2, 3) a transformátory 6/0,4 kV pro spotřebiče strojovny a reaktorovny. Tato rozvodná zařízení jsou umístěna v podélné a příčné mezistrojovně.

Z blokových rozvoden 6 kV jsou dále napájeny pohony 6kV a rozváděče 0,4 kV umístěné ve vnější objektech. Viz následují obrázky (Obr. 12 a Obr. 13):



Obr. 12: Zjednodušené schéma systému napájení VS – 2.RB EDU



Obr. 13: Základní elektrické schéma EDU 1. a 2.blok – Rozvodna Slavětice

II.1.1.1.6.4 Normální projektové systémy zajištěného napájení

SZN pro napájení bezpečnostních systémů (BS):

Bezpečnostní systémy (BS) jsou na každém z bloků EDU uspořádány do 3 divizí bezpečnostních systémů (3x100%). V souladu s touto koncepcí je v každé divizi (označené 1, 2, 3) vytvořen SZN (označený jako 1, 2, 3), který slouží jako podpůrný bezpečnostní systém pro napájení spotřebičů této divize.

Pro zajištění potřebné míry redundance jsou tyto SZN nezávislé a vzájemně oddělené dispozičně (stavebně, požárně), elektricky i z pohledu řídicího systému. SZN 1,2,3 jsou seizmicky odolné. Každý ze SZN má vlastní nouzové zdroje (DG, akubaterie) i elektrické rozvody. Ze SZN 1, 2 jsou napájeny i systémy SZN4.1 a SZN4.2 s nižší klasifikací z hlediska bezpečnosti (SSB, případně SNB), u kterých je požadována vysoká míra spolehlivosti a redundance. Tyto systémy ale nesmí snižovat plnění bezpečnostní funkce pro systémy BS.

Každý z SZN 1, 2, 3 je tvořen těmito hlavními zařízeními:

- Nouzový DG 6.3kV, 2,8 MW. Dieselgenerátory (QV, QW, QX) mají vlastní nádrže nafty, které jsou dimenzovány pro provoz při plném zatížení po dobu minimálně 144 hodin bez doplňování nafty (reálně po dobu ještě delší, protože zatížení je nižší). Naftu je navíc možno průběžně doplňovat
- Rozvodna 6kV zajištěného napájení.
- Rozváděče 0,4 kV a snižovací transformátory 6/0,4 kV.
- Usměrňovače, akubaterie, střídače pro napájení citlivých spotřebičů, vyžadujících kvalitní a nepřerušené napájení.

Divize BS 1, 2, 3 i jejich SZN 1,2,3 se zálohují jako celek (koncepce 3x100%). Vzhledem k principu nezávislosti a vzájemného oddělení nenaruší jednoduchá porucha v jednom ze SZN 1, 2, 3 funkceschopnost zbývajících dvou divizí.

DG jsou nouzovým zdrojem pro spotřebiče připouštějící přerušení napájení po určitou dobu (desítky sekund až minut). DG se startují automaticky při ztrátě napájení rozvodny 6 kV zajištěného napájení svého SZN. Současně dochází k odepnutí této rozvodny od rozvodu normálního napájení vypnutím dvou v sérii řazených sekčních vypínačů. Zatěžování DG a práce SZN a spotřebičů jsou s nejvyšší prioritou řízeny automatikou postupného spouštění (ELS) podle pevně zadaných programů. ELS rovněž chrání DG před přetížením v důsledku dalšího rozvoje havárie a následnými úkony operátora.

SZN 1,2,3 (včetně DG) jsou tvořeny seizmicky odolnými zařízením, umístěnými v budovách, kde probíhá seizmické zodolňování.

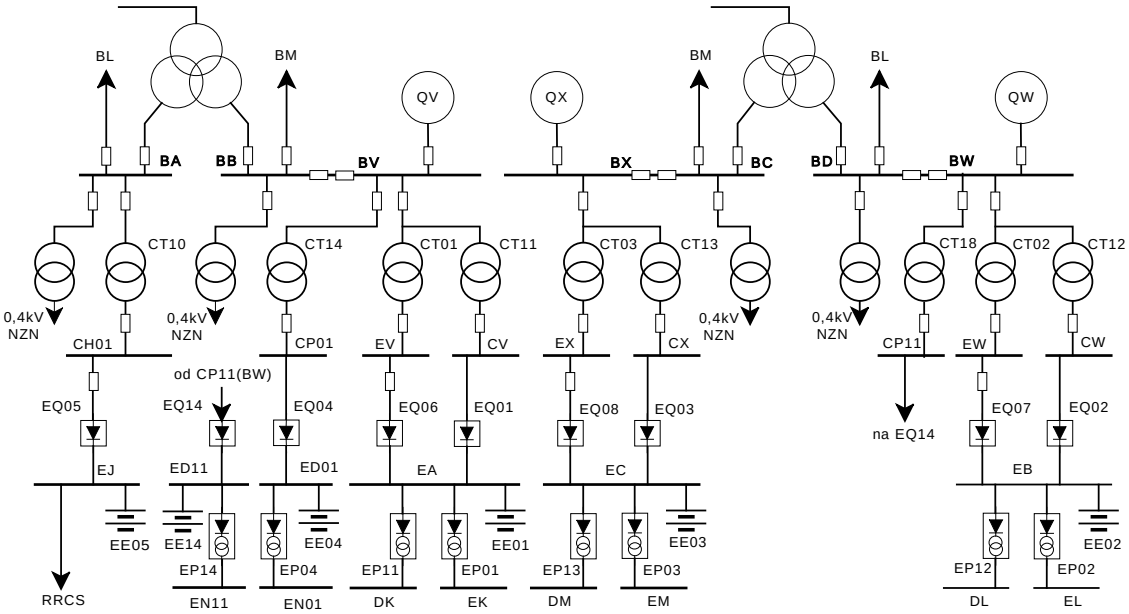
Objekty DG stanic pro SZN 1,2,3 jsou robustní železobetonové objekty, umístěné za reaktorovými.

Hlavní elektrická zařízení každého ze SZN 1,2,3 (rozvodny 6kV, 0,4kV, baterie,…) jsou umístěna v příčné a podélné mezistrojovně a tím chráněny proti externím rizikům.

Kabelové trasy SZN 1,2,3 jsou navzájem nezávislé. Tím je zaručena funkční, prostorová a požární nezávislost (90 minut) těchto SZN a příslušných divizí BS. V kabelových trasách jsou kabely segregovány podle funkčních a napěťových skupin.

Všechny pomocné systémy motoru a generátoru DG (přívod paliva do motoru, mazací olej, vnitřní chladící okruh, plnící vzduch, spouštěcí vzduch) jsou autonomní a při chodu DG nezávislé na přívodu vnějších energií. Každý z DG má vlastní rozvod a zdroje vlastní spotřeby, včetně vlastní baterie. U systémů, které by mohly být ovlivněny dlouhodobým provozem DG (např. zanesení filtrů mazacího oleje) jsou redundantní podsystémy, jejichž jednu část lze za provozu DG odstavit, provést na ní nutnou údržbu a tím zabránit selhání DG v důsledku ztráty pomocných systémů. Kvalita nafty je pravidelně kontrolována.

Vzhledem ke koncepci (3x100%) divizí bezpečnostních systémů a SZN 1,2,3 je možno provádět funkční zkoušky DG a SZN i za provozu bloku (zkouška startu DG a převzetí zátěží funkcí ELS po záměrném vypnutí sekčních vypínačů a simulaci reálné ztráty napájení).



Obr. 14: Schéma zajištěného napájení I. a II. kategorie na EDU

SZN pro napájení systémů souvisejících s bezpečnosti (SSB):

Pro napájení další části systémů souvisejících s jadernou bezpečností (SSB) a napájení systémů nedůležitých z hlediska jaderné bezpečnosti (SNB), které však zajišťují obecnou bezpečnost osob a drahých zařízení, jako je turbosoustrojí, je na každém z bloků vytvořen 4. SZN. tento SZN jsou koncipován jako dva subsystémy (4.1, 4.2), které se vzájemně zálohují podle principu 100+100%. Každý ze subsystémů má vlastní akubaterii, usměrňovač a střídač. Zařízení SZN 4 jsou seizmicky odolná.

Naftové hospodářství

Zásoba nafty v provozní nádrži pro každý DG je na dobu nejméně 6 hodin (4,5 m^3 paliva, spotřeba 0,7 m^3/h). Pro každý DG je dále určena jedna navzájem propojená dvojice zásobních nádrží, kde je minimální zásoba 110 m^3 paliva. K přečerpávání nafty ze zásobních nádrží do provozní nádrže dochází automaticky od poklesu hladiny v provozní nádrži. Čerpadla dopravy paliva mají elektrické napájení z příslušného DG. Celková zásoba nafty 114,5 m^3 postačuje na provoz jednoho DG po dobu nejméně 144 hodin (reálně cca 160 h), tj. na 6 až 7 dnů bez nutnosti vnějšího doplňování paliva.

Další palivo pro DG by bylo možno získat přečerpáváním z jiných DG (které jsou např. mimo provoz) tzv. reexpedičními čerpadly, a to za předpokladu získání elektrického napájení pro jejich provoz (napájení čerpadel je z nezajištěného systému). Při uvážení dlouhodobého provozu vždy pouze jednoho DG na každém bloku, tak při zprovoznění reexpedičních čerpadel by bylo k dispozici palivo na dobu 18 až 21 dní bez vnější dodávky nafty na EDU.

II.1.1.1.6.5 Trvale instalované alternativní systémy zajištěného napájení

Pro obnovení napájení při SBO jsou uvažovány následující zdroje napájení uvnitř EDU:

- využití nouzových DG z jiného bloku, na kterém jsou ve funkci alespoň 2 DG. V předpisech jsou zpracovány alternativní postupy provozních manipulací, kdy se k propojení využívá magistrály rezervních přípojnic 6kV, které probíhají po celé délce všech 4 bloků EDU.

- pro obnovu napájení čerpadel chlazení BSVP (TG) je zpracován postup obnovy přes napájecí trasy jeřábové dráhy reaktorového sálu.

Jaderná elektrárna Dukovany disponuje velice robusním systémem tzv. rezervního napájení, který nabízí širokou škálu možností napájení důležitých spotřebičů resp. obnovení jejich napájení po SBO z okolních zdrojů:

- Základní (ověřený, v čase do 30 resp. 60 minut) z přečerpávací VE Dalešice, podle aktuální situace linkami 400 nebo 110 kV
- Z VE Vranov po linkách 110 kV přes rozv. Znojmo a dle aktuální situace buďto přes rozvodnu 110 kV Slavětice nebo přes rozvodnu Oslavany – přichází v úvahu zejména v situacích, kdyby v důsledku lokálních extrémních přírodních jevů byla vyřazena rozvodna Slavětice včetně linek 110 a 400 kV mezi touto rozvodnou a JE Dukovany (rovněž ověřeno do 60 minut)
- Napájení z libovolného zdroje připojeného do rozvoden Sokolnice (400, 220 či 110 kV) nebo Čebín (400 a 110 kV) přes rozvodnu Oslavany – vhodné zejména v případech lokálních rozpadů sítí 400 a 110 kV, které by vyřadily obě napěťové soustavy v rozvodně Slavětice.
- Napájení z libovolného zdroje připojeného k rozvodnám Řípov či Znojmo (včetně VE Vranov) přes R 110 kV Slavětice – vhodné zejména v případě vyřazení R 110 Oslavany např v důsledku lokálních extrémních přírodních jevů.

Zprovoznění včetně případné opravy některé (nejméně postižené) z výše uvedených cest připadá v úvahu v řádu hodin až desítek hodin, což je srovnatelné s dobou potřebnou k aktivaci (včetně dopravy) mobilních či jiných alternativních zdrojů napájení

Přečerpávací VE Dalešice se nachází cca 6 km od EDU a je připojitelná prostřednictvím sítě 400kV, resp.400 kV a 110kV přes rozvodnu Slavětice Pokud by zůstala možnost vyčlenit pro EDU vybrané napájecí trasy 400 kV nebo 110 kV, bylo by primárně zabezpečováno napájení VS vybraných bloků z blízkých vodních elektráren Dalešice (4 x 112,5 MW) nebo Vranov (3 x 6,3 MW).

Předpokladem je ovšem možnost komunikace s příslušnými vnějšími dispečinky a pracovišti vodních elektráren. Tyto způsoby obnovy napájení z vnějších zdrojů jsou podmíněny provozuschopností vedení 400 kV a 110 kV, které nemusí být dostupné

Obnova napájení z přečerpávací VE Dalešice (4x 112,5 MW) resp. z VE Vranov (3 x 6,3 MW) byla odzkoušena (rok 2004, resp. 2010) s vyhovujícím výsledkem.

Pokud by nastal SBO na bloku v horkém stavu, SI EDU vyhlásí stav KRAJNÍ NOUZE, jenž dle Kodexu Přenosové soustavy ČR (Zákon č. 458/2000Sb., Pravidla provozování Přenosové soustavy) definuje nutnost dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 1 hodiny. Pokud by nastal SBO na bloku v polohorkém stavu, je vyhlášen stav OHROŽENÍ s nutnosti dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 2 hodin.

Obnovu elektrického napájení pro bezpečnostně významná zařízení (za předpokladu provozuschopnosti příslušných vnějších tras a rozvoden) poskytují následující varianty:

- Obnova napětí z rozvodny Slavětice nebo Oslavany přes vedení 110 kV.
- Obnova napětí ze systému 400 kV přes vedení 110 kV.
- Obnova napětí ze systému 400 kV přes blokové vedení 400 kV.
- Obnova napětí z EDA přes vedení 110 kV.
- Obnova napětí z EDA přes blokové vedení 400 kV (odzkoušeno 2004).
- Obnova napětí z bloku EDU přes vedení 110 kV.
- Obnova napětí z bloku EDU přes blokové vedení 400 kV.

- Obnova napětí z vodní elektrárny Vranov přes blokové vedení 110 kV (odzkoušeno 2010).

Všechny výše uvedené způsoby obnovy napájení z vnějších zdrojů jsou podmíněny provozuschopností vedení 400 kV a 110 kV, které nemusí být dostupné.

II.1.1.1.7 Bateriové zdroje pro pro stejnosměrné napájení

Každý ze SZN je vybaven zdroji a rozvody, které zajišťují nepřerušené napájení citlivých spotřebičů. Nouzovým zdrojem jsou olověné baterie 220 V. Na všech SZN proběhly v návaznosti na události na JE Forsmark kontroly a technické úpravy nastavení a koordinace ochranných a monitorovacích systémů, které nyní zajišťují robustní odolnost proti poruchovým a přechodovým procesům v napájecí síti AC. V normálním provozním režimu jsou zátěže napájeny a baterie dobíjeny pomocí usměrňovačů ze zdrojů normálního napájení. Při výpadku pracovní a rezervních zdrojů přebírají napájení usměrňovačů nouzové dieselgenerátory.

Navržené usměrňovače jsou schopny zajistit dobití baterií za méně než 8h.

II.1.1.1.7.1 Popis bateriových zdrojů

Na SZN 1,2,3 (klasifikované jako BS) jsou instalovány systémy, které se skládají ze 2 tyristorových usměrňovačů (220V, In=800A, proudové omezení nastaveno na 600 A), akumulátorové baterie (220V, 1500 Ah) a dvou tranzistorových střídačů (220/380 V AC, 160 kVA). Tyto systémy slouží pro napájení nejdůležitější řídicích, monitorovacích a ochranných systémů a armatur své divize BS. Významný spotřebičem je rovněž nouzové osvětlení prostor.

Kromě toho jsou na každém SZN 1,2,3 dva subsystémy 48V (100 + 100%), které napájí systém ochran a řízení klasifikovaný jako BS (ochrana reaktoru, automatika ELS atd.). Každý ze subsystémů má baterii 243 Ah.

Všechny baterie na SZN 1,2,3 mají projektem stanovenou vybíjecí dobu 2 hodiny.

SZN 4 obsahuje dva subsystémy (4.1, 4.2), které jsou napájeny ze SZN 1 a 2. Každý ze subsystémů obsahuje tyristorový usměrňovač (220V, 800A), akumulátorovou baterii (220V, 2000 Ah) a střídač (220/380V AC, 150 kVA). Mezi rozváděči 220V DC je propojka, která umožňuje vzájemné zálohování 100% + 100% Tyto systémy jsou klasifikovány jako SSB a napájí spotřebiče řídicího systému, které jsou klasifikovány jako SSB nebo SNB, a dále zajišťovací pohony turbosoustrojí. Subsystémy 4.1 a 4.2 se vzájemně zálohují (100% + 100%), spotřebiče mají přívody z obou subsystémů. Kromě toho jsou SZN4.1 a 4.2 zdroje UPS pro napájení méně důležitých řídicí systému a diagnostiky.

SZN 5 obsahuje baterii v systému pohonů řídicích tyčí reaktoru (220V, 600 Ah) stabilizuje tento systém při krátkodobých poklesech napětí, které mohou vzniknout v přenosové soustavě nebo síti vlastní spotřeby.

Další bezpečnostně významné bateriové systémy jsou v dieselgenerátorových stanicích. Skládají se z usměrňovačů a baterií 24V. Jsou napájeny z rozvodů vlastní spotřeby svých DG. Napájí řídicí systémy a ochrany DG, doba vybíjení touto zátěží přesahuje 8 hodin. Jsou klasifikovány stejně jako DG (tj. DG na SZN 1,2,3 jako BS).

V projektu EDU, především v souvislosti s obnovou SKŘ, se při dimenzování baterií vycházelo z požadavku IAEA NS-G-1.8: 2004, tj. vybíjecí doba alespoň 2 hodiny.

Tabulka 3: Vybíjecí doby akubaterií dle projektu na EDU

SZN	Označení baterie	Charakteristiky baterie	Vybíjecí doba [hodiny]
1,2,3 220V	EE01,02,03	105čl. Vb2415, 1500Ah	**2**
4.1 + 4.2	EE04, EE14	105čl. Vb2420, 2000Ah	**2** *1)*
1,2,3 48V	EE5x,6x	24čl. Vb6159, 243Ah	**4** *1)*

x ... 1,2,3 ... podle příslušnosti k SZN

Tabulka 4: Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO na EDU

SZN	Označení baterie	Charakteristiky baterie	Vybíjecí doba [hodiny]	
			a) Bez redukce zátěže	b) S min. redukcí zátěže
1,2,3 220V	EE01,02,03	105čl. Vb2415, 1500Ah	**4 - 8**	**8 - 10**
4.1 + 4.2	EE04, EE14	105čl. Vb2420, 2000Ah	**5,5 - 12**	**6,5 - 12**
1,2,3 48V	EE5x,6x	24čl. Vb6159, 243Ah	**6**	**7**

x ... 1,2,3 ... podle příslušnosti k SZN

Akubaterie nejsou z hlediska řešení nadprojektového režimu SBO metodou připojení zdroje AAC kritické, protože :

a) jsou připojitelné ke zdroji AAC, který zajistí napájení zátěže a dobíjení akubaterii prostřednictvím usměrňovačů.

b) Vybíjecí doby akubaterií lze prodloužit už jen minimální redukcí jejich zátěže do pásma 6 – 8 hodin, kdy se pokládá připojení zdroje AAC za realistiky proveditelné a potřebné i z hlediska technologie.

II.1.1.1.7.2 Napájené spotřebiče

Hlavní druhy napájených spotřebičů jsou:

- napájení nejdůležitější řídicích, monitorovacích a ochranných systémů (RTS, ESFAS, PAMS) a armatur své divize BS (PSA, OVKO, atd.)
- významným spotřebičem je rovněž nouzové osvětlení prostor dané divize BS (klasifikované jako SNB).

II.1.1.1.7.3 Uspořádání a rozmístění zdrojů a sítí

Bateriové systémy SZN 1,2,3 a 4 a příslušné usměrňovače a střídače jsou umístěny v příčné a podélné mezistrojovně. Jedná se o seizmicky odolná zařízení umístěná v seismicky odolných místnostech.

Další údaje viz kapitola II.1.1.1.7.

II.1.1.1.7.4 Alternativní možnosti dobíjení baterií

V režimu SBO se uvažuje dobíjení baterií ze zdrojů AAC, které jsou uvedeny v předchozích kapitolách. V současném projektovém řešení k 30.6.2011 nebylo uvažováno dobíjet baterie jiným způsobem, například z mobilních DG. Technicky ale tato možnost existuje.

II.1.1.2 Významné rozdíly mezi bloky

Využití projektových rezerv bloků

Na 3. bloku v roce 2009 a na 4. bloku v roce 2010 a na 1.bloku v roce 2011 byl realizován projekt Využití projektových rezerv bloků EDU (VPR), v rámci kterého byl zvýšen jmenovitý tepelný výkon reaktoru z původních 1375 MWt na hodnotu 1444 MWt. Součástí projektu VPR byla i rekonstrukce VT dílů turbín na příslušných blocích. Realizace na 2. bloku je plánována v roce 2012.

Zamezení úplné ztrátě chladiva při LOCA

V roce 2009 na 3. bloku a v roce 2010 na 4. bloku a v roce 2011 na 1.bloku byla realizována úprava geometrie trasy vzduchotechnických systémů na přívodu do šachty reaktoru ve spojovacím koridoru Jedná se o dva sifonové uzávěry se spodní hranou +8,1m, osazené v horní části průtržnými membránami (DN200), s otevíracím tlakem 50kPa ze strany koridoru, proti přetlačení kapaliny v zaplavené trase. Účelem modifikace je zabránění natékání chladiva do prostorů ventilačního centra při dosažení výše uvedené úrovně v místnosti šachty reaktoru. Realizace na 2. bloku je plánovaná v roce 2012.

II.1.1.3 Rozsah a hlavní výsledky pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti

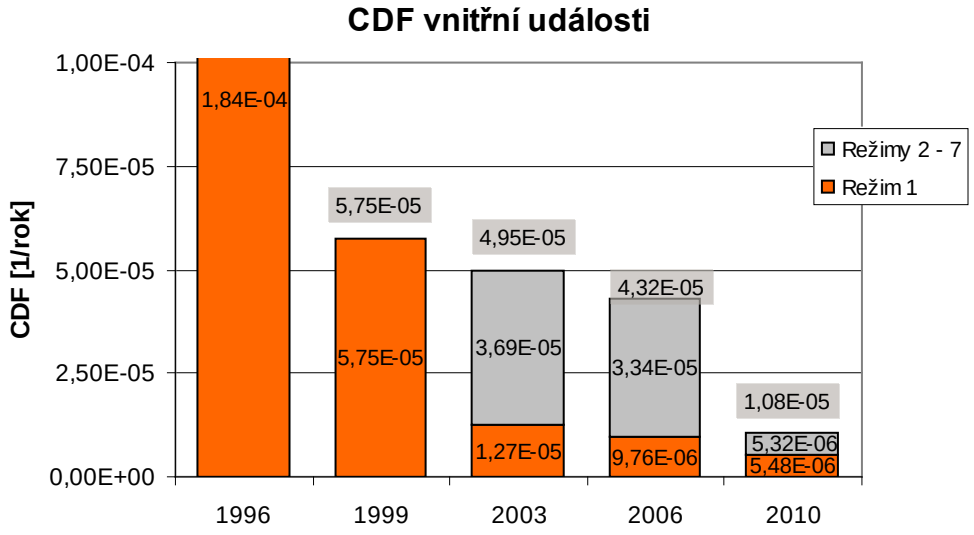
První analýzy PSA JE Dukovany, bloky 1 až 4 byly provedeny v letech 1993 - 1996. Projekt analýz EDU pokrýval analýzu úrovně 1 (Level 1 PSA) pro výkonové stavy a omezený soubor vnitřních iniciačních událostí. Tyto analýzy pak byly postupně rozšiřovány o analýzy dalších typů rizik tak i o nevýkonové stavy včetně odstávek, rizik interních požárů a záplav, pádů těžkých břemen, rizika vnějších událostí. Analýza PSA Level 2 byla zpracována v r. 1998 a poté aktualizována nejprve v r. 2002 a následně pak i v r. 2006.

Původní pravděpodobnostní modely byly dále průběžně aktualizovány tak, aby zachycovaly skutečný stav projektu bloků po všech postupně realizovaných bezpečnostních vylepšeních. Aktualizace modelů zahrnovala také analýzu požárních rizik, rizika záplav a aktualizaci modelů Level 2 PSA. Analýza Level 2 PSA v současnosti zahrnuje výkonový provoz, pro nevýkonový provoz a odstávky je Level 2 PSA v současné době ve fázi zpracování.

PSA JE Dukovany byla předmětem kontrolní mise IAEA IPERS v roce 1998 (PSA 1. úrovně, vnitřní iniciační události, požáry, záplavy). Rovněž bylo provedeno nezávislé hodnocení uvedené PSA (v rozsahu PSA Level 1 pro vnitřní události, pro výkonový i nevýkonový provoz a PSA Level 2) iniciované SÚJB, které provedla rakouská firma ENCONET Consulting v roce 2005 a také je prováděna každoroční kontrolní inspekce a hodnocení PSA SÚJB.

Aktualizace pravděpodobnostních modelů PSA se provádí pravidelně v rámci provozovatelem přijatého konceptu Living PSA i jako důsledek požadavků dozorného orgánu nad jadernou bezpečností (SÚJB) na pravidelnou aktualizaci modelů PSA EDU tak, aby jejich výsledky odrážely aktuální stav JE a splňovaly základní požadavek jejich použitelnosti pro rizikově informované aplikace.

Přehled vývoje bezpečnosti vyjádřené ve formě vypočítané frekvence poškození AZ (CDF) a frekvence časných velkých úniků radioaktivních látek pro výkonový provoz i nevýkonové stavy a odstávky je uveden v následujícím grafu – Obr. 15:



Obr. 15: Vývoj výsledků PSA Level 1 (CDF) pro výkonový provoz EDU (R1) a pro nevýkonové režimy/odstávky (R2-R7), vnitřní iniciační události + pád letadel

CDF je hodnota průměrné roční frekvence poškození paliva v AZ pro výkonový a nevýkonový provoz JE

CDF (R1-R7) pro zbývající bloky EDU je nižší a dosahuje celkem hodnot 8,76 ÷ 8,81E-06/rok.

Z celkové hodnoty frekvence výskytu poškození AZ (CDF) činí příspěvek kategorie časných velkých úniků radioaktivních látek cca 23,5%.

Od roku 2000 – 2003 byly také zpracovány a od r. 2005 standardně provozovány a aktualizovány plně funkční pravděpodobnostní modely pro monitorování rizika v reálném čase, tzv. Safety Monitor. Využívá se pro identifikaci a monitorování rizikových konfigurací všech bloků během odstávek i k monitorování profilů rizika v reálném čase jak při provozu tak odstávkách jednotlivých bloků. Využívá se také pro hodnocení rizika provozu za účelem realizace rizikově informovaných aplikací.

Podle současné znalosti, při uvažování externích událostí v projektovém rozsahu, platí následující závěry analýz PSA Level 1:

- Aktuální hodnota příspěvku seismické události k celkovému riziku CDF dosud není k dispozici, analýza seismického rizika je ve zpracování. Předpokladem je nízký příspěvek k celkovému riziku vzhledem k požadavku kvalifikace SSC na seismickou odolnost min. 0,1g a nízkou frekvenci výskytu takové intenzity zemětřesení v lokalitě.
- Příspěvek externích iniciačních událostí způsobených lidskou činností k riziku je zanedbatelný (příspěvek k CDF je kolem hodnoty 1,0E-7/rok)
- Příspěvek havarijních sekvencí vedoucích k SBO z interních příčin je v řádu E-7/rok.

II.2 Zemětřesení

II.2.1 Projektová východiska

II.2.1.1 Projektová zemětřesení elektrárny

V regionu Střední Evropy a území ČR se nenachází žádné tektonické struktury, které by umožňovaly vznik extrémně silných zemětřesení srovnatelných s katastrofickým zemětřesením v Japonsku 11.3.2011.

Úroveň seizmického ohrožení lokality je dána hodnotou maximálního výpočtového zemětřesení s dobou výskytu 1 x 10 000 let. Pro lokalitu EDU byla na základě provedených analýz stanovena v hodnotě špičkového zrychlení podloží SL2= 0,06g, které odpovídá seizmické události s 95% pravděpodobnosti nepřekročení.

Projektové zemětřesení SL1 se střední dobou návratu 1 x 100 let (určeno z výpočtů a mapy seizmického ohrožení ČR) je pro lokalitu EDU se zrychlením podloží 0,050g v horizontálním směru a 0,035g ve vertikálním směru a odpovídá seizmické události s 90% pravděpodobnosti nepřekročení.

Jako zadání pro seizmické zodolnění EDU byla v souladu s mezinárodními požadavky stanovena hodnota max. výpočtového zemětřesení se střední dobou návratu 1 x 10 000 let na 0,1g v horizontálním směru a 0,067g ve vertikálním směru. V současnosti probíhá na všech blocích zodolnění bezpečnostně významných zařízení a stavebních konstrukcí na hodnotu špičkového zrychlení podloží 0,1g.

Metodiky použité ke stanovení projektových zemětřesení

Území ČR reprezentuje vnitrodeskovou oblast a nenachází se zde žádná struktura typu subdukční zóny (podsouvání zemských desek).

Pro stanovení návrhových parametrů zemětřesení úrovně maximálního výpočtového zemětřesení (SL2) byly použity čtyři odlišné přístupy. Výsledné hodnoty byly stanoveny na základě porovnání výsledků všech použitých metodických přístupů jako nejvíce konzervativní hodnoty. Použití kombinace těchto metodických přístupů má eliminovat nepřesnosti katalogů zemětřesení, generalizaci schémat ohniskových oblastí a zvýšit spolehlivost výsledků řešení. Výsledky stanovení SL2 pomocí jednotlivých metod:

1. Seismostatistický přístup – 1. metoda (SL2 = 0,06g)
2. Seismostatistický přístup – 2. metoda (SL2 = 0,09g)
3. Seismotektonický přístup (SL2 = 0,06g)
4. Nezónová metoda (SL2 = 0,05g)

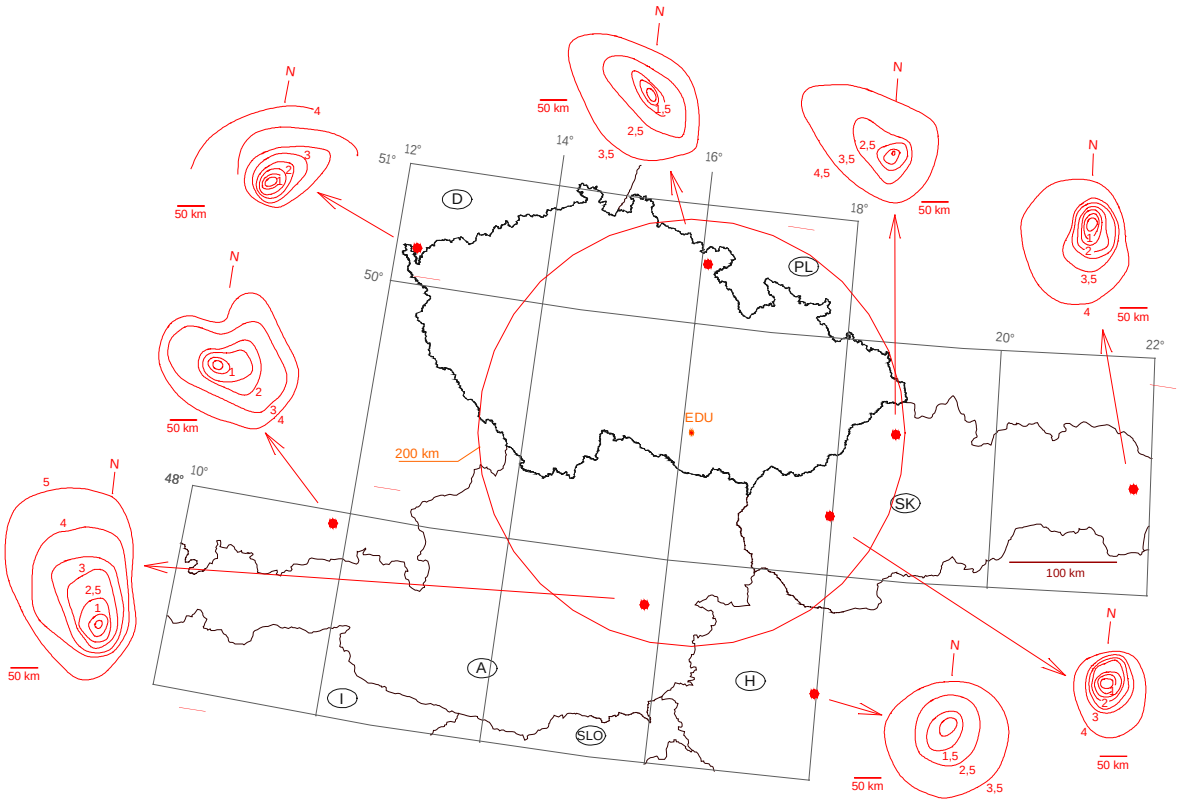
<u>Seismostatistický přístup – 1. metoda</u>

Při stanovení seismického rizika se předpokládá stabilita tektonických i seismogenerujících procesů, tzn., předpokládá se, že dosud pozorovaný trend seismické činnosti zůstane zachován i v budoucnu. Při výpočtech vždy předpokládáme, že zemětřesení může vzniknout v libovolném bodě každé oblasti nebo aktivního úseku zlomu až do výše maximálního možného zemětřesení pro tuto oblast, tento zlom.

Z hlediska bezpečnosti je proto nutné zvažovat nejméně příznivý případ, zohledňující jednak velikost maximálně možných zemětřesení v jednotlivých ohniskových oblastech, jednak nejkratší epicentrální vzdálenost mezi hranicí ohniskových oblastí či aktivním úsekem zlomu a lokalitou.

Ke stanovení seismického rizika lokality byly použity podle původního návodu IAEA 50-SG-S1 i v souladu s doporučením IAEA NS-G-3.3 dva následující přístupy:

- Pro srovnání expertní odhad založený na mapě seismického rajónování. Její aplikace pro jaderná zařízení nesplňuje dostatečně požadavky, proto je nutné provést detailnější šetření.
- Pravděpodobnostní odhad založený na teoretickém matematickém modelu.



Obr. 16: Tvary makroseismických polí zdrojových oblastí v regionu JE Dukovany

Údaje maximální výpočtové hodnoty makroseismické intenzity pro sledovanou lokalitu v závislosti na ohniskové oblasti pro lokalitu JE Dukovany jsou zjišťovány zvážením ohniskových oblastí, hodnot největších možných zemětřesení, které oblasti mohou vyprodukovat v časovém horizontu 10 000 let, a křivek útlumu makroseismických intenzit, které byly sestrojeny azimuty ohnisková oblast - lokalita při zvážení nejkratší vzdálenosti ohniskové oblasti od lokality (v souladu se současně používanou metodikou v jaderné energetice jde o nejkonzervativnější odhad).

<u>Seismostatistický přístup – 2. metoda</u>

Přístup 2. metodou je založen na výpočtu seismického ohrožení pomocí pravděpodobnostní analýzy seismostatistické a částečně seismotektonické vstupní informace (pravděpodobnostní křivky seismického ohrožení). Tato metoda umožňuje ocenění pravděpodobnosti ročního výskytu různých velikostí kmitavých pohybů na mnoho let dopředu, ale též ocenění nejistoty, kterou jsou tyto hodnoty zatíženy.

Prognóza seismických událostí vychází z následujících podkladů:

- Rozložení zdrojových zón v lokalitě a regionu.

- Seismicita zdrojových zón a maximální možné zemětřesení, které v nich může vzniknout (seismický potenciál).
- Pokles velikosti seismických pohybů půdy se vzdáleností od ohniska k lokalitě.
- Vymezení ohniskových oblastí a jejich seismicita.

Předpoklad o platnosti parametrů historické seismicity i pro zemětřesení v budoucnu se opírá o představu opakovaných drsných kluzů na existujících zlomech. Zkušenost ale ukazuje, že nová ohniska se vyskytují i v místech, ve kterých žádná historická seismicita doložena není. Tento předpoklad je jednou z nejistot ve vstupních datech.

Zdrojovými oblastmi seismického ohrožení jsou jednak ohniskové oblasti historických zemětřesení, jednak lineamenty tektonických zlomů nebo jejich křížení. Ve střední Evropě, do které zhruba spadá region JE Dukovany, bylo vymezeno 60 ohniskových oblastí. Seismicita těchto oblastí je vyjádřena četnostními grafy a hodnotami jejich maximálního možného zemětřesení (seismický potenciál).

Další zdrojové zóny jsou zlomy ve vnitřní části Českého masivu, charakterizované expertně odhadnutými hodnotami parametrů seismicity. Hodnocení zlomů spolu se seismickými oblastmi představují 71 zdrojových oblastí. Seismické ohrožení JE Dukovany je vypracováno na základě pravděpodobného výskytu zemětřesení v těchto zdrojových oblastech.

Seismogeologický (seismotektonický) přístup

Pro zhodnocení seismické aktivity zlomů v zájmové oblasti lokality jsou zlomy rozděleny pro přehlednost do tří tříd a 6 kategorií s ohledem na velikost magnituda (Mmax), které jsou potenciálně schopné generovat. Potenciál zlomů je diferencovaně hodnocen pro jednotlivé strukturní bloky – regionální geologické jednotky. Systém dělení zlomů do tříd a jejich číselné kódování vyplývá z následující tabulky:

Tabulka 5: Systém dělení zlomů do tříd na EDU

Třída	Slovní označení	Kategorie	M_{max}	I_0 [° MSK-64]
A	významná seismogenní linie	I	6,5	9,5
		II	6,0-6,4	9
B	významná seismotekonická linie	III	5,3-5,9	8
		IV	4,7-5,2	7
C	seismotektonická linie	V	4,1-4,6	6
		VI	3,6-4,0	5

Údaje (maximální výpočtové hodnoty makroseismické intenzity I pro lokalitu JE Dukovany v závislosti na seismoaktivním úseku zlomu) jsou zjišťovány zvážením mapy seismoaktivních zlomů, hodnot největších možných intenzit zemětřesení, které seismoaktivní úseky zlomů mohou produkovat v časovém horizontu 10 000 let a křivek útlumu makroseismických intenzit, které byly sestrojeny pro lokalitu JE Dukovany při zvážení nejkratší vzdálenosti seismoaktivních úseků zlomů od lokality (tj. v souhlase se současnou metodikou jde o nejvíce konzervativní odhad).

Experimentální přístup

Experimentální stanovení seismického ohrožení je založeno na použití tzv. "nezónové metody". Tato metoda má řadu předností, zejména nevyžaduje definici zdrojových zón a jejich ohraničení, ani stanovení parametrů seismicity a jejich seismického potenciálu.

Tato metoda je použitelná až v poslední době, kdy jsou již k dispozici přístrojové záznamy zrychlení seismických kmitů půdy v místě EDU, vyvolávané zemětřeseními v regionálních

vzdálenostech. Nová metoda se již nemusí opírat pouze o subjektivní makroseismická data (katalogy historických zemětřesení a mapy izoseist). Při použití autentických přístrojových dat odpadají nejistoty dřívějších metod, které jsou důsledkem různých empirických převodních vztahů a expertních odhadů. Například vztah mezi zrychlením seismických kmitů a místní makroseismickou intenzitou je zatížen nejistotami o velikosti až dvou řádů. Nová experimentální metoda je odborníky pokládána za spolehlivou a perspektivní.

Kombinací výše uvedených metod byly eliminovány jejich nepřesnosti. Z výsledků získaných různými metodami vyplývá, že realistická hodnota maximálního výpočtového zemětřesení úrovně SL-2 pro lokalitu JE Dukovany, která by neměla být překročena v časovém intervalu 10 000 let s pravděpodobností ≥ 0,95, je SL2=0,06g.

Úroveň projektového zemětřesení SL-1 byla pro JE Dukovany stanovena na základě výpočtů a mapy seizmického ohrožení území ČR v korelaci s podklady pro přípravu stavební normy na bázi „Eurocode 8. Mapy makroseismických intenzit i hodnoty PGAH. zobrazují seismické ohrožení území ČR s 90% pravděpodobností nepřekročení intenzity v časovém úseku 105 let, pro periodu pozorování 1000 let.

Na základě výše uvedených map a výpočtů byla úroveň projektového zemětřesení SL-1 pro JE Dukovany stanovena v úrovni intenzity 6° makroseismické stupnice MSK-64 a zrychlení **SL1 = 0,05 g.**

II.2.1.1.1.1 Závěry o adekvátnosti projektových zemětřesení

Úroveň seizmického ohrožení lokality je dána hodnotou maximálního výpočtového zemětřesení s dobou výskytu 1 x 10 000 let. Reálné hodnoty seizmického ohrožení jsou 0,06g (s 95% pravděpodobností nepřekročení v časovém intervalu 10 000 let), resp. 0,05g (s 90% pravděpodobností nepřekročení v časovém úseku 105 let) pro periodu pozorování 1000 let. V souladu s mezinárodními požadavky však byla stanovena hodnota max. výpočtového zemětřesení se střední dobou návratu 1 x 10 000 let na 0,1g v horizontálním směru a 0,067g ve vertikálním směru.

Hodnota 0,1g je tzv. „kontrolní zemětřesení“ a udává hodnotu intenzity seismické události na kterou má být blok zodolněn. Realita je však taková, že výskyt intenzity seismické události 0,1g v lokalitě EDU není dle seismologických analýz a geologického průzkumu možný. Uvedené skutečnosti odpovídá fakt, že pokud provedeme aproximaci křivek seismického ohrožení lokality EDU jejich protažením do hodnot vyšších intenzit, tak frekvenci výskytu seismické události o intenzitě 0,1g lze odhadnout jako menší než 1 x 10-8 události za rok. To je jeden výskyt za více než 100 miliónů roků.

II.2.1.2 Opatření k ochraně elektrárny před projektovými zemětřeseními

I.1.1.1.1 Stavební konstrukce a technologická zařízení nutné pro bezpečné odstavení elektrárny

Deterministický výběr zařízení s požadavkem seizmické odolnosti vycházel z požadavku plnění vybraných bezpečnostních funkcí: havarijní odstavení, zajištění podkritičnosti, odvod zbytkového výkonu, dochlazování, integrita I.O a II.O, zajištění dostatečné zásoby chladiva I.O a zajištění hermetičnosti kontejnmentu. K zajištění těchto funkcí byly vybrány potřebné systémy a zařízení tvořící Seznam zařízení pro kvalifikaci EDU, pro které je vyžadována seismická odolnost. Uvedené zařízení a stavební objekty, ve kterých se bezpečnostně významné zařízení nachází, byly zařazeny do kategorie „S“ s požadavkem seizmické odolnosti. Podle požadované funkce se zařízení kategorie „S“ dělí na podkategorie:

Sa (nové značení 1a) – Vyžaduje zachování plné funkční způsobilosti během a po zemětřesení až do úrovně maximálního výpočtového zemětřesení včetně.

Sb (nové značení 1b) – Vyžaduje se zachování mechanické pevnosti a hermetičnosti po zemětřesení až do úrovně maximálního výpočtového zemětřesení včetně.

Sc (nové značení 1c) – Vyžaduje se seismická odolnost jen z hlediska možných seismických interakcí a zejména zachování stability polohy během a po zemětřesení až do úrovně maximálního výpočtového zemětřesní včetně.

Pro stavební konstrukce a zařízení spadající do kategorie „S“ bylo v souladu s Metodologií pro hodnocení seizmické odolnosti EDU provedeno hodnocení seizmické odolnosti s využitím typových zkoušek, výpočtů nebo nepřímého hodnocení na základě provozních zkušeností.

Tabulka 6: Stavební objekty EDU zařazené v kategorii S s požadavkem seismické odolnosti

Značení	**Název**	**Seizmická kategorie**
800/1-01,02	HVB budova reaktorů	Sb
805/1-01,02	Podélná etažérka	Sb
806/1-01až04	Příčná etažérka	Sb
490/1-01,02	Strojovna	Sb
530/1-01,02	DGS	Sb
460/1-01,02	Ventilačný komín	Sc
593/1-01,02	SHN	Sb
1-4A2.3	Prístavek elektro - 4. systém	Sb
581/1-01,02,05,06	Chladící věže	Sb
584/1-01,02	CČS	Sb
350/1-01,02 401/1-01,02	Elektro-kanály systémové potrubní kanály	Sb

Tabulka 7: Seznam vybraných strojních systémů na EDU

Značení	Název	Seizmiciká kategorie
TC	Čištění chladiva PO-ŠOV-1	Sa
TF20,40,60	Vložený okruh SAOZ	Sa
TG	Chlazení sklad. bazénu	Sa
TH10	Hydroakumulátory	Sa
TH20,40,60	NT havarijní chlazení AZ	Sa
TJ20,40,60	VT havarijní systém doplňování PO	Sa
TQ20,40,60	Sprchový systém HZ	Sa
VF20,40,60	Technická voda důležitá	Sa
XL	Barbotážní systém	Sa
YA	Primární okruh	Sa
YD	HCČ	Sa
YP	Kompenzace objemu	Sa
Demi 1MPa	Demivoda 1 MPa	Sb
DGS 10,20,30	Dieselgenerátorová stanice	Sa
Dochlazování	Systém dochlazování na SO	Sb
Ostrá pára	Systém ostré páry	Sa
RČA	Rychločinné armatůry na hranici HZ	Sa
SHN	Superhavarijní napájení	Sa
TÚV	Tepelná úprava vody	Sb
TVD čerp.	TVD čerpadla na CČS	Sa
TVD SO	Rozvody TVD na SO	Sa
Vent. SO	Ventilace řídících center	Sa
HZ	Zařízení na hranici kontejnmentu	Sa

Tabulka 8: Seznam vybraných systémů elektro na EDU

Značení	Název	Seizmiciká kategorie
1,2,3 DG	1., 2., 3. systém DGS 10, 20,30	Sa
1,2,3 ZN II	1., 2., 3. systém zajištěného napájení II. kat. včetně režimových automatik	Sa
4 ZN II	4. systém zajištěného napájení II. kat.	Sa
1,2,3 ZN I	1.,2.,3. systém zajištěného napájení I. kat.	Sa
4 ZN I	4. systém zajištěného napájení I. kat.	Sa
0ZN	Nesystémové zařízení (rozv. DP10, DP20, DTE3, NDTE1)	Sa

Tabulka 9: Seznam vybraných systémů SKŘ na EDU

Značení	Název	Seizmiciká kategorie
BLOK DOZOR	Bloková dozorna	Sa
NOUZ DOZOR	Nouzová dozorna	Sa
RTS	Systém rychlého odstavení reaktoru	Sa
ESFAS	Systém pro spuštění technických prostředků pro zajištění bezpečnosti	Sa
EX - CORE	Měření n – toku vnějšími komorami	Sa
RLS	Limitační systém reaktoru	Sa
RCS	Systém regulace výkonu reaktoru	Sb
RRCS	Systém ovládání kazet HRK	Sa
SAS, SAS-N	Systém pro podpůrné zásahy	Sa
ELS	Automatika postupného spouštění	Sa
PAMS I, II	Pohavarijní monitorovací systém	Sa
ŘSBB	SKŘ na BD	Sa
ŘSBN	SKŘ na ND	Sa
ŘSBP	Reléové automatiky primárního okruhu	Sb
ŘSBT	Zabezpečovací systém bloku	Sa
ŘSBS	Reléové automatiky sekundárního okruhu	Sa

I.1.1.1.2 Hodnocení odolnosti stavebních konstrukcí a technologických zařízení z hlediska projektových zemětřesení a ocenění potenciálních bezpečnostních rezerv

Projektem stanovená hodnota SL2 je 0,06g, zatímco skutečné zodolnění SSC je prováděno na hodnotu PGA = 0,1g, která je doporučena materiály IAEA. O zodolnění projektu EDU na vyšší hodnotu než reálně stanovenou bylo rozhodnuto v roce 1995 v souvislosti s bezpečnostními nálezy mise IAEA.a aplikací tehdy platného bezpečnostního návodu IAEA 50-SG-S1 (1991). Po úplném dokončení seizmického zodolnění EDU bude hlavní bezpečnostní rezerva dána rozdílem mezi reálnými hodnotami seizmického ohrožení lokality a projektovým zadáním seizmického zodolnění (PGA lokality 0,06g v porovnání s PGA_{SL2} = 0,1g). Za další bezpečnostní rezervu je třeba pokládat i to, že tyto hodnoty jsou horní odhady pro 95%ní pravděpodobnost nepřekročení. Na základě provedených analýz byla hodnota maximálního výpočtového zemětřesení SL2 stanovena na 0,06g, zatímco skutečné zodolnění SSC je prováděno na hodnotu PGA = 0,1g, která je doporučena materiály IAEA. O zodolnění projektu EDU na vyšší hodnotu než reálně stanovenou bylo rozhodnuto

Stěny BSVP jsou součástí seismicky odolného kontejnmentu a ani zemětřesení odpovídající projektovému východisku PGA=0,1g by nevedlo ke ztrátě integrity. Posouzení bylo provedeno s využitím redukovaných seismických účinků koeficientem duktility, a proto je hodnota 0,1g zároveň hraniční hodnotou.

Seizmické hodnocení stavebních konstrukcí na hranici kontejnmentu prokázalo, že nedojde při zemětřesení do 0,1g k porušení hermetičnosti a to dokonce i v kombinaci se zatížením od LOCA havárie a s dalšími předepsanými zatíženími.

Lze tedy oprávněně konstatovat, že po úplném dokončení projektu seismického zodolnění EDU budou zachovány základní bezpečnostní funkce až do hodnoty zrychlení podloží 0,1g v horizontální rovině a 0,067g ve vertikálním směru, což je výrazně nad hodnotou reálného ohrožení lokality EDU.

II.2.1.2.1 Hlavní provozní opatření k dosažení stavu bezpečného odstavení

Pro všechna zemětřesení, která přicházejí do úvahy v lokalitě EDU, není ohroženo plnění základních bezpečnostních funkcí:

a) Řízení reaktivity
b) Odvod tepla z jaderného paliva
c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů

Reaktor bude odstaven ochranou RTS (HO-1) automaticky od výpadků zařízení resp. ručně tlačítkem. Systém RTS je proveden na principu bezpečné poruchy, při ztrátě napájení dojde k samovolnému pádu tyčí HRK do AZ a tím k odstavení reaktoru.

Dochlazování bloku po seismické události by bylo prováděno v režimu feed&bleed na II.O (napájení PG prostřednictvím SHNČ + odvod páry přes PSA). Zásoba vody pro dochlazování pomocí feed&bleed na II.O je dána množstvím vody v nádržích demi vody (rovněž zodolněny na 0,1g). Množství vody v těchto nádržích při odvodu tepla přes PG do atmosféry vystačí na cca 4 dny. Reaktory by byly uvedeny do stabilizovaného polohorkého stavu a o způsobu jejich dlouhodobého chlazení by bylo rozhodnuto až po provedení obhlídky poškození zařízení a budov (dosud není zpracován žádný předpis, postup nebo návod).

Alternativně je uvažováno i s plněním PG pomocí prostředků HZSp, může však dojít k problémům s její dostupností a dopravě na místo. Pokud by v současném stavu seizmicky nezodolněné stavební části HVB nemohl být použit tento způsob dochlazování, pak lze použít nouzový způsob dochlazování tzv. feed&bleed na I.O (PVKO + čerpadla SAOZ s podporou TVD).

Odvod tepla z bazénů skladování by byl zajištěn stejně jako před událostí, tj. systémem TG (100% záloha).

Rovněž integrita kontejnmentu není ohrožena.

II.2.1.2.1.1 Ochrana proti nepřímým účinkům zemětřesení

Velké nádrže, které by mohly po své destrukci při seizmické události vytopit objekty s bezpečnostně významným zařízením (např. napájecí nádrže a zásobníky TVD na II.O), byly zhodnoceny z pohledu seizmické odolnosti a jsou po provedených úpravách dostatečně ukotveny do stavby, aby nedošlo ke ztrátě integrity nebo k nežádoucí interakci.

Seismická událost intenzity > 6° MSK-64 (PGA_{hor} > 0,05g) by postihla seismicky neodolné zařízení a stavby, což by pravděpodobně vedlo k úplné ztrátě napájení vlastní spotřeby všech 4 bloků (ztráta vnějšího napájení - 400 kV i 110 kV, neúspěšný přechod na napájení VS od TG), s následným odstavením všech 4 reaktorů a přechodem na přirozenou cirkulaci. Díky poškozením by JE velmi pravděpodobně přišla i o čerpací stanici Jihlava a tím i přívod surové vody do gravitačních vodojemů.

V případě rozsáhlého poškození infrastruktury a dlouhodobé nedostupnosti lokality (zřícení budov, poškození komunikací atd.) by se střídající personál nemusel dostat na lokalitu. V tomto případě by musel požadované činnosti zabezpečovat personál, který tam bude přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno operativně v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

Obdobně budou ohroženy komunikační prostředky uvnitř i vně EDU. Činnosti by komplikovala zejména ztráta provozuschopnosti technických prostředků komunikace mezi řídícími centry a zasahujícími osobami, včetně komunikace s vnějšími řídícími centry a orgány státní správy v důsledku poškození infrastruktury v okolí JE

Další problematickou oblastí se může v případě hypotetického silného zemětřesení stát dostupnost informací o Ra situaci uvnitř a na hranici areálu EDU. Všechny současné systémy které monitorují Ra situaci (CISRK, SEJVAL, SYRAD, TDS) nejsou v seizmickém provedení, nebo jsou jejich části umístěny v seismicky nezodolněných objektech provozních budov a tedy v případě zemětřesení intenzity > 6° MSK-64 (PGA_{hor} > 0,05g) není prokázáno, že budou provozuschopné. Personál radiační kontroly v nezodolněných objektech může být také ohrožen. Pro měření radiace zůstane k dispozici náhradní způsob pomocí přenosných měřících přístrojů.

Rizikový příspěvek od nepřímých účinků zemětřesení (interakce mezi komponentami resp. stavesními konstrukcemi) bude znám na konci roku 2011, kdy bude dokončena pravděpodobnostní analýza seismického rizika.

II.2.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky

Postupy provozovatele zajišťující, že stavební konstrukce a technologická zařízení nutné k bezpečnému odstavení jsou udržovány v provozuschopném stavu

Původní projektové hodnoty zemětřesení lokality EDU byly změněny v roce 1995 v souvislosti s bezpečnostními nálezy mise IAEA. Nové seizmické zadání znamenalo přehodnotit bezpečnostně významná zařízení a stavby na vyšší úroveň referenčního zemětřesení PGA = 0,1g a nevyhovující zařízení a objekty seizmicky zodolnit.
Pro udržení trvalého souladu aktuálního stavu zařízení s požadavky projektu se provádí řada pravidelných činností s cílem udržovat dosaženou úroveň seismické kvalifikace zařízení a budov.

Postupy provozovatele zajišťující, že mobilní zařízení a zásobování jsou nepřetržitě připraveny k použití

Na lokalitě je nepřetržitě jednotka HZSp včetně mobilní techniky pro hašení požárů, čerpání vody, záchranu majetku atd. Jsou však umístěny v seismicky nekvalifikovaném objektu Požární stanice. V případě poškození Požární stanice by mobilní technika HZSp pro hašení požárů, ani provádění dalších potřebných zásahů nemusela být dostupná. Vzhledem ke skutečnosti, že výskyt seismické události není nenadálý, ale před jeho výskytem lze pozorovat dílčí otřesy a symptomy, je možné požární techniku včas přemístit na volné plochy, kde nemůže dojít k poškození od zřícených budov a zařízení. Pro tuto činnost nejsou zpracovány postupy.
Přístup pro zásahy hasičských záchranných sborů (HZSp EDU, event. externích HZS) by mohl být omezen v důsledku pádu seismicky nezodolněných budov na vnitřní příjezdovou komunikaci, stejně jako pádu trosek do prostoru vjezdu do elektrárny. Alternativně by bylo možné použít záložní vjezd do areálu.

Přímo na lokalitě sice není k dispozici těžká technika k odklízení trosek z páteřních a přístupových komunikací, které by mohly být zavaleny troskami neseismicky odolných objektů. Umožnění přístupu mobilní techniky k hlavním výrobním blokům by bylo řešeno v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

Obdobně použití některých krytů havarijní připravenosti, včetně pracoviště Havarijního štábu a Technického podpůrného střediska může být ohroženo, protože se nacházejí pod seismicky neodolnými objekty. Činnost TPS a HŠ by byla v tomto případě řešena operativně (nejsou zatím k dispozici podrobné instrukce).

Potenciální odchylky od projektových východisek a opatření k jejich řešení

Na základě mimořádných kontrol z hlediska seismické odolnosti, které byly po havárii ve Fukushimě v oblasti seizmicity provedeny na JE Dukovany, nebyly identifikovány žádné závažné nesoulady aktuálního stavu s požadavky projektu. Zodolnění SSC je prováděno na hodnotu 0,1g, což je vyšší hodnota než maximální výpočtové zemětřesní = 0,06g.

II.2.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

II.2.2.1 Úroveň zemětřesení vedoucí k vážnému poškození paliva

Po seizmickém zodolnění zařízení a staveb se hranice, kdy může dojít ke ztrátě základních bezpečnostních funkcí, zvýší až na úroveň zemětřesení intenzity > 7° MSK-64 (PGA_{hor} > 0,1g). Seismická událost intenzity > 7° MSK-64 (PGA_{hor} > 0,1g) by mohla způsobit ztrátu bezpečnostních funkcí JE. Nejedná se nicméně o hodnotu, která by měla charakter hraničních podmínek „cliff edge“, každé zařízení má jinou hodnotu hraniční seismické odolnosti s rozdílnou rezervou vůči 0,1g. Vzhledem k bezpečnostním rezervám se očekává, že některý z bezpečnostních systémů by zůstal ve stavu schopném plnit bezpečnostní funkce.

Dochlazování při seizmické události > 0,1g by bylo nadále realizováno pomocí feed&bleed na II.O (napájení PG prostřednictvím SHNČ + odvod páry přes PSA), resp. nouzově dochlazováním feed&bleed na I.O (PVKO + SAOZ s podporou TVD). Všechny výše uvedené systémy a komponenty jsou již zodolněny na 0,1g, mají minimálně 100% redundanci (SHNČ) a jsou napájeny ze zajištěného napájení (ze seismicky odolných DG).

Za deterministickou hraniční hodnotu intenzity seismické události, nad kterou lze očekávat poškození AZ, lze konzervativně označit hodnotu 0,112g, což je mezní odolnost CHV.

II.2.2.2 Úroveň zemětřesení vedoucí ke ztátě integrity kontejnmentu

Seizmické hodnocení stavebních konstrukcí na hranici kontejnmentu prokázalo, že nedojde při zemětřesení do 0,1g k porušení hermetičnosti a to dokonce i v kombinaci se zatížením od LOCA havárie a s dalšími předepsanými zatíženími. Odolnost kontejmentu výrazně převyšuje původní projektové požadavky.

II.2.2.3 Zemětřesení převyšující DBE a následné záplavy

Lokalita EDU není ohrožena zátopami z přírodních nebo zvláštních povodní. Areál elektrárny se nachází na náhorní plošině v nadmořské výšce 383,5 - 389,10 m n. m., přičemž její hlavní stavební objekty, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti, jsou na kótě 389,10 m n. m. Odtok vod směřuje střechovitě do hluboko zaklesnutých vodotečí Jihlavy a Rokytné ve směru od elektrárny.

Vodní nádrž Dalešice leží proti proudu řeky Jihlavy - hráz nádrže je od elektrárny ve vzdálenosti proti proudu řeky 4 km. Koruna hráze je na kótě 384,00 m n. m a maximální hladina vody v nádrži při průchodu velkých vod nádrží je na úrovni 381,50 m n. m. Hypotetická průlomová vlna z vodního díla Dalešice neohrožuje vlastní areál JE vzhledem k jeho výškovému umístění na kótě, která s rezervou cca 8 m přesahuje maximální hladinu tohoto vodního díla.

Vodní nádrž Mohelno, jejíž průběh je v profilu JE nejblíže cca 1 km v údolí pod elektrárnou, má hráz od elektrárny ve vzdálenosti cca 2 km směrem po proudu řeky. Kóta koruny hráze je

307,15 m n. m a maximální hladina vody je 303,30 m n. m., což je o cca 80 m níže než kóta +0,0 JE Dukovany.

V případě ztráty Čerpací stanice Jihlava z dúvodu průlomové vlny po poškození hráze při hypotetickém zemětřesení jsou v lokalitě EDU dostatečné zásoby vody na odvod zbytkového tepla – blíže viz kapitola II.5.2.2.

Ostatní povrchové toky v okolí JE jsou potoky a říčky s průtoky o alespoň dva řády nižšími oproti Jihlavě. V okolí EDU tedy nejsou žádné zdroje vody, které by mohly v případě zemětřesení způsobit zaplavení lokality JE.

II.2.2.4 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti zemětřesení

Na území ČR se nenachází žádné tektonické struktury, které by umožňovaly vznik silných zemětřesení. V lokalitě EDU nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,06 g). Reálná odolnost SSK je vyšší, takže existuje bezpečnostní rezerva na zbývající 5 % neurčitost.

Přesto bylo již v roce 1995 rozhodnuto o zodolnění bezpečnostně významných zařízení a stavebních konstrukcí na EDU na hodnotu špičkového zrychlení podloží PGA = 0,1g (maximální výpočtové zemětřesení, MDE/SL2/SSE). Tento projekt v současnosti probíhá Aktuálně již více než 90% (mj. veškerá technologie) bezpečnostně významného zařízení má vyhovující kvalifikační dokumentaci prokazující seizmickou odolnost a na ostatních zařízení (část elektro a SKŘ) se práce na realizaci modifikací dokončují.

Případné hypotetické důsledky zemětřesení jsou tedy omezeny na ztrátu neseismicky odolných SSK, které se mohou podílet na plnění podpůrných bezpečnostních funkcí. Týká se to zejména možnosti nedostatečných kapacit mobilní techniky, osob a ztráty schopností komunikace.
Činnosti by komplikovala zejména ztráta provozuschopnosti technických prostředků komunikace mezi řídícími centry a zasahujícími osobami, včetně komunikace s vnějšími řídícími centry a orgány státní správy v důsledku poškození infrastruktury v okolí JE

Cílem navrhovaných opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při zemětřesení.
Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka 10 obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné dopracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 10: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při zemětřesení na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Seismická odolnost SKK	Dokončit projekt seismického zodolnění EDU		Realizuje se
Seismická odolnost SKK	Kontrola a zajištění kotvení neseismického zařízení	I	
Předpisy	Zpracovat provozní předpisy na zemětřesení	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Havarijní připravenost	Zabezpečit fungování složek havarijní odezvy v případě nedostupnosti HŘS	I	
Analýzy	Odolnost budovy HZSp na seismicitu.		Realizuje se
Komunikace	Alternativní prostředky pro komunikaci po seismické události	I	
Personál	Analýza ohrožení krytů při seismické události	II	
Personál	Zajištění dostatku personálu po seizmické události	I	
Analýzy, technika	Přístup k objektům, dostupnost těžké techniky	II	
Analýzy	Seismická PSA		Nález PSR, probíhá

II.3 Záplavy

II.3.1 Projektová východiska

II.3.1.1 Projektové záplavy

Charakteristiky projektových záplav (DBF)

Lokalita EDU není ohrožena zátopami z přírodních nebo zvláštních povodní. Areál elektrárny se nachází na náhorní plošině v nadmořské výšce 383,5 - 389,10 m n. m., přičemž její hlavní stavební objekty, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti, jsou na kótě 389,10 m n. m. Odtok vod směřuje střechovitě do hluboko zaklesnutých vodotečí Jihlavy a Rokytné ve směru od elektrárny. Lokální převýšení terénu v prostoru západních věží je řešeno odvedením případných extravilánových vod obvodovým příkopem do systému dešťové kanalizace.

Řeka Jihlava je nejblíže položená vodoteč, využívaná i jako zdroj technologické přídavné vody pro elektrárnu. Jihlava se soustavou vodních nádrží Dalešice - Mohelno protéká severně od elektrárny směrem od severozápadu k jihovýchodu - nejkratší vzdálenost mezi elektrárnou a řekou je cca 1 km. Odběr technologické vody je prováděn z nádrže Mohelno, která slouží jako vyrovnávací nádrž pro vodní dílo Dalešice.

Vodní nádrž Dalešice leží proti proudu řeky Jihlavy - hráz nádrže je od elektrárny ve vzdálenosti proti proudu řeky 4 km. Koruna hráze je na kótě 384,00 m n. m a maximální hladina vody v nádrži při průchodu velkých vod nádrží je na úrovni 381,50 m n. m. Výška hráze je 88 m nade dnem.

Vodní nádrž Mohelno, jejíž průběh je v profilu JE nejblíže cca 1 km v údolí pod elektrárnou, má hráz od elektrárny ve vzdálenosti cca 2 km směrem po proudu řeky. Kóta koruny hráze je 307,15 m n. m a maximální hladina vody je 303,30 m n. m., což je o cca 80 m níže než kóta ±0,0 JE Dukovany.

Ostatní povrchové toky v okolí JE jsou potoky a říčky s průtoky o alespoň dva řády nižšími oproti Jihlavě. Na nich a jejich přítocích jsou vybudovány malé rybníky, největší z nich mají plochu hladiny asi 0,5 ha a jsou umístěny v nižší nadmořské výšce než areál elektrárny a tento areál neohrožují.

Hypotetická průlomová vlna z vodního díla Dalešice neohrožuje vlastní areál JE vzhledem k jeho výškovému umístění na kótě, která s rezervou cca 8 m přesahuje maximální hladinu tohoto vodního díla. Ze zařízení elektrárny, u kterých hrozí potencionální možnost zaplavení zátopami při průchodu velkých vod v řece Jihlavě, lze vybrat pouze čerpací stanici surové vody na řece Jihlavě. Čerpací stanice surové vody zajišťuje dodávku průmyslové přídavné vody pro provoz EDU.

Při dosavadním výkonu technicko-bezpečnostních prohlídek na vodních nádržích Dalešice-Mohelno nebyly zaznamenány žádné podstatné jevy a skutečnosti, které by signalizovaly ohrožení bezpečnosti vodních nádrží.

Projektové hodnoty maximálních denních úhrnů dešťových srážek podle četnosti opakování jsou následující:

Doba opakování [počet let]	100	10 000
Denní úhrn srážek [mm]	77	115

Hladina podzemních vod v areálu JE Dukovany se nachází několik metrů pod základy staveb. Doplňování a vznik zásob podzemní vody se v tomto území děje téměř výhradně infiltrací atmosférických srážek. K přirozenému odvodňování dochází severním a jižním směrem k vodotečím řek Jihlavy a Rokytné. Lokální převýšení průměrné úrovně hladiny spodní vody u některých objektů je řešeno čerpáním podzemních vrtů do kanalizace. K ohrožení objektů nebo místností se zařízením důležitým z hlediska jaderné bezpečnosti z mělkého horizontu podzemních vod nedochází.

Metodiky použité k hodnocení projektových záplav

Území lokality EDU patří dle Quittovy metodiky klimatické regionalizace do mírně teplé klimatické oblasti. Roční chod srážek je v dlouhodobém průměru charakterizován nejvyššími úhrny srážek v letních měsících, s maximem v červnu (70 mm) a nejnižšími úhrny v měsících zimních s minimem v lednu (21 mm).

Kanalizační síť je navržena jako větvená soustava, která zajišťuje odvod dešťové vody gravitačním způsobem z plochy cca 80 ha a před areálem EDU se napojuje do výsledného dešťového kanalizačního sběrače.

Povodí jednotlivých stok byla stanovena hydrotechnickou situací a k těmto povodím přiřazen příslušný průtok a odtokový koeficient podle způsobu zastavění a druhu pozemku. Na výpočtové množství pak byl navržen příslušný profil stoky. Dle hydrotechnických výpočtů dešťové kanalizace bylo množství dešťových vod stanoveno pro periodicitu p = 1 minutový a 15minutový náhradní déšť o intenzitě i = 135 l/s.ha a činí $Q_{dešť}$ = 3 028 l/s, přičemž kapacita dešťové kanalizace je 3 810 l/s.

Zatížení klimatickými jevy (obecně) vychází ze statistického zpracování ročních extrémů hodnot relevantních meteorologických veličin, naměřených v období alespoň 30 let v lokalitě EDU a na meteorologických stanicích v okolním regionu, které mají z hlediska klimatických podmínek stejný charakter jako lokalita EDU. Metody statistických zpracování vychází z dokumentu Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA, International Atomic Energy Agency IAEA) „Safety Standards Series“ [Safety Guide NS-G-3.4: Meteorological events in site evaluation for Nuclear power Plants], IAEA 2003 s použitím Gumbelova rozdělení.

V průběhu plánované životnosti EDU nelze reálně uvažovat takové změny v lokalitě, které by ovlivnily bezpečnost provozu.

Při hodnocení vlivu záplavových dešťů na bezpečnost JE se vychází z velmi konzervativních předpokladů, že dojde k ucpání všech dešťových vpustí (vyjma svodů z budov), a z jednodenní dešťové srážky s opakovatelností za 10 000 let, při které dojde ke spadu vody 115 mm/24 hodin. Pro hodnocení vlivu deště se vychází z kumulativního nahromadění celého srážkového množství za 24 hodin (115 mm) na terénu elektrárny a z výškového zaměření terénu a cest areálu elektrárny.

Ze stavebních objektů s bezpečnostním zařízením jsou nejníže umístěny objekty Přístavek superhavarijního napájení, který je 14 cm výše než okolní terén, následuje DGS 1, který je o 17 cm než okolní terén atd. což představuje další minimální rezervu při hypotetickém nárůstu hladiny vody v okolním terénu o +11,5cm.

Provozní zkušenosti ze spouštění a provozního využívání jaderných elektráren s reaktory VVER řeší i potenciální možnost ohrožení vybraných systémů a zařízení JE, důležitých pro bezpečnost JE, vnitřními záplavami. Základním východiskem k posouzení důsledků vnitřního zaplavení na bezpečnost provozu JE Dukovany jsou výsledky aktuálních prací z dané oblasti, výsledky kvalifikace zařízení na JE Dukovany, zkušenosti a přístupy k řešení tohoto problému na jaderných elektrárnách s VVER podobného typu. Z analýz vyplývá, že tyto události nebrání bezpečnému odstavení a dochlazení reaktorových bloků.

Závěry o adekvátnosti ochrany před účinky záplav

Záplavy od vodních toků neohrožují vlastní areál JE vzhledem k jeho výškovému umístění, všechny stavební objekty, nacházející se ve vlastním areálu JE Dukovany, jsou bezpečně ochráněny výškovou úrovní areálu.

Potencionální možnost zaplavení zátopami při průchodu velkých vod v řece Jihlavě hrozí pouze čerpací stanici surové vody na řece Jihlavě (zajišťuje dodávku průmyslové přídavné vody pro provoz EDU).

Zatopení objektů důležitých pro bezpečnost ze systému gravitační dešťové kanalizace při jeho pravidelné údržbě není možné. I při výskytu teoreticky možných kratších srážek s vyšší intenzitou je celý systém pasivní gravitační dešťové kanalizace schopen odvést tyto srážky vzhledem k velkému objemu stok a krátké době trvání těchto intenzivních srážek.

Umístění lokality EDU vylučuje ohrožení zátopami z přírodních nebo zvláštních povodní. Stavební objekty EDU jsou projektovány jako odolné proti zaplavení při maximálním jednodenním srážkovém úhrnu, při kterém se na ploše na kótě 389,1 m n. m udrží hladina maximální výšky 115 mm, což je celkový úhrn dešťových srážek za 24 hodin při 10 000letém maximu. Toto je hypotetický překlad, že voda nebude ztékat do níže položeného terénu, který je v okolí lokality EDU. Lze tedy konstatovat, že dokonce ani při úplném selhání funkce dešťové kanalizace se nemůže vytvořit na sledovaných plochách souvislá vrstva vody dosahující výšky 115 mm. Přesto na tuto úroveň je projekt EDU s rezervou dimenzován.

Z analýz vyplývá, že vnitřní záplavy nebrání bezpečnému odstavení a dochlazení reaktorových bloků.

II.3.1.2 Opatření k ochraně elektrárny proti projektovým záplavám

Stavební konstrukce a technologická zařízení nutné pro bezpečné odstavení elektrárny

Ze zařízení, důležitých z hlediska bezpečného odstavení a dochlazení reaktorových bloků a řešení případných abnormálních a poruchových stavů reaktorových bloků JE Dukovany, byly hodnoceny z hlediska záplav z extrémních dešťových srážek následující stavební objekty a v nich umístěné SSC:

1. Strojovny HVB I a HVB II (SO 490/1-01, 02) – havarijní (pomocná) napájecí čerpadla čerpadla systému dochlazování primárního okruhu.
2. Dieselgenerátorové stanice HVB I a HVB II (SO 530/1-01, 02) – pomocné okruhy, buzení generátoru.
3. Centrální čerpací stanice (SO 584/1-01, 02) – čerpadla technické vody důležité a čerpadla požární vody.
4. Chladící věže (SO 581/1-01 ÷ 08) - rozliv technické chladící vody.
5. Přístavek superhavarijního napájení (SO 593/1-01, 02) - superhavarijní napájecí čerpadla, čerpadla demivody 1 MPa a čerpadla demivody 0,4 MPa.

Bylo konstatováno, že všechny výše uvedené uvedené objekty nemohou být záplavami ohroženy. Jediným objektem se zařízením, který souvisí s provozem JE Dukovany a může být ovlivněn záplavami od vodních toků, je čerpací stanice surové vody situovaná na pravém břehu vyrovnávací nádrže Mohelno, na kótě 303,80 m n. m. Vodní dílo Dalešice je projektováno na bezpečné převedení Q1000 („tisíciletá voda“), která v profilu Mohelno činí 460 m^3/s. Při tomto průtoku nepřesáhne hladina v nádrži 303,30 m n. m. Zbývá tedy 50cm rezerva do vzniku problémů se zatékáním do tohoto stavebního objektu.

V případě protržení hráze horní akumulační nádrže je nutno předpokládat vyplavení čerpací stanice surové vody a ztrátu funkce zásobování elektrárny surovou vodou.

Čerpací stanice surové vody není zařazena mezi bezpečnostní systémy a ztráta zmíněné funkce je řešena v provozním předpise jako abnormální stav – požadavkem na odstavení všech reaktorových bloků. Doba, na kterou vystačí aktuální zásoby surové vody v elektrárně do dosažení minimální hladiny pro práci čerpadel TVD, tj. zachování funkce UHS (Cliff Edge Effect) je minimálně 400 hodin.

Hlavní projektová a konstrukční opatření k zamezení vlivu záplav na elektrárnu

Základními projektovými opatřeními proti vzniku záplav způsobených dešťovými srážkami je kromě lokalizace areálu elektrárny dostatečně dimenzovaná dešťová kanalizace, výšková dispozice vchodů, vjezdů a vrat vzhledem k okolnímu terénu a spádování přilehlých komunikací a ostatních venkovních ploch přilehlých k objektům důležitým z hlediska JB. Všechny stavební objekty, nacházející se ve vlastním areálu JE Dukovany, jsou bezpečně ochráněny výškovou úrovní areálu.

Hlavní provozní opatření k zamezení vlivu záplav na elektrárnu

Při vnějších záplavách není bezprostředně ohroženo plnění ani jedné ze základních bezpečnostních funkcí:

a) Řízení reaktivity.
b) Odvod tepla z jaderného paliva.
c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů.

Řízení reaktivity AZ reaktoru a bazénu skladování vyhořelého (jaderného) paliva (BSVP) je nezávislé na vnějších záplavách a zabezpečuje dostatečnou podkritičnost pro případné záplavy.

V případě vnější záplavy (vydatného deště) je funkce odvodu tepla zajištěna přes odvod zbytkového tepla z AZ podle předpisů pro abnormální nebo havarijní stavy (standardní dochlazování, nouzově pomocí feed&bleed na sekundární resp. primární straně).

Odvod zbytkového tepla z vyhořelého jaderného paliva uloženého v bazénech pro jeho skladování (BSVP) je závislý jednak na funkci zařízení umístěného v místnostech budovy reaktorů a jednak na funkci systému technické vody důležité (TVD) včetně chladících věží – tzv. „koncový jímač tepla“ (UHS). V případě vnější záplavy tyto systémy nejsou postiženy.

Poslední bariéra proti úniku aktivity do okolí, tj. integrita kontejnmentu včetně vakuo-barbotážního systému nemůže být ohrožena v důsledku záplavy. Izolace jeho potrubních tras i průchodů je zajištěna redundantními oddělovacími komponentami, které rovněž nemůžou současně selhat v důsledku záplavy.

Na rozdíl od záplav z vnějších příčin, vnitřní záplavy mají vesměs pouze lokální charakter nebo se dají velice jednoduše zvládnout (vypnutím čerpadel) a u redundantních bezpečnostních systémů jsou považovány za jednu z možných příčin ztráty dotčené bezpečnostní funkce v příslušné divizi, u nedůležitých systémů vyplavení jednoho prostoru znamená ztrátu příslušné technologické funkce na postiženém reaktorovém bloku. Z toho důvodu jsou vnitřní záplavy řešené jako abnormální stavy v provozním předpisu.

V případě dlouhodobé ztráty systému chlazení BSVP jako důsledku vnitřní záplavy nelze vyloučit uvolňování radioaktivních látek z bazénů skladování.

Situace vně elektrárny včetně zabránění nebo zpoždění přístupu personálu na lokalitu

Výskyt vydatných dešťových srážek v povodí řeky Jihlavy bývá doprovázen jejím rozvodněním přímo v centrální části města Třebíče, což zde může způsobit zejména potíže s dopravou z levobřežní části města (kde bydlí největší část personálu JE Dukovany a pracovníků dodavatelských firem) na pravobřežní část (kudy vedou dopravní trasy do elektrárny). Rovněž je nutno počítat s lokálním omezením průjezdnosti silnic v okolí JE bahnem splaveným z přilehlých polí.

V případě záplav a dlouhodobé nedostupnosti lokality by se střídající personál nemusel dostat operativně na lokalitu. V tomto případě by musel požadované činnosti zabezpečovat personál, který tam bude přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno operativně v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

Pevná telefonní síť, mobilní telefonní síť, vysílačky, prostředky varování atd., nejsou zabezpečeny proti globálním záplavám. Možná by byla komunikace přes vysílačky HZSP k hasičům v Třebíči. Tím by mohla být ohrožena dlouhodobá komunikace mezi zasahujícími osobami a řídícími centry, stejně tak jako s vnějšími centry orgánů státní správy (KKC SÚJB, Krizový štáb kraje, IZS, apod.).

II.3.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky

Postupy provozovatele zajišťující, že stavební konstrukce a technologická zařízení nutné k bezpečnému odstavení jsou udržovány v provozuschopném stavu

Pro zabezpečení ochrany proti záplavám z vnějšího původu je pro udržení požadovaného stavu zařízení s projektem prováděna řada pravidelných činností. Periodická kontrola, údržba dešťové kanalizace a harmonogram čištění šachet zajišťuje její projektové vlastnosti. Kontrola technického stavu kanalizačních tras je prováděna 1x ročně a potřebné opravy zajišťovány podle zjištěného stavu. Jedná se o kontrolu česlí (mříže) a záchytných košů, podle stavu se provádí jejich případná oprava nebo jejich výměna.

Postupy provozovatele zajišťující, že mobilní zařízení a zásobování jsou nepřetržitě připraveny k použití

Na lokalitě EDU je k dispozici HZSp, který disponuje technikou a je vycvičen k hašení jakéhokoliv požáru ale i k čerpání vody v kterémkoliv místě lokality. Hasební technika i personál je umístěn v objektu Požární stanice, který sice není speciálně chráněn proti zaplavení, ale nepředpokládá se, že by v případě záplavy v lokalitě EDU bylo znemožněno použití mobilní techniky pro hašení požárů.

Nezávislými prostředky pro dopravu a čerpání medií je rovněž mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena i pro odčerpávání vody při záplavách.

Přístup k některým objektům by mohl být omezen v důsledku záplavy. Při správné funkci kanalizace nehrozí, že by přístup byl blokován, nicméně budova 1 CČS je níže než úroveň 0,0 m a případné zvýšené množství vody by se mohlo nahromadit okolo bazénů pod chladicími věžemi. Tyto stavy nebyly analyzovány a nejsou zatím pracovány předpisy a instrukce jak postupovat.

Pravděpodobně by nebylo možné použít kryty havarijní připravenosti, ani pracoviště Havarijního štábu a Technického podpůrného střediska, které nejsou chráněny proti zaplavení. Případná nedostupnost krytů by byla řešena operativně. Činnost TPS a HŠ v tomto případě nemusí být zabezpečována z krytů HP.

Potenciální odchylky od projektových východisek a opatření k jejich řešení

Při pochůzkách a kontrolách, iniciovaných nehodou v elektrárně Fukushima, byly identifikovány některé drobné odchylky od předpokládaného stavu zařízení. Jednalo se o částečné ucpání dešťové kanalizace kanálů, které jsou postupně odstraňovány v pracovním pořádku.

II.3.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

II.3.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti záplavám

Lokalita EDU nikdy nebyla a není ani v budoucnosti ohrožena zatopením z přírodních povodní. Vnitřní záplavy pro svůj lokální charakter a snadné zvládnutí neohrožují jadernou bezpečnost (abnormální stav v provozním předpisu).

Přestože umístění lokality EDU vylučuje ohrožení zátopami z přírodních nebo zvláštních povodní, jsou stavební objekty EDU projektovány jako odolné proti zaplavení při extrémní dešťové srážce, kdy by byl kanalizační systém zcela vyřazen z činnosti. Dokonce ani hypotetický případ, kdy by veškeré srážky vůbec neodtékaly do níže položených míst v okolí EDU a vytvořily souvislou hladinu překračující maximální projektovou hodnotu 115 mm nemá charakter hraničních podmínek, neboť pata většiny objektů s důležitým bezpečnostním zařízením je umístěna ještě výše nad okolní terén (např. přístavek superhavarijního napájení o 140 mm výše než okolní terén, objekty diesel generátorové stanice o 170 mm než okolní terén atd.) což představuje další minimální rezervu cca 20% oproti celkového úhrnu dešťových srážek za 24 hodin při 10 000letém maximu.

Důsledky záplav mohou pouze ztížit zvládání následků záplav v důsledku zhoršení přístupu na EDU, ohrožení osob, zhoršení použitelnosti krytů HP umístěných pod úrovní komunikací v důsledku rozsáhlých záplav a poškození infrastruktury v okolí EDU.

II.3.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti záplavám

Cílem navržených opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při záplavách. Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 11: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při záplavách na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Analýzy	Analýza ohrožení krytů při záplavách	II	

II.4 Extrémní povětrnostní podmínky

II.4.1 Projektová východiska

II.4.1.1 Projektová východiska pro extrémní povětrnostní podmínky

Původní projektová východiska vychází z ruské normy PIN AE-5.6, podle které se musí uvažovat meteorologické jevy s dobou návratu 10000 let. Pokud nejsou k dispozici dostatečné meteorologické podklady z lokality a nejsou stanoveny parametry pro dobu návratu 10 000 let, zvyšuje se zatížení pro extrémní vítr koeficientem 2,5 a pro extrémní sníh koeficientem 2,0. Před výstavbou EDU však nebyly stanoveny konkrétní hodnoty projektových parametrů a za základ byly vzaty ČSN pro běžné objekty.
V roce 2000 byly projektové parametry přírodních jevů pro lokalitu EDU přehodnoceny tak, aby zatížení při přírodních jevech vycházelo ze statistického zpracování ročních extrémů hodnot relevantních meteorologických veličin, naměřených v období alespoň 30 let v lokalitě EDU a na meteorologických stanicích v okolním regionu, které mají z hlediska klimatických podmínek stejný charakter jako lokalita EDU. V případě projektového zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jevu jednou za 100 let. Pro extrémní výpočtové zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jednou za 10 000 let.

Metody statistických zpracování vychází z dokumentu Mezinárodní agentury pro atomovou energii "Safety Standards Series“ Safety Guide NS-G-3.4: Meteorological events in site evaluation for Nuclear power Plants, IAEA 2003). Účinkům extrémního výpočtového zatížení musí odolat objekty seizmické kategorie "S" takovým způsobem, aby nebyla ohrožena funkce systémů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti. Pro ostatní bezpečnostně významné objekty jsou definována projektová klimatická zatížení.Určení parametrů pro 100leté a 10000leté zatížení se provádí podle návodu IAEA NS-G-3.4 s použitím Gumbelova rozdělení. Z hodnot meteorologických parametrů se potom určuje projektové a extrémní zatížení objektů.

V letech 2009 - 2010 byla provedena výpočtová kontrola mezních hodnot odolností bezpečnostně významných objektů na podmínky extrémního větru, tato kontrola bude provedena též pro podmínky extrémního sněhu. Při výpočtech mezních hodnot zatížení objektů byly kontrolovány vnitřní síly jednotlivých hlavních nosných prvků konstrukce pro nejnevýhodnější zatěžovací kombinaci. Mezní odolností konstrukce se rozumí taková úroveň zatížení, při které jeden nebo více prvků konstrukčního systému hodnoceného stavebního objektu nebo jeho části ztrácí schopnost plnit svoji statickou funkci a v důsledku jeho porušení může dojít k ohrožení funkce bezpečnostně významného zařízení nebo systémů JE. V případech, kdy byly vypočítané hodnoty nižší než projektové nebo extrémní zatížení, byl posuzován vliv na zařízení umístěné v těchto objektech a na bezpečnostní funkce, které toto zařízení plní.

Pro ocenění odolnosti stavebních objektů a zařízení proti účinkům ostatních přírodních jevů se v licenční dokumentaci uvažují následující extrémní klimatické vlivy:

- Vítr
- Sníh/led
- Vysoká/nízká teplota

Parametry pro 100leté a 10 000leté zatížení (projektové a extrémní zatížení) od účinků přírodních jevů jsou uvedeny v následující tabulce - Tabulka 12:

Tabulka 12: Parametry pro 100leté a 10 000leté zatížení od účinků přírodních jevů na EDU

UDÁLOST (KLIMATICKÝ JEV) / PARAMETR	**DOBA NÁVRATU 100 LET**		**DOBA NÁVRATU 10 000 LET**	
	Hodnota	**Zatížení**	**Hodnota**	**Zatížení**
Nárazový vítr / rychlost	46,2 m/s	0,69 kN/m^2	60,6 m/s	1,26 kN/m^2
Sníh / přepočtený vodní sloupec	109,0 mm	1,09 kN/m^2	195,0 mm	1,95 kN/m^2
Maximální teplota/ abs.max / rok 6hodinový průměr	39,0 °C 38,5 °C		46,2 °C 46,2 °C	
Minimální teplota / abs. min / rok Denní průměr 5denní průměr	-30,8 °C -24,0 °C -21,4 °C		-46,7 °C -37,8 °C -35,3 °C	

Hodnota větru udávaná v tabulce je hodnota nárazové (špičkové) rychlosti větru. Z této rychlosti se počítá střední rychlost větru pro integrační interval 10 s, pro kterou se provádí výpočty stavebních konstrukcí. Střední hodnota pro dobu 100 let je 27,4 m/s a pro dobu návratu 10 000 let odpovídá hodnotě 49,1 m/s.

Hodnocení odolnosti proti extrémním hodnotám meteorologických vlivů bylo provedeno pro bezpečnostně významné objekty seismické kategorie S.

Tabulka 13: Seizmické kategorie bezpečnostně významných objektů na EDU

Značení	**Název**	**Seizmická kategorie**
800/1-01,02	HVB budova reaktorů	Sb
805/1-01,02	Podélná etažérka	Sb
806/1-01až04	Příčná etažérka	Sb
490/1-01,02	Strojovna	Sb
530/1-01,02	Dieselgenerátorová stanice (DGS)	Sb
460/1-01,02	Ventilační komín	Sc
593/1-01,02	Přístavek SHN	Sb
1-4A2.3	Prístavek elektro - 4. systém	Sb
581/1-01,02,05,06	Chladící věže (CHV)	Sb
584/1-01,02	Centrální čerpací stanice (CČS)	Sb
	Nádrže demivody 1000 m^3	Sb

Extrémní vítr

Původní hodnocení stavebních objektů na zatížení větrem bylo provedeno deterministickým přístupem roce 2000 a pravděpodobnostním přístupem v roce 2008. Na základě nevyhovujících výsledků vzniklo podezření, že projektové charakteristiky jsou stanoveny příliš konzervativně a údaje o rychlosti větru z meteorologické stanice Kuchařovice jsou nadhodnocené.

Pro aktualizaci meteorologických údajů byly získány údaje z pěti stanic v okolí EDU za období 50 let. Provedená revize v roce 2010 ukázala, že původní údaje nejsou nadhodnocené, naopak po provedené revizi je nárazový vítr poněkud vyšší a podstatně vyšší je stanovené zatížení objektů větrem.

V porovnání s maximálním tlakem větru pro danou lokalitu dle ČSN 73 0035, který je stanoven pro běžné stavební konstrukce hodnotou 0,45 kN/m2 je tento v případě projektové úrovně zatížení 2krát a v případě extrémní 3,8krát vyšší.

Extrémní sníh a led

Vstupní hodnoty pro extrémní hodnoty sněhu byly určeny na základě podkladů z blízké meteostanice Hrotovice.
V porovnání se základní tíhou sněhu pro danou lokalitu dle ČSN 73 0035, která je stanovena pro běžné stavby v lokalitách západně od Dukovan hodnotou 0,7 kN/m^2 je tato v případě projektové úrovně zatížení 1,56krát a v případě extrémní 2,78krát vyšší.
Podstatně vyšší údaje zatížení sněhem oproti normativnímu zatížení jsou dány tím, že sněhová mapa v ČSN 73 0035 udává stoletou hodnotu vydělenou koeficientem 1,7 a zatížení sněhem s dobou návratu 10 000 let není pro běžné objekty vůbec uvažováno.

Maximální a minimální teplota

Vstupní sady naměřených dat pro extrémní zatížení účinky venkovních teplot byly vybrány z měření venkovních teplot vzduchu na meteostanicích v Kuchařovicích, Moravských Budějovicích a Dukovanech. Pro hodnocení byly uvažovány roční maxima a minima v kalendářních letech.

Potenciální kombinace povětrnostních podmínek

Při řešení kombinací zatěžovacích stavů byly nejprve provedeny výpočty na jednotlivé zatěžovací stavy. Výsledky řešení těchto jednotlivých zatěžovacích stavů byly kombinovány do zatěžovacích kombinací. Bylo stanoveno 13 základních zatěžovacích stavů – tyto stavy uvažovaly vždy zatížení provozní, tj. zatížení stálé, nahodilé dlouhodobé a dílčí krátkodobá zatížení + zatížení od jedné klimatické události. Bylo uvažováno zatížení od klimatických jevů s dobou návratu 100 let a rovněž s dobou návratu 10 000 let.
Při návrhu kombinací zatížení se vycházelo ze zásady, že se kombinuje vždy zatížení provozní s jedním zatížením extrémním (tj. s dobou návratu 10 000 let). Kombinace se zatížením od klimatických účinků s opakovatelností za 100 let se neprovádělo, protože toto je překryto uvažováním extrémního zatížení. Při těchto výpočtech byly uvažovány součinitele spolehlivosti zatížení 1.0. S ohledem na to, že se jedná o kombinaci s mimořádnými zatíženími, uvažuje se v těchto kombinacích součinitel spolehlivosti zatížení 1.0 (obdobně jako v kombinacích se seismickým zatížením). Současně se však neuvažuje součinitel kombinace dle ČSN 73 0035 a kombinace zatížení s mimořádnými vlivy se již tímto součinitelem nezmenšuje. Ve výpočtech byly kontrolovány vnitřní síly jednotlivých hlavních nosných prvků konstrukce pro nejnevýhodnější zatěžovací kombinaci.
Problematika současného výskytu dvou extrémních klimatických jevů v lokalitě EDU byla na základě kvantitativního a kvalitativního rozboru dynamiky klimatu ČR řešena v roce 2008. Analýza byla založena na následujícím principu:

Současný výskyt dvou extrémních klimatických jevů je podmíněn existencí závislosti mezi oběma jevy. Touto závislostí je výskyt konkrétní meteorologické situace v lokalitě EDU, která umožňuje výskyt obou nebo všech současně uvažovaných extrémních klimatických jevů. Na základě analýzy byly za rizikově zajímavé označeny pouze následující dvě kombinace extrémních klimatických událostí:

Tabulka 14: Rizikové kombinace extrémních klimatických jevů v lokalitě EDU

Kombinace extrémních jevů		Při výskytu klimatického jevu	Pravděpodobnost výskytu	Riziko
a) b)	vysoká teplota silný vítr	SWa, Sa	2% v letních měsících (3/12 roku)	Obdobné následky jako samostatné události a) nebo b) avšak s nižší frekvencí výskytu
a) b) (sníh)	silný vítr vysoké srážky	Ec, Wc, NWc	25% v zimních měsících (3/12 roku)	Riziko jako a). Silný vítr nedovolí tvorbu vysoké vrstvy sněhu na střešních konstrukcích objektů.

Wc	Západní cyklonální situace
NWc	Severozápadní cyklonální situace
Ec	Východní cyklonální situace
Sa	Jižní anticyklonální situace
Swa	Jihozápadní anticyklonální situace

II.4.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

II.4.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémním povětrnostním podmínkám

Při hodnocení byly zjišťovány mezní podmínky, při kterých může v důsledku extrémních klimatických podmínek dojít k destrukci stavebních objektů nebo k selhání zařízení, které plní bezpečnostní funkce. Bylo kontrolováno, zda je zabezpečeno plnění základních bezpečnostních funkcí:

a) Řízení reaktivity
b) Odvod tepla z jaderného paliva
c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů

Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémnímu větru

Hodnocení odolnosti stavebních objektů pro původní návrhové úrovně bylo provedeno v roce 2000. V letech 2009 - 2010 byla provedena nezávislá kontrola projektové základny, zejména byla provedena revize parametrů zatížení větrem v roce 2010. Pro všechny hodnocené objekty byly provedeny výpočty mezního zatížení při namáhání větrem a pro některé objekty byla zjištěna nižší mezní odolnost než odpovídá nárazovému větru s dobou návratu 10 000 let.
Následkem působení extrémního větru může dojít ke ztrátě vnějšího elektrického napájení a snížení schopnosti odvodu tepla do atmosféry prostřednictvím TVD.

Plnění bezpečnostní funkce řízení reaktivity je zabezpečeno i při extrémních podmínkách a není identifikováno žádné riziko spojené s neplněním této bezpečnostní funkce.

Vzhledem k tomu, že bezpečnostní systém TVD nemá samostatný systém odvodu tepla do atmosféry a je propojen s chladicími věžemi, na kterých je proveden rozliv pro chlazení TVD mohla by vést událost extrémního větru díky stávající odolnosti skořepiny CHV ke snížení schopnosti odvodu tepla prostřednictvím TVD do koncového jímače tepla současně pro všechny 4 bloky EDU.

Při extrémním větru je nutné uvažovat s možným výpadkem sítí 400 kV a 110 kV (odolnost linek je na nárazový vítr okolo 38 m/s), tj. s přechodem na nouzové zdroje napájení. Ztráta možnosti předávat teplo z TVD do koncového jímače by vedla k nárůstu teplot TVD a tedy zhoršenému chlazení DG, s možným rizikem jejich výpadků a tím postupnému přechodu až do stavu SBO (viz kap. II.5.3).

Případné poškození střechy CČS jako důsledek extrémního větru by mohlo mít rovněž dopad na provozuschopnost čerpadel TVD. Vzhledem k umístění obou CČS i vzhledem ke konfiguraci systému TVD však není pravděpodobné, že by lokalita EDU přišla v důsledku extrémního větru o všech 2 x 12 čerpadel TVD v jednom okamžiku. Pád konstrukce střechy strojovny v důsledku extrémního větru by rovněž mohl přinést určitá rizika, vzhledem k tomu, že na strojovně se nacházejí bezpečnostně významná zařízení (systémy dochlazování reaktoru, havarijní napájení PG, potrubí TVD, potrubí ostré páry, atp.). Při nejméně příznivém rozvoji havárie by to opět mohlo vést k obdobným rizikům, jak je uvedeno výše (možná ztráta TVD, ztráta chlazení DG).

Případné dopady pádu konstrukce střechy reaktorovny nebyly dosud podrobně analyzovány. Případné poškození paliva v reaktoru nebo v BSVP po ztrátě integrity střechy reaktorového sálu v důsledku extrémního větru je vysoce nepravděpodobné.

Identifikované riziko spočívá v možné ztrátě schopnosti zajistit odvod tepla do koncového jímače ze všech 4 reaktorů a všech BSVP a v následné ztrátě schopnosti monitorovat stav technologie po vyčerpání kapacity baterií.

Podle provedených analýz by mohlo dojít k poškození AZ za cca 9 hodin po vzniku SBO, pokud by nebyly prováděny žádné činnosti. Pokud je výchozí stav odstavený blok v režimu 6 (ve výpočtu se předpokládal zbytkový výkon pro 10 dní po odstavení), dojde k ke ztrátě PC za 8-10 h a k odhalení AZ za 16-20 hodin po ztrátě proudění v II.O za konzervativního předpokladu, že by nebyly prováděny žádné činnosti.
Pro řešení události extrémní vítr byl zpracován v rámci AOPs postup „Destrukce chladicích věží a linek 400 kV a 110 kV“. Tento postup se podle provedených analýz nepodařilo plně verifikovat. Z provedených analýz vyplývá, že pro úplné využití strategií uvedených v tomto postupu by byly potřebné technické modifikace (stavební úpravy).

Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémnímu sněhu a ledu

Při provedené revizi zatížení objektů extrémní sněhovou zátěží byl identifikován nesprávný původní výpočet zatížení střechy strojovny z roku 2000. Nový přepočet odolnosti strojovny byl proveden v roce 2010 a vypočtená mezní odolnost střechy strojovny je pouze 0,95 kN/m^2, tedy hodnota nižší než odpovídá úrovni stoletého sněhu.
Není dosud dokončen přepočet odolnosti konstrukce CČS a střechy reaktorového sálu na zatížení extrémním sněhem.

Byl rovněž analyzován vliv ledu ve vodohospodářských objektech. Ve vodohospodářských objektech s volnou hladinou vody v areálu EDU nemůže vlivem extrémně nízkých teplot dojít ke vzniku takového množství ledu, které by ohrožovalo jejich provoz a to ani v případě, že bude některý z bloků odstaven.
Pád konstrukce střechy strojovny v důsledku extrémního sněhu by mohl přinést určitá rizika, vzhledem k tomu, že na strojovně se nacházejí bezpečnostně významná zařízení (systémy dochlazování reaktoru, havarijní napájení PG, potrubí TVD, potrubí ostré páry, atp.). Při

nejméně příznivém rozvoji havárie by to mohlo vést k obdobným rizikům, jak je uvedeno v předchozí kapitole (možná ztráta TVD, ztráta chlazení DG) .

V případě extrémního sněhu se nejedná o okamžitý projev extrémního počasí. Proto je možné jednoduchými organizačními nebo technickými opatřeními (průběžné odstraňování napadaného sněhu, stříšky, kryty na důležitém zařízení) eliminovat dopady a zajistit plnění bezpečnostních funkcí. Pro provádění těchto preventivních činností však nejsou k dispozici předpisy a nouzové plány a jsou k dispozici pouze omezené kapacity potřebné techniky a personálu.

Ocenění bezpečnostních rezerv proti maximální teplotě

Pro podmínky extrémních vysokých teplot se uvažuje provoz na teplotě 46,2 °C po dobu 6 hodin denně. Pokud by při těchto podmínkách došlo k rozpadu vnější sítě (400 kV i 110 kV) při zregulování na VS, zůstane v provozu elektrické napájení ČSJ a do jímek TVD je možno dodávat vodu z přehrady, což postačuje k dlouhodobému chlazení na teplotu nižší než 33 °C. Rovněž by bylo možno udržet v provozu stanici zdroje chladu a tím chladit důležité chladiče místností elektro a SKŘ pomocí chlazené vody.
Pouze v případě, pokud by s rozpadem sítě došlo navíc ještě k nezregulování všech bloků na VS, bloky by přešly na nouzové zdroje (DG) a přišly by o možnost doplňování chladné vody z ČSJ. Ani po přepnutí na rozstřik na CHV by nebylo možno teplotu TVD dlouhodobě udržovat na teplotě nižší než 33 °C, což je hodnota technických podmínek stanovených pro dlouhodobý provoz DG (na plném výkonu) a technologického kondenzátoru. Je zřejmé, že při teplotě TVD vyšší než 33 °C nedojde k výpadku DG. Provoz DG by byl nadále možný za předpokladu adekvátního snížení výkonu tak, aby se dodržela teplota mazacího oleje (cca 60 °C) a teplota chladiva vnitřního okruhu (83 °C).

V tomto režimu je nutno udržet v bezpečném stavu systémy DG. Problematická může být i vysoká teplota prostředí v samotné kobce DG – není zde žádná klimatizace. Funkčnost DG závisí nejen na chladící vodě a mazání, ale i na funkci dalších systémů (generátor, buzení, regulace…), které jsou umístěny v kobkách DGS a mohou být časem vystaveny teplotám přes 60 °C.

Případy extrémních teplot nepatří do kategorie s okamžitým projevem extrémního počasí. Pro provádění výše uvedených preventivních činností však nejsou k dispozici předpisy a nouzové plány. Při déle trvajících extrémně vysokých teplotách by preventivně zřejmě došlo k postupnému odstavování bloků.

Ocenění bezpečnostních rezerv proti minimální teplotě

Při působení "dlouhodobé" nízké teploty, která byla pro EDU stanovena na -35,8 °C pro 5denní období s periodou 10 000 let byly při hodnocení uvažovány všechny vlivy a možnosti, které mají pozitivní vliv a které elektrárna skýtá. Z výsledku hodnocení vyplynulo, že systémy vytápění a ochrany proti zamrznutí jsou dostatečně dimenzovány a provozně zajištěny, aby byly schopny pokrýt potřeby tepla za podmínek extrémního chladu.
Byl rovněž analyzován vliv ledu ve vodohospodářských objektech. Ve vodohospodářských objektech s volnou hladinou vody v areálu EDU nemůže vlivem extrémně nízkých teplot dojít ke vzniku takového množství ledu, které by ohrožovalo jejich provoz.

Při události extrémně nízká teplota je plnění bezpečnostních funkcí zajištěno.

Závěr o adekvátnosti ochrany proti extrémním povětrnostním podmínkám

Při výskytu extrémního větru s dobou návratu 10 000 let může být ohrožena bezpečnostní funkce odvodu zbytkového tepla. Hlavní příčinou je to, že v systému TVD nebyly instalovány ventilátorové věže a hlavní chladicí nemají dostatečnou odolnost na extrémní vítr. Dále byla zjištěna nedostatečná odolnost některých bezpečnostně významných objektů při výskytu

extrémního větru, bližší dopady na umístěné zařízení však dosud nebyly analyzovány. Případné poškození paliva v reaktoru nebo v BSVP po ztrátě integrity střechy reaktorového sálu v důsledku extrémního větru je vysoce nepravděpodobné
Nejzávažnějším dopadem extrémní sněhové zátěže může být pád střechy strojovny, což může vést ke ztrátě bezpečnostních systémů umístěných na strojovně. Nejzávažnější dopad může mít vyřazení systému TVD, což může vést k ohrožení funkce dlouhodobého odvodu zbytkového tepla. To platí za předpokladu, že by selhalo preventivní odklizení sněhu ze střechy strojovny. Některé dílčí odchylky reálné odolnosti vybraných budov od požadovaných hodnot odolnosti při extrémním zatížení řeší v současné době dokončovaný projekt seismické dokvalifikace bezpečnostně významných zařízení a stavebních konstrukcí. V současné době probíhají revizní analýzy k opětovnému prokázání dostatečné odolnosti na účinky klimatických extrémů pro všechny stavby, systémy a komponenty, které zajišťují plnění základních bezpečnostních funkcí.

Hodnocení extrémních klimatických jevů bylo omezeno pouze na rozsah bezpečnostně významných budov a zařízení umístěná v těchto budovách. Je proto třeba předpokládat, že zejména v případě událostí extrémní vítr a extrémní sníh může dojít k poškození objektů, které poskytují podpůrné služby. Tyto události by mohly rovněž způsobit izolaci lokality a její nepřístupnost po dobu několika dní.

Budova hasičského záchranného sboru (HZSp) není projektem zařazena jako bezpečnostně významná budova a nebyla hodnocena na následky extrémních přírodních podmínek (extrémní vítr, extrémní sníh, zemětřesení). Není tedy známo, zda v důsledku přírodních podmínek nemůže dojít k poškození budovy HZSp. V současné době jsou prováděny analýzy odolonosti budovy HZSp.

II.4.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti extrémním povětrnostním podmínkám

Cílem navržených opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při extrémních přírodních jevech. Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 15: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při extrémních přírodních jevech na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Diverzní CHV	Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)		PSR, Realizuje se
Předpisy	Zpracovat provozní předpis na extrémní události (vítr, teplota, sníh)	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Personál	Zajištění dostatku personálu po extrémních událostech	I	
Analýzy	Odolnost objektů (HZSp, CČS, HVB atd.) na extremní podmínky		Realizuje se
Analýzy	Zpracování metodiky hodnocení externích vlivů, verifikace provedených analýz, případná technická opatření	II	

II.5 Ztráta elektrického napájení a ztráta koncového jímače tepla

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly II.1.1.1 popisující technologické systémy k zajištění plnění bezpečnostních funkcí a zdroje elektrického napájení JE Dukovany.

II.5.1 Ztráta elektrického napájení

Elektrické systémy EDU jsou provedeny tak, aby splňovaly požadavky strojně-jaderné části a respektoval vlastnosti el.sítí vně JE, a to zejména s ohledem na bezpečnost provozu EDU a výrobu elektrické energie.

Zajištění bezpečnosti při ztrátě elektrického napájení je projektově řešeno vysokou mírou vzájemné nezávislosti pracovních a rezervních zdrojů vlastní spotřeby, dále pak redundancí tzv. systémů zajištěného napájení (SZN), které napájejí bezpečnostně významné systémy a komponenty a disponují vlastními nouzovými zdroji.

Rozvodná síť vlastní spotřeby EDU je napájena z diverzifikovaných pracovních, rezervních a nouzových zdrojů elektrického napájení.

Pracovní napájení vlastní spotřeby je řešeno blokově. Napájení vlastní spotřeby bloku (VS), díky použití generátorových vypínačů, může být zabezpečeno dvěma způsoby:

- napájením z vnější sítě 400 kV (v nevýkonovém režimu a v odstávce)
- napájením z vlastního TG (při provozu bloku na výkonu).

Místem připojení JE Dukovany k vnější sítí 400 kV je rozvodna Slavětice, do které je vyveden výkon všech čtyř bloků JE a která zajišťuje pracovní napájení vlastní spotřeby (PNVS). Vlastní spotřeba každého bloku je standardně zajišťována z dvojice odbočkových transformátorů připojených v odbočce z trasy vyvedení výkonu každého TG. Na 1. bloku je navíc instalován odbočkový transformátor o stejných parametrech pro napájení společné vlastní spotřeby celé elektrárny. Tyto zdroje se využívají při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách, pokud zůstane zachována vazba na síť 400 kV nebo napájení z turbogenerátoru.

Pracovní zdroje napájení nejsou k dispozici při odstavených stavech bloku, pokud probíhá pravidelná preventivní údržba na systému napájení 400 kV.

Ostrovní provoz EDU:

Bloky EDU jsou schopny pracovat v izolované části elektrizační soustavy, v tzv. ostrovním provozu. Ostrovní provoz je aktivován odchylkou síťové frekvence ± 200 mHz vyměřenou frekvenčním relé FREA16. Součástí řídícího systému TG je specifický ostrovní regulátor (proporcionální regulátor frekvence), jehož primární funkcí je udržování frekvence v ostrovní síti. Avšak jaderný zdroj má po přechodu do „ostrova“ svá specifika související se zajištěním jaderné bezpečnosti. Z hlediska JB není žádoucí, aby během provozu v ostrovním režimu docházelo k náhlým změnám výkonu reaktoru. Dostatek „rychle dosažitelného“ výkonu je zajištěn přechodem přepouštěcí stanice do kondenzátoru do regulace rezervy. Rezerva je vytvořena automaticky od automatiky „Ostrovní provoz“ a je automaticky nastavena až na 20 % otevření každé větve přepouštěcí stanice do kondenzátoru. Pro scénáře spojené s velkým odlehčením TG je součástí projektu automatika vyhodnocení vysokého zrychlení TG a od ní odvozený puls na urychlovač hydraulické regulace TG (tzv. regulace přeběhu).

Pro ostrovní provoz je zpracován specifický postup v rámci provozního předpisu pro abnormální stavy (P002b). Rozsah frekvence ostrovní sítě, při kterém jsou bloky EDU

schopny dlouhodobě pracovat je omezen nastavením 2. stupňů frekvenčního relé FREA16 – při podkročení frekvence 47,9 Hz nebo překročení frekvence 52,5 Hz (se zpožděním 25s) dochází k automatickému odpojení bloku od ostrovní sítě a přechodu na vlastní spotřebu.

Měření během události 3.8.2006 potvrdilo vysokou kvalitu zregulování otáček TG prostřednictvím ostrovního regulátoru, jakož i dalších funkcí pro podporu provozu v režimu ostrovního provozu. Dále bloky EDU úspěšně pracovaly v reálném mírně přebytkovém ostrově při rozpadu sítě UCTE na tři izolované celky dne 25.7.2006.

Schopnost ostrovního provozu bloků EDU je certifikována jako podpůrná služba pro provozovatele přenosové soustavy ČR. Podrobné informace jsou obsaženy v certifikační zprávě ICE-OP-28,29,31/2007 pro 1., 2., 4. RB, pro 3. RB platí certifikát ICE-OP-38/2009.V současné době je provedeno nové certifikační měření na 1.RB, kde bude vystaven nový protokol.

Rezervním zdrojem elektrického napájení vlastní spotřeby jsou dvě rozvodny 110 kV Slavětice a Oslavany, každá se dvěma vzájemně zastupitelnými přívody 110 kV. K jejich napájení je k dispozici více prostorově i elektricky oddělených transformací 400/110 kV a 220/110 kV a napájecích linek z různých směrů a uzlů elektrizační soustavy. Připojení k vnější sítí 110 kV, odkud je napájeno rezervní napájení vlastní spotřeby (RNVS), je z rozvoden 110 kV Slavětice a Oslavany, z hlediska zdrojů pak transformace 400/110 kV (220/110 kV) v rozvodnách Slavětice, Sokolnice a Čebín. Rezervní napájení pro dvojici reaktorových bloků (HVB) zajišťují dva transformátory RNVS, které jsou připojeny k blokovým rozvodnám 6 kV přes rezervní přípojnice. Pomocí vypínačů na straně 6 kV je možno propojit systém RNVS I. HVB a II. HVB. Tím je umožněno vzájemné zálohování zdrojů RNVS obou HVB. V nevýkonových režimech může být některé pracovní nebo rezervní napájení dlouhodobě neprovozuschopné při provádění pravidelné údržby.

Nouzovými (havarijními) zdroji jsou na každém bloku tři automaticky rychlestartující dieselgenerátory (DG, U_n = 6,3 kV, Pn = 2,8 MW, Sn = 3,5 MVA) a staniční akumulátorové baterie SNZ1, 2 a 3, (napětí 220 V, kapacita 1500 Ah, a napětí 48 V, kapacita 2 x 246 Ah). Toky energie spotřebičů nepřerušeného napájení zajišťují usměrňovače a střídače.

Pro napájení bezpečnostních systémů (BS) jsou na každém z bloků k dispozici 3 systémy zajištěného napájení označované jako SZN 1, 2, 3 (3 x 100 %). Pro zajištění potřebné míry redundance jsou tyto SZN nezávislé a vzájemně oddělené dispozičně (stavebně, požárně), elektricky, i z pohledu řídícího systému.

Pro napájení části systémů souvisejících s jadernou bezpečností (SSB) a napájení systémů nedůležitých z hlediska jaderné bezpečnosti (SNB), které však zajišťují obecnou bezpečnost osob a drahých zařízení, slouží SZN 4, jenž je koncipován jako dva subsystémy (4.1, 4.2), které se vzájemně zálohují podle principu 100 + 100 %. Nouzovým zdrojem každého subsystému je staniční akubaterie o kapacitě 2000 Ah, 220 V a agregát nepřerušeného napájení. SZN 4.1 je připojen k SZN1, SZN 4.2 je připojen k SZN2.

Detailní popis střídavých zdrojů elektrického napájení je v kap. II.1.1.1.6 a popis stejnosměrných zdrojů nepřerušovaného elektrického napájení je v kap. II.1.1.1. 7.

II.5.1.1 Ztráta vnějšího napájení

Ztráta elektrického napájení může postihnout jeden nebo více bloků EDU. Provoz bloku na výkonu je charakteristický vyšší projektovou odolností vůči ztrátě elektrického napájení (dodatečné bariéry ochrany do hloubky), než při odstávce na výměnu paliva. Nejméně příznivým případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na všech blocích současně. Z pohledu možné konfigurace dostupného zařízení je nejkonzervativnějším případem stav, kdy je některý z bloků v odstávce.

Projektová opatření

Ztráta vnějšího napájení (např. při rozpadu sítě doprovázeném současnou ztrátou rozvoden 400 kV i 110 kV) nevyvolá při výkonovém provozu bloku automaticky přechod na nouzové zdroje napájení.
Po odpojení bloku od vnější sítě 400 kV z vnějších příčin (tj. např. porucha v rozvodné síti 400 kV, která není spojena s poruchami jaderného bloku a jeho vedení 400 kV do nejbližší rozvodny 400 kV Slavětice), dojde k projektovému zregulování TG na takový výkon, který dlouhodobě pokryje vlastní spotřebu bloku (VS). Dlouhodobý provoz TG na vlastní spotřebu byl v praxi několikrát vyzkoušen a po rekonstrukci TG v rámci realizace projektu zvýšení výkonu znovu zkouškou prověřen. Odbočkové transformátory elektricky napájejí 4 rozvodny blokové vlastní spotřeby 6 kV, ze kterých jsou napájeny hlavní pohony I. okruhu a II. okruhu a rovněž rozvodny zajištěného napájení 6 kV, které elektricky napájejí pohony bezpečnostních systémů.

Pokud toto neproběhne (blok v odstávce, TG nepracují nebo ani jeden nezreguluje, respektive vypadne), jsou sekce rozvoden 6kV napájení vlastní spotřeby automaticky přepnuty na rezervní zdroje napájení 110 kV (proběhne hromadný automatický záskok rezervy). Dieselgeneátory (DG) se v tomto případě nestartují, akubaterie jsou dobíjeny ve standardním režimu a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení.

Teprve pokud by neproběhly výše uvedené automatiky a nedošlo by k automatickému přepnutí na rezervní napájení, dochází ke ztrátě pracovních i rezervních zdrojů bloku, tedy k tzv. úplné ztrátě napájení VS (ÚZNVS).

Ztráta pracovních i rezervních zdrojů bloku vyvolá pokles napětí na rozvodnách zajištěného napájení 6 kV. Je generován signál ÚZNVS (LOOP), dojde k vypnutí sekčních vypínačů a startují všechny tři DG. Sekční vypínače odpojí rozvodny SZN 6kV od rozvoden nezajištěného napájení 6 kV a tedy od sítě normálního napájení. Po nastarování DG a jejich připojení DG na rozvodny SZN 6kV postupně automaticky najíždějí bezpečnostně významné pohony dle programu postupného zatěžování ELS. V době, kdy jsou rozvodny SZN 6kV bez napětí, je nepřerušené napájení spotřebičů a rozvodů SZN 1 kategorie zabezpečeno akubateriemi. K obnově dobíjení akubaterí dojde po připojení DG k rozvodně SZN 6kV tj. max. do 15 sec, reálně do 10 sec.

Při ztrátě vnějšího elektrického napájení JE není ohroženo plnění ani jedné ze základních bezpečnostních funkcí:

a) Řízení reaktivity.
b) Odvod tepla z jaderného paliva.
c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů.

Bloky EDU mohou být v režimu ztráty vnějšího napájení dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu nebo dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky (je zajištěno napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ) při startu alespoň jednoho ze tří bezpečnostních DG na každém bloku.

Pokud je při ÚZNVS blok ve výkonovém režimu, dochází k odstavení reaktoru působením signálu RTS a k výpadku všech hlavních cirkulačních čerpadel (HCČ). Odvod zbytkového tepla z AZ probíhá v režimu přirozené cirkulace, odvodem páry z PG přes přepouštěcí stanice do atmosféry (PSA). Doplňování vody do PG je zabezpečeno pomocí dvou havarijních napájecích čerpadel (HNČ), čerpajících vodu z napájecí nádrže (NN), jejíž doplňování probíhá čerpadly demivody 1 MPa z nádrží 3 x 1000 m^3. Alternativně je možné doplňování vody do PG od tzv. superhavarijních napájecích čerpadel (SHNČ), která by čerpala vodu z nádrží 3 x 1000 m^3 přímo do vybraných PG v případě selhání doplňování PG od HNČ1, 2.

Pokud je při ÚZNVS blok v odstaveném stavu s vodo-vodním vychlazováním, je doplňování vody do PG zabezpečeno dochlazovacími čerpadly v uzavřeném okruhu. Alternativně je

možné doplňování vody do PG od SHNČ, která by čerpala vodu z nádrží 3 x 1000 m^3 přímo do vybraných PG. Při otevřeném reaktoru s nízkou hladinou chladiva na počátku Režimu 6 je však nutná činnost obou SHNČ k zabránění ztráty přirozené cirkulace.

Chlazení bazénu skladu vyhořelého paliva (BSVP) je realizováno dvěma chladícími okruhy. Každý chladící okruh zahrnuje oběhové čerpadlo a tepelný výměník. Tepelné výměníky jsou chlazeny technickou vodou důležitou. Čerpadla chlazení BSVP i čerpadla TVD jsou rovněž napájena z DG a startují automaticky v programu postupného spouštění ELS.

Všechny výše uvedené zátěže jsou elektricky napájené z DG (3 x 100%) v souladu s koncepcí VVER, kdy z každého SZN jsou napájeny všechny pohony, které jsou v daném režimu potřebné pro plnění bezpečnostních funkcí. Výjimkou je zmíněné chlazení BSVP, jenž je pokryto pouze dvěma systémy (SZN 1 a 3).

Autonomie místních zdrojů energie a opatření přijatá k prodloužení doby napájení z místních zdrojů střídavého napětí

V souladu se základní koncepcí strojně-jaderné části (3 redundantní a nezávislé divize bezpečnostních systémů) jsou rovněž k dispozici 3 redundantní a nezávislé systémy zajištěného napájení (3x100 %). Každý z těchto SZN je podpůrným systémem pro bezpečnostní systémy příslušné divize

- Nouzové zdroje střídavého napájení SZN bezpečnostních systémů jsou tři nezávislé (systémové) DG, které se připojují na příslušné rozvodny zajištěného napájení SZN 6 kV
- Nouzové zdroje stejnosměrného napájení jsou akumulátorové baterie, které jsou trvale připojeny na příslušné rozvodny. Akubaterie jsou při ztrátě pracovních i rezervních zdrojů bloku a po připojení DG dobíjeny ve standardním režimu a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení

Zásoba nafty v provozní nádrži pro každý DG je na dobu nejméně 6 hodin, při přečerpávání nafty ze zásobních nádrží je zajištěn provoz jednoho DG po dobu nejméně 144 hodin. Další palivo pro DG by bylo možno získat přečerpáváním z nádrží jiných DG. Při uvážení dlouhodobého provozu vždy pouze jednoho DG na každém bloku by tak při zprovoznění reexpedičních čerpadel bylo k dispozici palivo na dobu 18 až 21 dní bez vnější dodávky nafty na EDU. Ustálená zátěž na SZN 1, 2, 3 je nižší, než je jmenovitý výkon DG (2,8 MW). Jediným limitujícím faktorem pro dlouhodobý stav ztráty vnějších zdrojů může být zásoba nafty. Jak je ale výše uvedeno, pro každý z bezpečnostních DG je k dispozici zásoba nafty minimálně na 6 až 7 dnů provozu bez nutnosti vnější dodávky paliva.

II.5.1.2 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí

Projektová opatření

Při ztrátě pracovního i rezervního napájení, paralelně se ztrátou nouzového napájení bloku (DG), mohou být pro zajištění střídavého napájení k dispozici následující zdroje napájení:

Využití zařízení uvnitř EDU:
Předpokládá se využití autonomních zdrojů střídavého elektrického napájení na EDU a možnosti jejich jednoduchého propojení přes rezervní přípojnice 6 kV, které je popsáno v EOPs resp. AOPs. Pokud by došlo k SBO pouze na některých blocích EDU a na jiném bloku by byly v provozu alespoň dva DG, lze podat napájení na blok postižený SBO z DG jiného bloku. Existují tedy následující možnosti:

- Obnova napětí z bloku EDU přes rezervní přípojnice 6 kV.
- Obnova napětí z DG přes rezervní přípojnice 6 kV

Využití linek 400 kV nebo 110 kV:

Pokud by po událostech vedoucích k SBO zůstávala možnost vyčlenit pro EDU vybrané napájecí trasy 400 kV nebo 110 kV, bylo by primárně zabezpečováno napájení VS vybraných bloků z blízkých vodních elektráren Dalešice a Vranov dle postupů v AOPs. Předpokladem je ovšem možnost komunikace s příslušnými vnějšími pracovišti (přečerpávací vodní elektrárna Dalešice, vodní elektrárna Vranov, rozvodna Slavětice, dispečinky ČEPS, E.ON). Obnova napájení z přečerpávací VE Dalešice (4x 112,5 MW) resp. z VE Vranov (3x 6,3 MW) byla opakovaně testována (rok 2004 resp. 2010) a její možnost byla při testech prokázána.

Vodní elektrárna Dalešice byla po provedení analýz SBO zvolena jako hlavní vnější zdroj AAC a tato funkce byla prakticky ověřena zkouškami. Elektrárna Dalešice (výkon 4x 112,5 MW) má schopnost startu ze tmy. Zkouškou byla ověřena schopnost podání napájení do 30 minut (po vedení 400kV) nebo do 60 minut (po vedení 110kV).

Pokud by nastal SBO na bloku v horkém stavu, SI EDU vyhlásí stav KRAJNÍ NOUZE, jenž dle Kodexu Přenosové soustavy ČR definuje nutnost dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 1 hodiny. Pokud by nastal SBO na bloku v polohorkém stavu, je vyhlášen stav OHROŽENÍ s nutnosti dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 2 hodin.

Obnovu elektrického napájení pro bezpečnostně významná zařízení (za předpokladu provozuschopnosti příslušných vnějších tras a rozvoden) poskytují následující konkrétní varianty:

- Obnova napětí z rozvodny Slavětice nebo Oslavany přes vedení 110 kV
- Obnova napětí ze systému 400 kV přes vedení 110 kV
- Obnova napětí ze systému 400 kV přes blokové vedení 400 kV
- Obnova napětí z EDA přes vedení 110 kV
- Obnova napětí z EDA přes blokové vedení 400 kV

Přivedení elektrického napájení na EDU z diverzních zdrojů střídaveho napájení

- Obnova napětí z přečerpávací vodní elektrárny Dalešice přes vedení 110 kV
- Obnova napětí z přečerpávací vodní elektrárny Dalešice přes blokové vedení 400 kV
- Obnova napětí z vodní elektrárny Vranov přes blokové vedení 110 kV.

Všechny výše uvedené způsoby obnovy napájení z vnějších zdrojů jsou podmíněny provozuschopností potřebných úseků vedení 400 kV a 110 kV.

Kapacita baterií, doba a možnosti jejich nabíjení

Kapacita akubaterií SNZ1, 2 a 3 je 1500 Ah. Pro každý ze SZN 4.1 a 4.2 je kapacita akubaterií 2000 Ah.

Při ztrátě pracovních, rezervních i nouzových zdrojů bloku nejsou akubaterie dobíjeny a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení. Více viz kap. II.1.1.1.7.

Při ztrátě pracovního a rezervního napájení z vnější sítě a současně i nouzových zdrojů bloku (DG), akubaterie nejsou dobíjeny a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení. Dobíjení bude zahájeno po obnově střídavého napájení ze zdrojů ze zdrojů AAC, které jsou uvedeny v kapitole II.1.1.1.7.4.

II.5.1.3 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí včetně ztráty trvale instalovaných diverzních rezervních zdrojů střídavého napětí

SBO je havarijní stav bloku JE Dukovany, charakterizovaný ztrátou všech pracovních, rezervních i nouzových zdrojů střídavého napájení bloku – pro blok na výkonu např. po rozpadu elektrizační soustavy, nezregulování ani jednoho ze dvou turbogenerátorů na vlastní spotřebu a nepodání napájení od žádného ze tří dieselgenerátorů bloku.

Událost spojená s úplnou ztrátou elektrického napájení typu blackout (SBO) na bloku JE Dukovany (EDU) je vysoce nadprojektovou a nepravděpodobnou havárií. SBO se řeší z pohledu jednoho bloku v situaci, kdy je celá elektrárna postižena LOOP. Nejzávažnějším režimem je vznik SBO všech čtyř bloků EDU současně. Mohlo by k němu dojít pouze v případě, pokud by současně selhaly všechny dále uvedené úrovně ochrany do hloubky elektrického napájení:

- Vnější pracovní zdroje - normální napájení z rozvodny 400 kV Slavětice
- Vnitřní pracovní zdroje - nezregulování žádného z turbogenerátorů na vlastní spotřebu
- Vnější rezervní zdroje - rezervní napájení z rozvodny 110 kV Slavětice
- Vnější rezervní zdroje - rezervní napájení z rozvodny 110 kV Sokolnice
- Vnější rezervní zdroje - rezervní napájení z rozvodny 110 kV Čebín
- Vnitřní rezervní zdroje – napájení z VS sousedního bloku
- Všechny tři redundantní nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN 6kV na všech 4 blocích EDU (tj. celkem 12 DG)
- Diverzní vnější zdroj střídavého napájení vodní elektrárna Dalešice přes vedení 110 kV
- Diverzní vnější zdroj střídavého napájení vodní elektrárna Dalešice přes vedení 400 kV
- Diverzní vnější zdroj střídavého napájení vodní elektrárna Vranov přes vedení 110 kV

Při SBO dojde rovněž (v důsledku ztráty napájení společné VS EDU) k okamžitému výpadku technologie na vnějších objektech EDU, které nemají napájení z akumulátorových baterií, tj. na kompresorových stanicích (nízkotlaké, vysokotlaké), čerpacích stanicích (CČS1,2, ČSJ), stanicích zdroje chladu a dalších podpůrných provozech.

Zdrojem elektrické energie v režimu SBO zůstávají akumulátorové baterie, resp. lokální UPS. Po vyčerpání jejich kapacity dojde ke ztrátě funkcí veškeré měřící a řídící techniky, včetně systémů kontroly reaktivity (ExCore, InCore), dozimetrických systémů, počítačových systémů, systémů fyzické ochrany, nouzového osvětlení, elektrické požární signalizace, systémů vnitřního varování (rozhlas, sirény), telefonních a dalších komunikačních prostředků.

Systémy SKŘ pro měření reaktivity (ExCore, InCore) a systém pohavarijního monitorování PAMS1 jsou napájeny z akubaterií SZN 1, 2, 3.

Kapacita baterií, doba a možnosti jejich nabíjení za této situace

Při SBO dochází k vybíjení akubaterií, protože není dostupný žádný zdroj pro jejich dobíjení. Vybíjecí doba baterií bezpečnostních systémů je dána průběhem proudové zátěže v čase. Kapacita akubaterií SZN1, 2 a 3 je 1500 Ah. Projektem požadovaná výdrž akubaterií při maximální zátěži byla minimálně 2 hodiny. Při respektování aktuálního stavu akubaterií a skutečné zátěže a dále při uvažování redukce připojených spotřebičů, lze reálně očekávat výdrž několikanásobně větší. Analyticky bylo prokázáno, že už jen minimální redukcí jejich zátěže se prodlouží doba využitelnosti do pásma 6 – 8 hodin, návody jsou již zpracovány v EOPs. Pro další razantnějším šetření stejnosměrných zdrojů je možné odepnout všechny

nedůležité spotřebiče, včetně nouzového osvětlení. Další možností, jak prodlužit napájení spotřebičů SZN1,2,3 je použití v daném okamžiku pouze jednoho systému. Tímto razantnějším šetřením lze účinně prodloužit dobu jejich použitelnosti do řádu 10-20 h. Další možností je využití možnosti přečerpávání energií z baterií SZN 4 systému. Pro každý ze SZN 4.1 a 4.2 je kapacita akubaterií 2000 Ah, jejich reálná výdrž bez provádění zásadní redukce zátěže je cca 6 h. Konkrétnější návody a instrukce však zatím nejsou zpracovány. Vice viz kap. II.1.1.1.7.

V současném projektovém řešení k 30.6.2011 nebylo uvažováno dobíjet baterie jiným způsobem, například z mobilních DG. Technicky ale tato možnost existuje.

Možné zásahy k zajištění vyjímečného zásobování střídavým napětím z mobilních nebo vnějších zdrojů

Na lokalitě EDU, s výjimkou přenosných elektrocentrál HZSp nejsou k dispozici alternativní nebo mobilní zdroje střídavého napájení, které by byly využitelné pro řešení dlouhodobého SBO. Nicméně existují vnější zdroje, jejichž dostupnost a použitelnost pro řešení SBO byla ověřena a odzkoušena. Vodní elektrárna Dalešice (výkon 4 x 112,5 MW) má schopnost startu ze tmy. Zkouškou byla ověřena schopnost podání napájení do 30 minut (po vedení 400kV) nebo do 60 minut (po vedení 110kV). Tato schopnost tzv. Blackstartu je periodicky certifikována pro všechny 4 generátory vodní elektrárny Dalešice a ve spolupráci s JE Dukovany představuje základní způsob obnovy dodávky elektrické energie po případném rozpadu elektrizační soustavy v ČR.

Způsobilost směnového personálu realizovat nezbytná elektrická propojení

Pro provádění činností při SBO je určen postup EOPs, který řeší i manipulace pro zajištění odvodu tepla z AZ. Způsob odvodu tepla z BSVP při SBO není sice v postupu EOPs dosud konkretizován, ale je řešen odkazem na pokyny TPS. Rovněž činnosti pro šetření ss zdrojů (akubaterií) jsou popsány, ale je žádoucí je více konkretizovat a zohlednit nerovnoměrné rozložení zátěže jednotlivých systémů, se specifickými podmínkami na 1. bloku (napájení nouzového osvětlení společných prostor JE).

Činnosti při dlouhodobém SBO musejí zahrnovat důsledné šetření stejnosměrných zdrojů. Po vypnutí nouzového osvětlení je nutno toto nahradit ručními svítilnami, které jsou, pro práci například v rozvodnách a dalších uzavřených prostorech, nezbytné už od počátku SBO (nouzové osvětlení je projektováno pouze pro bezpečné opuštění pracoviště).
Kapacita personálu pro počáteční činnosti při SBO je dostatečná, pro dlouhodobý SBO však nasazení personálu musí podléhat zvláštnímu režimu (střídání na exponovaných pracovištích, odpočinek, stravování a hospodaření s dostupnými zdroji).

Prioritní činností bude zabezpečení odvodu tepla z AZ a z BSVP. Chlazení AZ a BSVP by nejprve bylo řízeno pod vedením SI a BI, ve spolupráci s hasiči a dozimetrickou službou. Po svolání TPS by další strategie byly řízeny na základě manuálů TPS.

Pohyb pracovníků při SBO by byl omezován zablokovanými turnikety a limitován radiační situací na EDU, která by po vybití akubaterií byla mapována pouze na základě ručního měření.

Doba funkčnosti krytů a shromaždišť je dána provozuschopností ventilace, kapacitou akubaterií a funkčností technických informačních a komunikačních prostředků. Problematické jsou zejména kryty, kde se shromažduje personál nutný k zásahům (včetně HŠ a TPS). Tyto kryty jsou napájeny pouze z nezajištěného napájení a při SBO jsou tedy technické prostředky TPS a HŠ nefunkční.

Při výpadku napájení systému TSFO z rozvodny společné vlastní spotřeby 6 kV dojde k automatickému bezvýpadkovému přechodu na napájení z centrální UPS systému TSFO.

Po vybití zdroje centrální UPS dojde k výpadku koncových zařízení TSFO (Poplachový systém, Systému kontroly vstupu osob, Uzavřené televizní okruhy, Výdejna identifikačních karet). Dále bude zajištěn provoz FO EDU dle vnitřní dokumentace FO EDU.

Čas, který je k dispozici k zajištění elektrického napájení a k obnově chlazení aktivní zóny před poškozením paliva

Při SBO bez zásahu personálu by probíhal odvod zbytkového tepla z AZ v režimu přirozené cirkulace automatickým odvodem páry z PG přes PSA, které udržují nastavený tlak v HPK. Dodávka vody do PG je však přerušena a dochází k postupnému poklesu hladiny v PG a tím ke zmenšování jejich účinné teplosměnné plochy. Schopnost odvodu tepla na II.O se tím snižuje. Pokud by se nepřistoupilo k žádné činnosti (popsané dále v této kapitole), která je vyžadována předpisy EOPs , došlo by po přerušení odvodu tepla z AZ přirozenou cirkulací přes PG, ke zvyšování teploty a tlaku v I.O. Po dosažení nastavených hodnot tlaku v I.O. by došlo následně k otevírání OVKO (resp. PVKO) a odvodu chladiva z I.O. přes OVKO, (případně PVKO). Tím je sice dočasně zastaven další nárůst teploty I.O, pokles hladiny v Reaktoru je dočasně zastaven pasivním vyléváním hydroakulátorů, ale dochází k nekompenzované ztrátě chladiva I.O do prostoru boxu PG a zároveň ke zvyšování parametrů v kontejnmentu.

Předpisy EOPs však poskytují personálu BD dostatečné pokyny k tomu, aby odvod tepla z I.O probíhal v režimu Feed and Bleed na straně II.O. Časová rezerva k zamezení ztráty odvodu tepla z I.O. je cca 4 hod. Pokud tedy nastane stav SBO, pak personál v souladu s postupem EOPs zahájí pomocí PSA odtlakovávání PG. I.O. PSA jsou napájeny z akubaterií a je možno je ovládat i mechanicky (z místa). Po odtlakování PG až na hodnotu cca 0,7 MPa dojde k samovolnému (gravitačnímu) vylévání napájecí vody z NN (2 x 150 m^3) do PG a tím k přechodné obnově odvodu tepla. Odvod tepla může být v tomto režimu zajištěn po dobu cca dvaceti hodin po vzniku SBO.

Pokud by se nepodařilo odvádět teplo z AZ přirozenou cirkulací přes PG, dojde k nárůstu teploty a tlaku v I.O a následně k otevírání a odvodu chladiva přes OVKO, jež jsou rovněž napájeny z akubaterií, do boxů PG (případně PVKO). Tím dochází k nekompenzované ztrátě chladiva I.O a zároveň ke zvyšování parametrů v boxu PG.

Po vyčerpání kapacit NN je další možností jak pokračovat v odvodu tepla v režimu „feed& bleed“ na straně II.O (popsanou v EOPs) doplňování demivody přímo do PG alternativním způsobem použitím mobilních čerpadel požární vody (tlak na výtlaku čerpadla 0,8-1,2 MPa, průtok 120-150 t/h). V rámci zvýšení odolnosti EDU na následky SBO byla na všech blocích realizována přípojná místa, která umožňují propojení požární techniky s technologií. Alternativní způsob doplňování PG je popsán v EOPs, byl několikrát prakticky vyzkoušen a byla prověřena kapacita této techniky pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí. Při stavu black-out na všech čtyřech blocích EDU současně však jistým omezením může být kapacita potřebné požární techniky (nejsou zatím zpracovány nouzové plány pro napájení PG dvou bloků jedním čerpadlem současně). Při doplňování demivody optimálním průtokem jsou k dispozici stávající zásoby demivody z nádrží 3 x 1000 m^3 pro každý dvojblok, což dle analýz vystačí na 72 h pro všechny 4 bloky. Společně s využitím zásoby chladiva v NN je pro doplňování PG všech čtyř bloků JE k dispozici zásoba chladiva na cca 4 dny.

V případě provozu při odstávce s nízkou hladinou chladiva v reaktoru je kritickým jevem ztráta přirozené cirkulace. Pokud by nebylo zahájeno doplňování PG do cca 4h, nastane ztráta přirozené cirkulace poklesem hladiny v reaktoru pod nátrubky HVS. Pak by bylo chlazení AZ pouhým napájením PG už neúčinné, protože by již nebylo možné obnovit přirozenou cirkulaci přes AZ. Aby při dlouhodobém SBO nedošlo k poškození AZ v časné fázi havárie, je možno použít k obnově hladiny v reaktoru chladivo z hydroakumulátorů. Další

velmi účinnou možností udržování hladiny v otevřeném reaktoru je jeho gravitační plnění ze žlabů barbotážní věže. Zásoba chladiva na doplňování vyvařeného chladiva je cca 12 dní.

Závěry o adekvátnosti ochrany proti ztrátě elektrického napájení

Zdroje elektrického napájení EDU zajišťují dostatečnou projektovou robustnost i míru zajištění bezpečnosti při vnější ztrátě elektrického napájení. Jsou projektově řešeny s vysokou mírou nezávislosti, vzájemného zálohování i redundance (viz pracovní a rezervní zdroje vlastní spotřeby, a dále nouzové zdroje střídavého i stejnosměrného napájení, tzv. systémy zajištěného napájení – SZN, které napájí bezpečnostně významné systémy a komponenty).

Při provozu bloku na výkonu existuje vyšší projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení (dodatečné bariéry ochrany do hloubky), než při odstávce na výměnu paliva. Nejméně příznivým případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na všech blocích současně.

Na lokalitě je k dispozici celkem 12 nouzových zdrojů střídavého napájení (DG). V režimu ztráty vnějšího napájení mohou být bloky EDU dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu nebo dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky (je zajištěno napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ), při startu alespoň jednoho z těchto DG na každém bloku. Pro každý z DG je k dispozici zásoba nafty na 6 až 7 dnů bez nutnosti vnějšího doplňování paliva

Z pohledu projektové odolnosti vůči ÚZNVS existují jak v případě výkonového režimu bloku, tak i v režimu bloku v odstávce minimálně dva nezávislé způsoby automatického zajištění elektrického napájení dvou až třínásobně redundantních systémů, nezbytných pro plnění bezpečnostních funkcí (prostřednictvím alternátorů 220 MW po zregulování TG na vlastní spotřebu nebo pomocí redundantních DG) V případě nízkovýkonových nebo odstavených stavů nelze využít zregulování TG na VS. Dlouhodobý provoz v podmínkách ztráty vnějšího napájení je garantován po dobu delší než 72 hodin.

Při úplné ztrátě střídavého napájení (SBO) zůstávají k dispozici pro napájení bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s bezpečností nouzové zdroje nepřerušovaného stejnosměrného napájení (akubaterie). Bez provozu příslušného DG nejsou akubaterie dobíjeny a doba do jejich vybití je v řádu jednotek až desítek hodin v závislosti na aktuálním zatížení. Tato doba je dostatečná k obnově napájení VS bloků EDU z blízkých vodních elektráren Dalešice nebo Vranov.

Důsledky déletrvajícího SBO mohou být následující:

Pokud není do odhalení paliva v AZ nebo v BSVP zabezpečeno střídavé elektrické napájení nebo zabezpečen odvod tepla diverzifikovanými systémy, resp. nebylo by přistoupeno k alternativním způsobům odvodu tepla z AZ nebo BSP, jak to popisují EOPs, by v krajním případě mohlo dojít dojít k poškození paliva v AZ nebo vyhořelého paliva uloženého v BSVP.

K zabránění výše uvedeného rozvoje SBO z hlediska technologie jsou k dispozici dostatečné alternativní zdroje chladiva pro dlouhodobé chlazení AZ i BSVP bez dodávky elektrické energie. V souladu s postupy EOPs by při SBO probíhal odvod zbytkového tepla z AZ v režimu přirozené cirkulace odvodem páry z PG přes PSA v režimu tzv. sekundárního feed& bleed. Po odtlakování PG na cca 0,7 MPa je nejprve k doplňování PG využito gravitační vylévání napájecí vody z NN (2 x 150 m3) do PG. Odvod tepla je v tomto režimu zajištěn po dobu cca 20 hodin po vzniku SBO. Další časový prostor na obnovu dodávky elektrické energie poskytuje v EOPs popsaná a prakticky procvičovaná strategie doplňováním demivody do PG mobilními čerpadly HZSp. Jsou k dispozici přípojná místa, která umožňují propojení požární techniky s technologií. Stávající zásoby demivody z nádrží 3 x 1000 m3 pro každý dvojblok, společně s využitím zásoby chladiva v NN pro doplňování PG všech čtyř

bloků JE vystačí na cca 4 dny. Alternativně by bylo možno použít i vodu z rozlivných bazenů CHV.
Odvod tepla z BSVP by byl při SBO prováděn v režimu varu chladiva v BSVP. Odpařené chladivo by bylo doplňováno gravitačním drenážováním vody z barbotážních žlabů bez potřeby elektrického napájení (zásoba vody na doplňování vyvařeného chladiva na cca 13 dní).

Pokud by došlo k vybití baterií, došlo by v důsledku ztráty funkčnosti systémů SKŘ ke ztrátě schopnosti ovládání systémů a komponent a sdělování hodnot důležitých parametrů.

Po vybití baterií dojde ke ztrátě osvětlení a výpadku technologie TSFO a tím k prodloužení doby provádění manipulací v důsledku ztížené orientace a pohybu personálu.

Ztráta provozuschopnosti technických prostředků komunikace a varování a vyrozumění personálu. Tím dojde k ohrožení komunikace mezi řídícími centry a zasahujícími osobami, včetně komunikace s vnějšími řídícími centry a orgány státní správy.

Potenciální opatření k zvýšení odolnosti elektrárny proti ztrátě elektrického napájení

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být SBO:

1. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky střídavého napájení stávajícího zařízení pro zajištění chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existujícímu rozvodu el. napájení.
2. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.
3. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky pro zajištění stejnosměrného napájení a chlazení systémů SKŘ nezbytných pro zajištění monitorování stavu a ovládání vybraných komponent.
4. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky pro činnosti a funkční komunikaci (vnitřní i vnější) personálu.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 16 obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 16: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě elektrického napájení na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Elektrické napájení I. kat.	Zajistit dodatečný zdroj napájení systémů ZN I. kat. a vybraných spotřebičů ZN II. kat.	II	
Odvod tepla z AZ přes II.O	Zajistit dodatečný zdroj pro doplňování PG	II	
Odvod tepla z AZ přes I.O	Analyzovat možnost alternativního doplňování reaktoru pomocí čerpadla a nové potrubní trasy	II	
Předpisy	Vypracovat postup na obnovu napájení po SBO všech bloků	I	
Předpisy	Vypracovat postup na plnění PG všech čtyř bloků hasičskou technikou	I	
Předpisy	Plnění otevřeného reaktoru a BSVP samospádem ze žlabů XL		Realizuje se
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Analýza	Analýza vybíjecí doby akubaterií při uplatnění řízeného odlehčování žátěže, doplnění PP, změna zapojení a provozování nouzového osvětlení		Realizuje se
Ukrytí personálu a komunikace	Zajistit alternativní zdroj pro elektrické napájení krytů a telefonních ústředen	II	
Pohyb personálu	Zajistit alternativní zdroj elektrické energie pro napájení TSFO	II	
Personál	Zajištění dostatku personálu při dlouhodobém SBO	I	
Havarijní připravenost	Zabezpečit fungování složek havarijní odezvy v případě nedostupnosti HŘS	I	

II.5.2 Ztráta koncového jímače tepla

II.5.2.1 Projektová opatření k zabránění ztráty koncového jímače tepla

Koncový jímač tepla uvolňovaného z paliva bloků EDU tvoří okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru, je do koncového jímače tepla - atmosféry – odváděno několika způsoby:

a) Přes sekundární okruh pomocí systému kondenzace a cirkulační chladící vody – při normálním i abnormálním provozu v režimu výkonového provozu, najíždění a odstavování TG a v havarijním režimu po odstavení reaktoru, pokud jsou zajištěny pracovní nebo rezervní zdroje napájení. Tento způsob nezajistí převedení reaktoru do studeného stavu.
b) Prostřednictvím systému dochlazování s předáváním tepla do technické vody důležité (TVD) – při normálním i abnormálním provozu a při havarijních podmínkách, umožňuje převést reaktor do studeného stavu (cca 50 °C v AZ i v BSVP).
c) Přímým odvodem páry do atmosféry z PG za současného doplňování PG napájecí vodou – při abnormálním nebo havarijním provozu; neumožňuje převést reaktor do studeného stavu (dochlazení max. na cca 110 °C).
d) Alternativním způsobem dochlazování při nemožnosti udržení přirozené cirkulace chladiva ve smyčkách, metodou feed&bleed na primárním okruhu (PVKO + SAOZ) s odvodem tepla do technické vody důležité – tato strategie je použitelná ve všech případech ztráty odvodu tepla sekundárním okruhem Teplo z AZ je v tomto režimu rozptylováno přímo do kontejnmentu, odkud je přes systémy SAOZ (čerpadla TH,TQ a chladič TQ) odváděno systémem TVD do atmosféry. Z pohledu funkce a ztráty koncového jímače tepla se tento způsob nachází na stejné úrovní s odvodem tepla do systému TVD přes systém dochlazování (obdoba b).

Teplo z bazénů skladu vyhořelého paliva je odváděno systémem TVD.

Odvod tepla z I.O přes sekundární strany PG je zajišťován po odstavení reaktoru při udržování bloku v horkém stavu nebo při vychlazování bloku. Je zabezpečen průtokem napájecí vody do PG (systém normálního nebo havarijního napájení) a odvodem páry z PG do kondenzátoru TG nebo do atmosféry. Odvod tepla z kondenzátorů TG do cirkulační chladící vody není dále hodnocen, neboť nemusí být k dispozici (jedná o systémy nedůležité z hlediska bezpečnosti).

K vychlazení I.O do studeného stavu, k odvodu tepla z vyhořelého paliva BSVP a k odvodu tepla ze spotřebičů bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s jadernou bezpečností slouží systém technické vody důležité, který převádí teplo do atmosféry jako koncového jímače tepla. V provozu jsou současně všechny tři systémy TVD (redundance 3x100 %).

Systém TVD je z pohledu zajištění bezpečnosti a přenosu zbytkového tepla, ať již z paliva v AZ nebo z paliva v BSVP, do koncového jímače tepla klíčový.

Hodnocení ztráty koncového jímače tepla se proto dále zaměřuje hlavně na ztrátu systému TVD. Odvod tepla přes sekundární okruh může být zajištěn kombinací více možností z pohledu řešení, redundantních z pohledu konfigurace systémů. Systémy podílející se na odvodu tepla jsou k dispozici i v případě omezení elektrického napájení na provoz nouzových zdrojů.

Ztráta koncového jímače tepla se hodnotí z pohledu celé lokality. TVD má dvoublokové uspořádání, s provozem čerpadel obou bloků do společné trasy v rámci divize. Ztráta TVD vyvolává menší rizika pro odvod tepla z AZ v režimech, ve kterých je reaktor utěsněn (všechny režimy bloku, kromě odstávky na výměnu paliva), protože lze počítat s fyzikálním

principem přirozené cirkulace chladiva v uzavřeném I.O s ochlazováním v PG, odkud lze zajistit odvod tepla některým z výše uvedených způsobů.

Během výměny paliva (resp. ve stavu, kdy je reaktor roztěsněn) probíhá odvod tepla přes PG ve vodovodním režimu a technologický kondenzátor do TVD. Ztráta nuceného průtoku TVD pak vyvolává pro palivo umístěné v otevřeném reaktoru podobná rizika jako pro palivo v bazénech skladování.

II.5.2.2 Ztráta primárního koncového jímače tepla

Ztráta koncového jímače tepla nemůže ohrozit odstavení reaktoru ať již automaticky nebo ručně tlačítkem. Vytvoření odstavné koncentrace může být zabezpečeno činností čerpadel havarijního doplňování bóru (nepotřebují k provozu TVD).

Koncový jímač tepla využívaný EDU - atmosféru - nelze ztratit. Odvod zbytkového tepla z paliva umístěného v reaktoru nebo v bazénech skladování, nebo ze spotřebičů BSVP a bezpečnostních systémů do koncového jímače tepla, je založen na pasivním fyzikálním principu přestupu tepla z pomocného média do atmosféry. Ztrátu koncového jímače tepla lze proto hodnotit pouze jako ztrátu schopnosti přenosu tepla, tj. ztrátu systémů, zajišťujících průtoky medií pro přenos tepla mezi zdroji tepla a atmosférou.

Samotná ztráta koncového jímání tepla nemůže ohrozit integritu kontejnmentu pro režimy s uzavřeným reaktorem. Při ztrátě koncového jímače tepla při otevřeném reaktoru, již není k dispozici žádná další bariéra pro zachycení ionizujícího záření a radionuklidů existuje riziko možnosti úniku na reaktorový sál a případně i mimo JE.

Nemožnost doplňování chladící vody do EDU a ztráta odvodu tepla z TVD do atmosféry

V projektu EDU je uvažována ztráta doplňování surové vody do objemu CCHV. V tomto případě se předpokládá, že odvod tepla ze systému TVD může být zajištěn do atmosféry přes rozliv CHV s využitím zásob vody v EDU. Dále lze využít zásobu chladiva v čiřičích cca 5 x 2000 m^3 a zásoby surové vody a v gravitačních vodojemech o objemu 4 x 2000 m^3 pro kompenzaci ztrát TVD odparem.

Ztráta funkce CHV (nebude k dispozici rozliv TVD na CHV) při možnosti doplňování surové vody z ČSJ není pro EDU kritická, pokud zůstane zachována schopnost systému TVD dodávat vodu ke spotřebičům. Doplňováním surové vody je možné chladit TVD po neomezeně dlouhou dobu. Systém doplňování surové vody však k bezpečnostním systémům nepatří, takže při ÚZNVS nemusí být k dispozici.

Z analýzy výpadku ČSJ a TVD vyplývá, že ve vodních systémech EDU je při konzervativním přístupu (uvažována pouze polovina CČSI a CČSII, hladina v chladicích věžích na min. hladině) k dispozici zásoba pro cca 26 dnů pro výrobu a doplňování demi vody, a pro cca 39 dnů odvodu zbytkového tepla (provozu čerpadel TVD) z odstavených reaktorů bez doplňování surové vody do systémů TVD na EDU. Funkce přenosu tepla do koncového jímače tepla tedy není bezprostředně ohrožena.

Při nemožnosti použití rozlivu TVD v CHV pro její chlazení v režimech dochlazování bloků dojde k akumulaci tepla v dostupných vodních objemech (systém TVD a bazény CHV), protože odpar z volné hladiny bazénů CHV nestačí k odvodu zbytkového tepla ani z jednoho reaktoru. Při možnosti doplňování vody do sacích jímek TVD je však udržení přijatelné teploty TVD možné po dobu delší než 72 hodin.

V případě ÚZNVS však nebude možné uvažovat s přívodem surové vody z ČSJ. Bez doplňování chladné vody dojde k ohřívání TVD. Při konzervativně uvažované výchozí teplotě TVD 29°C by došlo k náhřevu TVD na teplotu 33 °C (výpočtová hodnota dle technických podmínek pro provoz spotřebičů) po odstavení reaktorů cca za 2 hodiny. S využitím zásoby

vody z čiřičů je možno získat další 3 hodiny provozu jedné divize TVD. Zvýšení teploty TVD by vedlo k přehřívání TG, což však lze úspěšně kompenzovat úměrným snižováním jeho zátěže. Pokud by k tomu nebylo přistoupeno a nebyla přijata žádná další opatření (zvýšení větrání místnosti, přenosná klimatizace) přehřátí DG by mohlo vést k postupnému odstavení DG.

Ztráta systému TVD

Systém TVD je z pohledu zajištění bezpečnosti a přenosu zbytkového tepla, ať již z paliva v AZ nebo z paliva v BSVP, do koncového jímače tepla klíčový.

Vzhledem k redundanci systémů TVD 3x 100 % a další vnitřní redundanci 2X100 % každé divize TVD (4 čerpadla), je ztráta schopnosti přenosu tepla od zdrojů podmíněna neprovozuschopností všech čerpadel TVD (celkem 12 čerpadel). Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovozuschopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná. I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí. Jedinou možnou příčinou ztráty všech čerpadel TVD by mohl být SBO.

V případě, že dochází k nevratnému úniku TVD, který nelze kompenzovat přepnutím na jinou divizi systému, lze pro zpomalení poklesu hladiny v jímce TVD v případech, že nedojde ke ztrátě el. napájení, počítat s maximálním doplňováním surové vody z ČSJ. I za předpokladu, že není porušena trasa od čerpadel TVD ke spotřebičům, tento zásah pouze zpomalí pokles hladiny jímek a v čase 21 hodin dojde k vyčerpání veškeré zásoby vody na sání čerpadel TVD v dané CČS (u jednoho HVB). Rychlost poklesu hladiny v jímkách závisí na velikosti úniku TVD. V případě stejné události na všech blocích současně by byla tato doba kratší.

Dostupnost alternativního jímače tepla

Úplná ztráta TVD neznamená okamžitý problém (viz též SBO) vzhledem k možnosti dlouhodobého odvodu zbytkového tepla do atmosféry přes PG po odstavení bloků.
Mezi hlavní netechnologické prostředky využitelné při ztrátě koncového jímače tepla patří čerpací technika hasičského záchranného sboru podniku. Kromě možnosti nouzového doplňování vody do PG přes systém superhavarijního doplňování (pro přímý odvod tepla do atmosféry) však tato technika není uzpůsobena pro zajišťování alternativních metod odvodu tepla ze spotřebičů TVD.

Kromě techniky HZSp na lokalitě EDU nejsou k dispozici další alternativní nebo mobilní zdroje pro zajištění cirkulace, resp. odvod tepla ze spotřebičů TVD, které by byly využitelné pro zlepšení odezvy na ztrátu koncového jímače tepla (SBO, únik Ra látek do okolí JE apod.).

Možná časová omezení pro dostupnost alternativního jímače tepla a možnosti prodloužit tento čas

Při utěsněném reaktoru je možné dlouhodobě odvádět teplo z reaktoru v režimu odvodu tepla přes PG, včetně možnosti dochladit blok až na teplotu cca 110 °C Vzhledem k množství kombinací k zajištění tohoto režimu, diverzních z pohledu řešení i redundantních z pohledu konfigurací systémů, není pro zajištění bezpečnostní funkce odvod tepla při uzavřeném reaktoru identifikováno přímé ohrožení.

Pozn.: Pro odvod tepla při uzavřeném reaktoru lze alternativně použít odvod tepla tzv. sekundárním feed&bleed (tzn. napájení PG prostředky HZSp a odvod páry přes PSA).

Při otevřeném reaktoru, kdy je odvod tepla z AZ závislý na provozu TVD (chlazení v režimu PC, odvod tepla na výměníku systému dochlazování ve vodovodním režimu na sekundárním okruhu), je důsledkem ztráty TVD nárůst teploty v AZ. V tomto případě lze zahájit zaplňování bazénů výměny paliva (BVP) havarijními systémy doplňování I.O studenou vodou ze

systémů SAOZ (celkem k dispozici až 1240 m^3 roztoku kyseliny borité - dle stavu technologie při výměně paliva) a tím oddálit nárůst teploty. Odvod tepla z AZ lze v tomto režimu udržovat po dobu delší než 72 h. Pokud nedojde k obnově odvodu tepla přes TVD, tak teplota v nádržích SAOZ a v BVP může narůst až na mez sytosti. Dále je bezpečný stav AZ udržován další velmi účinnou strategií a to udržováním hladiny v otevřeném reaktoru gravitačním plněním chladivem ze žlabů barbotážní věže. Zásoba chladiva na doplňování vyvařeného chladiva je cca 12 dní.

Integritu kontejnmentu samotná ztráta koncového jímání tepla nemůže ohrozit pro režimy s uzavřeným reaktorem. Kontejnment se začne nahřívat, ale nemůže dojít k natlakování až na hodnoty, kdy by byla ohrožena jeho integrita (projektový absolutní tlak 250 kPa). Chlazení kontejnmentu může být zabezpečeno činností ventilačních systémů kontejnmentu s chladiči napojenými na systém chlazené vody.

V případě havárie s únikem chladiva z I.O do kontejnmentu je jeho integrita zabezpečena nejprve sprchovými čerpadly, dokud sají z nádrže SAOZ. Po přepnutí sprchových čerpadel na sání z podlahy kontejnmentu se začne snižovat účinnost sprchování z důvodu zvyšující teploty na sání. V případě nefunkčnosti sprchových čerpadel je k dispozici pasivní sprchování kontejnmentu vakuo-barbotážním systémem.

Jiný stav nastává při ztrátě koncového jímače tepla při otevřeném reaktoru (při odstávce pro výměnu paliva), kdy již není k dispozici žádná další bariéra pro zachycení ionizujícího záření a radionuklidů. V takovém případě existuje riziko možnosti úniku Ra látek uvolňovaných pouze z chladiva BVP a BSVP při udržování teploty na mezi sytosti na reaktorový sál a případně i mimo JE.

II.5.2.3 Ztráta primárního a alternativního jímače tepla

Vnější přepokládané zásahy k zabránění poškození paliva

Nezávislými prostředky pro dopravu medií je mobilní technika HZSp. Je možno doplňovat demivodu přímo do PG alternativním způsobem použitím mobilních čerpadel požární vody (tlak na výtlaku čerpadla 0,8-1,2 MPa, průtok 120-150 t/h). V rámci doplnění projektu jsou k dispozici přípojná místa, která umožňují propojení požární techniky s technologií. Alternativní způsob doplňování PG je popsán v EOPs, byl několikrát prakticky vyzkoušen a byla prověřena kapacita této techniky pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí.

Čas k obnovení jednoho jímače tepla nebo k iniciaci vnějších zásahů a k obnovení chlazení zóny před poškozením paliva

Viz kap. II.5.2.2.

II.5.2.4 Závěry k adekvátnosti ochrany proti ztrátě koncového jímače tepla

Koncový jímač tepla tvoří u bloků EDU okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla - atmosféry - odvádět několika způsoby. Přenos tepla mezi zdroji tepla a atmosférou zajišťuje systém TVD.

Na lokalitě EDU je k dispozici zásoba vody postačující pro cca 39 dnů provozu systému TVD pro odvod zbytkového tepla z odstavených reaktorů EDU, bez externího doplňování vody do systému TVD. Na jeden HVB (2 reaktory) je k dispozici celkem 12 čerpadel TVD. Ke ztrátě všech čerpadel TVD by mohla vést současná ztráta elektrického napájení na obou blocích daného HVB.

Ke ztrátě koncového jímače tepla dochází při ztrátě schopnosti systému TVD přenášet teplo z AZ, BSVP a zařízení bezpečnostních systémů do okolní atmosféry. Pro odvod tepla z AZ na bloku v horkém nebo polohorkém stavu lze při ztrátě TVD využít přímý odvod tepla do atmosféry přes PG, které jsou nezávislé na odvodu tepla systémem TVD. Ztráta TVD je pouze spojena s nemožností vychladit blok do studeného stavu, ale dlouhodobě lze udržovat blok v polohorkém stavu.

Při otevřeném reaktoru, kdy je odvod tepla z AZ závislý na provozu TVD je důsledkem ztráty TVD nárůst teploty v AZ. V tomto případě lze zahájit zaplňování bazénů výměny paliva (BVP) havarijními systémy doplňování I.O studenou vodou ze systémů SAOZ (celkem k dispozici až 1240 m^3 roztoku kyseliny borité - dle stavu technologie při výměně paliva) a tím oddálit nárůst teploty. Odvod tepla z AZ lze v tomto režimu udržovat po dobu delší než 72 h. Pokud nedojde k obnově odvodu tepla přes TVD, tak teplota v nádržích SAOZ a v BVP může narůst až na mez sytosti. Dále je bezpečný stav AZ udržován další velmi účinnou strategií a to udržováním hladiny v otevřeném reaktoru gravitačním plněním chladivem ze žlabů barbotážní věže. Zásoba chladiva na doplňování vyvařeného chladiva je cca 12 dní.

Důsledky neřešené dlouhodobé ztráty schopnosti odvodu tepla do koncového jímače by v krajním případě mohly být následující:

- Poškození paliva v AZ a vyhořelého paliva uloženého v BSVP v důsledku neexistence alternativních způsobů odvodu tepla z AZ, BSVP a komponent chlazených TVD (pokud by nebylo možno doplňovat vyvařené chladivo technikou HZSp.
- Ztráta chlazení nouzových zdrojů střídavého napájení (DG) v případě LOOP může způsobit SBO (viz kap II.5.1).
- Únik radioaktivních látek při varu z otevřeného reaktoru při odstávce resp. z BSVP do okolí.
- Ztráta schopnosti ovládání systémů a komponent a sdělování hodnot důležitých parametrů v důsledku ztráty funkčnosti systémů SKŘ při nemožnosti odvádět teplené ztráty od zařízení SKŘ.

II.5.2.5 Možná opatření k zvýšení odolnosti elektrárny v případě ztráty konečného jímače tepla

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta UHS:

1. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.
2. Popsat použití alternativních a diverzifikovaných prostředků (navržených dle bodu 1) – tzv. nouzové plány (EDMG), s cílem zabezpečit chlazení a odvod tepla z AZ a z BSVP.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 17: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky v případě ztráty konečného jímače tepla na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Odvod tepla z AZ přes II.O	Zajistit dodatečný zdroj pro doplňování PG	II	
Odvod tepla z AZ přes I.O	Analyzovat možnost alternativního doplňování reaktoru pomocí čerpadla a nové potrubní trasy	II	
Diverzní CHV	Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)	II	Nález PSR
Předpisy	Vypracovat postup na ztrátu UHS a systémů TVD na všech 4 blocích	I	
Předpisy	Doplnit stávající předpisy o postup na plnění PG všech čtyř bloků hasičskou technikou	I	
Předpisy	Ve stávajících předpisech upřenit způsob plnění otevřeného reaktoru a BSVP samospádem ze žlabů XL		Realizuje se
Analýzy	Odvod tepla z chladiva v BSVP pomocí doplňování chladiva a jeho akumulace v TH nádržích		Realizuje se
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	

II.5.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s úplnou ztrátou vnějšího napájení

Při události SBO nejsou napájena čerpadla TVD. Protože prostředníkem přenosu tepla do atmosféry je právě TVD, pak zároveň se SBO dojde ke ztrátě nuceného odvodu tepla z I.O a BSVP do atmosféry. Událost SBO na dvojbloku EDU automaticky znamená ztrátu koncového jímače tepla daného dvojbloku z důvodu ztráty elektrického napájení čerpadel TVD.

Při ztrátě koncového jímání tepla na dvojbloku EDU a současné ztrátě elektrického napájení z pracovních a rezervních zdrojů dojde vlivem ztráty chlazení DG k situaci SBO na daném dvojbloku. Důvodem je vzájemná závislost mezi DG a TVD - výpadek jednoho způsobí ztrátu obou.

Pro odvod tepla z postižených bloků zůstává k dispozici strategie feed&bleed na straně II.O. Tato strategie je založena na možnosti napájet PG gravitačně z NN a poté chladivem prostředky HZSp a teplo z I.O. odvádět prostřednictvím odpařováním chladiva v PG

a vzniklou páru prostřednictvím PSA odvádět do atmosféry. Schopnost odvádět teplo z BSVP je ztracena úplně kromě možnosti doplňování odpařené vody pomocí prostředků HZSp. Vzhledem k tomu, že žádná další rizika pro kombinaci ztráty koncového jímače tepla a SBO nebyla nalezena, platí závěry identifikované v kapitole SBO.

Ztráta koncového jímače tepla v důsledku SBO

Funkceschopnost systému TVD závisí na integritě/funkčnosti CHV. Ztráta funkce CHV vede ke snížení schopnosti odvodu tepla prostřednictvím TVD do koncového jímače tepla. Růst teploty TVD by mohl vést k postupné ztrátě všech DG. Problém by mohl nastat pouze v případě současně vzniklého stavu ÚZNVS, kdy by postupně mohlo dojít až k SBO. Důvodem je vzájemná závislost mezi DG a TVD - výpadek jednoho způsobí ztrátu obou.

Při vzniku SBO pouze na jednom bloku z dvojbloku nemusí dojít ke ztrátě UHS, neboť zůstanou provozuschopná čerpadla TVD vedlejšího bloku. Současné vychlazování obou bloků, na které je systém TVD dimenzován, se při události SBO nepředpokládá, a tak jsou zbývající dvě čerpadla TVD schopna kapacitně zajistit i odvod tepla z bloku postiženého událostí SBO. Možnosti udržení průtoku TVD na spotřebiče (chladiče SAOZ, chladiče BSVP, technologické kondenzátory) postiženého bloku jsou však obtížně využitelné z důvodu výpadku čerpadel (čerpadla systémů normálního či havarijního dochlazování, nezbytná pro udržení nuceného průtoku média umožňujícího odvod tepla do koncového jímače tepla na straně I.O resp. II.O).

Vybrané spotřebiče pro odvod tepla jak z I.O, tak z BSVP (čerpadla chlazení BSVP resp. dochlazovací čerpadla) lze alternativně napájet z vedlejšího bloku (způsob obnovy napájení popsán v platném postupu EOPs) a existuje tedy reálná možnost, že odvod tepla jak z I.O, tak z BSVP zůstane zachován a budou plněny dlouhodobě bezpečnostní funkce.

Systémy SKŘ v havarijních stavech po odstavení reaktoru nejsou všechny v provozu, takže produkce odpadního tepla z nich bude menší. To snižuje výrazně potřebu chlazení nutných systémů SKŘ. Nejdůležitější systém PAMS má své vlastní chlazení, které je napájeno rovněž z 1. kategorie napájení.

Událost SBO na obou blocích dvojbloku znamená vždy ztrátu všech čerpadel TVD na dvojbloku a tedy ztrátu média odvádějícího zbytkové teplo z chladičů na I.O i II.O postižených bloků do atmosféry. Zůstává však k dispozici strategie odvodu tepla z AZ prostřednictvím doplňování PG gravitačním plněním z NN a prostředky HZSp a odvodem páry z PG přes PSA. Pro BSVP není v tomto režimu dlouhodobě zajištěn odvod tepla. Bez obnovení odvodu tepla by došlo k varu chladiva v BSVP a mohlo dojít k odhalování paliva v časné fázi havárie (další popis viz SAMG). Opět lze využít možnosti udržování hladiny BSVP pomocí gravitačního plnění ze žlabů barbotážní věže. Zásoba chladiva na doplňování vyvařeného chladiva je cca 13 dní. Alternativní možností je použití požární techniky na doplňování vyvřelého chladiva a udržování teploty paliva v BSVP. EOPs tuto možnost alternativního doplňování BSVP uvádí, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány.

SBO v důsledku ztráty koncového jímače tepla

Ztráta koncového jímače tepla sama o sobě neovlivní elektrické napájení vlastní spotřeby bloku v případě, že je zajištěno napájení z pracovních nebo rezervních zdrojů. Pokud však při trvající ztrátě koncového jímače dojde ke ztrátě vnějšího napájení a nezregulují TG na vlastní spotřebu ani na jednom z bloků dvojbloku, dojde k náběhu nouzových zdrojů (DG). Na každém dvojbloku jsou k dispozici tři DG pro lichý a tři DG pro sudý blok, které pro svůj provoz potřebují průtok TVD. Pro provoz DG musí být udržena teplota mazacího oleje (cca 60 °C a teplota chladiva vnitřního okruhu (83 °C).

Ve výjimečných případech, např. v době nouzového napájení JE, rozpadu sítě, ztrátě el. napájení VS elektrárny, apod., kdy by nebylo možné DG nahradit jiným DG nebo jiným zdrojem, by mohl být DG provozován s vyblokovanými ochranami, kdy by zůstala v činnosti

pouze ochrana od ztráty tlaku oleje. Bez oleje by se motor DG zadřel a nebyl by ani po obnovení dodávky TVD schopen znovu zajistit el.napájení.

Po startu DG v 10. s v rámci programu postupného spouštění dojde k obnově elektrického napájení dvojice čerpadel TVD (příslušné bloku a divizi). Pokud by průtok TVD nebyl obnoven, nemohl by být DG dlouhodobě provozován. Po připojení DG na rozvodny ZN II. kategorie a nabrání zátěže by docházelo k postupnému zahřívání chladiva vlastního okruhu DG a mazacího oleje. V případě postupné ztráty koncového jímače tepla (např. náhřev TVD z důvodu nemožnosti ochlazovat oteplenou vodu přes rozliv), je možno udržet teploty úměrným snižováním zátěže DG. V případě náhlé ztráty TVD dojde k přehřátí DG a ztrátě jejich provozuschopnosti.

II.5.3.1 Čas autonomie do ztráty normálního chlazení aktivní zóny reaktoru

Viz kapitoly II.5.2. a II.5.3.

II.5.3.2 Vnější přepokládané zásahy k zabránění degradace paliva

Alternativní možností je použití požární techniky na doplňování chladiva a udržování teploty paliva v BSVP. EOPs tuto možnost alternativního doplňování BSVP uvádí, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány.

II.5.3.3 Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztátě koncového jímače tepla kombinované s SBO

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnění bezpečnostních funkcí při SBO v kombinaci se ztrátou UHS.

Opatření pro zvýšení robustnosti bloků při kombinaci SBO a ztráty UHS jsou stejná jako opatření identifikovaná pro případ SBO a pro případ ztráty UHS.

II.5.4 Bazény vyhořelého paliva

Obecný popis systému chlazení bazenů vyhořelého paliva je v kapitole II.1.1.1.4.

Zbytkové teplo z palivových souborů uložených v BSVP odvádějí systémy TG11, TG12, chlazené 1. a 3. systémem TVD.

II.5.4.1 Ztráta elektrického napájení

Při úplné ztrátě elektrického napájení (SBO) dochází ke ztrátě nuceného odvodu tepla z BSVP prostřednictvím TVD do atmosféry. V případě SBO pouze na jednom bloku je možné přivést napájení na čerpadla systému TG11, TG12, ze sousedního bloku přes servisní přívod. Postup je dostatečně popsán v EOPs.

Z pohledu zajištění dostatečné zásoby podkritičnosti není SBO problémem. Geometrie a materiál skladovací mříže zajišťuje dostatečnou podkritičnost i v případě varu chladiva či při zaplnění BSVP vodou bez obsahu H_3BO_3.

Při ztrátě elektrického napájení se ztrácí provozuschopnost systémů chlazení BSVP TG11, TG12. Nucený odvod tepla z BSVP je při SBO ihned přerušen a dochází k trvalému zvyšování teploty, které je významné zvláště při zaplnění horního roštu. Bez obnovení

odvodu tepla by došlo k nárůstu teploty až na hodnotu varu chladiva v BSVP. Chladivo z BSVP by se postupně začalo vyvařovat a pokud by ani poté nebylo přistoupeno k žádnému z dále uvedeného způsobu doplňování vyvařeného chladiva, mohlo by dojít k odhalování paliva v časné fázi havárie.

Při poruše typu SBO tedy není k dispozici žádný projektový diversní system. Odvod tepla je možné provádět alternativními způsoby:

- při roztěsněném reaktoru je možné zajistit dodávku chladiva odpouštěním chladiva z hydroakumulátorů
- doplňování BSVP z výše položených žlabů VBK, kdy lze využít možnosti udržování hladiny BSVP pomocí gravitačního plnění ze žlabů barbotážní věže. Zásoba chladiva na doplňování vyvařeného chladiva je cca 13 dní. EOPs tuto možnost alternativního doplňování BSVP uvádí, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány
- alternativní možností je použití požární techniky pro doplňování chladiva a udržování teploty paliva v BSVP. Bazén je v tomto smyslu pro techniku HZS snadno dostupný (přes vlečkový koridor). Tento krajní případ způsobu chlazování BSVP je založen na plnění BSVP vodou přivedenou do reaktorového sálu pomocí mobilní čerpací techniky s odparem vyvařeného chladiva zpět do reaktorového sálu

Havarijní provozní předpisy EOPs výše uvedené alternativní způsoby doplňování chladiva do BSVP uvádějí, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány.

BSVP jsou umístěny na reaktorém sálu mimo kontejnment v budově reaktorovny. Veškeré palivo umísťované do BSVP je prokazatelně těsné, v případě výskytu netěsného paliva bude toto umístěno do hermetických pouzder v mříži BSVP tvořících pasivní bariéru úniku RA látek a pasivně zajišťující dostatečné chlazení umístěného palivového souboru. Proto při provádění alternativních činností pro zabránění poškození paliva dostatečným udržováním hladiny v BSVP doplňováním chladiva, nebude případné vyvařování chladiva z BSVP na reaktorový sál znamenat výrazné uvolňování RA látek do prostoru reaktorového sálu.

Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztrátě elektrického napájení

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být SBO:

1. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky střídavého napájení stávajícího zařízení pro zajištění chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existujícímu rozvodu el. napájení.
2. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

Tabulka 18: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s úplnou ztrátou vnějšího napájení (SBO) na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Elektrické napájení I. kat.	Zajistit dodatečný zdroj napájení systémů ZN I. kat. a vybraných spotřebičů ZN II. kat.	II	
Předpisy	Vypracovat postup na obnovu napájení po SBO všech bloků	I	
Předpisy	Plnění otevřeného reaktoru a BSVP samospádem ze žlabů XL		Realizuje se
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při SBO, jehož důsledkem může být ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkce, jsou uvedeny ve výše uvedené tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

II.5.4.2 Ztráta koncového jímače tepla

Při výpadku systému TVD dochází ke ztrátě nuceného odvodu tepla z BSVP prostřednictvím TVD do atmosféry a není možné odvádět teplo z BSVP standartním způsobem.

Z pohledu zajištění dostatečné zásoby podkritičnosti není ztráta UHS problémem.

V případě neschopnosti žádné z kombinací čerpadlo-výměník-TVD odvádět zbytkové teplo z paliva je možné zajistit odvod tepla pomocí odpouštění chladiva z BSVP do TH nádrží systému SAOZ pomocí čerpadla TG10D02 s ohřevem vody v těchto nádržích. Nedochází přitom k nežádoucímu míchání médií, protože TH nádrže NT jsou určeny k plnění BSVP v režimech výměny paliva (roztok z těchto nádrží slouží ke zvýšení hladiny v BSVP v režimu výměny paliva).. Podle tohoto postupu by se postupovalo až do zvýšení teploty ve všech nádržích SAOZ na 60°C. Pomocí čerpadel TM13(14)D01 pak vodu zpětně doplňovat do BSVP. Tímto způsobem je možné prodloužit dobu do dosažení varu v bazénu. Pro případ nedostatečného chlazení BSVP je zpracován postup, který je součástí EOPs.

Jako další způsob odvodu tepla z bazénu je uvažováno doplňování BSVP ze žlabů VBK, které je možné zajistit s použitím čerpadla plnění žlabů VBK XL10D01.

Dalším možným způsobem doplňování BSVP je možnost použítí čerpadel TM13(14)D01TM, který slouží pro čištění chladiva BSVP a pomocí těchto čerpadel dodávat chladivo z TH nádrží NT SAOZ do BSVP. Čerpadla TM jsou napájena ze systémových zdrojů II. kategorie.

Při roztěsněném reaktoru v období výměny paliva existuje také možnost dodávky chladiva libovolným čerpadlem VT nebo NT systému SAOZ přímo do reaktoru propojeného s BSVP a odtud do I.O, nebo je možné zajistit dodávku chladiva odpouštěním z hydroakumulátorů.

Při použití chladiva ze všech nádrží SAOZ a barbotážních žlabů vystačí zásoba chladiva pro doplňování ztrát varem chladiva v BSVP na více než 8 dní a to i v případě uspořádání paliva ve dvou mřížích nad sebou.

Pokud žádný z výše uvedených způsobů nelze využít, je chlazení BSVP nadále možné alternativními prostředky a to stejnými jako v případě SBO:

- doplňování BSVP z výše položených žlabů VBK gravitací
- při roztěsněném reaktoru je možné dodávat chladiv odpouštěním z hydroakumulátorů
- plnění BSVP vodou pomocí prostředků HZSp.

Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztrátě koncového jímače tepla

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta UHS:

1. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.
2. Popsat použití alternativních a diverzifikovaných prostředků (navržených dle bodu 1) – tzv. nouzové plány (EDMG), s cílem zabezpečit chlazení a odvod tepla z AZ a z BSVP.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 19: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti UHS na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Diverzní CHV	Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)	II	Nález PSR
Předpisy	Vypracovat postup na ztrátu UHS a systémů TVD na všech 4 blocích	I	
Předpisy	Ve stávajících předpisech upřenit způsob plnění otevřeného reaktoru a BSVP samospádem ze žlabů XL		Realizuje se
Analýzy	Odvod tepla z chladiva v BSVP pomocí doplňování chladiva a jeho akumulace v TH nádržích		Realizuje se
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	

II.5.4.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s SBO

Tento případ plně odpovídá stavu popsanému v II.5.3, protože současně s SBO dochází ke ztrátě systému TVD (UHS).

Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s SBO

Tento případ plně odpovídá stavu popsanému v II.5.3.3, protože současně s SBO dochází ke ztrátě systému TVD (UHS).

II.6 Zvládání těžkých havárií

II.6.1 Organizace a opatření prvozovatele k zvládání havárií

II.6.1.1 Organizace prvozovatele k zvládání havárií

Fungující systém zvládání těžkých havárií je zabezpečen souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru. V personální oblasti se jedná o vytvoření organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o zpracování a implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií a o vytvoření struktury havarijních podpůrných středisek, z nichž personál zajišťuje řízení a provádění zásahů.

Personální obsazení a řízení směn v normálním provozu

Provoz všech bloků EDU je zabezpečen směnovým personálem. Počet personálu na každé směně a jeho kvalifikace zabezpečuje zvládání všech provozních stavů bloků za normálních, abnormálních i havarijních provozních podmínek. Směny jsou pravidelně střídány podle směnového harmonogramu tak, aby měl provozní personál dostatečný časový prostor na odpočinek a udržování požadované kvalifikace (školení, výcvik, ověřování znalostí, zdravotní a psychická způsobilost…).

Směnový personál provádí všechny činnosti podle provozní dokumentace (postupy, instrukce, programy …), pokrývající normální a abnormální provoz i havarijní podmínky (zahrnují všechny projektové a částečně i nadprojektové události až do poškození paliva). Ve všech těchto provozních stavech směnový personál řídí a provádí činnosti s možnou podporou ostatního technického personálu JE. V případě vzniku havarijních podmínek s poškozením paliva přechází odpovědnost za řízení činností na personál TPS a HŠ a směnový personál pokračuje v provádění činností podle požadavků TPS a HŠ.

Operativní řízení celé JE je zabezpečeno Směnovým inženýrem (SI), jeho zástupcem na směně je bezpečnostní inženýr.

Řízení každého bloku JE v případě vzniku mimořádné události je zajišťována následujícími pracovními funkcemi:

- Vedoucí reaktorového bloku (VRB)
- Operátor primárního okruhu (OPO)
- Operátor sekundárního okruhu (OSO).

Základním pracovištěm tohoto personálu je příslušná bloková dozorna. V případě její neobyvatelnosti, respektive ztráty možnosti ovládání blokové technologie, zabezpečují své činnosti z nouzové dozorny.

Na postiženém bloku EDU je při vyhlášení MU personál BD doplněn bezpečnostním inženýrem (BI), který přebírá zodpovědnost za řízení technologie a stává se kontaktní osobou mezi velitelem TPS a blokovou dozornou postiženého bloku.

Plány na posílení organizace k zvládání havárií

Pro případ vzniku mimořádné události jsou zpracovány pro potřeby řízení a provádění zásahu příslušné zásahové postupy, respektive zásahové instrukce pro zaměstnance, případně další osoby, na vybraných pracovních funkcích zařazených do Organizace havarijní odezvy (OHO).

Směnový inženýr v případě vzniku MU je odpovědný za vyhlášení MU a řízení činností v souladu s MU až do doby, kdy odpovědnost předá aktivovanému Veliteli HŠ. Jeho činnost se při vzniku MU řídí dle ZI pro SI, ve které jsou uvedeny všechny odpovědnosti a pravomoci, mezi nejdůležitější patří: posouzení závažnosti MU - klasifikace, zabezpečení vyrozumění a varování personálu JE a varování v ZHP, vyrozumění vedení JE a příslušných orgánů a organizací o vzniku MU, rozhodnutí o aktivaci POHO, rozhodnutí o ochranných opatřeních pro personál JE. Odpovědnost za technologii dál zůstává v kompetenci SI.

Při vzniku MU zajišťuje SI ihned vyrozumění vedení EDU a ČEZ, dále bezodkladné ohlašuje událost na SÚJB, KÚ, Krajské ředitelství HZS, na obce s rozšířenou působností, na TD ČEZ a na Meteostanici. K předání informace se používá vyplněného formuláře „Prvotního oznámení, respektive Následných hlášení o vzniku mimořádné události“. Pro odeslání formulářů se využívá elektronická pošta, popř. fax. Při nemožnosti navázání přímého spojení s SÚJB se používá záložní cesta.

Pro zvládání mimořádných situací je vytvořena organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost (v rámci 4 směn).

Interní organizace havarijní odezvy

Interní organizace havarijní odezvy je tvořena výhradně směnovým personálem, tj. zaměstnanci, kteří zajišťují normální provoz JE. Personál nepřetržité směny zabezpečuje dle pokynů směnového inženýra veškeré činnosti spojené s potlačením projevů vznikající mimořádné události až do doby aktivace zaměstnanců držících v rámci organizace havarijní odezvy nepřetržitou pohotovost.

Personál nepřetržitého směnového provozu (kromě řídícího personálu směny na BD) v případě vyhlášení mimořádné události v závislosti na stupni závažnosti buď nadále vykonává činnosti podle příslušných zásahových instrukcí a pokynů řídícího personálu směny nebo se shromažďují v případě vyhlášení ochranných opatření v provozním podpůrném středisku v krytu pod provozní budovou, odkud na základě pokynů SI nebo HŠ provádějí požadované zásahy na technologii nebo vytvářejí operativní podporu jednotce HZSp při vyprošťovacích a záchranných pracích.

Pro potřebu zajištění realizace ochranných opatření ukrytí a evakuace jsou ustanovena krytová družstva zabezpečující aktivaci a následný provoz krytů v areálu JE. Základní povinnosti členů krytových družstev v krytu jsou: řízení režimu v krytu, evidence ukrytých, pořádková služba, obsluha VZT, dozimetrické přeměřování osob, obsluha DGS.

Pohotovostní organizace havarijní odezvy

Pohotovostní organizace havarijní odezvy je tvořena personálem havarijních podpůrných středisek držících týdenní nepřetržitou hotovost. Hotovost POHO je organizačně

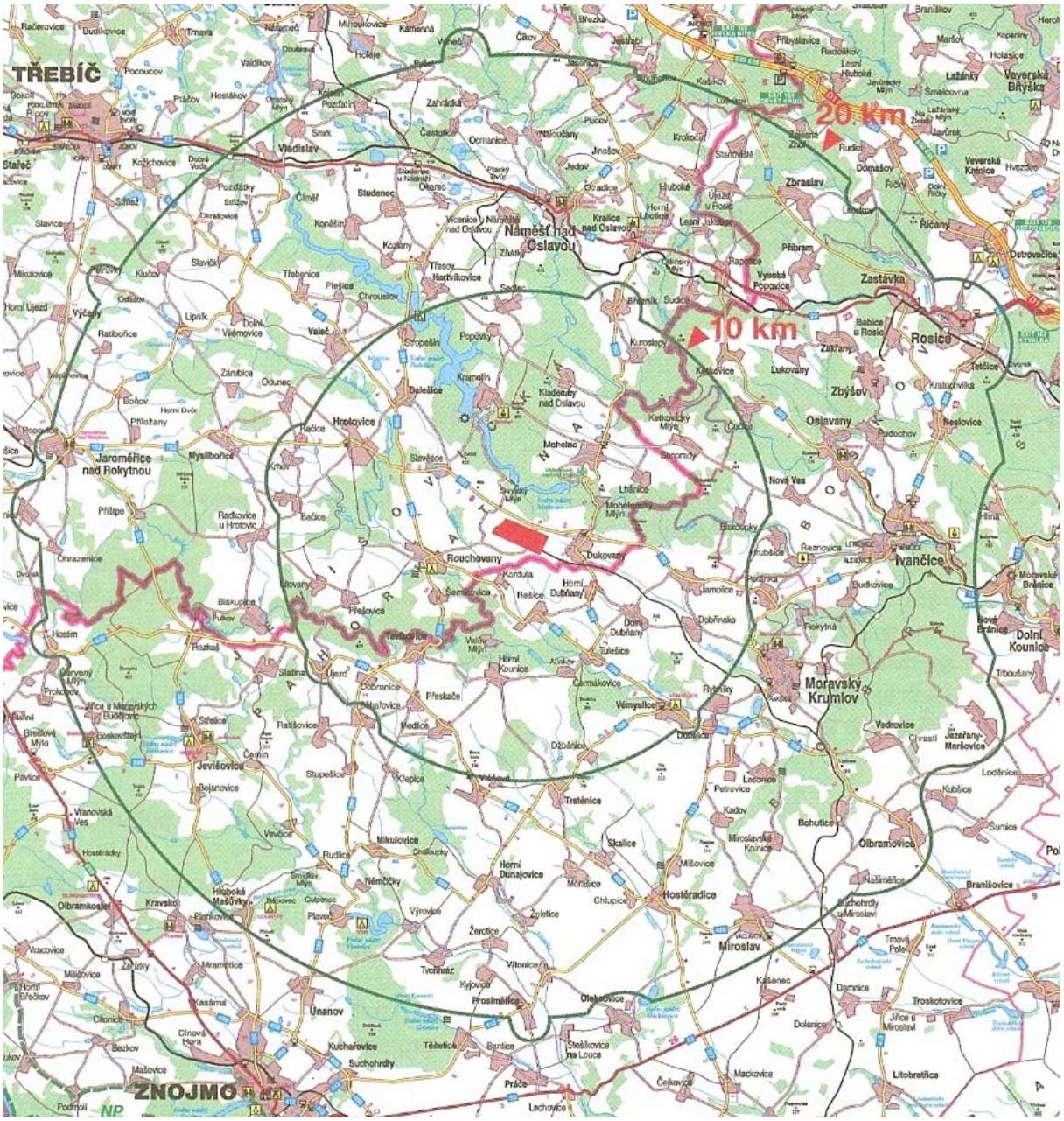
zabezpečena tak, že do 20 minut v pracovní době a do 1 hodiny v mimopracovní době od vyhlášení mimořádné události se příslušní specialisté dostaví na EDU do HŘS. Prostředky pro aktivaci personálu POHO jsou zálohované.

- Havarijní štáb
  Havarijní štáb je hlavním řídícím pracovištěm organizace havarijní odezvy JE. Po své aktivaci zabezpečuje vyhlašování ochranných opatření pro zaměstnance a další osoby nacházející se v areálu JE v době vzniku mimořádné události, řízení činností všech zaměstnanců a dalších osob podílejících se na provádění zásahu při potlačování rozvoje a řešení následků mimořádné události v jaderné elektrárně a zajišťuje komunikaci s vnějšími složkami havarijní připravenosti. Havarijní štáb zabezpečuje dodávky nezbytného materiálu, speciálních prostředků, střídání personálu a jejich materiálního zabezpečení prostřednictvím logistického podpůrného střediska.
- Technické podpůrné středisko
  Technické podpůrné středisko je profesně obsazené tak, aby mohlo poskytovat kvalifikovanou technickou podporu personálu dozorny postiženého bloku při řešení mimořádných událostí. Personál TPS současně zajišťuje okamžité hodnocení bezpečnostního stavu jaderné elektrárny se zřetelem na jadernou bezpečnost a radiační ochranu, řídí činnost operativně ustanovovaných zásahových skupin při řešení následků mimořádných událostí a je schopen zpracovávat podklady a doporučení pro rozhodovací a řídící činnost havarijního štábu. Vedoucí TPS může prostřednictvím SI nebo velitele velitele havarijního štábu vyžádat posílení TPS o další specialisty.
- Vnější havarijní podpůrné středisko
  VHPS zabezpečuje činnosti spojené s radiačním monitorováním a hodnocením radiační situace v zóně havarijního plánování a na základě výsledků radiačního monitorování i prognózy dalšího vývoje radiační situace.
- Havarijní informační středisko
  Personál havarijního informačního střediska zajišťuje v případě vzniku mimořádné události předávání veškerých informací masmédiím a zodpovídání dotazů veřejnosti. Jeho činnost je zaměřena zejména na informování laické veřejnosti a orgánů státní správy a samosprávy bezprostředně nezapojených do systému vnější havarijní připravenosti jaderné elektrárny. Zodpovídá za přípravu tiskových zpráv pro sdělovací prostředky. Havarijní informační středisko je umístěné v areálu hotelu Atom v Třebíči.
- Logistické podpůrné středisko
  Personál logistického podpůrného střediska zajišťuje potřebné materiálně technické prostředky a kvalifikované lidské zdroje dle požadavků a potřeb havarijního štábu, technického podpůrného střediska a vnějšího havarijního podpůrného střediska. Logistické podpůrné středisko představuje vnější podporu OHO. Logistické podpůrné středisko je umístěné v areálu hotelu Atom v Třebíči.

Provádění zásahu při vzniku mimořádné události je na JE zabezpečováno v první fázi rozvoje mimořádné události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu (IOHO – interní organizace havarijní odezvy), pod řízením SI.

V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, je IOHO doplněna zaměstnanci držícími pohotovost v rámci organizace havarijní odezvy (POHO – pohotovostní organizace havarijní odezvy). V tomto případě jsou aktivovány havarijní podpůrná střediska: Havarijní štáb, Technické podpůrné středisko, Vnější havarijní podpůrné středisko, Havarijní informační středisko a Logistické podpůrné středisko. Odpovědnost za řízení zásahů po aktivaci HŠ přebírá od SI Veliel HŠ.

Pro potřeby plánování zajištění ochrany obyvatelstva v okolí jaderné elektrárny pro případ vzniku radiační havárie a pro potřebu vypracování vnějšího havarijního plánu je rozhodnutím SÚJB stanovena zóna havarijního plánování JE pro EDU území o poloměru 20 km. Pro zabezpečení opatření k přípravě a provedení evakuace obyvatelstva byla dále tímto rozhodnutím stanovena vnitřní část ZHP daná plochou kruhu o poloměru 10 km se zahrnutím obcí na jeho hranici – viz Obr. 17.



Obr. 17: Zóna havarijního plánování na EDU

Přijatá opatření umožňující optimální intervenci provozním personálem

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny vyhlašuje směnový inženýr jeden ze 3 stupňů mimořádné události,

MU 1. stupně (Alert),
MU 2. stupně (Site emergency),

MU 3. stupně (General emergency).

Postup posuzování závažnosti vzniklých mimořádných událostí na jaderných elektrárnách je uveden v příslušných zásahových instrukcích. Posuzování závažnosti vzniklých nahlášených událostí provádí SI porovnáním typu nahlášené události s množinou předem nadefinovaných zásahových úrovní. Klasifikaci MU je oprávněn provést také velitel havarijního štábu. Zásahové úrovně ve své podstatě představují soubor předem určených, místně specifických, iniciačních podmínek, při jejichž dosažení je stav jaderné elektrárny zařazen do příslušného klasifikačního stupně a typu. Zásahové úrovně jsou zpracovány pro všechny provozní režimy jaderné elektrárny. Iniciační podmínkou může být překročení některého ze stanovených parametrů, eventuálně výskyt diskrétních interních a externích událostí, jejichž rozvoj může ohrozit jadernou bezpečnost a radiační ochranu jaderné elektrárny.

Typy mimořádných událostí

Včasná identifikace typu vzniklé události a ocenění její závažnosti z hlediska bezpečnosti jaderné elektrárny umožňuje provést volbu přiměřené odezvy. Mimořádné události jsou z hlediska svého vzniku rozděleny do tří základních typů:

- Události z technologických příčin
- Radiační události
- Události z jiných rizik.

Toto členění zásahových úrovní umožňuje směnovému inženýrovi snadnější identifikaci závažnosti vzniklé mimořádné události zejména ve vazbě na zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

Vyhlášení MU je plně v kompetenci SI. V případě vyhlášení MU 1. stupně se aktivuje pouze technická součást POHO (technická podpůrná skupina - TPS), v případě vyhlášení MU 2. a 3. stupně se aktivuje i zbývající část - Havarijní štáb EDU (HŠ).
SI je odpovědný za všechny činnosti spojené s řešením MU do doby, než velitel HŠ převezme odpovědnost za řešení MU. SI nadále zůstává odpovědný za řízení technologie na neporušených blocích. Na postiženém bloku řídí likvidaci BI. SI je odpovědný za plnění příkazů velitele HŠ v oblasti řízení a koordinace činnosti pracovníků směny.
Do doby převzetí odpovědnosti velitem HŠ SI zajišťuje:

- podává předepsané informace
- koordinuje součinnost HZSp, lékařské pohotovosti, ostrahy G4S
- v případě MU. 3. stupně zabezpečuje varování zaměstnanců v areálu EDU i obyvatel v ZHP
- v případě potřeby řídí ukrytí personálu.

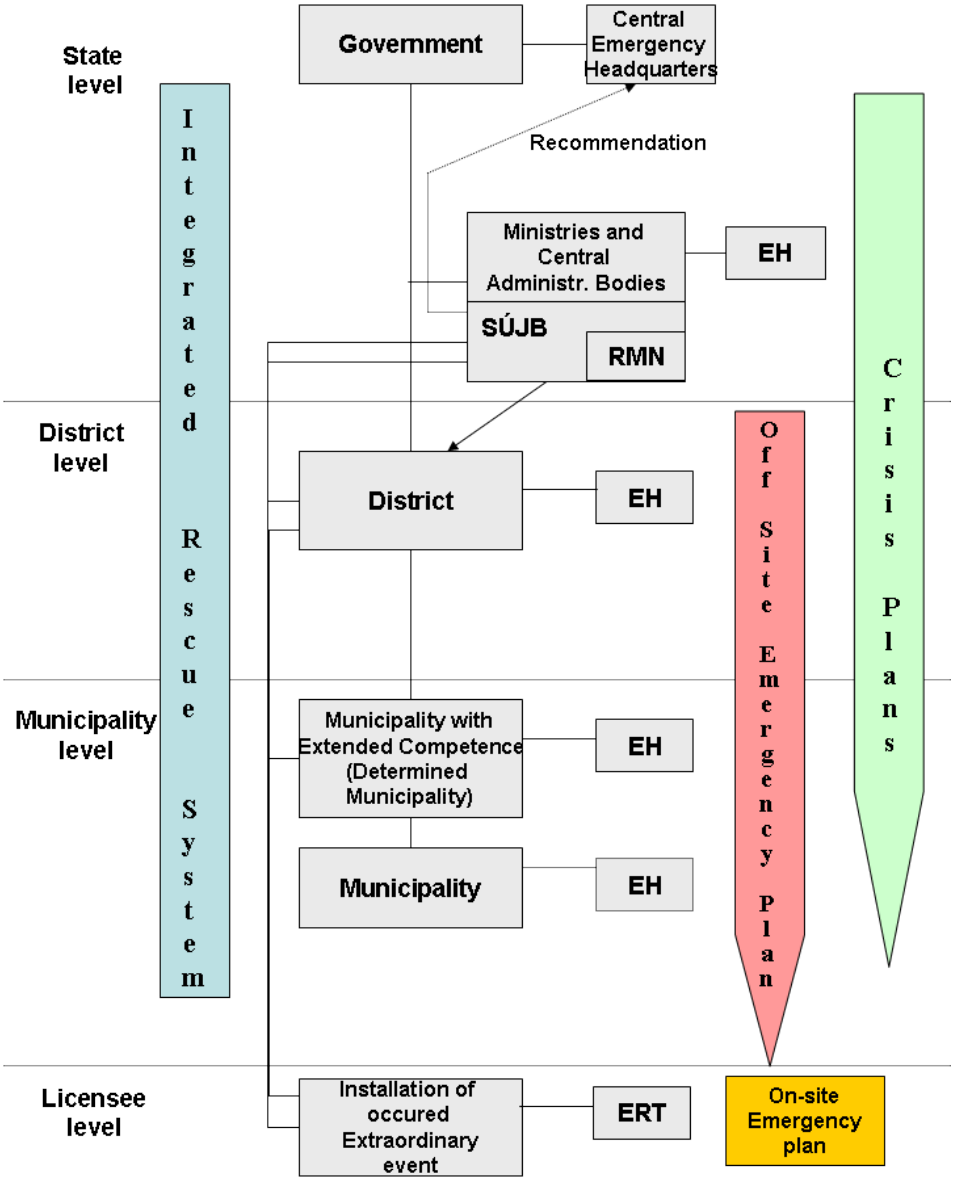
Pracovištěm TPS i HŠ je Havarijní řídící středisko (HŘS), které je umístěno v areálu EDU. Při vyhlášení MU 2. a 3. stupně se rovněž aktivují následující střediska:

- logistické podpůrné středisko v Třebíči (soustředění, stravování a ubytování potřebných specialistů pro řešení havarijní situace),
- havarijní informační středisko v Třebíči (zajištění styku s novináři a informování veřejnosti)
- vnější havarijní podpůrné středisko v Moravském Krumlově (zajištění radiačního monitorování v ZHP). Všechna tato střediska jsou řízena havarijním štábem.

Organizační způsob zvládání mimořádných událostí je stanoven ve Vnitřním havarijním plánu schváleném SUJB.

Použití vnější technické podpory při zvládání havárií

Zabezpečení externí podpory a případné použití dalších kapacit, zdrojů a prostředků řídí v HŠ funkce Logistik, ve spolupráci s logistickým podpůrným střediskem.
Pro výpomoc s dopravou, či těžkou technikou bude využit integrovaný záchranný systém ČR s operačním střediskem u HZS kraje Vysočina popřípadě HZS Jihomoravského kraje, který má pravomoc v rámci IZS vyzvat další složky a organizace k pomoci při zvládání následků mimořádné události. V rámci celé skupiny ČEZ je pro postiženou lokalitu nastavena pomoc prostřednictvím krizového štábu ČEZ pro postiženou lokalitu. V rámci tohoto orgánu by byla zajišťována dostupnost externích specialistů (dodavatelé, experti z výkumných ústavů ÚJV Řež, EGP, VÚJE se znalostmi dané problematiky, zahraniční pomoc z ostatních JE typu VVER v lokalitách elektrárny Bohunice, elektrárny Mochovce, atp.). Nejúčinnější pomoc se předpokládá z elektrárny Temelín.
Na zajištění vnější havarijní připravenosti JE se podílí celá řada orgánů a organizací jak na národní, tak lokální úrovni.



Obr. 18: Zajištění vnější havarijní připravenosti EDU

Při výskytu MU a následném řešení vzniklé MU komunikuje Jaderná elektrárna s následujícími vnějšími orgány a organizacemi na národní i lokální úrovni.

- SÚJB - Krizový štáb
  Krizový štáb SÚJB zabezpečuje prostřednictvím radiační monitorovací sítě České republiky nezávislé hodnocení radiačních projevů vzniklé radiační mimořádné události. Na základě výsledků monitorování jednotlivých složek monitorovací sítě České republiky poskytuje podklady pro rozhodování Krizového štábu kraje o opatřeních k ochraně obyvatelstva.

- Krajský úřad
  Krajský úřad zabezpečuje koordinaci vnější havarijní připravenosti všech obcí s rozšířenou působností jejichž území zasahuje do ZHP. Hejtman příslušného kraje řídí ve spolupráci se starosty dotčených obcí s rozšířenou působností veškeré činnosti spojené se zajištěním vnější havarijní připravenosti v celé zóně havarijního plánování a rozhoduje o vyhlášení a realizaci opatření na ochranu obyvatelstva. Jako poradní orgán mu slouží Krizový štáb kraje. Vyhlášení neodkladných ochranných opatření provádí na základě doporučení Krizového štábu SÚJB zpracovaných z výsledků radiačního monitorování a dalších podkladů poskytovaných jednotlivými složkami radiační monitorovací sítě.

  Provozovatel poskytuje, v případě radiační havárie na jaderné elektrárně, krizovému štábu kraje prostřednictvím havarijního štábu potřebnou součinnost, data a informace nezbytné pro posouzení závažnosti vzniklé situace. Pro zajištění součinnosti odesílá Jaderná elektrárna do Krizového štábu kraje svého zástupce.

- Obce s rozšířenou působností
  Starostové dotčených obcí s rozšířenou působností rozhodnou o svolání krizových štábů obce a řídí vyhlašování a realizaci ochranných opatření na dotčeném území obce s rozšířenou působností. Při řízení těchto činností vychází z Vnějšího havarijního plánu. Ochranná opatření vyhlašují po předcházejícím projednání s krizovým štábem kraje, který zajišťuje vzájemnou koordinaci zpráv a informací předávaných mezi jednotlivými obcemi s rozšířenou působností, SÚJB a Jadernou elektrárnou. Tento postup slouží k zajištění provázanosti vyhlašovaných ochranných opatření na území spadající pod správu jednotlivých obcí s rozšířenou působností.

- Český hydrometeorologický ústav
  Český hydrometeorologický ústav zabezpečuje pro jaderné elektrárny vyhodnocování aktuální meteorologické situace a zpracování prognóz dalšího vývoje. Výstupy základních meteorologických údajů nezbytných pro ocenění potenciálního nebo skutečného šíření radioaktivních úniků v okolí JE předává do příslušných informačních sítí JE.

- IZS – Integrovaný záchranný systém
  Integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) je budován za účelem koordinovaného řízení a řešení mimořádných situací, bez další bližší specifikace, zda jde o průmyslovou nehodu, záplavy, zemětřesení, či jinou živelnou pohromu. Legislativně je problematika řešena v zákonech o integrovaném záchranném systému a o krizovém řízení. V rámci IZS je zpracován Ústřední poplachový plán IZS, který se použije pokud v důsledku mimořádné události nebo krizové situace nebo bezpečnostní akce nastane potřeba a jsou splněny zákonem stanovené podmínky pro ústřední koordinaci záchranných a likvidačních prací, resp. jestliže hejtman kraje, starosta obce s rozšířenou působností, ředitel HZS kraje nebo velitel zásahu požádají prostřednictvím operačního a informačního střediska IZS kraje o pomoc a o síly a prostředky, kterými nedisponují složky IZS na úrovni kraje pro provedení záchranných a likvidačních prací při mimořádné události řešené samostatně v příslušném kraji.

  Síly a prostředky při ústřední koordinaci záchranných a likvidačních prací povolává a nasazuje Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru

České republiky (dále jen „generální ředitelství“) prostřednictvím svého operačního a informačního střediska.

- Hasičský záchranný sbor
  Hasičský záchranný sbor zabezpečuje na základě pokynu z jaderné elektrárny varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování pomocí sirén ovládaných prostřednictvím národního integrovaného systému varování a dále zabezpečuje odvysílání příslušných rozhlasových a televizních relací u ČT a ČRo. HZS kraje pro ČEZ, a. s. rovněž zabezpečuje vyrozumění dotčených obcí s rozšířenou působností prostřednictvím krajských operačních a informačních středisek HZS (v souladu s vyhláškou č. 318/2002 Sb. v platném znění).
- Policie, bezpečnostní služba a armáda
  V rámci IZS je, mimo jiné, vyčleněno pro záchranné práce 6 vrtulníků (AČR a Policie ČR) s možností přepravy osob a nákladu, kdy 4 posádky jsou v pohotovostním režimu s možností aktivace do 10 minut ve dne a 20 minut v noci.
- Záchranná zdravotní služba (Traumatologický plán)
  V prostorách EDU je na základě smlouvy zřízena lékařská služba první pomoci (dále jen LsPP) s nepřetržitou pohotovostí, která je odpovědná za výkon lékařské služby.
  Součási dokumentu jsou i vazby a toky informací při řešení traumatologické události v případě vzniku mimořádné události a vazby na specializovaná zdravotnická zařízení (bylo ustanoveno zřízení čtyř „Středisek specializované zdravotní péče“.

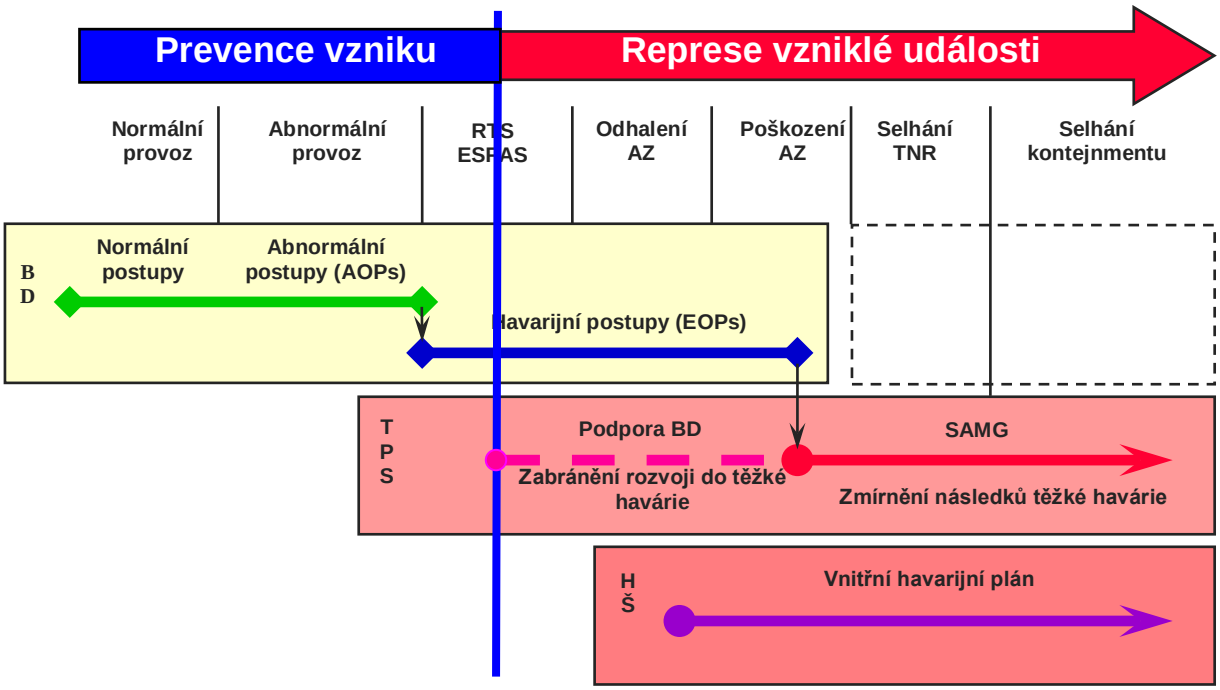
Postupy, výcvik a procvičování

Koncepce zvládání technologických havárií na EDU je založena na symptomatickém přístupu. V současné době jsou pro EDU zpracovány následující strategie pro řešení nadprojektových a těžkých havárií:

- Symptomaticky orientované havarijní postupy pro výkonové stavy (EOPs).
- Symptomaticky orientované havarijní postupy pro odstavené stavy, včetně případů ohrožení odvodu tepla z vyhořelého paliva uloženého v BSVP (SDEOPs).
- Návody pro rozhodování TPS.
- Návody pro zvládání těžkých havárií pro výkonové stavy (SAMG).

Všechny výše uvedené předpisy a návody byly vyvinuty a jsou aktualizovány ve spolupráci s firmou Westinghouse.

Postup rozvoje havarijní situace je kromě typu používání provozní dokumentace při činnostech na odezvu na danou situaci rovněž úzce svázán s činnostmi organizace havarijní odezvy podle Vnitřního havarijního plánu (vyhlášení stupně mimořádné události).



Obr. 19: Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU na EDU

Činnosti operativního personálu v každé úrovni jsou řízeny provozními postupy přizpůsobenými každému provoznímu stavu. Postupy tvoří síť, která určuje činnosti operativního personálu v každém provozním stavu bloku.

Pro havarijní podmínky v preventivní fázi jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v havarijních provozních postupech (EOPs). Pro zvládání těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v návodech pro řízení těžkých havárií (SAMG). Základní podmínkou pro provádění činností podle havarijních postupů je takový stav AZ, který umožňuje její chlazení, tj. AZ je v uchladitelné geometrické konfiguraci. Pokud dojde k jejímu nevratnému poškození, havarijní předpisy již nemusí poskytovat optimální návod na řešení havarijní situace a je nutné zahájit činnosti podle SAMG. V tomto okamžiku se mění i hlavní priority. V EOPs je vždy hlavní prioritou obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva), zatímco v SAMG je hlavní prioritou zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou.

Cílem zásahů popsaných v rámci EOPs, které bude operativní personál BD používat pro řešení projektových i nadprojektových havarijních událostí, je zabezpečit dostatečné chlazení AZ a zabránit tak nevratnému poškození AZ a dále minimalizovat důsledky eventuálního úniku radioaktivních látek mimo elektrárnu. Součástí filosofie těchto postupů je trvalé oceňování stavu fyzických bariér proti úniku aktivity vyhodnocováním kritických bezpečnostních funkcí. Toto ocenění zajišťuje včasnou identifikaci zhoršování bezpečnostního stavu bloku, a zaručuje možnost provedení včasné nápravy při zjištění negativního trendu vývoje události.

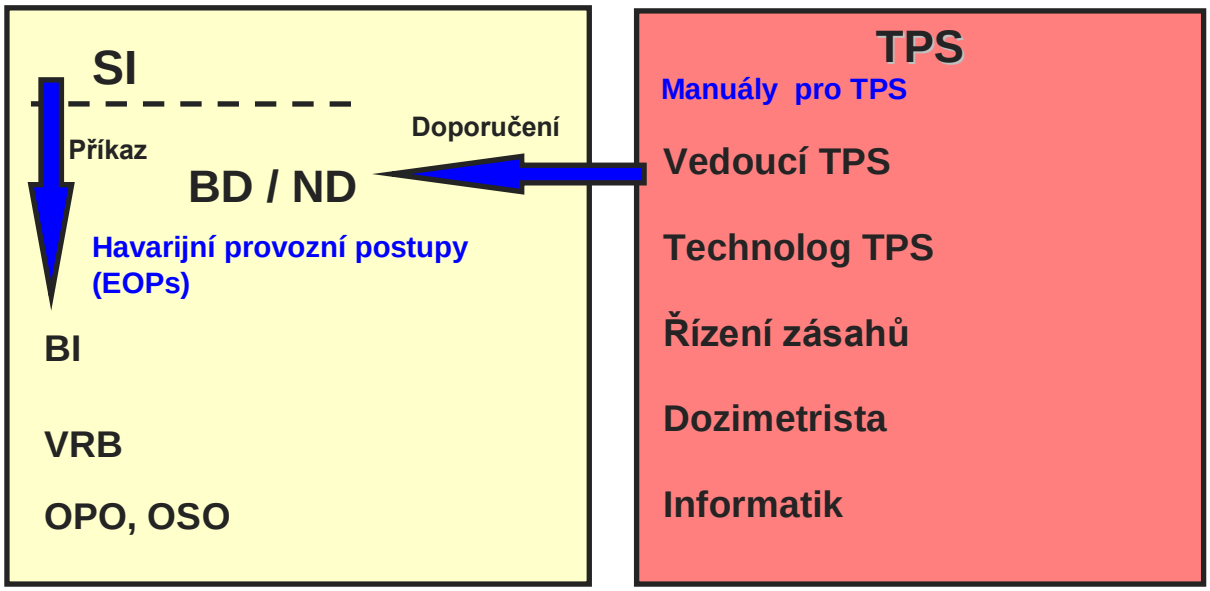
Soubor symptomaticky orientovaných havarijních provozních postupů poskytuje operativnímu personálu systematický prostředek (nezávislý na průběhu havarijního režimu) pro řešení havarijních situací, pomocí souboru předem definovaných a strukturovaných havarijních postupů. Kombinace událostně a funkčně orientovaných strategií dává operativnímu personálu návod k dovedení bloku do bezpečného a koncového stavu, při zajištění permanentní diagnostiky stavu bloku a eventuálního obnovování bezpečného stavu nezávisle na průběhu dané havarijní události.

Havarijní postupy rovněž obsahují systematický prostředek pro hodnocení bezpečného stavu bloku prostřednictvím hodnocení stavů kritických bezpečnostních funkcí. Kritické bezpečnostními funkcemi úzce souvisí s fyzickými bariérami, které brání úniku radioaktivity do okolního prostředí.

Pro preventivní fázi zvládání havarijní situace, když provozní personál postupuje podle EOPs má personál TPS k dispozici návody („Manuály pro TPS“), které poskytují podklady pro rozhodování při podpoře provozního personálu při provádění činností podle havarijních postupů. V havarijních postupech je mnoho kroků, kde jsou explicitně vyžadovány pokyny pro další činnosti od personálu TPS. Rovněž zkušenosti z výcviku, simulací na plnorozsahovém simulátoru atd. ukazují, že podpora od personálu TPS je vyžadována v řadě dalších situacích bez explicitního požadavku v příslušném kroku. Ve všech těchto případech je rozhodnutí závislé na aktuálním vývoji havarijní situace a na konkrétním stavu systémů a zařízení bloku.

Tyto návody byly vytvořeny pro personál TPS a pro další technický personál JE, který je kromě personálu TPS oprávněn poskytovat podporu pro rozhodnutí:

- Návody pro TPS jsou používány personálem TPS, když byla vyhlášena MU1, bylo svoláno TPS a personál TPS je schopen poskytovat podporu
- Návody v tomto PP jsou používány BI, SI nebo VRB, pokud je podpora pro rozhodnutí požadována ještě před tím, než se TPS stane funkčním
- Personál TPS poskytuje podporu vyhodnocováním aktuálního stavu podle návodů a předáváním doporučení při používání havarijních postupů (viz. Obr. 20)



Obr. 20: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání Manuálů pro TPS na EDU

V případě rozvoje událostí do oblasti těžké havárie je volen další postup s ohledem na zajištění alespoň zbývajících bariér proti úniku radioaktivity. Ztráta integrity a geometrie paliva v AZ znamená vážné ohrožení schopnosti odvodu tepla z AZ. Za těchto podmínek již nelze dále postupovat podle EOPs. Pro tuto fázi havárie jsou zpracovány SAMG, pomocí kterých se činnosti pro dosažení kontrolovaného stabilního stavu.

Přechod do SAMG je uskutečněn v případě, že je zjištěno nevratné poškození AZ. V takovém případě jsou ukončeny činnosti podle EOPs a uskutečněn přechod do SAMG. Jediným vstupním místem do SAMG je návod SACRG-1, ČINNOST BD BEZ TPS.

Z EOPs existují tři možné přechody do SAMG:

FR-C.1 Ztráta chlazení AZ

FR-S.1 Neodstavení reaktoru (ATWS)

ECA-0.0 Ztráta elektrického napájení – Blackout.

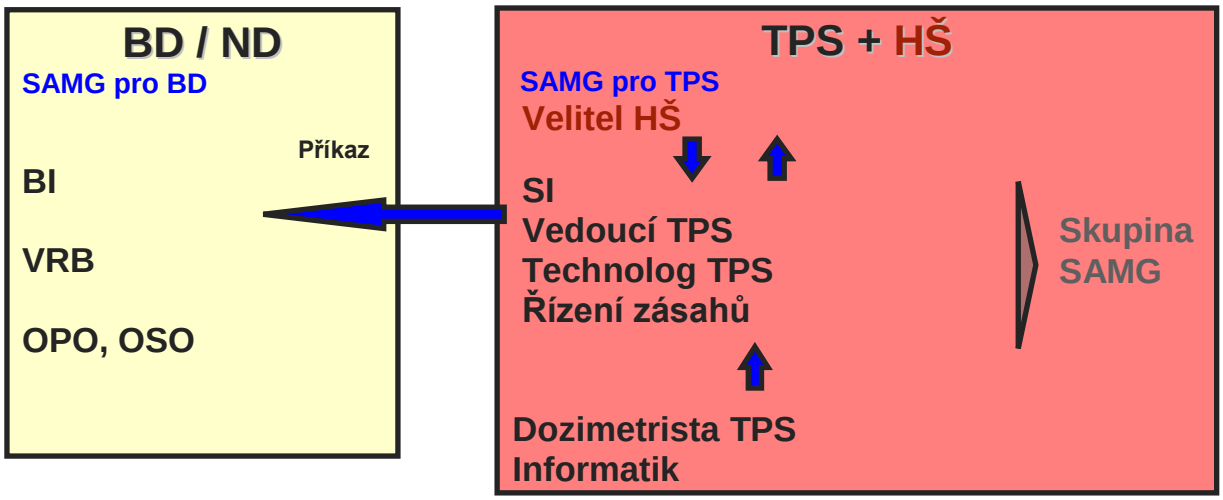
Tyto tři možné přechody z havarijních postupů do SAMG jsou dostatečné a pokrývají všechny možné scénáře těžkých havárií.

Pro zmírnění následků těžkých havárií musí být splněny následující cíle:

- Primární cíle SAMG
  - Obnovit odvod tepla z AZ nebo z taveniny = navrátit zdroj vývinu tepla do kontrolovaného a stabilního stavu
  - Udržet integritu kontejnmentu jako poslední bariéry proti úniku Ra látek do okolí = zajistit kontrolovaný stavu kontejnmentu
  - Ukončit únik Ra látek do okolí
- Sekundární cíle SAMG
  - Minimalizovat únik Ra látek do okolí při plnění primárních cílů
  - Zajistit co největší provozuschopnost zařízení při plnění primárních cílů.

Pro zvládání těžkých havárií je důsledně uplatňován symptomaticky orientovaný přístup. Základním principem tohoto přístupu je, že odpovídající strategie řešení je vybírána na základě aktuálního vývoje havárie, který je identifikován na základě jednoznačných symptomů (příznaků). Pokud dojde v průběhu řešení havárie ke změně symptomů a používanou strategii již nelze dále aplikovat, potom struktura postupů a návodů umožňuje původní strategii změnit a v řešení pokračovat činnostmi určovanými jiným postupem nebo návodem, který lépe odpovídá nově vzniklým podmínkám. Nepřetržité diagnostikování stavu bloku v průběhu havárie tak umožňuje správně reagovat na možné měnící se podmínky vývoje havárie a zásahy jsou tedy vždy optimální reakcí na daný stav bloku, který zohledňuje i vnější události a hrozící rizika.

V případě ukončení činností podle havarijních postupů a přechodu do SAMG jsou rovněž ukončeny činnosti podle Návodů pro TPS (viz obr.20) a pro další řízení činností jsou použity SAMG (viz obr.21).



Obr. 21: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG na EDU

Návody pro zvládání těžkých havárií pro odstavené stavy (SAMG pro odstavené stavy), které jsou určené pro události, kdy se nadprojektová havarijní situace v důsledku poškození paliva v AZ rozvine do těžké havárie při odstaveném bloku (otevřeném reaktoru) nebo pro nadprojektové havarijní situace v důsledku poškození paliva v BSVP, nejsou doposud pro EDU dokončeny.

Pro údržbu EOPs, SDEOPs a SAMG je pravidelně prováděna jejich aktualizace zahrnující jednak poznatky z procvičování jejich použití na simulátoru resp. při havarijních cvičeních. Externí poznatky (v rámci „users group“ a dlouhodobé spolupráce s firmou Westinghouse) se promítají do této dokumentace formou tzv. „Maintenance program“.

Na dotčená pracovní místa směnového a podpůrného personálu obsazovaná pro výkon činností při zvládání havárií jsou stanoveny personální a kvalifikační požadavky a tyto požadavky jsou také kontrolované prostřednictvím souboru kvalifikačních předpokladů. Pro každé pracovní místo jsou předepsány požadavky na vzdělání, specifické znalosti (základní příprava, periodická příprava, výcvik na simulátoru, školení vybraného personálu z oblasti problematiky nadprojektových a těžkých havárií) a profesní rozvojová školení. Pro výběr personálu POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost.

Připravenost směnového personálu a členů TPS ke zvládání technologických havárií (včetně přechodu z EOPs do SAMG) se pravidelně ověřuje při společném výcviku. TPS nacvičuje součinnost na pracovišti TPS v krytu HŘS společně s personálem BD a BI na plnorozsahovém simulátoru (2x ročně). Součinnost s HŠ je nacvičována v rámci havarijních cvičení.

Havarijní cvičení probíhají minimálně 4x za rok tak, aby každá směna POHO cvičení absolvovala alespoň 1x za rok. Do cvičení je zahrnuta i příprava na varianty operativních zásahů ve ztížených podmínkách. Pro činnosti zásahových skupin ve ztížených podmínkách a pro jejich ochranu jsou připraveny odpovídající postupy. Skutečný výcvik (drill) v používání SAMG při zvládání těžkých havárií na EDU byl proveden po nasazení SAMG do užívání (pod vedením firmy Westinghouse).

Vzhledem k tomu, že plnorozsahový simulátor není předurčen k simulování průběhu těžkých havárií, je ve spolupráci s UJV Řež vyvíjen simulační nástroj umožňující zobrazení průběhu parametrů a jejich chování v čase a prostoru. Jedná se o jedno z opatření, vyplývajících z Periodik Safety Review. Tento simulační nástroj bude využíván při tvorbě, aktualizaci a

údržbě SAMG a zároveň bude využit ke školení a výcviku personálu jaderné elektrárny Dukovany (zejména TPS) pro použití postupů SAMG ke zvládání těžkých havárií. Nástroj spočívá v animovaném zobrazení průběhu těžké havárie v reaktoru, primárním okruhu a v kontejnmentu. Zobrazení bude interaktivní: dle výběru bude volitelná rychlost zobrazení, opakovaní vybraných úseků havárie a soubor doplňujících animovaných grafů charakteristik havárie.

Závislost na funkcích dalšího reaktoru na lokalitě

Na lokalitě EDU jsou 4 reaktorové bloky uspořádané do dvou dvojbloků. Kontejnmenty jednotlivých bloků dvojbloku jsou při provozu přísně odděleny a nehrozí průnik atmosféry z jednoho bloku do druhého. Při režimech 6 a 7 výměny paliva na jednom bloku je kontejnment otevřen do reaktorového sálu, který sdílí se sousedním blokem, avšak od kontejnmentu sousedního bloku je hermeticky oddělen. V reaktorovém sále jsou též bazény skladování paliva obou bloků. V případě havárie při výměně paliva je tak nutno řešit i problematiku šíření Ra látek do společného reaktorového sálu a otevřeného kontejnmentu postiženého bloku.

Reaktory jsou technologicky zcela nezávislé, nicméně řada systémů a pomocných a podpůrných zařízení je vzájemně využitelných. Např. elektrické napájení, cirkulační chladicí voda, požární voda apod. systémy jsou propojitelné mezi všemi bloky.

Podobnou vlastnost má například technická voda důležitá (TVD). Na každém bloku jsou 3 nezávislé systémy, které chladí důležité spotřebiče. Čerpadla pro napájení jednotlivých bloků jsou umístěna v oddělených kobkách v jedné budově, mají elektrický přívod z příslušných bloků a systémů, dají se však mezi bloky využívat i ze sousedních bloků, tj. bloky 1 a 2 jsou obsluhovány společnými čerpadly, obdobně bloky 3 a 4.

Dvojblokové uspořádání pomocných systémů umožňuje v nouzovém stavu výměnu nebo doplnění médií v nádržích havarijních systémů (SAOZ) ze sousedního bloku. Je také možné případné využití, pokud je postižen pouze jeden blok z dvojbloku, zásoby vody v pasivním havarijním systému XL sousedního bloku, což může představovat minimálně 1000 m^3 roztoku H_3BO_3.

Vzhledem k celkovému množství 4 bloků na lokalitě, uspořádaných v sousedství a systémem dvojbloků a vzhledem k nezávislosti elektrického napájení jednotlivých bloků z vnějších i vnitřních zdrojů (včetně nouzových) lze zdroje elektrického napájení jednoho bloku z výhodou využít při vzniku SBO na dalším bloku

Skladovací bazény se nacházejí v reaktorovém sále u každého reaktoru. Reaktorový sál dvojbloku je propojen. Vzhledem ke společným podpůrným systémům (systém čištění vody TM) je možné propojení bloků pro případ nouzového doplňování. Umístění skladovacích bazénů mimo kontejnment umožňuje zjednodušený přístup pro případ havarijního doplnění jinými nouzovými prostředky (hasicí technika apod.).

II.6.1.2 Možnosti použití stávajícího zařízení

Opatření k použití mobilních zařízení (dostupnost těchto prostředků, čas k jejich přivezení a uvedení do provozu)

Pro zajištění bezpečnostních funkcí (pro projektové i nadprojektové scénáře) jsou zpracovány příslušné symptomaticky orientované postupy a návody (EOPs nebo SAMG). V EOPs a SAMG je zapracováno použití mobilních prostředků HZSp na lokalitě. Jiné mobilní nebo netechnologické prostředky z externích zdrojů, kromě použití další hasičské techniky z blízkých jednotek hasičských sborů, zatím nejsou uvažovány.

Na lokalitě EDU je k dispozici jednotka hasičského záchranného sboru podniku (HZSp), která disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu v kterémkoliv místě lokality. Požární technika a zásahový personál (48 hasičů ve 4 směnách) jsou umístěny v objektu Požární stanice, kde nehrozí přímé účinky extrémních přírodních jevů, není však dosud oceněna seismická odolnost tohoto objektu. Pokud by došlo k jeho poškození, mohl by být omezen výjezd požární jednotky k zásahům.

Pro potřeby posílení HZSp JE Dukovany je zpracován poplachový plán, který je součástí vnějšího havarijního plánu JE Dukovany a na jehož základě by byly schopny zajistit další účinnou materiální a personální pomoc profesionální jednotky HZS České republiky, které jsou součástí IZS, s dojezdem na lokalitu v rozmezí 10-60 minut dle dislokace hasičské jednotky.

Čerpací technika HZSp patří mezi hlavní mobilní netechnologické prostředky využitelné pro dopravu a čerpání medií. Je zároveň uzpůsobena i pro odčerpávání vody při případných záplavách.

Přímo na lokalitě jsou k dispozici 3 mobilní čerpadla HZSp (tlak na výtlaku čerpadla 0,8-1,2 MPa, průtok 120-150 t/h), která lze jednoduše použit pro doplňování demivody přímo do PG alternativním způsobem. V rámci doplnění projektu byla zrealizována přípojná místa, která umožňují propojení této techniky s technologií. Alternativní způsob doplňování PG je popsán v EOPs, byl několikrát prakticky vyzkoušen a byla prověřena kapacita této techniky pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí. Reálná doba skutečného dodání vody do PG mobilním čerpadlem od požadavku na aktivaci HZSp je cca 20 minut. Pro případ ztráty měření hladiny vody v PG a dalších údajů jsou pro možnost optimálního doplňování demivody zpracovány tabulky, jaký průtok demivody do PG je nutný při příslušném protitlaku v PG, aby průtok doplňované demivody odpovídal odvodu páry přes PSA. Při stavu black-out na všech čtyřech blocích EDU současně však jistým omezením může být kapacita potřebné požární techniky (nejsou zatím zpracovány nouzové plány pro napájení PG dvou bloků jedním čerpadlem současně).
Další alternativní možností je použití požární techniky na doplňování vyvřelého chladiva a udržování teploty paliva v BSVP. EOPs tuto možnost alternativního doplňování BSVP uvádí, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány.
Dále je v SAMG uvažováno s použitím přenosných dieselagregátů pro ovládání některých armatur přímo z rozvaděčů, konkrétní postupy pro zásahy na místě nejsou zatím zpracovány.
Rovněž dle příslušné legislativy lze nasadit i další základní a ostatní složky IZS (ZZS, Policie ČR, Armáda ČR…). Podle stupně mimořádné události na jaderném zařízení plní jednotlivé složky působící v záchranném systému úkoly směřující k likvidaci mimořádné události na postiženém zařízení nebo k omezení jejich následků. Úkoly mohou být prováděny na území JE Dukovany, v zóně havarijního plánování nebo mimo zónu havarijního plánování.

Opatření k zajištění zásob (palivo pro dieselové generátory, vody, atd.)

Zásoba nafty v provozní nádrži pro každý DG je na dobu nejméně 6 hodin (4,5 m^3 paliva, spotřeba při max. zatížení 0,7m^3/h). Pro každý DG je dále určena jedna navzájem propojená dvojice_zásobních nádrží, kde je minimální zásoba 110 m^3 paliva. K přečerpávání nafty ze zásobních nádrží do provozní nádrže dochází automaticky od poklesu hladiny v provozní nádrži. Čerpadla dopravy paliva mají elektrické napájení z příslušného DG. Celková zásoba nafty 114,5 m^3 postačuje na provoz jednoho DG po dobu nejméně 144 hodin (reálně cca 160 h), tj. na 6 až 7 dnů bez nutnosti vnějšího doplňování paliva.

Další palivo pro DG by bylo možno získat přečerpáváním z jiných DG (které jsou např. mimo provoz) tzv. reexpedičními čerpadly, a to za předpokladu získání elektrického napájení pro jejich provoz (projektově z nezajištěného systému). Při uvážení dlouhodobého provozu vždy pouze jednoho DG na každém bloku, tak při zprovoznění reexpedičních čerpadel by bylo

k dispozici palivo na dobu 18 až 21 dní bez vnější dodávky nafty na EDU. Kvalita motorové nafty se pravidelně kontroluje a preventivně obměňuje

Při doplňování demivody optimálním průtokem jsou k dispozici stávající zásoby demivody z nádrží 3 x 1000 m^3 pro každý dvojblok, což dle analýz vystačí na 72 h pro všechny 4 bloky. Společně s využitím zásoby chladiva v NN je pro doplňování PG všech čtyř bloků JE k dispozici zásoba chladiva na cca 4 dny. Kromě zásob chladiva v nádržích demivody lze pro napájení PG mobilními prostředky využít alternativně i chladivo z bazénů chladících věží či jiných zdrojů.

Při ztrátě doplňování surové vody, pokud bude k dispozici nezajištěné elektrické napájení, lze využít zásobu chladiva v čířičích cca 5 x 2000 m^3 a zásoby surové vody a v gravitačních vodojemech o objemu 4 x 2000 m^3 pro kompenzaci ztrát TVD odparem.
Z analýzy výpadku ČSJ a TVD vyplývá, že ve vodních systémech EDU je při konzervativním přístupu (uvažování pouze polovin CČSI a CČSII, hladina v chladicích věžích na min. hladině -2,55 m) k dispozici cca 75 564 m^3 vody. Tato zásoba postačuje pro 931 h (cca 39 dnů) odvodu zbytkového tepla (provozu čerpadel TVD) z odstavených reaktorů bez doplňování vody do systémů EDU.

Řízení radioaktivních úniků, opatření k jejich omezení

Cíle všech strategií pro zvládání havárií (v EOPs i SAMG) směřují k zabránění radioaktivních úniků do okolí JE a tím zabránění ohrožení zdraví a bezpečnosti obyvatel. Pokud by přesto během rozvoje havárie došlo k úniku aktivity, potom veškeré činnosti při zvládání havárií směřují k ukončení nebo alespoň omezení těchto úniků.

Monitorování Ra situace uvnitř i vně lokality je realizováno prostřednicím systému radiační kontroly (CISRK), který ve stávajícím projektu nemá seismickou kvalifikaci na úrovni maximálního výpočtového zemětřesení a je umístěno v prostorách, která nemají tuto seismickou odolnost na zemětřesení intenzity > 6° MSK-64 (PGA_{hor} > 0,05g) a rovněž nemá napájení ze zajištěného napájení I. kategorie. Pro měření radiace zůstane k dispozici náhradní způsob pomocí přenosných měřících přístrojů

Pro prognózy následků případného úniku aktivity i pro hodnocení aktuální radiační situace v případě úniku používá EDU programový prostředek RTARC, který využívá okamžitá meteorologická data, předpovědi meteorologických dat, údaje o úniku, rozměry HVB, údaje o reliéfu terénu okolí JE a údaje o radionuklidech zastoupených v uniknutých radioaktivních látkách. Výstupem je aktuální radiační situace a její prognózy pro zvolené období v okolí JE od 500 m do 40 km.

Systém RTARC pracuje s daty z předem vypočítaného zdrojového členu, které lze případně korigovat na základě aktuálně změřených hodnot úniků. Zatím nejsou dopracovány zdrojové členy uvažující tavení paliva v otevřeném reaktoru a v BSVP (bazénu skladování vyhořelého paliva).

Omezování ozáření osob a životního prostředí při radiační mimořádné situaci se uskutečňuje ochrannými opatřeními, kterými jsou:

- Neodkladná opatření zahrnující ukrytí, jódovou profylaxi a evakuaci.
- Následná ochranná opatření zahrnující přesídlení, regulaci požívání radionuklidy kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání radionuklidy kontaminovaných krmiv.

Ochranná opatření při radiačních haváriích se provádějí vždy, jsou-li odůvodněna větším přínosem, než jsou náklady na opatření a škody jimi působené, a mají být optimalizována co do formy, rozsahu a trvání tak, aby přinesla co největší rozumně dosažitelný přínos.

V závislosti na úrovni radiační situace by byla v případě vyhlášení mimořádné události vyhlašována příslušná neodkladná ochranná opatření tak, aby bylo zabezpečeno, že nebudou překročeny zásahové úrovně uvedené v následující tabulce, kde jsou uvedeny limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření v případě vzniku mimořádných událostí vztažené k době 8 hodin po vzniku události.

Tabulka 20: Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření na EDU

	OCHRANNÉ OPATŘENÍ		
KATEGORIE OSOB	**Ukrytí**	**Jodová profylaxe**	**Evakuace**
Ostatní osoby a zaměstnanci nezařazení do OHO	5 mSv	5 mSv	5 mSv
Personál OHO	50 mSv	5 mSv	200 mSv
Personál OHO v případě záchrany života nebo zabránění rozvoje radiační mimořádné situace	Dle §4, odst. 7, písmena c, zákona č. 18/1997 Sb.	5 mSv	Dle §4, odst. 7, písmena c, zákona č. 18/1997 Sb.

Výše uvedené limity se nevztahují na ozáření osob podílejících se na zásazích v případě radiační nehody nebo havárie, avšak toto ozáření nesmí překročit desetinásobek základních limitů pro pracovníky se zdroji (hodnota základního limitu je 50 mSv za kalendářní rok, respektive 100 mSv za dobu pěti po sobě jdoucích kalendářních roků) pokud nejde o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační nehody s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Zaměstnanci, kteří by zásah prováděli, jsou před zásahem seznámeni s rizikem a předpokládanou výší obdržené dávky.

Na EDU je vybudováno 7 krytů. V jednom z krytů je vybudováno HŘS, v dalším z krytů je vytvořeno provozní podpůrné středisko, kde by byl mj. soustředěn směnový personál, nezbytný k provádění lokálních zásahů. Kapacita krytů na elektrárně je 2450 ukrývaných osob. Každý pracovník na pracovišti resp. v krytu má k dispozici osobní ochranné prostředky pro ochranu před povrchovou a vnitřní kontaminací (ochranný oděv - overal TYVEK, návleky na obuv, rukavice, respirátor a jedna dávka jodové profylaxe KI).

Jodová profylaxe požitím tablet kalium-jodidu se provádí u všech osob s výjimkou osob starších 45 let, u nichž byla dříve prokázána přecitlivělost na jodové preparáty nebo mají léčenou poruchu štítné žlázy. Tabletami kalium-jodidu jsou osobně vybaveni všichni pracovníci JE i obyvatelé v ZHP EDU. Obyvatelé v ZHP EDU jsou vybaveni příručkou pro ochranu obyvatelstva, v které jsou zpracovány pokyny pro obyvatelstvo, pro případ radiační havárie. Jsou zde uvedeny pokyny při varování sirénami, pokyny pro prvotní ochranná opatření (ukrytí, jodová profylaxe a evakuace).

Komunikační a informační systémy (vnitřní a vnější)

Přehled vnitřních komunikačních prostředků:

- Systém varování a vyrozumění personálu (objektové sirény, vnitřní sirénky, závodní a provozní rozhlas)
- Telefonní ústředna
- Dispečerské hovorové zařízení
- Rádiové sítě, systém freeset
- Pagingový systém

- Zesilovače rádiových sítí (vyzařovací kabely)
- Ruční radiostanice
- Mobilní radiostanice
- Komunikační systém pro svolání POHO a zadávací terminál Alarm

Přehled vnějších komunikačních prostředků:

- Systém varování a vyrozumění obyvatelstva (sirény v ZHP)
- Připravené nahrávky do státních sdělovacích prostředků (televize, rozhlas)
- Síť telekomunikačního operátora O2 (mobilní i pevná)

Pro všechny komunikační systémy je prováděno periodické ověřování a prověřování.

- Jedenkrát za tři měsíce funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů aktivace osob zasahujících pro řízení a provádění zásahu.
- Jedenkrát za šest měsíců funkčnost technických prostředků systémů a způsobů pro varování zaměstnanců a dalších osob v areálu JE.
- Jedenkrát za tři měsíce funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů pro oznamování mimořádné události a vyrozumívání o radiační havárii.
- Dvanáctkrát ročně funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování.

Záznamy o provedení a výsledku kontroly funkčnosti technických prostředků, systémů a způsobů vyrozumění a varování jsou uloženy v archivu, kde jsou evidovány po dobu tří let.

Pro aktivaci členů pohotovostní organizace havarijní odezvy i pro spuštění sirén jsou k dispozici minimálně dva způsoby (autonomní a nezávislé na případném přetížení mobilních sítí). Vybraným mobilním telefonům, přes operační středisko IZS, je nastavena priorita volání v síti při řešení mimořádné události. EDU má nezávislý systém, který je využíván na spouštění sirén a případné vyrozumění členů pohotovostní organizace havarijní odezvy. Systém je autonomní a není závislý na případné přetížení mobilních sítí.

Havarijní řídící středisko je vybaveno informačním systémem, který zajišťuje přístup ke všem informacím nezbytným pro řízení mimořádných událostí. V případě vzniku mimořádné události existuje zvukový kontakt z TPS se všemi BD. Personál TPS má k dispozici aktuální on-line technologická i radiační data, se kterými pracuje i operativní řídící personál. Dokončuje se projekt vizuálního kamerového systému BD, TPS, pracoviště SI, včetně dokončení průmyslových kamer.

II.6.1.3 Hodnocení faktorů, jež můžou ztížit zvládání havárie a jejich alternativy

Rozsáhlé zničení infrastruktury nebo záplavy v okolí zařízení, které brání v přístupu na lokalitu

Přístup k důležitým objektům by mohl být omezen v důsledku destrukce neseismicky odolných objektů na vnitřní příjezdové komunikace, stejně jako pádu trosek do prostoru vjezdu do elektrárny. V tomto případě by bylo možné použít záložní vjezd/vstup do areálu.

Ztráta komunikačních zařízení/systémů

Záložní napájení pro provoz komunikačních prostředků jak pro varování na lokalitě, tak pro spojení klíčového personálu (HŘS, kryty, HZSp, SUJB, IZS, personál BD) je v případě ztráty

napájení nebo poškození infrastruktury zajištěno většinou v řádu hodin. Sirény na objektech EDU nemají záložní napájení. Závodní rozhlas je bez záložního napájení. Sirénky v objektech mají vlastní akubaterie. Provozní rozhlas má záložní napájení.

Při dlouhodobějším SBO by mohlo dojít ke ztrátě napájení telefonní ústředny EDU a telefonních ústředen spolupracujících síťových pracovišť vně EDU, vyjma Hlavního dispečerského pracoviště ČEPS Praha a Záložního dispečerského pracoviště ČEPS Ostrava, jenž mají vlastní DG. Tím je ohrožena obnova napájení ze zdrojů z vnější sítě.

Obnova napájení ze zdrojů vně EDU (např. z EDA, případně VE Vranov) je podmíněna spoluprací (nutné spojení) několika vnějších subjektů (ČEZ, ČEPS, E.ON).

V případě poškození infrastruktury by mohla být ohrožena komunikace mezi zasahujícími osobami a řídícími centry, stejně tak jako s vnějšími centry orgánů státní správy (KKC SÚJB, Krizový štáb kraje, IZS, apod.), protože dostupnost a výdrž existujících komunikačních prostředků je značně omezená. Pevná telefonní síť, mobilní telefonní síť, vysílačky, prostředky varování atd., nejsou zabezpečeny proti rozsáhlým poškozením infrastruktury. K dispozici však vždy zůstává komunikace přes vysílačky HZSp na ostatní složky IZS (hasiči v Třebíči).

Závodní rozhlas bude při SBO mimo provoz (plánuje se doplnit UPS stanice). Provozní rozhlas při SBO zůstane v provozu. Systém vnitřního varování: vnitřní sirénky (umístěné v objektech) budou v provozu z vlastních akubaterií. Objektové sirény budou mimo provoz (řešením je obměna rotačních sirén za elektronické s akubateriemi).

Přenosové zařízení mezi jednotlivými ústřednami v síti ČEZ ICTS je dynamicky řízeno (automaticky si vybírá volnou přenosovou trasu) a z tohoto důvodu je doba jeho provozu ze záložních zdrojů závislá na tom, ve které části dojde ke ztrátě napájení.

Aktivní prvky sítě Duknet jsou z větší části napájeny ze světelných rozvaděčů (včetně uživatelských PC) a podloženy UPS. Centrální uzel na Administrativní budově 1 je dimenzován na dobu 2 hodin.

Síť MPLS WAN ČEZ, která zajišťuje propojení mezi datovými centry a jednotlivými lokalitami ČEZ, je zálohovaná na dobu 1 hodiny provozu při ztrátě napájení.

Řídící systém vnitřního varovacího systému je na dvou nezávislých pracovištích operátora elektrodozorny a HŠ, které jsou zálohovány z UPS.

Ztížení práce z důvodu vysokých radiačních dávek, radioaktivního zamoření a zničení některých zařízení na lokalitě

Pro případy poškození JE nejsou zpracovány krizové plány s využitím podpůrných resp. alternativních technických prostředků. Případné použití podpůrných a alternativních technických prostředků by se řešilo mechanismy OHO. Pokud by nebylo možné z jakéhokoliv důvodu použít Havarijní řídící středisko, je jako záložní středisko stanoveno LRKO v Moravském Krumlově, ve kterém je k dispozici omezené množství informací k řízení mimořádných situací.

V případě nedostupnosti elektrárny by byla situace řešena omezením střídání personálu, jeho přespáváním přímo na lokalitě, nebo v její těsné blízkosti (v krytech a HŘS, možnost využití budovy informačního střediska).

Personál nepřetržitého směnového provozu by v případě vyhlášení mimořádné události v závislosti na stupni závažnosti buď nadále vykonával činnosti podle příslušných zásahových instrukcí a pokynů nebo by byl shromážděn v případě vyhlášení ochranných opatření v krytu, odkud by na základě pokynů SI nebo HŠ prováděl požadované zásahy na technologii nebo vytvářel operativní podporu jednotce HZSp při vyprošťovacích a záchranných pracích.

Každý kryt na JE je vybaven zařízením umožňující ochranu osob proti účinkům radioaktivních látek, bojových otravných látek a bojových biologických prostředků. Stavebně jsou tyto kryty koncipovány tak, že poskytují ochranu osobám proti účinkům pronikavé radiace. Technické vybavení krytu umožňuje jejich provoz minimálně po dobu 72 hodin (včetně jídla, pití a hygieny). V základním vybavení krytů jsou dozimetrické přístroje pro měření povrchové kontaminace a dávkového příkonu, zásoba náhradních havarijních ochranných prostředků, náhradní oblečení, prostředky jódové profylaxe, prostředky pro spojení s pracovištěm HŠ. Distribuci náhradních havarijních ochranných prostředků, náhradních oděvů a zdravotnického materiálu provádějí členové krytového družstva na základě oprávněných potřeb a požadavků ukrývaných osob.

Přímo na lokalitě není k dispozici těžká technika k odklízení trosek z páteřních a přístupových komunikací, které by mohly být zavaleny troskami neseismicky odolných objektů. To by mohlo ztěžovat přístup mobilní techniky k hlavním výrobním blokům. Je nastavena vazba využití prostředků prostřednictvím IZS.

Dopad na dostupnost a obyvatelnost hlavní a nouzové blokové dozorny, opatření k zabránění nebo zvládnutí této situace

Místnosti BD a ND jsou umístěny v místnostech sousedících s kontejnmentem. Tato část by mohla být zasažena radiací při vyšším tlaku a současně vysokých dávkách uvnitř kontejnmentu nebo při velkých únicích štěpných produktů z kontejnmentu. Dosud není dokončeno vybavení BD i ND filtračními vzduchotechnickými systémy. O přechodu personálu BD na ND může v odůvodněných případech rozhodnout SI nebo BI nebo VRB. Použití dýchacích přístrojů na BD je v kompetenci VRB.
Před dokončením zodolnění BD, ND se počítá s dočasnou evakuací personálu na příkaz velitele HŠ na základě vyhodnocení radiační situace při naplnění kritérií v zásahové instrukci (dále by bylo možno uvažovat jen krátkodobé vstupy pro provedení zásahů).

Dopad na různé prostory využívané krizovými týmy nebo kam je nutný přístup pro zvládání havárie

Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku mimořádné události byly řízeny a prováděny z chráněných míst. Činnosti podle SAMG řídí členové TPS a HŠ, soustředění v krytu určeném pro havarijní řídící středisko. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl řídící operativní personál z BD nebo ND. Místní zásahy a případné opravy zařízení by prováděl v příslušných místnostech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů personál, shromážděný v provozním podpůrném středisku, které je umístěno v krytu v areálu EDU.

Proveditelnost a účinnost havarijních opatření v podmínkách vnějšího nebezpečí (zemětřesení, povodně)

Personál JE i OHO je pro případ zemětřesení i záplav kvalifikovaný a vycvičený pro používání EOPs a SAMG. Není však dostatečně vycvičen k použití podpůrných a alternativních technických prostředků, pro jejichž použití nejsou zpracovány ani odpovídající postupy, návody a plány. V rámci směny (OHO) ani POHO nejsou identifikovány nedostatky týkající se počtu personálu potřebného ke zmírňování následků nadprojektové události.

V případě rozsáhlého poškození infrastruktury a dlouhodobé nedostupnosti lokality (zřícení budov, poškození komunikací atd.) by se střídající personál mohl obtížně dostávat na lokalitu. V tomto případě by musel požadované činnosti zabezpečovat personál, který tam bude přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno operativně v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

Pravděpodobně by nebylo možné použít kryty havarijní připravenosti, ani pracoviště Havarijního štábu, event. Technického podpůrného střediska, které se nacházejí pod seismicky neodolnými objekty a nejsou chráněny proti zaplavení. Činnost TPS a HŠ by byla v tomto případě řešena operativně (nejsou zatím k dispozici podrobné instrukce).
Ztížena by mohla být i dostupnost informací o Ra situaci uvnitř a na hranici areálu EDU. Všechny současné systémy radiační kontroly (CISRK) nejsou v seizmickém provedení, nebo jsou jejich části umístěny v seismicky nezodolněných objektech provozních budov. V případě ztráty informací by měření radiace probíhalo v omezeném rozsahu náhradním způsobem pomocí ručních měřících přístrojů.

V případě záplav a dlouhodobé nedostupnosti lokality by se střídající personál nemusel dostat operativně na lokalitu. V tomto případě by musel požadované činnosti zabezpečovat personál, který tam bude přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno operativně v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

Rovněž je nutno počítat s lokálním omezením průjezdnosti silnic v okolí JE z důvodů rozvodnění toků nebo bahnem splaveným z přilehlých polí. Síť přístupových silnic a mostů přes vodní toky v údolích v okolí elektrárny je však natolik hustá, že je prakticky jisté, že přístup na elektrárnu bude umožněn.

V případě nedostupnosti elektrárny by byla situace řešena omezením střídání personálu, jeho přespáváním přímo na lokalitě, nebo v její těsné blízkosti (v krytech a HŘS, možnost využití budovy informačního střediska).

Nedostupnost elektrického napájení

Omezená kapacita akubaterií SZN I. kat by nemusela umožnit všechny zásahy v časné fázi těžké havárie a mohla by vyřadit některá měření. Problematické může být dlouhodobé napájení důležitých spotřebičů včetně měření potřebného pro SAMG. Tato měření jsou soustředěna v PAMS, který je napájen ze SZN I. kat. Zasahující personál a personál podílející se na řízení a provádění manipulací by nemusel mít k dispozici všechny potřebné informace.

V rámci SAMG je uvažováno s možností využití přenosných elektrocentrál HZSp na ovládání některých pohonů přímo z rozvoděčů.

Přímo na lokalitě má HZSp k dispozizici tři elektrocentrály 3x 380, 220V:

GEKO BSKA (5,5 kW), MITSUBISHI 4200 (3,6 kW). FORMULA 6000 T (3,6 kW)

Do okamžiku úplného vybití akubaterií by bylo funkční nouzové osvětlení. Ztráta osvětlení by mohla přispívat ke ztížení orientace personálu a tím i k prodloužení doby na provádění manipulací.

Potenciální selhání instrumentace

Většina požadovaných informací o stavu komponent a hodnotách parametrů potřebných pro zvládání těžkých havárií je dostupných v PAMS.

Všechny systémy jsou kvalifikovány na projektové havarijní a pohavarijní podmínky. Nejsou kvalifikovány na podmínky těžkých havárií, ale v řadě případů jejich měřicí rozsah počítá s požadavky na zvládání počáteční fáze těžkých havárií

- Teploty na výstupu z AZ do 1200 °C.
- Teploty ve smyčkách do 400 °C.
- Přetlak v boxu do 450 kPa.
- Měření koncentrace vodíku do 10 %.

Pro diagnostiku havarijního stavu a ověření implementace vybraných strategií se používá omezený soubor parametrů. Pro ověření těchto parametrů slouží měřené hodnoty vybraných veličin ze standardní instrumentace. Pro každý parametr je stanoveno několik veličin, pomocí kterých lze daný parametr (velikost, trend) ověřit. Vždy je použito přímé měření požadovaného parametru a jedno nebo několik měření alternativních veličin, na základě kterých lze odvodit velikost, popř. trend požadovaného parametru. V některých případech nelze při těžké havárii vyhodnotit velikost, popř. trend požadovaného parametru na základě přímo měřených hodnot buď z důvodu jejich nedostupnosti nebo neexistence měření daného parametru. V těchto případech jsou pro určení požadovaného parametru použity výpočetní pomůcky (jednoduché grafy závislosti parametrů). Vstupy do těchto výpočetních pomůcek mohou být použity buď z přímo měřených hodnot nebo z předem určených, definovaných hodnot.

Schopnost měření přežít v podmínkách prostředí po těžké havárii není známa, ale očekává se, že jsou dostatečně robustní, aby alespoň určitou dobu odolala podmínkám při těžké havárii.

Měření koncentrace vodíku je závislé na obsahu kyslíku v měřeném prostoru a bude při vysoké koncentraci vodíku nebo spotřebování kyslíku při hoření nepřesné. Přesto poskytuje zásadní informaci o riziku vodíku, pokud budou vlivem nízkého obsahu kyslíku měřené koncentrace mnohem nižší než skutečné, znamená to zároveň nízké riziko spojené se zapálením.

PAMS zatím neposkytuje informace o měření Ra situace, resp. o stavu BSVP. Měření jsou však zprostředkována standardními prostředky. Hlavním problémem dostupnosti měření však zůstává zajištění elektrického napájení pro PAMS při SBO.

V rámci projektu kvalifikace zařízení EDU pro vybrané havarijní události byly stanoveny požadované termohydraulické a radiační parametry prostředí. Pro každý sledovaný prostor a pro každý sledovaný termohydraulický parametr pak byla ze všech známých průběhů vytvořena kvalifikační obálková křivka daného parametru.

Při těžké havárii budou podmínky v kontejnmentu dlouhodobě nepříznivé na úrovni drsných podmínek prostředí. Především je nutno počítat s velmi vysokým dávkovým příkonem, který může lokálně vlivem usazených aerosolů dosahovat až extrémních hodnot a vést k poškození čidla. Zvláštní podmínky panují při hoření vodíku. Teplota atmosféry na několik sekund může překročit 1000 °C a tlak může dle velikosti požáru překročit projektový přetlak 150 kPa. Přesto je pravděpodobné, že větší část měření je zachována i po požáru, protože tepelná kapacita stěn a zařízení je mnohem vyšší než kapacita atmosféry. Systémy Ra měření v kontejnmentu (SYRAD) a ve ventilačním komíně (Kalina) jsou schopna nadále pracovat v dlouhodobě drsném prostředí a i za vysoké radiace předpokládané při těžké havárii. Ostatní měřicí zařízení jsou méně robustní a odolná, vlivem požáru vodíku může dojít k poruše izolace kabelů. Není k dispozici úplná informace o chování impulsních trubek a měření hladiny vystavených krátkodobě vysokým teplotám při hoření vodíku.

Všechny uvedené vlivy by mohly vést ke zhoršení přesnosti měření. Především je nutno počítat s „nevěrohodností“ údajů o teplotách. Je vhodnější se spoléhat více na údaje o tlaku, které budou dlouhodobě poměrně vyrovnané a jejich rozdíly dávají údaje například o funkci vakuobarbotážního systému. Dávkový příkon se měří kvalifikovanou instrumentací a jeho údaje lze použít (s přihlédnutím k usazování aerosolů na detektorech) přímo. SAMG se také spoléhají na měření dávek mimo kontejnment, jejichž interpretací lze odhadnout i trasu úniku.

Potenciální účinky sousedních zařízení na lokalitě, včetně úvah o omezené dostupnosti kvalifikovaných pracovníků pro řešení havárie více bloků současně

Nejsou identifikována žádná rizika vlivu průmyslových zařízení na lokalitu EDU. V okolí elektrárny se taková zařízení vůbec nevyskytují. Kapacita směnového personálu pro počáteční činnosti je dostatečná, pro dlouhodobé zvládání havarijních stavů současně na všech blocích však nasazení personálu musí podléhat zvláštnímu režimu (střídání a posílení na exponovaných pracovištích, odpočinek, stravování a hospodaření s dostupnými zdroji).

II.6.1.4 Závěry o adekvátnosti organizačních opatření pro zvládání havárií

Cílem zvládání (řízení) havárií na JE je zabezpečit 4. úroveň ochrany do hloubky (zmírňovat následky po vzniku havárie). Na tuto úroveň navazuje havarijní připravenost JE jako 5. úroveň ochrany do hloubky (zmírňovat následky havárií doprovázených úniky Ra látek).

EDU má implementován systém zvládání havárií pro zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky a systém havarijní připravenosti pro zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky. Fungující a provázaný systém zvládání havárií a havarijní připravenosti je na EDU zabezpečen robustním souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru.

V personální oblasti se jedná o existenci organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí s využitím kapacit technických podpůrných středisek a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií. Provádění zásahů při vzniku mimořádné události je zabezpečováno v první (preventivní) fázi rozvoje události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu. V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, začíná druhá fáze (zmírnění následků), kdy je aktivována organizace havarijní odezvy. V tomto případě přebírá odpovědnost za řízení zásahů havarijní štáb EDU s podporou technického podpůrného střediska.

Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku mimořádné události byly řízeny a prováděny z chráněných míst. TPS a HŠ, které řídí strategie podle SAMG, je umístěno v HŘS, které je zabezpečené pracoviště s možností obyvatelnosti i v případě úniku aktivity do ovzduší. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl směnový personál z BD nebo ND, kde se dokončuje projekt obyvatelnosti těchto řídících center. Místní činnosti a případné opravy zařízení v příslušných částech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů by byly zajišťovány zásahovými skupinami umístěnými na provozním podpůrném středisku.

Koncepce zvládání technologických havárií na EDU je založena na symptomatickém přístupu. Pro řešení technologických havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v EOPs, jejichž hlavní prioritou je obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva). Pro zmírňování následků těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v SAMG, jejichž hlavní prioritou je zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. Pravidelně je prováděna aktualizace EOPs a SAMG zahrnující jednak poznatky z procvičování jejich použití na simulátoru resp. při havarijních cvičeních a jednak externí poznatky.

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny je implementován systém havarijní připravenosti. Při vyhlášení některého stupně mimořádné události (Alert, Site emergency, General emergency) je aktivována organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze

směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost.

Pro výběr směnových pracovníků i pro výběr pracovníků do POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost. Připravenost směnového a technického personálu ke zvládání technologických havárií se pravidelně ověřuje při výcviku na plnorozsahovém simulátoru za účasti personálu TPS a v průběhu havarijních cvičení.

Organizační způsob zvládání mimořádných událostí (včetně těžkých havárií) je stanoven ve Vnitřním havarijním plánu schváleném SUJB.

Po vzniku havarijních podmínek (projektové i nadprojektové události bez poškození paliva) se pro splnění požadavků EOPs použijí veškeré aktuálně dostupné technické prostředky v rámci jejich projektového určení. SAMG předpokládají provedení požadovaných činností s využitím všech dostupných systémů a zařízení, resp. všech dostupných technických prostředků i v mimoprojektovém určení.

Na lokalitě EDU je k dispozici jednotka HZSp, která disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu v kterémkoliv místě lokality. Čerpací technika HZSp patří mezi hlavní mobilní netechnologické prostředky využitelné pro dopravu a čerpání medií.

Program zvládání havárií na EDU je dlouhodobě analyticky podporován. Analytická podpora je založena na pravděpodobnostně - deterministickém přístupu, který spočívá ve výběru nejpravděpodobnějších havarijních scénářů vedoucích k těžkým haváriím a následně jejich deterministické analýze pomocí integrálních výpočetních kódů. Výsledkem analytické podpory je souhrn poznatků, spočívající v porozumění jevům při těžkých haváriích a jejich časování, identifikaci možných slabých stránek projektu, určení činností pro zmírnění následků těžkých havárií, validaci činností pro odezvu na těžké havárie a určení zdrojového členu pro vyhodnocení možných radiologických následků. V současné době je dokončován simulační nástroj pro zobrazování jevů při konkrétních scénářích těžkých haváriích.

II.6.1.5 Potenciální opatření k posílení schopnosti zvládat havárie

I když existuje několik diverzních systémů pro implementaci každé strategie zvládání havárií, byly v oblasti schopnosti personálu zvládat těžké havárie identifikovány příležitosti pro další zvýšení bezpečnosti.

V oblasti administrativního řízení se jedná zejména o Návody pro zvládání těžkých havárií pro odstavené stavy (SAMG pro odstavené stavy), které nejsou doposud pro EDU dokončeny. Nicméně pro údržbu EOPs, SDEOPs a SAMG je pravidelně realizován tzv. „Maintenance program“ resp. prováděna jejich aktualizace.

V oblasti personální mohou nastat problémy s dostupností lokality resp. použitelnosti HŘS a tím s řízením činností, s rozhodováním o velmi rizikových variantách řešení při zvládání havarijní situace a v neposlední řadě s komunikací a varováním personálu.

Plány pro další zodolnění existujícího systému směřují k posouzení připravenosti k řízení mimořádných situací ze záložních havarijních center (v případě nepřístupnosti lokality) a v periodickém přezkoumávání nominace odborně nejlepšího personálu POHO.

Pro zvýšení efektivnosti systému zvládání havárií budou dále rozpracovávána opatření v následujících oblastech:

1. Organizační zabezpečení pro nejefektivnější využití existujících kapacit nebo definování dodatečných kapacit – tzv. krizové plány, pro zvládání předvídatelných stavů JE (zasažení celé lokality, ztráta řídících center havarijní připravenosti, ztráta systémů

vyrozumění a varování, rozhodování o rizikových variantách řešení, střídání personálu, extrémní přírodní podmínky,…).

2. Dopracování některých technologických předpisů / postupů / návodů pro zvládání vybraných nadprojektových stavů a těžkých havárií JE (SAMG pro odstavené stavy, SAMG pro poškození paliva v BSVP, EDMG, …) s cílem zabezpečit chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP a zabránit radioaktivním únikům.
3. Zvýšit úroveň výcviku personálu v oblasti zvládání těžkých havárií (využití simulačního nástroje pro zobrazování průběhů parametrů, jevů, a chování bloku při konkrétních scénářích těžkých havárií)
4. Doplňující technická opatření pro zabezpečení netechnologických podpůrných funkcí (přístupnost k objektům, dostupnost hasičské techniky, zabezpečení HŘS a krytů, systémů fyzické ochrany, …).
5. Alternativní prostředky pro zajištění dlouhodobé funkční komunikace mezi všemi složkami systému zvládání havárií.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech jsou uvedeny v následující tabulce.

Některá z opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 21: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při havarijních událostech na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Obyvatelnost BD při těžké havárii	Zajištění obyvatelnosti BD	II	Nález PSR
Obyvatelnost krytů při těžké havárii	Kyslíková regenerace v krytech	II	Nález PSR
PAMS	Doplnění měření o Ra situaci a stavu BSVP	II	
Předpisy	Zpracovat „shutdown SAMG“ pro odstávku / Těžkou havárii v BSVP	I	Nález PSR
Havarijní připravenost	Zajistit alternativní prostředky pro varování a vyrozumění personálu EDU a obyvatel v ZHP	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Havarijní	Zabezpečit fungování složek havarijní odezvy	I	

připravenost	v případě nedostupnosti HŘS.		
Personál	Zvýšit úroveň školení a výcviku TPS v oblasti těžkých havárií		Nález PSR - Realizuje se simulační nástroj pro zobrazování těžkých havárií
Havarijní připravenost	Připravit dohody s externími složkami (IZS, armáda) a blízkými JE. Organizační opatření.	II	

II.6.2 Přijatá opatření k zvládnutí havárie v různých fázích scénáře se ztrátou funkce chlazení zóny

II.6.2.1 Před poškozením paliva v reaktorové nádobě (poslední možnosti zabránit poškození paliva)

Základní příčinou těžkých havárií je nedostatečný odvod zbytkového tepla uvolňovaného z paliva v AZ. Za poškození AZ se považuje lokální překročení teploty pokrytí 1200 °C, kdy se rozvine paro-zirkoniová reakce. Vzhledem k nemožnosti měření tohoto parametru byl stanoven setpoint pro přechod do SAMG na hodnotu teploty na výstupu AZ 550 °C. Překročení 1200 °C v rozsáhlejší oblasti vede k intenzivní paro-zirkoniové reakci, která je exotermická. Uvolní se tak rychle mnohem větší množství tepla, než je zbytkové teplo, toto teplo přispěje k rozvoji havárie, protože se většinou akumuluje uvnitř AZ.

Obnovení odvodu tepla z AZ ze strany II.O alternativními prostředky je prováděno v EOPs tj. ještě před přechodem do SAMG. Dále jsou prováděny činnosti spojené s odtlakováním I.O s cílem umožnit vstřik nízkotlakých čerpadel do I.O.

K dispozici jsou dva trvalé způsoby zastavení rozvoje ztráty chlazení AZ do těžké havárie:

- Obnovení odvodu tepla přes PG (alternativní doplňování PG nízkotlakými zdroji včetně doplňování vody prostředky HZSp).
- Odvod tepla doplňováním chladiva do I.O a jeho odpouštěním únikovým otvorem v primárním systému (při LOCA) nebo otevřenými ventily KO (feed&bleed).

Součástí EOPs jsou i alternativní strategie:

- Odtlakování primárního systému resp. vychlazování ze strany II.O, což může vést k prosazení hydroakumulátoru nebo dokonce nízkotlakých havarijních či alternativních zdrojů.
- Obnova provozuschopnosti vysokotlakých systémů havarijního doplňování nebo alternativních VT systémů nouzového doplňování I.O.
- Využití zbývajícího chladiva ve smyčkách nuceným startem HCČ i za cenu jeho zničení.

II.6.2.2 Po výskytu poškození paliva v reaktorové tlakové nádobě

Konzervativně můžeme poškození paliva spojit s okamžikem začátku paro-zirkoniové reakce spojené s masivní produkcí vodíku, která předchází začátku ztráty geometrie AZ. Symptomem poškození AZ jejím tavením je tedy kromě stále narůstající teploty zejména nárůst koncentrace vodíku v kontejnmentu. Vzhledem k rychlosti produkce vodíku před ztrátou geometrie by koncentrace vodíku nemusela být zvládnutelná dostatečně rychle stávajícími rekombinátory. Na případné bezpečné zapálení vodíku v počáteční fázi však stále zůstává časová rezerva (řádově desítky minut).

Typická doba od vstupu do SAMG do porušení integrity TNR působením taveniny AZ TNR je cca 7 hodin za předpokladu, že všechny způsoby dodání chladiva do nádoby selhaly.

Zásadní strategií, která je použita v SAMG v této fázi havárie, je snížení tlaku v primárním systému jednak z důvodů snížení produkce vodíku, ale především kvůli zabránění creepovému porušení dna nádoby a vysokotlakému vypuzení taveniny z nádoby. V souladu s generickými návody je požadovaná hodnota tlaku I.O pod hodnotou 2 MPa, konkrétně pro bloky EDU je stanoveny hodnota 1 MPa. Jev nazývaný „přímý ohřev kontejnmentu“ u VVER-440 v celém objemu nehrozí nebo je nepravděpodobný. Rizikové je však zatížení stěny šachty reaktoru vysokým přetlakem plynů z primárního systému, pokud je otvor po selhání nádoby dostatečně velký, které je ještě zesíleno „přímým ohřevem“ atmosféry šachty od částic roztaveného paliva.

Snížení tlaku v primárním systému je jednou z nejvyšších priorit především k zabránění vypuzení trosek z nádoby pod vysokým tlakem, jak je popsáno v kap. II.6.3.1. Poškození paliva paro-zirkoniovou reakcí pod vysokým tlakem zároveň podstatně zvyšuje produkci vodíku, proto je nutné snížení tlaku ještě dlouho před rizikem selhání dna nádoby. K tomu účelu lze použít PVKO a OVKO.

Mezi počátkem poškození AZ a selháním nádoby lze rozlišit několik dílčích fází odpovídajících postupné ztrátě geometrie, vytváření bazénu taveniny na nosné desce a jeho selhání a postupu trosek na dno nádoby. Vzhledem k velkému množství vody ve spodní části nádoby však k selhání dna dojde až za několik hodin, samotná existence vody mu již nemůže zabránit, protože hromadící se trosky vytvoří neuchladitelnou konfiguraci.

Strategie obnovení odvodu tepla je řešena v SAMG pomocí odtlakování a především doplňováním I.O. V této fázi havárie již nelze využít chlazení I.O ze strany II.O, a proto je nutno dodat chladivo přímo do nádoby reaktoru.

Čím dříve dojde k dodávce vody, tím větší je šance k zastavení havárie a udržení taveniny v nádobě. Kromě případu, kdy je většina trosek již na dně nádoby v nepříznivé konfiguraci, je stále určitá šance zabránit selhání dna TNR. Proto návody SAMG doporučují zahájit dodávku vody v okamžiku, kdy se podaří obnovit zdroj v množství větším než je minimálním průtok potřebný k zaplavení AZ. Ten byl v SAMG stanoven jako takový průtok, který je odpařen zbytkovým teplem AZ.

Riziko selhání nádoby by podstatně snížila realizace strategie chlazení nádoby zvenčí zaplavením šachty reaktoru. Analyticky byla úspěšnost této strategie potvrzena. V rámci realizace technických řešení na úpravě přívodních potrubí vzduchotechniky do šachty reaktoru byly již připraveny nátokové otvory z podlahy boxu PG, umožňující po dokončení celé akce zaplavení místnosti šachty reaktoru. Již dříve bylo v místnosti šachty reaktoru realizováno měření hladiny a provedeno zaslepení drenáže do speciální kanalizace. Obě tyto akce podporují výše uvedenou strategii.

II.6.2.3 Po selhání tlakové nádoby reaktoru

Pokud by se nepodařilo zastavit havárii uvnitř tlakové nádoby reaktoru, došlo by k selhání její spodní části a interakci roztaveného paliva s betonem. Hlavní důsledky této fáze havárie by mohly být následující:

- Dodatečná produkce vodíku z nezoxidovaného Zr, oceli v troskách i armování betonu.
- Průnik taveniny stěnou šachty reaktoru.

Produkce vodíku při interakci taveniny s betonem dna šachty reaktoru není již zdaleka tak rychlá jako při oxidaci pokrytí. Je o dva řády nižší než produkce vodíku při reakci vodní páry se zirkoniovým pokrytím.

Průnik taveniny stěnou šachty je závažnější než průnik dnem šachty protože:

- Průnik taveniny stěnou v radiálním (horizontálním) směru je rychlejší než průnik v axiálním (vertikálním) směru.
- Stěna 2,5 m je tenčí než dno 3,1 m.
- Stěna šachty tvoří hranici kontejnmentu, dnem proniknou trosky do základové desky (podloží), kde jsou štěpné produkty zadržovány.

K poškození dna nádoby by došlo tepelným creepem. Při vyšším tlaku uvnitř nádoby to může být při nižší teplotě dna a ještě před roztavením trosek na dně. Lokalizace poškození závisí na tlaku, při vyšším tlaku je v místě největšího napětí na dně nádoby, při nízkém v místě ztenčení nádoby ve válcové části.

Po poškození nádoby TNR by došlo k relokaci materiálů z nádoby a postupně by se mohla vytvořit taková vrstva trosek s hustým uspořádáním, která by nemusela být uchladitelná. Docházelo by k protavování trosek a jejich interakci s betonem i pod případnou vrstvou vody, která by nebyla schopna odvádět teplo z důvodu, že by mohla být od trosek izolována blánovým varem. Při protavování taveniny betonem by docházelo ke vzniku vodní páry, vodíku a CO.

Na povrchu taveniny v šachtě by se vytvořila pevná krusta, která by omezovala odvod tepla z povrchu taveniny i v případě, že by byla pokryta vodou.

U reaktoru VVER-440 by byly dveře v šachtě určitou dobu chráněny tuhými troskami nebo kůrou vůči dotyku s tekutými troskami. Krusta nicméně má nízkou tepelnou vodivost. Vzhledem k napěnění taveniny a nízké teplotě tavení oceli by nejpravděpodobněji došlo k roztavení spodní části dveří a přelití části taveniny uličkou ke druhým dveřím, které by selhaly po určité době také. V každém případě nelze vyloučit malé poškozením kontejnmentu krátce po selhání dna nádoby, důsledkem selhání pryžového těsnění dveří.

Zalitím trosek v šachtě by mohly být dveře chráněny. I při porušení těsnění zůstává v záloze těsnění vnějších dveří, které by mohlo zabránit úniku vody a tím uchránit dveře. Tento způsob ochrany dveří nebyl analyzován, vše je založeno na odborném odhadu.

Pokud jsou provedena opatření k zabránění selhání dveří, pak by mohlo dojít k průniku taveniny stěnou šachty až za cca 4 dny od selhání dna nádoby. To představuje velké pozdní poškození kontejnmentu. Koncentrace štěpných produktů v atmosféře kontejnmentu by byla v té době již nízká.

Strategie chlazení taveniny je součástí návodu SAMG „Zaplavení šachty“. Současná konfigurace elektrárny dává možnost zaplavit šachtu přelivem, k tomu je ale zapotřebí vody ze dvou TH nádrží a barbotážních žlabů. Návod proto uvažuje vypuštění barbotážních žlabů včetně kontroly zavření kanalizace boxu aby se zbránilo dalším ztrátám. K čerpání vody z TH nádrží by mohla být použita sprchová TQ čerpadla, alternativně čerpadly systémů TG a TM. Strategie také uvažuje využití zásob vody ze sousedního bloku.

Hlavním přínosem strategie zaplavení trosek v šachtě reaktoru je pak chlazení ocelových dveří a zachycení štěpných produktů uvolněných při interakci taveniny s betonem.

II.6.3 Udržení integrity kontejnmentu po silném poškození paliva v aktivní zóně reaktoru

II.6.3.1 Zamezení poškození paliva/tavení při vysokém tlaku

Projektová opatření

Základním projektovým nástrojem pro zajištění odtlakování I.O jsou PVKO. Další možností je použití OVKO (jehož průtočný průřez je nižší než u PVKO) a odtlakování PG.

Provozní opatření

Již v EOPs jsou strategie na udržení dlouhodobě bezpečného stavu založeny na řízeném vychlazení a hlavně odtlakování I.O. Jednou z hlavních priorit SAMG je zabránit poškození TNR protavením taveniny AZ při vysokém tlaku, činnosti jsou také vzhledem k riziku zvýšení produkce vodíku zahájeny ještě v EOPs a následně bezprostředně po vstupu do SAMG.

I když nedojde k odtlakování I.O ještě před masivní paro-zirkoniovou reakcí, je stále dostatek času k zabránění selhání nádoby pod vysokým tlakem. Jevy spojené s produkcí vodíku, jako hoření nebo detonace, však mohou ovlivnit poměry uvnitř kontejnmentu a tím i ovládání PVKO a OVKO.

II.6.3.2 Řešení rizika vodíku uvnitř kontejnmentu

Projektová opatření včetně jejich adekvátnosti z pohledu rychlosti produkce a množství vodíku

Integrita kontejnmentu je v časné fázi havárie nejvíce ohrožena velkým požárem nebo detonací vodíku, následovaném selháním dvojitých dveří v šachtě reaktoru. V pozdní fázi havárie se k tomu přidává průnik trosek šachtou. K ohrožení kontejnmentu vodíkem by mohlo dojít po začátku poškození AZ při paro-zirkoniové reakci. Vlivem velkého povrchu pokrytí a exotermičnosti reakce je vývin vodíku velmi rychlý, řádově mezi 0,5 a 1 kg/s. Vzhledem k rychlosti produkce vodíku před ztrátou geometrie je takové množství vodíku stávajícími rekombinátory nezvládnutelné. Vývin vodíku by pokračoval i v pozdní fázi havárie při reakci taveniny s betonem na dně šachty reaktoru ovšem s již o dva řády menší rychlostí (méně než 0,01 kg/s). Z hlediska ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem v pozdní fázi by se riziko samozřejmě zvyšovalo, ovšem za předpokladu, že by do té doby zůstal kontejnment celistvý. Je velmi pravděpodobné, že mohlo dojít ke spálení velkého množství vodíku již v časné fázi, v horším případě by mohlo dojít k rychlému hoření nebo detonaci, což by vedlo k nevratnému poškození kontejnmentu a vodík by pak volně unikal. Případně vypuzené trosky AZ z nádoby reaktoru jsou také významným zápalným zdrojem vodíku.

K intenzivní produkci vodíku dochází asi 30 minut po překročení teploty plynu výstupu AZ 550 °C. Průběh produkce vodíku z paro-zirkoniové reakce je podstatně intenzivnější při

vysokém tlaku, proto jedním z prvních požadavků SAMG je pokyn na odtlakování I.O. Největší část vodíku se produkuje během jedné hodiny před relokací roztaveného paliva.

Vodík vypouštěný do kontejnmentu by mohl vést k nebezpečným výbušným koncentracím především v barbotážní šachtě, kde je nižší koncentrace vodní páry vlivem její kondenzace na povrchu žlabů. Pevnost kontejnmentu by mohla být ohrožena až při současném spálení vodíku ve velkém objemu celého kontejnmentu.

Hlavní zdroje vodíku při těžké havárii pocházejí z paro-zirkoniové reakce na povrchu pokrytí a obálek paliva v reaktoru nebo reakce páry uvolněné z betonu v šachtě reaktoru s kovy v troskách.

Kontejnmenty bloků EDU jsou vybaveny systémem likvidace pohavarijního vodíku navrženým pouze pro projektové havárie. Pro projektové LOCA havárie, kdy se produkuje jen velmi malé množství vodíku, je na jeho likvidaci k dispozici 17 rekombinátorů umístěných v kontejnmentu. O zodolnění projektu EDU v oblasti zvládání těžkých havárií bylo rozhodnuto po provedení Periodic Safety Review v roce 2006. V závěrečné fázi přípravy je projekt na vybudování systému pro účinnou likvidaci havarijního vodíku, schopný zvládnout i vodík hypoteticky vzniklý při nejhorším scénáři (z hlediska produkce vodíku) těžké havárie. Dosud provedené analýzy i zkušenosti z jiných VVER potvrdily, že takový systém složený z výkonných rekombinátorů (cca 30 ks) doplněných zapalovači pro případ fungování sprch dokáže omezit riziko urychlení plamene a vyloučit riziko přechodu k detonaci.

Provozní opatření

Ohrožení integrity kontejnmentu hořením vodíku je řešeno SAMG buď na principu záměrného zapálení nebo inertizace kontejnmentu. Každé náhodně nebo záměrně vyvolané hoření vodíku nebo jeho rekombinace snižuje koncentraci kyslíku v atmosféře a tím omezuje budoucí riziko hořením vodíku. K úplnému spotřebování kyslíku v části kontejnmentu bez plynojemů postačí spálení nebo rekombinace asi 700 kg vodíku. Další vodík produkovaný především při interakci s betonem tak pouze zvyšuje tlak v kontejnmentu, ale nepřispívá k riziku hořením vodíku (protože není k dispozici žádný kyslík).
Zapálení předpokládá vytvoření jiskry použitím elektrických zařízení uvnitř kontejnmentu.

V návodech je obsažen seznam zařízení, kterým by personál BD zkoušel manipulovat (měnit polohu armatur) s cílem vyvolat vznik jisker. Při použití zařízení na nižších výškových úrovních by se usnadnilo hoření. Použití elektrických zařízení nemusí být zcela účinné. Většina těchto zařízení jsou v izolovaném nejiskrovém provedení. Pro zapálení je ale krátký časový prostor, protože při rychlé produkci vodíku bude záhy koncentrace vodíku příliš vysoká.

K inertizaci kontejnmentu je možno omezeně použít vypuštění dusíku z hydroakumulátoru, k účinné inertizaci v současném stavu projektu je možno použít vodní páru, která oddálí riziko hoření do ještě vyšší koncentrace vodíku. Především však pravděpodobně dojde k zapálení vodíku stávajícími rekombinátory, pokud jeho koncentrace překročí v místě jejich instalace 10 %. Současné rekombinátory tedy neřeší riziko vodíku při těžké havárii, protože mohou odstranit pouze několik kg vodíku v časné fázi havárie.

V případě odtlakování I.O ještě před poškozením AZ (což je již prováděno v rámci EOPs) a pokračováním této procedury po poškození AZ je riziko detonace pozdější a lokalizované pouze v šachtě barbotáže.

II.6.3.3 Prevence přetlakování kontejnmentu

Projektová opatření včetně prostředků k omezení radioaktvních úniků, jestliže prevence přetlakování vyžaduje vypuštění páry/plynu z kontejnmentu

Projektovou funkcí kontejnmentu je zabránit únikům Ra látek do životního prostředí, případně omezit radiační následky havárie na okolí. Kontejnment tvoří poslední bariéru proti úniku aktivity a je nezávislý na ostatních bariérách. Funkce kontejnmentu je zajištěna konstrukcí a strukturou, která s jistotou odolá projektovému přetlaku 150 kPa a s velkou pravděpodobností cca dvojnásobnému přetlaku. Těsnost kontejnmentu je pravidelně kontrolována (v rámci těsnostní zkoušky PERIZ) a jsou prováděna opatření která těsnost zvyšují.

Projektová funkce kontejnmentu je zajištěna dvěma způsoby:

1. Použitím izolačních RČA na všech trasách procházejících stěnou kontejnmentu, použitím těsných průchodů a těsných průchodek všech potrubí a kabelů procházejících stěnou.
2. Minimalizací úniků omezením doby trvání vnitřního přetlaku s následným vytvořením podtlaku vůči okolí.

Systém potlačení tlaku v kontejmentu sestává ze dvou částí:

- Vakuobarbotážní systém obsahující pasivně fungujícími barbotážními žlaby, které zkondenzují vodní páru a následně zabezpečí pasivní sprchování kontejnmentu. Nezkondenzovatelné plyny a vzduch z prostředí kontejmentu se zadržují v záchytných plynojemech, které se následně automaticky oddělí od prostředí kontejnmentu.
- Sprchový systém s trojicí aktivních sprchových čerpadel.

Součinností obou systémů je zaručeno vytvoření podtlaku v kontejnmentu a úplná eliminace úniku do okolí. Správná činnost barbotážního kondenzátoru, která je podstatná pro splnění bezpečnostní funkce kontejnmentu VVER 440/213, byla prověřena v rámci Projektu PHARE/TACIS PH2.13/95 „Experimentální Kvalifikace Barbotážního Kondenzátoru“. Testy, experimenty na unikátním zařízení modelujícím boxy PG a VBK v měřítku 1:100 a konečně analýzy ukázaly, že vakuobarbotážní systém pro jaderné elektrárny VVER 440/213 (Paks, Dukovany, Bohunice a Rovno) jsou schopny odolat vyvolaným zátěžím a udržet svoji funkčnost. Je to zásadní zařízení omezující maximální tlak během havárií s velkým únikem. Zajišťuje maximální příspěvek k redukci tlaku až do podtlaku brzy po začátku LOCA havárie s velkým únikem a tím zabraňuje uvolnění radioaktivních materiálů do životního prostředí. Při rozvoji do těžké havárie nelze trvale udržet podtlak v kontejnmentu, ale z výsledků analýz vyplývá, že lze garantovat minimální přetlak a únik aktivity bude menší než 0,1 % těkavých štěpných produktů kromě vzácných plynů. Při hypotetickém selhání aktivních sprch zajistí barbotáž nižší tlak v kontejnmentu, než u klasického plnotlakého kontejnmentu, a únik do okolí méně než 1 % těkavých štěpných produktů kromě vzácných plynů. Vakuobarbotážní systém tak eliminuje nižší těsnost kontejnmentu oproti plnotlakým kontejnmentům.

To platí pro kontejnment se zachováním integrity, po její ztrátě je nutno počítat s velmi vysokým únikem aktivity do okolí, který by částečně mohl omezit fungující aktivní sprchový systém.

Ohrožení kontejnmentu EDU VVER-440/213 přetlakem plynů (s výjimkou krátkého vzrůstu tlaku při hoření vodíku) je velmi malé. Souvisí to s těmito fakty:

- Vakuobarbotážní systém kondenzuje páru a vytváří na začátku havárie podmínky podtlaku v kontejnmentu za cenu určitého natlakování jeho části – plynojemů.
- Celkový objem kontejnmentu včetně plynojemů je v porovnání se zbytkovým výkonem relativně velký, zhruba 50 000 m^3.
- Poměrně vysoká provozní netěsnost kontejnmentu několik procent hmotnosti plynu/den při projektovém tlaku podporuje snižování tlaku. Protože netěsnost má zřejmě charakter drobných trhlinek v betonu, pak vlivem aerosolů však může dojít k jejich ucpání.

Tlak 250 kPa (přetlak 150 kPa) je projektový tlak, kdy je velké poškození kontejnmentu ještě nepravděpodobné. Dle pevnostních výpočtů pro JE při přetlaku cca 290 kPa hrozí ztráta

integrity kontejnmentu asi s 5% pravděpodobnosti, přetlaku 350 kPa odpovídá 50% pravděpodobnost.

Výsledky analýz možnosti ztráty integrity kontejnmentu přetlakem vodíku ukazují, že po asi 4,5 dnech, v okamžiku průniku trosek stěnou šachty, by byl přetlak v kontejnmentu asi 120 kPa, dle odhadu, kdyby nedošlo k selhání stěny šachty, by dosáhl projektového přetlaku asi po 5 dnech. Ucpání netěsnosti mělo přitom poměrně velký vliv na průběh tlaku, pokud by k němu nedošlo, byl by maximální přetlak po 4,5 dnech cca 60 kPa.

Tlakování kontejnmentu vodní parou při selhání odvodu tepla a sprchového systému může být teoreticky rychlejší než tlakování vodíkem. Tento scénář však lze prakticky vyloučit, protože při selhání odvodu tepla dojde pravděpodobně i ke ztrátě vody a přerušení produkce páry.

Provozní a organizační opatření

Strategie zabránění přetlakování je popsána v návodu SAMG, Řízení tlaku v boxu, který je použit již při přetlaku 10 kPa. Jeho smyslem je spíše zabránit vyššímu úniku existující netěsností než budoucím ohrožení kontejnmentu přetlakem. Tomu odpovídá použití nejprve systémů kontejnmentu s odvodem tepla jako je sprchový systém nebo recirkulační ventilace při zachování tlakové hranice kontejnmentu.

Návod SAMG „Snížení tlaku v boxu“, kromě těchto systémů uvažovuje i s použitím vzduchotechnických systémů pro řízený venting, pomocí systémů vybavených filtry aerosolů a jódu (nejsou však k tomuto projektově určeny). Únik radioaktivity by byl v tomto případě omezen, neboť část vzácných plynů by zůstala zachycena v plynojemech.

Lze konstatovat, že strategie pro zabránění přetlakování kontejnmentu jsou použitelné se stávajícími prostředky a analyticky bylo potvrzeno, že není nutné vyvíjet další speciální systém filtrované ventilace pro těžké havárie.

II.6.3.4 Prevence opakované kritičnosti

Projektová opatření

Pro VVER-440 je riziko ředění bóru v pokročilé fázi havárie nižší než pro reaktory PWR. Vzhledem k použití zasunutí řídicích tyčí spolu s vysunutím části palivových kazet (37 z 349) z AZ by byla reaktivita nižší i při roztavení a relokaci řídicích tyčí.

Provozní opatření

Ve stavu ohrožení podkritičnosti AZ v preventivní fázi (EOPs), je zvýšení koncentrace bóru požadováno zejména z důvodu nezasunutí HRK a ne pro kompenzaci vnosu kladné reaktivity od poklesu teploty při vychlazování.
Po ztrátě geometrie paliva problém ředění bóru neexistuje. Geometrie vytvořená troskami uvnitř reaktoru nebo v šachtě pod reaktorem je za všech situací hluboce podkritická i při zalití čistou vodou.

II.6.3.5 Zabránění protavení základů

Možná projektová řešení pro udržení taveniny uvnitř tlakové nádoby

Konstrukce VVER-440/213 je výhodná z hlediska zadržení taveniny uvnitř nádoby reaktoru jejím chlazením zvenčí, i když se v původním projektu s tímto opatřením nepočítalo. Především zbytkový výkon reaktoru je velmi nízký, což zaručuje nízké tepelné toky na vnějším povrchu nádoby v oblasti bublinkového varu s velkou rezervou do krize varu. Nádoba nemá ve spodní části žádné průchodky. Šachta reaktoru patří mezi nejnižší místa v kontejnmentu a při ztrátě vody nouzového chlazení postačí vypuštění barbotážních žlabů k jejímu zaplavení.

O zodolnění projektu EDU v oblasti zvládání těžkých havárií bylo rozhodnuto po provedení Periodic Safety Review v roce 2006. Na blocích EDU byly již provedeny některé úpravy, které směřují k chlazení nádoby zvenčí. Především je uzavřena kanalizace na dně šachty, doplněno měření hladiny v místnosti šachtě reaktoru a upraveny přívodní trasy ventilace TL11 do místnosti šachty reaktoru včetně přípravy nátokových otvorů tak, že je možno jej osadit napouštěcími ventily. Zbývá provést určité úpravy izolace ve spodní části nádoby, aby nebránily přístupu vody k nádobě a drobné úpravy ve spodní části místnosti šachty (síta) a v horní části místnosti (odvod páry do kontejnmentu z prostoru šachty reaktoru.

Možná řešení uchladit taveninu uvnitř kontejnmentu po protavení tlakové nádoy reaktoru

Velmi účinným opatřením k ochraně kontejnmentu před pozdní fází havárie (a s tím spojených problémů jako obnovení zdroje vodíku, protavení dveří nebo šachty) by bylo zadržení taveniny uvnitř nádoby zaplavením šachty reaktoru.
Následky protavení dveří v šachtě lze zmírnit především hermetizací místnosti A0065 případně ucpáním meziprostoru mezi ocelovými dveřmi betonovými kvádry. Může být účinné chlazení trosek v šachtě vodou.

Interakce taveniny s betonem dna kontejnmentu je pro VVER-440/213 známý fenomén související s průnikem taveniny stěnou šachty, nebo ještě dříve dvojitými ocelovými dveřmi ve stěně šachty do nehermetických prostor.

Pomalejším jevem je protavení základové desky. Ta je silnější než stěna šachty, 3,1 m, a pod ní je zemina, která by přispívala k filtrování štěpných produktů. Postup průniku taveniny je obecně rychlejší v radiálním, než v axiálním směru.

Vývin vodíku v této fázi havárie ve srovnání s vývinem vodíku při paro-zirkoniové reakci v časné fázi havárie je výrazně pomalejší.

K bočnímu průniku trosek stěnou šachty by dle analýz došlo asi 4,5 dne od iniciační události za předpokladu, že by dříve nedošlo k protavení obou ocelových dveří. Voda dodaná do šachty po průniku trosek nádobou by tuto dobu mohla prodloužit a hlavně by mohla ochránit ocelové dveře.

Strategie chlazení taveniny je součástí návodu SAMG, „Zaplavení šachty reaktoru“. Dodání vody do šachty před protavením nádoby je v současné době možné jen přelivem přes postament reaktoru. K tomu je potřeba poměrně velké množství vody, zásoby dvou TH nádrží a voda z barbotážních žlabů. Tento zásah může prodloužit dobu do průniku trosek šachtou o několik až mnoho hodin. Návod SAMG předpokládá vypuštění barbotážních žlabů nebo čerpání vody z TH nádrží při provozuschopnosti TQ čerpadel. Návod také uvažuje využití zásoby vody ze sousedního bloku.

Po dokončení technických řešení dle kap. II.6.3.5 bude jiné opatření na chlazení trosek v šachtě zbytečné, protože trosky by byly zadrženy v nádobě. Pokud by ale přesto došlo

k porušení dna nádoby, byla by šachta již zaplavena a automaticky by byly chráněny ocelové dveře a alespoň oddálena interakce trosek s betonem.

Hlavní přínos strategie zaplavení trosek v šachtě je chlazení ocelových dveří. Při větším množství trosek voda zřejmě nezastaví zcela průnik taveniny betonem šachty.

Zlomové momenty týkající se časové prodlevy mezi odstavením reaktoru a roztavením aktivní zóny

Z analýz scénáře SBO, kdy dojde ke ztrátě odvodu tepla z I.O ze strany PG, vyplývá, že i bez provádění alternativních činností, které jsou popsány v EOPs, existuje relativně dlouhá časová rezerva na obnovu odvodu tepla z I.O. Teplota na výstupu AZ 550 °C byla dosažena za cca 9 h od vzniku SBO při neprovedení činností požadovaných již v preventivní fázi v rámci EOPs. Obdobné časové rezervy byly zjištěny i při scénáři „transient“ (úplná ztráta napájení PG). Pokud by bylo prováděno alternativní doplňování PG v souladu EOPs lze účinně tuto dobu prodloužit do řádu dnů.
Havárie LOCA se ztrátou všech aktivních systémů havarijního doplňování primárního chladiva by teoreticky mohly vést k poškození AZ dříve. Příkladem takových havárií je kombinace SBO+LOCA. Výsledky PSA však naznačují extrémně nízké četnosti těchto událostí, menší než 10^{-8}/rok. Analýzy těžkých havárií se tak zaměřují na pravděpodobnější scénáře LOCA, kdy ke ztrátě chlazení dojde až v recirkulační fázi provozu havarijních čerpadel SAOZ (přechod na sání z kontejnmentu). Většinou můžeme počítat se zpožděním poškození AZ vypuštěním barbotážních žlabů, takže k poškození AZ by došlo mnohem později než v případě SBO se selháním alternativních metod doplňování PG.

II.6.3.6 Potřeba elektrického napájení (AC, DC) a stačeného vzduchu pro zařízení používaná k zajištění celistvosti kontejnmentu

Projektová opatření

Integrita kontejnmentu je zabezpečena následujícími systémy:

- Systém izolace kontejnmentu – RČA ovládané stlačeným vzduchem (mají tlakové zásobníky) a RČA ovládané elektricky na systémech ventilace (provozuschopnost podmíněna napájením SZN I. kat.)
- Systém likvidace vodíku pro projektové události obsahuje pasivní autokatalytické rekombinátory (i po případném doplnění výkonnějších) nevyžaduje elektrické napájení.
- Pasivní část vakuo-barbotážního systému obsahuje mechamické klapky, které nevyžadují elektrické napájení
- Aktivní část vakuo-barbotážního systému – aktivní sprchový systém vyžadující SZN II. kat. - i jeho dlouhodobé selhání však nevede ke ztrátě integrity kontejnmentu.

Zajištění nezbytných energií pro funkčnost těchto systémů je uvedeno v kap. II. 1.1.1.3.

Provozní opatření

Většina strategií popsaných v SAMG (doplňování vody do kontejnmentu, odvod tepla, udržování tlaku v kontejnmentu) vyžaduje pro úspěšnou implementaci alespoň omezenou dostupnost elektrického napájení.

II.6.3.7 Měřící a řídící instrumentace potřebná pro zajištění celistvosti kontejnmentu

Bloky EDU jsou vybaveny systémem měření koncentrace vodíku. Systém měření koncentrace vodíku obsahuje 15 snímačů s rozsahem do 10 % rozmístěných v různých místnostech kontejnmentu.

Pro těžké havárie může dojít k určitému poškození některých měřicích čidel požáry vodíku. Přesto by měla být větší část měření potřebných k provádění SAMG dostupná.

Mez měření koncentrace vodíku 10 % by mohla být při požárech vodíku překročena. Omezený rozsah měření koncentrace vodíku nepředstavuje příliš velký problém, protože přechod ze strategie založené na zapálení vodíku na strategii pro zabránění hoření by měl být proveden při nižších koncentracích vodíku než je 10 %. Nedostatkem související se zvládáním problematiky vodíku je absence měření koncentrace vodní páry v kontejnmentu. Proto SAMG obsahují výpočetní pomůcky, které nahrazují chybějící informaci.

Pro vyhodnocení ztráty chlazení AZ se používá měření teploty na výstupu z AZ. Je nutno počítat s postupnou ztrátou termočlánků na výstupu AZ. Na potvrzení účinnosti jednotlivých strategií jsou důležité hladinoměry a měření tlaku. Kromě měření hladiny v samotné šachtě budou pravděpodobně dostupné a nepoškozené (např. hladiny v TH nádržích).

Měření tlaku, teploty a hladiny vody na podlaze kontejnmentu fungují při normálním provozu bloku a i při havarijních stavech nebyly však speciálně projektovány pro těžké havárie. Předpokládá se však jejich částečné zachování i v podmínkách těžké havárie. Rozhodující pro ochranu integrity kontejnmentu je především měření tlaku, na jehož základě je vydáno rozhodnutí provést filtrovanou nebo nefiltrovanou ventilaci kontejnmentu k ochraně integrity při růstu tlaku nad 300 kPa (pokud by takového přetlaku bylo vůbec dosaženo). Jak měření, tak odpovídající zásah vyžadují funkci SZN I.

Pro posouzení ohrožení kontejnmentu přetlakem jsou k dispozici měření přetlaku v kontejnmentu s dostatečným rozsahem (450 kPa), který jsou umístěny na více místech. Očekává se, že alespoň jedno z měření by mělo odolat i průběhu těžké havárie.

Pro identifikaci interakce taveniny s betonem dna kontejnmentu nejsou k dispozici žádná přímá měření, ale lze ji identifikovat z měření popsaných dále a odhadnout dle výpočetní pomůcky uvedené v SAMG, uvedené indikátory však nejsou přesné jako přímé měření. Interakci taveniny s betonem dna kontejnmentu lze identifikovat na základě nepřímých měření, která jsou dostupná v PAMS. Těmito měřeními jsou měření tlaku, teploty a hladiny v boxech PG a především v šachtě a nádobě reaktoru, pokud toto předchozí měření odolá podmínkám těžké havárie. Ještě lepší je indikace tlaku v primárním systému, který poklesne na tlak v kontejnmentu (pokud tak nepoklesl již dříve). Začátek nového zvyšování koncentrace vodíku v kontejnmentu by mohl být další indikátor, obsah vodíku v kontejnmentu by však byl pravděpodobně mimo měřicí rozsah 10 % nebo velmi nepřesný vlivem ochuzení o kyslík.

Základním měřením při velkém úniku štěpných produktů jsou měření dávkových příkonů a aktivity. Pro měření dávkových příkonů a aktivity lze využít měření v kontejnmentu a vně kontejnmentu, dávkových příkonů a aktivity v komínech a měření z teledozimetrického systému umístěném na plotě elektrárny. Rozsahy všech těchto měření jsou navrženy jak pro provozní, tak pro havarijní a pohavarijní podmínky.

Radiační měření s rozsahy pro havarijní a pohavarijní podmínky jsou realizována v systému CISRK a nejsou dosud zavedena do PAMS.

II.6.3.8 Schopnost zvládnout havárii v případě tavení zóny/poškození paliva na více blocích současně

Bloky EDU jsou stavebně propojené do dvojbloků, avšak technologicky jsou jednotlivé bloky vzájemně nezávislé. Dvojblokové uspořádání navíc umožňuje v případě nouze využití médií i s vedlejšího bloku prostřednictvím společných pomocných systémů. Činnosti při zvládání havárií na jednotlivých blocích JE jsou řízeny z HŘS (TPS a HŠ) a zásahy na jednotlivých blocích jsou prováděny provozním personálem příslušného bloku. Podle aktuální situace na jednotlivých blocích lze kapacity operativně přesouvat z bloku na blok. Při vzniku havárie na jednom bloku má personál TPS k dispozici návod pro rozhodnutí o způsobu provozu a provedení nutných činností na sousedním bloku. V případě rozvoje události do těžké havárie na více blocích by se používaly stejné návody SAMG pro všechny bloky, nicméně situace na jednotlivých blocích by se vyhodnocovala odděleně a TPS a HŠ by prováděl nezbytnou koordinaci mezi činnosti na jednotlivých blocích.

II.6.3.9 Závěry o adekvátnosti systému zvládání těžkých havárií pro zajištění celistvosti kontejnmentu

Pro zmírňování následků těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v SAMG, jejichž hlavní prioritou je zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. Pro zvládání nadprojektových a těžkých havárií jsou vždy využívány všechny dostupné technické prostředky, i ty které nejsou prioritně projektovány pro zvládání těžkých havárií. Použití těchto prostředků je popsáno v příslušných strategiích obsažených v EOPs a SAMG. Strategie jsou orientovány na úspěch, tj. jedním z vedlejších cílů SAMG je obnovení provozuschopnosti systémů a zařízení v co největším rozsahu, přičemž implementace dané strategie kterýmkoli popsaným způsobem vede k úspěchu. Úspěchem se zde rozumí splnění hlavních cílů SAMG, tj. uvedení bloku do kontrolovaného stabilního stavu a omezení úniku radioaktivních látek.
I když existuje několik diverzních systémů pro implementaci každé strategie, byla v rámci zhodnocení opatření pro ochranu integrity kontejnmentu identifikována možnost úniku radioaktivních látek do okolí v důsledku ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem při těžké havárii a omezených možností pro zabránění ztrátě integrity kontejnmentu v důsledku protavení TNR a posléze dna kontejnmentu.

Některá opatření pro zvládání havárií mohou být velice riziková (ohrožení osob, velké úniky aktivity, zničení JE, apod.). Tato rizika musí být předem pečlivě posouzena a pracovníci zodpovědní za řízení zvládání havarijní situace musí být schopni rozhodnout i o přijetí takto rizikových opatření.

Dlouhodobé po-havarijní činnosti z hlediska zvládání těžkých havárií spočívají v pokračování v činnostech po zajištění odvodu tepla a eliminace výskytu vysoce-energetických jevů (hoření nebo detonace vodíku apod.) v závislosti na stavu bloku. V tomto případě může být velmi problematické přesně definovat v jakém stavu se blok nachází a tím i definovat možné hrozby. Nicméně, po uvedení bloku do kontrolovaného stabilního stavu je splněn základní předpoklad pro ukončení SAMG. Před odchodem ze SAMG a pokračování v dlouhodobých pohavarijních činnostech je ještě v rámci SAMG popsáno, jakým způsobem co nejpřesněji identifikovat stav bloku, určit rozsah poškození a dlouhodobá rizika.

Dlouhodobé pohavarijní činnosti se posouvají z fáze hledání vhodného opatření do fáze zajištění dlouhodobé funkčnosti nalezených a aplikovaných úspěšných opatření, tj. např. zajištění, že nedojde k výpadku alternativního zdroje dodávky vody z jakéhokoliv důvodu (ztráta napájení, vyčerpání zásoby vody, selhání komponent). Souvisí to tedy i s hledáním alternativ k již úspěšně implementovaným opatřením, tj. hledání dalších opatření, které po

jejich zajištění okamžitě nahrazují již aplikované nebo jsou v záloze pro případ ztráty aktuálně implementovaných opatření.

II.6.3.10 Opatření k posílení schopnosti udržet celistvost kontejnmentu po těžkém poškození paliva

Pro zvýšení schopnosti udržet integritu kontejnmentu po vážném poškození paliva byly již v rámci PSR navrženy prostředky pro zajištění integrity kontejnmentu (tj. zabránění úniku štěpných produktů) při těžké havárii (likvidace vodíku, lokalizace taveniny).

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie, jsou uvedeny v následující tabulce. Všechna uvedená opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 22: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (po těžkém poškození paliva) na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Integrita kontejnmentu při těžké havárii	Zvýšení kapacity systému likvidace havarijního vodíku	II	Nález PSR
Lokalizace taveniny AZ	Chlazení taveniny z vnějšku TNR	II	Nález PSR

II.6.4 Opatření k odvrácení radioaktivních úniků

II.6.4.1 Radioaktivní úniky po ztrátě integrity kontejnmentu

Projektová opatření

Nekontrolované úniky štěpných produktů z elektrárny po poškození AZ mohou představovat hrozbu pro zdraví a bezpečnost obyvatelstva. Velký únik (General emergency dle Vnitřního havarijního plánu) je definován jako únik, který přesáhne kritérium pro vyhlášení radiační MU-3 dle Havarijního plánu.

V závislosti na průběhu havárie může být aktivita uvolněna:

- Přímo do kontejnmentu a po ztrátě jeho integrity do okolí
- Přes PG do sekundárního systému a okolí
- Do nehermetických místností
- Do systému TVD.

Při hodnocení úniků štěpných produktů by byly zvažovány biologické účinky ionizujícího záření, které mají dvojí povahu – stochastické a deterministické. Z hlediska účinků stochastických, pro které neexistuje prahová hodnota nelze stanovit žádné mezní podmínky. Z hlediska účinků deterministických je při stanovování mezních podmínek nutné vycházet z příslušné legislativy a normativní dokumentace. Stanovování mezních podmínek z hlediska biologických účinků úniků štěpných produktů je nad rámec tohoto hodnocení.

Provozní opatření

Strategie jsou popsány v SAMG, návod „Omezení úniku štěpných produktů“ a „Zmírnění následků úniků štěpných produktů“. Jednotlivé činnosti pro omezení úniku štěpných produktů se liší podle trasy, kudy jsou štěpné produkty uvolňovány. V případě úniku do kontejnmentu a poškozeným nebo netěsným kontejnmentem do okolí je primárním způsobem snížení úniku použití sprchového systému TQ, které je velmi účinné, v případě jeho nedostupnosti použití ventilačních systémů vybavených odvodem tepla.

Jako primární a velmi účinné opatření při úniku přes PG je použito zavření HUA na poškozené smyčce, další opatření zmíněná v SAMG jsou proveditelná na parovodech PG.

Z hlediska ochrany personálu a obyvatelstva je v rámci POHO zřízena Rychlá mobilní monitorovací skupina, která v postižených sektorech monitoruje a vyhodnocuje radiační situaci. Pro potřeby preventivních opatření vyhlašovaných pro ochrany obyvatelstva je k dispozici SW prostředek RTARC – viz kap. II.6.1.2.

II.6.4.2 Zvládání havárie po obhalení horní částí paliva v bazénu paliva

Bazény skladování paliva jsou umístěny v reaktorovém sále společném pro dva bloky. Analýza průběhu havárií v bazénu skladování pro odstavené stavy je plánována v roce 2012. Bude analyzováno chování bazénu v režimu 6, tj. při výměně paliva, v režimu 7 při kompletním vyvezení paliva z reaktoru, a režimech 1 až 5, kdy je bazén skladování i s reaktorovým sálem hermeticky oddělen od kontejnmentu.

Chlazení bazénu skladu vyhořelého paliva (BSVP) je realizováno dvěmi chladícími okruhy. Každý chladící okruh zahrnuje oběhové čerpadlo a tepelný výměník. Tepelné výměníky jsou chlazeny technickou vodou důležitou (TVD 1 a TVD 3). Čerpadla chlazení BSVP i čerpadla TVD jsou rovněž napájena z DG.

Pro alternativní doplňování a odvod tepla z BSVP v případě úplné ztráty normálního chlazení BSVP (ať už z důvodu poklesu hladiny, ztráty chladiva nebo po přerušení odvodu tepla) je popsána strategie s použitím akumulačních schopností nádrží systémů SAOZ. Dále se uvažuje s možností doplňování BSVP chladivem z vedlejšího bloku, případně prostřednictvím techniky HZSp. Nejsou k tomu ovšem zpracovány detailní postupy.

Problematika chlazení BSVP respektive úniku chladiva z chladícího okruhu TG je řešena v rámci EOPs. Zbytkový výkon paliva lze po omezenou dobu odvádět do nádrží SAOZ. Akumulační schopnosti při plně zaplněných nádržích SAOZ jsou na cca 4 dny.

Hluboká podkritičnost vyhořelého paliva v bazénu skladování je zaručena jednak chladivem o koncentraci bóru 12 g/kg a jednak použitím bórované oceli v konstrukci skladovacích mříží. Samotné použití bórované oceli zaručuje podkritičnost i v případě, že vyhořelé palivo by bylo chlazeno čistou vodou. Kromě toho by se v případě varu odpařovala pouze voda (očekává se jen nepatrné strhávání bóru unikající parou) a tudíž případné doplňování čistou vodou nevede k významnému snižování koncentrace kyseliny borité v chladivu.

Alternativně je uvažováno s doplňováním chladiva z barbotážních žlabů, chladiva ze sousedního bloku a zaléváním BSVP z reaktorového sálu prostředky HZSp. Postupy však nejsou dosud podrobně zpracovány.

Po přerušení odvodu tepla z BSVP by došlo k trvalému zvyšování teploty, které by bylo významné zvláště při zaplnění horního roštu. Bez obnovení odvodu tepla by nejprve docházelo k odhalování paliva v horní vrstvě, s následným rizikem porušení pokrytí a tavení paliva v časné fázi těžké havárie.

Vzhledem k tomu, že bazény skladu nejsou umístěny v hermeticky oddělitelných prostorech (pouze plášť reaktorové budovy), následoval by únik radioaktivních látek do okolí JE. Při vzniku paro-zirkonové reakce by do prostoru reaktorového sálu unikal vodík.

Vzhledem k existenci alternativního způsobu odvodu tepla pomocí jeho akumulací v nádržích SAOZ se nepředpokládala dlouhodobá ztráta odvodu tepla z BSVP, protože z hlediska doby na provedení činností pro obnovení chlazení vyhořelého paliva uloženého v BSVP je situace příznivější, než při ztrátě odvodu tepla z AZ. Proto pro poškození vyhořelého paliva uloženého v BSVP nebyly prováděny žádné analýzy.

V současném stavu projektu nejsou k dispozici alternativní systémy chlazení resp. doplňování chladiva do BSVP.

Riziko hromadění vodíku

Riziko vodíku v reaktorovém sále, tedy mimo kontejnment, bylo ohodnoceno a z výsledků analýz vyplývá, že i selhání chlazení v obou bazénech by pravděpodobně nevedlo k takové koncentraci vodíku v reaktorovém sále, která by mohla dosáhnout meze hoření vodíku.

Hromadění vodíku v jiných prostorách je teoreticky možné, ale nebylo podrobněji kvantifikováno, protože velká část vodíku by shořela přímo v kontejnmentu.

Samovolným nebo záměrným spálením nebo rekombinací vodíku klesá riziko jeho hromadění mimo kontejnment. Po spotřebování veškerého kyslíku v části kontejnmentu však může k hromadění docházet, jak je zmíněno v kap. II.6.3.2.

K úniku nahromaděného vodíku z kontejnmentu do jiných místností nebo budov by mohlo dojít:

a) přirozenými netěsnostmi kontejnmentu,
b) v případě nedostatečné izolace kontejnmentu,
c) úmyslnou ventilací kontejnmentu.

Ad a) Problematika kumulace vodíku mimo kontejnment z důvodu jeho přirozené netěsnosti dosud nebyla podrobněji řešena, protože je nevýznamná ve srovnání s akumulací vodíku uvnitř kontejnmentu a tedy hrozbou poškození kontejnmentu výbuchem vodíku jak ukázaly výsledky analýz vodíkového rizika.

Ad b) Většina oddělovacích armatur kontejnmentu (RČA) je poháněna VT vzduchem (s tlakovým zásobníkem na několik cyklů), ovládání je zabezpečeno ze SZN I. kategorie (akubaterie). Armatury jsou kvalifikované na havarijní podmínky, a tudíž by v časné fázi havárie nemělo dojít k selhání jejich uzavření.

Ad c) S tímto případem se v této fázi havárie a prakticky ani dalších fázích nepočítá.

Riziko hromadění vodíku mimo kontejnment z výše uvedených důvodů je nevýznamné.

Zajištění odstínění záření

V důsledku i částečného poškození paliva by pravděpodobně došlo ke kontaminaci reaktorového sálu obou bloků radioaktivními látkami uvolněnými z nataveného paliva

umístěného v BSVP. V tomto případě by se reaktorový sál stal hůře přístupným a činnosti na alternativní chlazení BSVP prostředky HZSp by mohly být ztíženy. V režimech 6 a 7 , kdy je kontejnment propojen s reaktorovým sálem, by mohlo dojít k současnému zamoření a ztížení přístupnosti kontejnmentu.

Omezení úniků po těžkém poškození vyhořelého paliva v bazénu paliva

Postupy na řešení havárie spojené s tavením paliva v BSVP dosud nejsou k dispozici. Personál BD ani TPS sice nemá k dispozici návody tzv. Shutdown SAMG (SAMG pro odstavené stavy). Nicméně dostupné možnosti jsou známy a spočívají v pokračování doplňování vody a odvodu tepla a případné izolování úniku z BSVP podle předpisu EOPs. K poškození by došlo po poměrně dlouhé době s výjimkou režimu 7, což dává dostatečný čas pro operativní řešení.

Zásadní opatření k omezení úniku do okolí je zastavení nebo zpomalení havárie zalitím BSVP vodou. Připravuje se nouzový systém zalití bazénů, který bude sklouben s dalšími opatřeními v reaktorovém sále, vylučujícími přítomnost obsluh.

Reaktorový sál má velký objem což má pozitivní vliv na ředění štěpných produktů. Další možná opatření omezující únik jsou následující:

V případě úniku aktivity z BSVP (nebo z reaktoru v režimu 6) okamžitě vypnout velkokapacitní systémy ventilace reaktorového sálu, tento postup je již uveden v existujících EOP pro odstavené stavy.

Poté co veškerý personál opustí reaktorový sál je důležité těsné uzavření všech přístupů personálu do reaktorového sálu.

V případě, že je blok v režimu 6 nebo 7, tj. při výměně paliva nebo úplném vyvezení paliva z reaktoru, kdy je kontejnment zpravidla propojen s reaktorovým sálem více průchody, je nutno vypnout ventilační systémy kontejnmentu, zajistit odchod veškerých osob z kontejnmentu a urychleně uzavřít všechny přístupy do kontejnmentu bloku v režimu 6 nebo 7. Tato opatření jsou vynucena faktem, že nelze rychle oddělit kontejnment od reaktorového sálu.

Instrumentace potřebná k monitorování stavu vyhořelého paliva a k zvládnutí havárie

Měření charakterizující stav BSVP (teplota, hladina, průtok TG) jsou k dispozici pouze na panelech BD. Měření parametrů souvisejících s chlazením BSVP není vyvedeno na ND ani není k dispozici v PAMS. Obdobně není k dispozici PAMS měření Ra situace na sále v blízkosti BSVP.
Vzhledem k velkému objemu reaktorového sálu, jeho nižší těsnosti a nízkému zbytkovému výkonu paliva se nepředpokládají tak nepříznivé podmínky jako uvnitř kontejnmentu. Většina měření tak zůstane dostupná. Nejdůležitější jsou přitom měření aktivity v atmosféře a hladiny vody v BSVP. Dostupnost měření je více diskutována v kap. II.6.3.7.

Dostupnost a obyvatelnost blokové dozorny

Místnosti BD a ND jsou umístěny v místnostech sousedících s kontejmentem. Tato část by mohla být zasažena radiací při vyšším tlaku a současně vysokých dávkách uvnitř kontejnmentu nebo při velkých únicích štěpných produktů z kontejnmentu. Provádění zásahů dle EOPs resp. dle pokynů TPS při vstupu do SAMG předpokládá zachování obyvatelnosti BD. O přechodu personálu BD na ND může v odůvodněných případech rozhodnout SI nebo BI nebo VRB. Použití dýchacích přístrojů na BD je v kompetenci VRB.
Před dokončením zodolnění BD, ND se počítá s dočasnou evakuací personálu na příkaz velitele HŠ na základě vyhodnocení radiační situace při naplnění kritérií v zásahové instrukci

(dále by bylo možno uvažovat jen krátkodobé vstupy pro provedení zásahů). Problematika trvalé obyvatelnosti BD je diskutována v kapitole II.6.1.3.

Přímý vliv havárií v kontejnmentu na obyvatelnost BD zasaženého bloku průnikem stěnou kontejnmentu do BD a ND bude dále hodnocen.

V počáteční fázi ztráty chlazení BSVP do začátku varu a snižování hladiny v BSVP je možný přístup na reaktorový sál. V důsledku poklesu hladiny v bazénu skladování a varu chladiva by došlo k nárůstu dávkového příkonu v blízkosti bazénu a jeho okolí by bylo nepřístupné. Postupně by se aktivita šířila po celém sále i do prostoru sousedního bloku a veškerý personál by byl nucen reaktorový sál opustit.

V důsledku i částečného poškození paliva by došlo ke kontaminaci reaktorového sálu obou bloků aktivitou a jeho nedostupnosti. V režimech 6 a 7 může být kontejnment propojen s reaktorovým sálem, proto by v těchto režimech došlo k současné kontaminaci a nedostupnosti kontejnmentu. Obyvatelnost všech BD by mohla být nepřímo ovlivněna v důsledku úniku z reaktorového sálu do okolí a nasátím aktivity ventilací nebo přímým zářením z prostoru před BD.

II.6.4.3 Závěry o adekvátnosti opatření k zamezení radioaktivních úniků

I když je zabránění ztrátě integrity kontejnmentu, jako poslední bariéry proti úniku štěpných produktů do okolí spolu s omezením úniku štěpných produktů hlavním cílem SAMG, jsou v SAMG rovněž popsány strategie pro ukončení nebo alespoň snížení úniků štěpných produktů po ztrátě integrity kontejnmentu, které využívají veškeré dostupné prostředky.

K systematickému využití všech dostupných možností pro omezení úniků z reaktorového sálu budou vytvořeny příslušné návody.

II.6.4.4 Potenciální opatření k posílení schopnosti zamezit radioaktivním únikům

I když existuje několik diverzních systémů pro implementaci každé strategie zvládání havárií, byly v oblasti zvládání těžkých havárií identifikovány příležitosti pro další zvýšení bezpečnosti. V oblasti technické připravenosti se jedná o dostatečnost alternativních technických prostředků pro zabezpečení plnění bezpečnostních funkcí při ztrátě všech projektových SSK. O zodolnění projektu EDU na následky těžkých havárií bylo rozhodnuto již v rámci PSR. V oblasti technických řešení je připravováno zvýšení kapacity stávajícího systému likvidace havarijního vodíku. To souvisí s tím, že při současných projektových schopnostech nelze úplně vyloučit možnost ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem produkovaným při těžké havárii. Obdobně je rozpracován projekt zabraňující poškození kontejnmentu taveninou vzniklou při těžké havárii, všechna opatření k zajištění možnosti vnějšího zaplavení TNR nejsou dosud dokončena.

V oblasti administrativního řízení nejsou doposud dokončeny Návody pro zvládání těžkých havárií pro odstavené stavy a případy poškození paliva v BSVP.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie, jsou uvedeny v následující tabulce. Všechna uvedená opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 23: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem) na EDU

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Integrita kontejnmentu při těžké havárii	Zvýšení kapacity systému likvidace havarijního vodíku	II	Nález PSR
Lokalizace taveniny AZ	Chlazení taveniny z vnějšku TNR	II	Nález PSR
Předpisy	Zpracovat „shutdown SAMG“ pro odstávku / Těžkou havárii v BSVP	I	Nález PSR

III Jaderná elektrárna Temelín

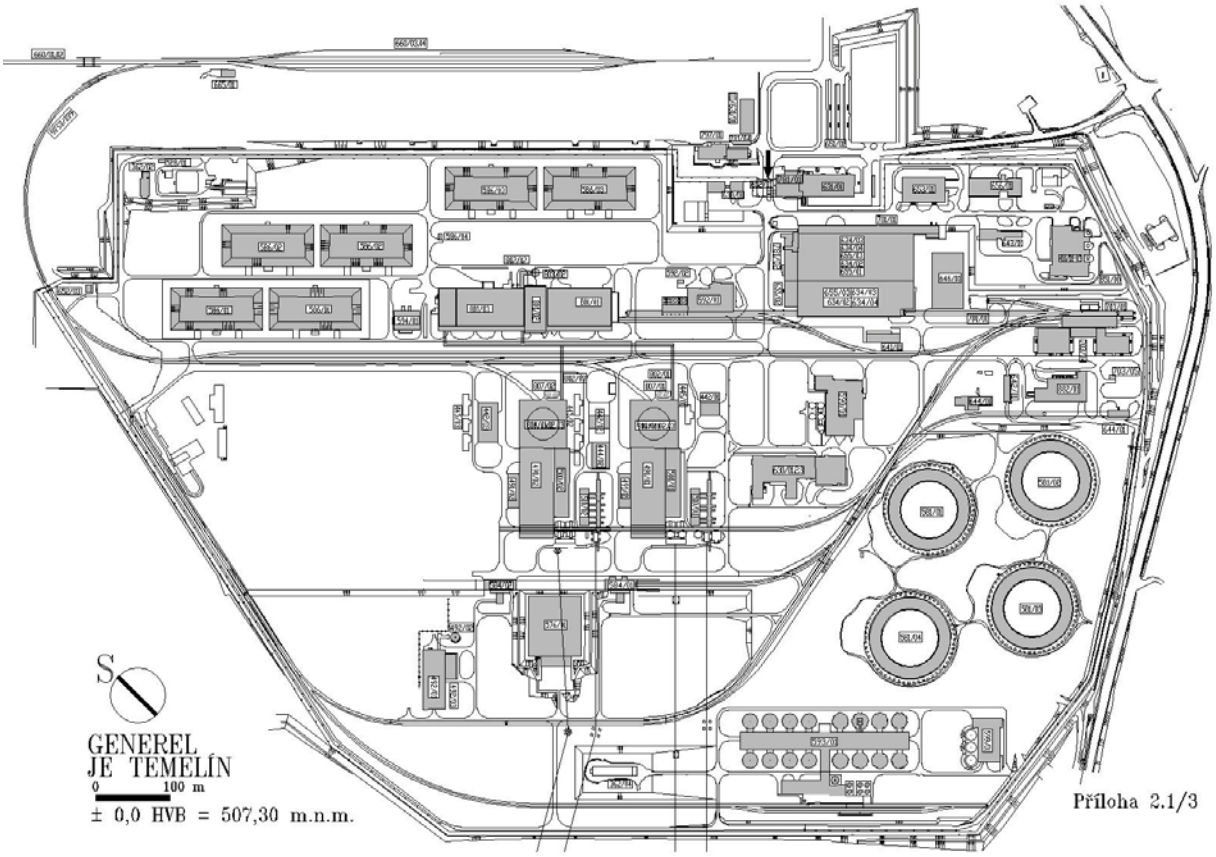
III.1 Všeobecné údaje o lokalitě/elektrárně

III.1.1 Stručný popis charakteristik lokality

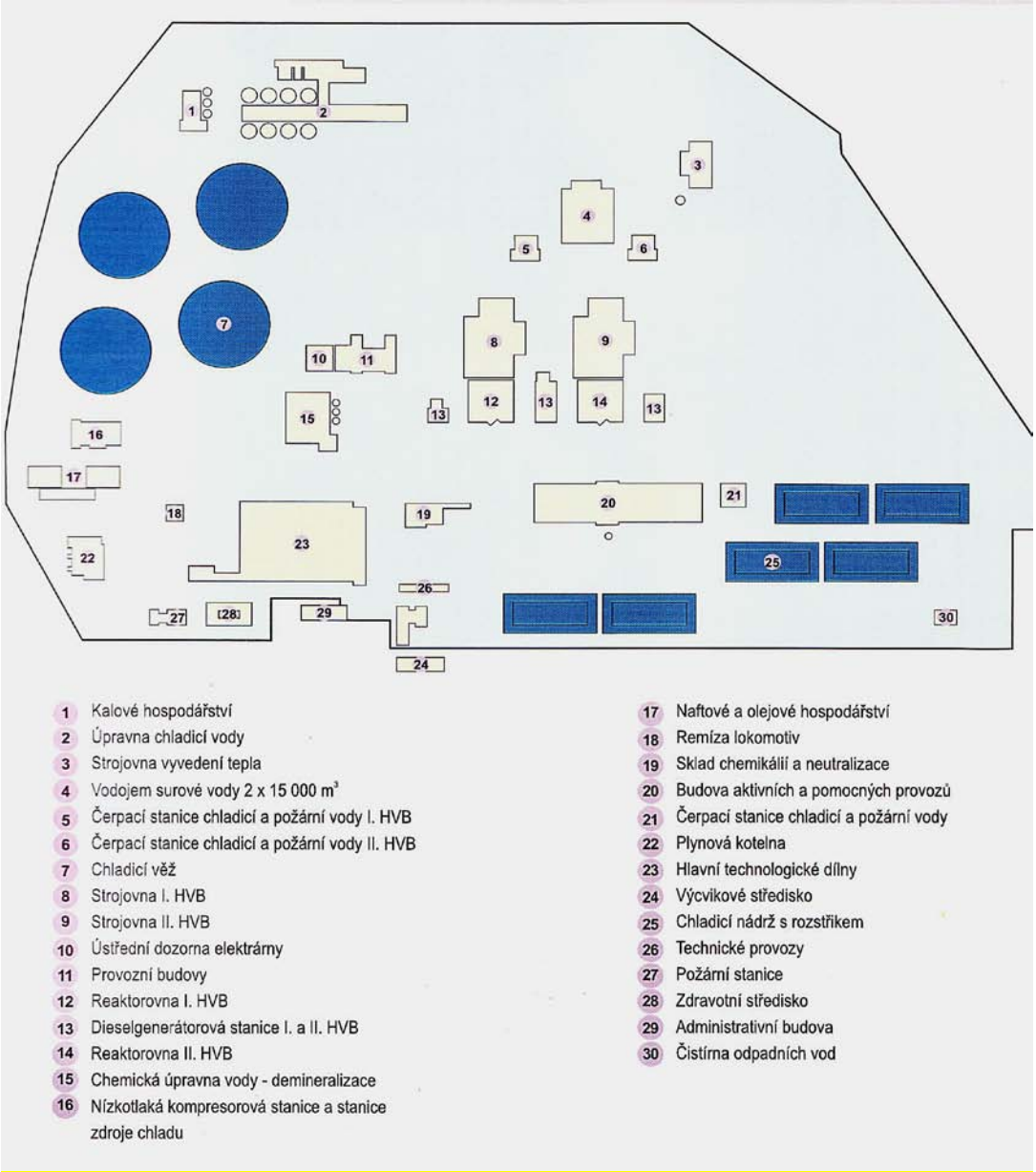
Jaderná elektrárna Temelín (ETE) je umístěna v jižních Čechách asi 25 km severně od Českých Budějovic v nadmořské výšce 507,3 m n.m.

Jaderná elektrárna je tvořena dvěma jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory. Nejbližším městem je Týn nad Vltavou ležící 5 km severovýchodně od elektrárny. Elektrárna čerpá vodu pro technologické účely z přehradní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě (cca 5 km východně od lokality). Koncovým jímačem tepla je atmosféra.

V lokalitě ETE jsou umístěny Sklad čerstvého jaderného paliva a Sklad vyhořelého jaderného paliva. Vyhořelé jaderné palivo je skladováno v obalových souborech typu CASTOR chlazených přirozenou cirkulací vzduchu v SVJP. Vzhledem k pasivnímu principu chlazení obalových souborů nehrozí ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkci po vzniku iniciační události a tudíž SVJP není předmětem tohoto hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv.



Obr. 22: Uspořádání objektů JE Temelín



Obr. 23: Uspořádání objektů v jaderném zařízení JE Temelín

Držitelem povolení k provozu všech jaderných zařízení umístěných v lokalitě je ČEZ a.s., Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4. Řízená štěpná reakce (kritický stav) byla na prvním bloku poprvé dosažena dne 11. 10. 2000, na druhém bloku poprvé dne 31. 5. 2002.

Aktuálně platná povolení k provozu byla vydána pro první blok Rozhodnutím SÚJB č.j. 22888/2010 ze dne 4.10.2010, pro druhý blok Rozhodnutím SÚJB č.j. 19173/2004 ze dne 11. října 2004. Platnost obou povolení je 10 roků.

III.1.1.1 Hlavní charakteristiky bloků

Jaderná elektrárna je tvořena dvěma jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory VVER-1000 sériového provedení typu V 320, z nichž každý má nominální výkon 3000 MWt. Primární okruh tvoří reaktor, kompenzátor objemu a čtyři chladicí cirkulační smyčky, každá s hlavním cirkulačním čerpadlem a parogenerátorem horizontálního typu.

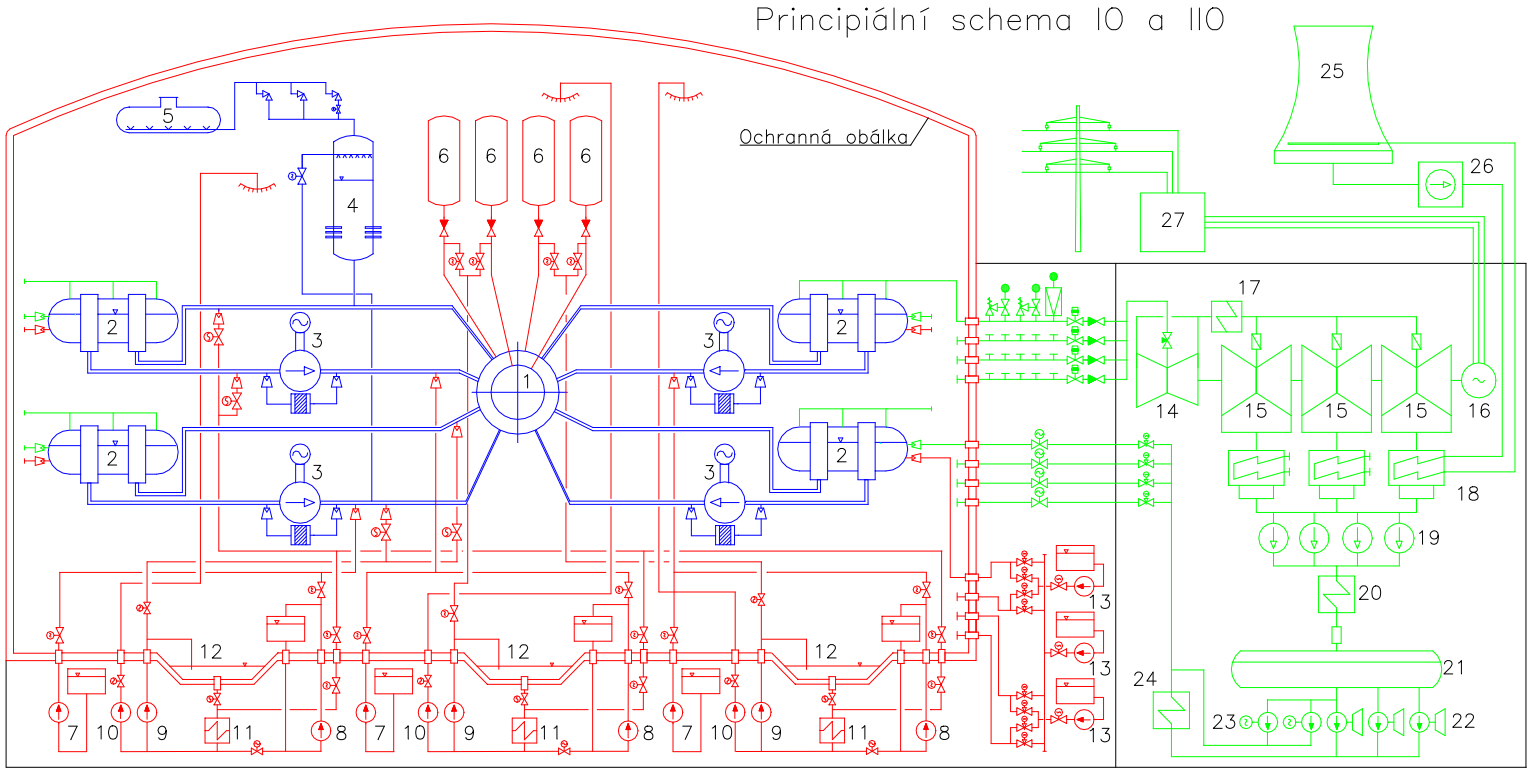
Zařízení primárního okruhu je umístěno v hermetické obálce (kontejnmentu) z předpjatého betonu. Ochranná obálka se skládá z válcové konstrukce o vnitřním průměru 45 m, uzavřené

polokulovým vrchlíkem. Vnitřní povrch ochranné obálky je pokryt hermeticky těsnou ocelovou vystýlkou. Uvnitř kontejnmentu jsou rovněž umístěny bazény skladování vyhořelého paliva, kam se vyváží vyhořelé palivo z aktivní zóny reaktoru. Po snížení zbytkového výkonu je vyhořelé palivo přemístěno do obalového souboru a odvezeno do skladu vyhořelého jaderného paliva (kapacita na dobu životnosti elektrárny).

Reaktor (resp. aktivní zóna reaktoru) je chlazený a moderovaný lehkou vodou primárního okruhu, která je čerpána přes aktivní zónu hlavními cirkulačními čerpadly. Teplo akumulované v chladivu je po průchodu reaktorem předáváno v parogenerátorech vodě sekundárního okruhu. Tlak primárního okruhu je udržován kompenzátorem objemu.

Sekundární okruh se skládá ze zařízení na výrobu páry (sekundární strana PG), systému napájecí vody, z jednoho turbogenerátoru s nominálním elektrickým výkonem 1000 MWe a systému regenerace.

Aktivní bezpečnostní systémy mají redundanci 3 x 100 % a jsou vzájemně nezávislé a fyzicky oddělené. Pasivní bezpečnostní systémy (hydroakumulátory uvnitř kontejnmentu) mají redundanci 2 x 100 %. Je zajištěna seismická odolnost všech redundantních bezpečnostních systémů, včetně elektrického napájení a systémů řízení a dalších pomocných systémů. Záložní zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seismicky odolné (podléhající kvalifikaci jako pro bezpečnostní systémy). Existují i záložní neseismicky odolné zdroje elektrického napájení pro systémy související s bezpečností. Projekt disponuje diverzifikovanými systémy pro zajištění plnění základních bezpečnostních funkcí.



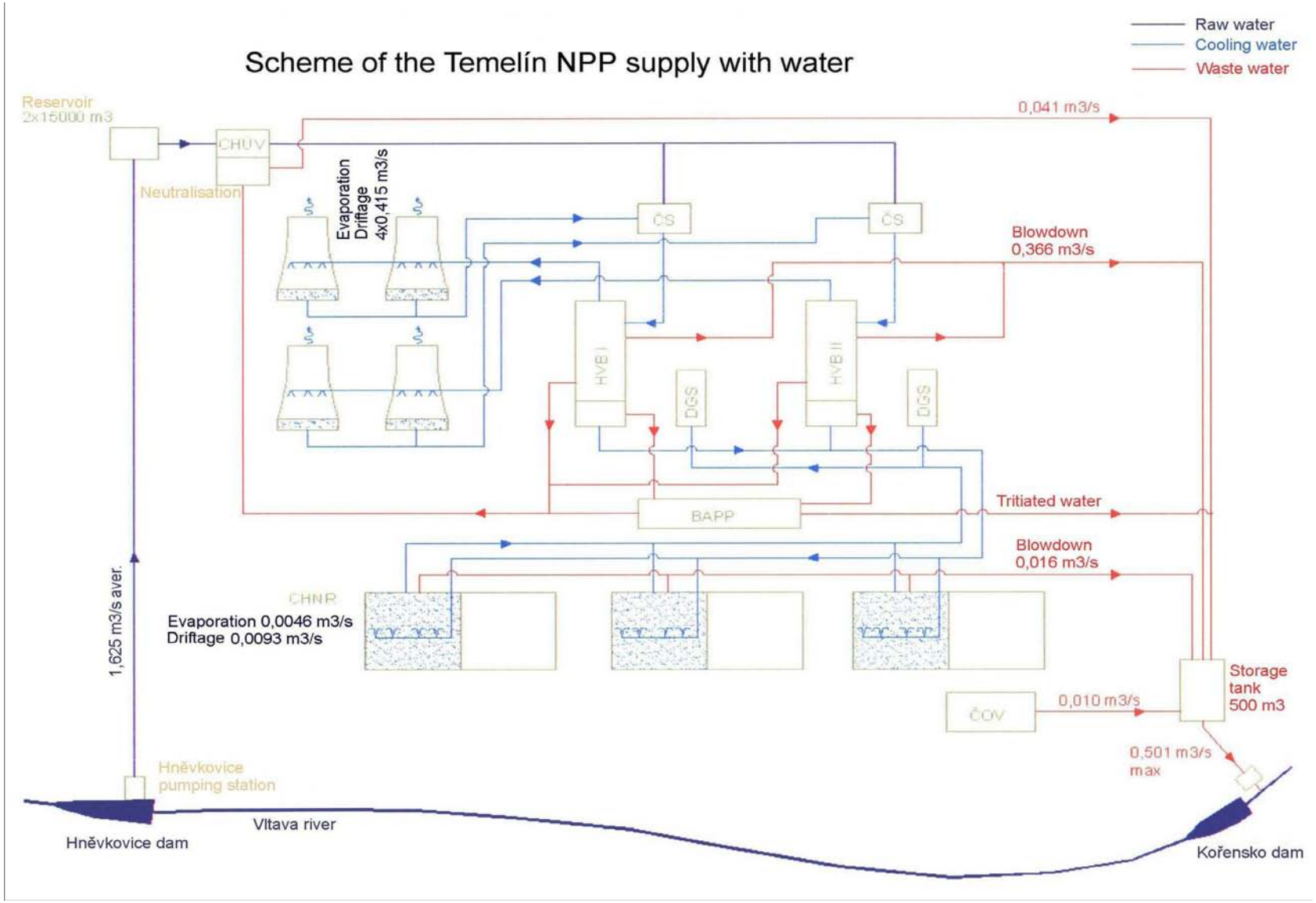
1	Tlakovodní reaktor
2	Parogenerátory
3	Hlavní cirkulační čerpadla
4	Kompenzátor objemu
5	Barbotážní nádrž
6	Tlakové zásobníky
7	VT doplňovací čerpadlo
8	Havarijní vstřikovací čerpadlo
9	Havarijní dochlazovací čerpadlo

10	Sprchové čerpadlo
11	Tepelný výměník HSCHZ
12	Nádrž zásoby kyseliny borité (GA201)
13	Havarijní napájecí čerpadlo
14	Vysokotlaký díl turbíny
15	Nízkotlaké díly turbíny
16	Generátor
17	Separátor – přihřívák
18	Kondenzátor

19	Kondenzátní čerpadla
20	NT regenerace
21	Napájecí nádrž
22	Turbonapaječky
23	Elektronapaječky
24	VT regenerace
25	Chladící věže
26	Čerpací stanice
27	Transformátor vyvedení výkonu

Obr.2

Obr. 24: Technologické schéma ETE



Obr. 25: Zásobování ETE vodou

Elektrárna čerpá vodu pro technologické účely z přehradní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě (cca 5 km východně od lokality). Koncovým jímačem tepla je atmosféra. Zbytkové teplo je za normálního provozu do atmosféry odváděno prostřednictvím chladících věží (dvě na blok), v havarijních stavech přes parogenerátory a přepouštěcí stanice do atmosféry nebo přes systém technické vody důležité a chladící nádrže s rozstřikem.

S vnější elektrickou sítí je lokalita spojena dvěma linkami 400 kV a dvěma linkami 110 kV přes rozvodnu Kočín.

III.1.1.1.1 Bezpečnostně významné úpravy bloků

Na základě výsledků nezávislých mezinárodních misí, expertíz a auditů, návrhů českých specialistů a požadavků SÚJB, byla navržena celá řada technických modifikací úvodního projektu. Mezi významné bezpečnostní modifikace patří:

- Záměna systému kontroly a řízení, včetně nového projektu (Westinghouse).
- Záměna původního radiačního monitorovacího systému, včetně projektu.
- Záměna a doplnění diagnostického systému.
- Náhrada původních kabelů za nehořlavé a oheň nešířící.
- Významné úpravy v elektrické části (elektrické ochrany, doplnění společných dieselgenerátorů, zvýšení kapacity akumulátorových baterií, atd.).
- Ochrana vysokoenergetického potrubí na úrovni +28,8 m – montáž omezovačů švihu, aplikace konceptu „no break zone / superpipe“.
- Kvalifikace bezpečnostně významných komponent, zejména bezpečnostních ventilů (funkční kvalifikace PSA, kvalifikace PV PG na průtok vody a průtok směsi pára-vzduch, kvalifikace PVKO a OVKO pro práci s vodním médiem).
- Integrita tlakové nádoby a tlakově-teplotní šok, dlouhodobý program hodnocení svědečných vzorků, analýzy tlakově-teplotních šoků.
- Integrita komponent primární smyčky – kvalifikace nedestruktivních kontrol.
- Instalace lokální seismologické sítě.
- Implementace koncepce řešení nadprojektových havárií.
- Ochrana proti přetlakování I.O za studena.

III.1.1.1.2 Periodické hodnocení bezpečnosti (Periodic Safety Review – PSR)

Na JE Temelín bylo provedeno PSR v období 9/2008 – 9/2009. Proces příprvy a zpracování PSR ETE byl obdobný jako pro PRS EDU.

Komplexní hodnocení v rámci PSR identifikovalo obdobné příležitosti ke zvýšení bezpečnosti, jaké jsou uvedeny v této zprávě. Některé z nich jsou dnes ve fázi předprojektové přípravy a byly by realizovány i bez ohledu na toto nové hodnocení. Jedná se zejména o zvýšení odolnosti projektu ETE vůči následkům těžkých havárií, (jehož součástí je zvýšení kapacity systému likvidace vodíku, lokalizace taveniny AZ mimo tlakovou nádobu reaktoru a alternativní doplňování vody do jímky kontejnmentu). V oblasti administrativní a personální jde o vytvoření SAMG a PSA Level 2 pro odstavené stavy a úpravy simulátoru umožňující simulovat podmínky přechodu z havarijních podmínek do prvních fází těžké havárie jako prostředku pro školení a výcvik personálu. Realizace navržených opatření v této oblasti se v ETE předpokládá nejpozději do roku 2018 (do následujícího PSR).

III.1.1.1.3 Popis hlavních bezpečnostních systémů

Projekt JE Temelín zajišťuje plnění těchto základních bezpečnostních funkcí:

1. Bezpečně odstavit reaktor a udržet jej v podmínkách bezpečného odstavení.
2. Odvádět zbytkové teplo z aktivní zóny reaktoru a z použitého vyhořelého paliva.

3. Omezit úniky radioaktivních látek tak, aby úniky nepřekročily stanovené limity.

Systémy, které se podílí na zajištění těchto bezpečnostních funkcí jsou klasifikovány jako systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, ketré se dále dělí na

1. Bezpečnostní systémy (safety systems)
2. Systémy související s bezpečností (safety related systems).

Systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, tj. bezpečnostní systémy a systémy související s bezpečností, jsou zařazeny mezi vybraná zařízení (classified equipment) a jsou v souladu s legislativními požadavky rozděleny do tří bezpečnostních tříd (safety class) podle jejich významu z hlediska bezpečnosti.

Technologické systémy, konstrukce a komponenty jsou klasifikovány i z hlediska seismické odolnosti. Všechny bezpečnostní systémy (a část systémů souvisejících s bezpečností) jsou zařazeny do první kategorie seismické odolnosti.

Pro bloky tohoto typu je typická schopnost zajišťovat základní bezpečnostní funkce následujícími vícenásobnými diverzními systémy v režimech normálního a abnormálního provozu a v havarijních podmínkách:

- **Podkritičnost** je při výkonovém provozu (za normálních a abnormálních podmínek) zajišťována pasivními i aktivními prostředky - mechanická regulace (pád klastrů do AZ vlastní váhou) a systémy pro doplňování a bórovou regulaci (systémy související s bezpečností). Pro havarijní podmínky a při nemožnosti použít výše uvedené systémy jsou k dispozici bezpečnostní systémy, vysokotlaké aktivní bezpečnostní systémy s vysokou koncentrací kyseliny borité, nízkotlaké aktivní a pasivní bezpečnostními systémy s odstavnou koncentrací kyseliny borité.
- **Odvod tepla** je při výkonovém provozu (za normálních a abnormálních podmínek) zajišťován horizontálními parogenerátory s velkou zásobou vody, které produkují páru pro turbínu. Pro odvod tepla na nízkých výkonech jsou určeny přepouštěcí stanice do kondenzátoru, redukční stanice, technologické kondenzátory – vše zařazeno mezi systémy související s bezpečností. Z kondenzátorů turbiny zajišťuje odvod tepla do koncového jímače (atmosféry) cirkulační okruh chladící vody s chladícími věžemi s přirozeným tahem. Pro havarijní podmínky a při nemožnosti použít výše uvedené systémy jsou k dispozici bezpečnostní systémy - přepouštěcí stanice do atmosféry, případně pojistné ventily parogenerátorů, nízkotlaký aktivní systém havarijního chlazení s odvodem tepla pomocí TVD s redundancí 3 x 100 % s vnitřní redundancí 100 + 100 % aktivních prvků (čerpadel) uvnitř každé ze tří rovnocenných divizí. Odvod tepla ze systému TVD do atmosféry je realizován pomocí chladících nádrží s rozstřikem, rovněž v koncepci 3 x 100 %.
- **Zamezení úniků štěpných produktů** z aktivní zóny je zajištěno fyzickými bariérami – matricí a pokrytím paliva, tlakovou hranicí primárního okruhu, plnotlakým kontejnmentem (cca 60 000m^3) s udržováním podtlaku. Z bazénu vyhořelého paliva (umístěného v kontejnmentu) je za normálních a abnormálních podmínek zajištěn odvod tepla redundantním (3 x 100 %) systémem odvodu tepla z bazénů VP (systémy související s bezpečností) alternativně v případě nedostupnosti tohoto systému bezpečnostním systémem s dodávkou chladiva od bezpečnostního sprchového systému s odparem do kontejnmentu. Za havarijních podmínek (při vzniku LOCA nebo HELB) je aktivována izolace kontejnmentu od okolí s uzavřením rychločinných armatur na hranici kontejnmentu, odvod tepla a snižování tlaku v kontejnmentu zajišťují aktivní bezpečnostní sprchové systémy (s redundancí 3x100 %) s odvodem tepla pomocí TVD do chladících nádrží s rozstřikem.

Podrobnější popisy včetně způsobu řešení nadprojektových stavů jsou uvedeny v následujících kapitolách.

III.1.1.1.3.1 Řízení reaktivity

Podkritičnost aktivní zóny

Aktivní zóna reaktoru je navržena tak, aby výsledný účinek okamžitých zpětných vazeb v AZ působil proti rychlému zvýšení reaktivity ve všech provozních stavech s kritickým reaktorem. Reaktor a AZ jsou navrženy tak, aby pracovaly se zápornou hodnotou teplotního koeficientu reaktivity. Zvýšení teploty moderátoru tedy vede ke snížení reaktivity systému, což způsobí, že teplota moderátoru má tendenci vrátit se ke své původní hodnotě. Zvýšení reaktivity, která mají za následek též zvýšení teploty moderátoru, budou tedy výkonově omezená a povedou k nastolení stabilních provozních podmínek.

Provozní systémy řízení reaktivity

Pro řízení reaktivity jsou určeny dva nezávislé systémy založené na různých technických principech:

- Mechanický systém řízení a odstavení reaktoru včetně vypínačů napájení pohonů regulačních orgánů.
- Systém normálního doplňování a regulace kyselinou boritou.

Mechanický systém řízení a odstavení reaktoru je zařazen mezi BS.

Ochrana reaktoru zajišťuje aktivaci pádu všech klastrů do aktivní zóny za účelem zastavení řetězové reakce.

Pád všech klastrů je zajištěn rozepnutím vypínačů napájení. Pod klastrem se rozumí svazek 18-ti proutků, absorbujících neutrony.

Klastry plní následující funkce:

- Zajišťují rychlé přerušení řetězové reakce v reaktoru pádem do aktivní zóny.
- Podílí se na automatické regulaci s cílem udržení výkonu reaktoru na zadané hladině a přechodu z jedné výkonové hladiny na druhou.
- Kompenzují rychlé změny reaktivity (výkonový a teplotní efekt).

Celkem je použito 61 klastrů rozdělených do 10 skupin. Klastry se dělí do 6-ti skupin pro odstavení reaktoru (za provozu jsou v úplně vysunuté poloze) a 4 regulačních skupin (pohybují se se vzájemným přesahem a mohou být řízeny automaticky i ručně). Všechny skupiny se podílejí na funkci rychlého odstavení reaktoru pádem do AZ působením gravitace. Systém tvoří následující hlavní zařízení:

- Vypínače (střídavého a stejnosměrného) napájení jako součást rozvaděče.
- Klastry.

Klastry jsou umístěny v tlakovodním reaktoru v reaktorovně uvnitř kontejnmentu, vypínače jsou umístěny v rozvodně elektro v obestavbě reaktorovny.

Systém normálního doplňování a odpouštění I.O. a borové regulace je zařazen mezi systémy související s bezpečností.

Tento systém slouží k doplňování I.O a regulaci koncentrace kyseliny borité v chladivu I.O. Za účelem snížení koncentrace kyseliny borité v I.O se část chladiva odpouští přes filtry a odplyňovač doplňování do nádrží nečistého kondenzátu. Doplňování I.O se provádí čistým kondenzátem přes odplyňovač borové regulace. Zvyšování koncentrace kyseliny borité v I.O se provádí zavedením koncentrátu bóru na sání doplňovacích čerpadel. Ohřev doplňovací vody v odplyňovačích je zajišťován topnou párou přiváděnou ze strojovny. Systém zároveň zajišťuje odvod a ochlazení chladiva z I.O na přečištění a návrat přečištěného chladiva zpět do I.O přes odplyňovač doplňování. Systém rovněž zajišťuje zahlcování ucpávek HCČ.

Systém odpouštění a doplňování tvoří jeden technologický okruh. Doplňovací agregáty jsou řešeny redundantně s principem 3x100 %, dva z nich jsou napájeny ze systému zajištěného napájení (každý z jiného společného DG).

Zařízení a potrubí je umístěno vně a uvnitř kontejnmentu. Regenerační výměník odvodu vody I.O a dochlazovač jsou umístěny v kontejnmentu. Doplňovací agregáty, odplyňovač doplňování, odplyňovač borové regulace a chladič páry odplyňovače jsou umístěny mimo kontejnment. Stejně tak chladič doplňovací vody, dochlazovač, chladiče vody odlehčovacího zařízení a chladič kondenzátu jsou umístěny mimo kontejnment.

Doplňovací agregáty, tvořené dvojicí sériově řazených čerpadel jsou umístěny v samostatných místnostech, jsou tedy vzájemně fyzicky odděleny.

Ke své činnosti potřebuje systém normálního doplňování jako podpůrný systém olejové hospodářství. Každé čerpadlo doplňování a bórové. regulace má autonomní systém olejového hospodářství, který zahrnuje čerpadla, chladiče, filtry a nádrž. Z olejové nádrže je olej přiváděn čerpadlem do chladiče. Z chladiče jde část přímo k hydraulické spojce čerpadla a část oleje přes filtr k ložiskům a ozubenému převodu a odtud zpět do nádrže. Zařízení olejového hospodářství doplňovacích čerpadel je umístěno v reaktorovně mimo kontejnment s tím, že pro každý agregát je jeho olejové hospodářství umístěno v samostatných místnostech, které jsou vzájemně oddělené a tím jsou olejové systémy vzájemně nezávislé. Napájení olejových čerpadel je řešeno analogicky, jako elektrické napájení doplňovacích agregátů.

Pro zajištění dodávky kyseliny borité pro doplňování do I.O slouží další pomocné a podpůrné systémy, především systém dodávky kyseliny borité, který je rovněž zařazen mezi systémy související z bezpečností.

Úkolem tohoto systému je skladování koncentrátu H_3BO_3 a jeho doplňování do primárního okruhu. Systém tvoří dvě skladovací nádrže koncentrátu H_3BO_3 a tři čerpadla. Do každé ze dvou zásobních nádrží je samostatnými trasami přiveden koncentrát H_3BO_3 jednak od čistící stanice koncentrátu a jednak z přípravny chemických reagentů. Z nádrže je koncentrát (40 g H_3BO_3/kg) doplňován čerpadly do sání doplňovacích čerpadel.

Alternativně lze na sání doplňovacích čerpadel přivést roztok kyseliny borité z nádrží nečistého kondenzátu přes odplyňovač normálního doplňování.

Nádrže a čerpadla koncentrátu bóru jsou umístěna v místnostech vně kontejnmentu.

Bezpečnostní systémy

Kromě provozních systémů řízení reaktivity jsou pro zajištění bezpečnostní funkce řízení reaktivity určeny vysokotlaký systém havarijního chlazení AZ a systém havarijního bórování, oba zařazeny mezi bezpečnostní systémy.

Tyto systémy slouží ke zmírnění průběhu a následků havárií spojených se ztrátou těsnosti I.O, případně II.O (LOCA resp. HELB). Za normálního provozu bloku na jmenovitém nebo sníženém výkonu je zařízení v pohotovosti, připraveno zasáhnout v případě havarijní situace. Za havarijní situace, z hlediska řízení reaktivity, tento systém zabraňuje nepřípustným přechodovým procesům spojeným se změnami reaktivity.

Systémy jsou řešeny se systémovou redundancí 3x100 % včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace).

Systém VT havarijního vstřiku bóru je tvořen s trojicí pístových čerpadel a systém VT havarijního chlazení AZ trojicí odstředivých čerpadel. Každé z čerpadel má vlastní nádrž se zásobou koncentrovaného roztoku kyseliny borité (40 g/kg). Všechna čerpadla jsou napájena ze systému zajištěného napájení (DG).

Systém je umístěn v reaktorovně vně kontejnmentu a výtlačná potrubí procházejí do kontejnmentu a napojují se na primární okruh. Čerpadla jsou umístěna v samostatných, vzájemně oddělených místnostech bezpečnostních systémů.

Nádrže VT systému havarijního doplňování jsou umístěny uvnitř kontejnmentu ve vzájemně oddělených prostorech, nádrže VT havarijního vstřiku bóru jsou umístěny mimo kontejnment ve vzájemně oddělených místnostech.
Kromě toho pro zajištění podkritičnosti aktivní zóny je pro havarijní podmínky k dispozici další zásoba roztoku kyseliny borité v nádrži-jímce kontejnmentu, společné pro VT, NT HSCHZ a sprchový systém kontejnmentu. Dostatečně vysoká koncentrace kyseliny borité je i v hydroakumulátorech, které tvoří pasivní systém havarijního chlazení AZ.

Podkritičnost bazénu skladování vyhořelého paliva

Podkritičnost vyhořelých palivových souborů uložených v BSVP je zajištěna dvěma nezávislými způsoby:

- Geometrií a materiálovým provedením skladovacích mříži umístěných v BSVP.
- Koncentrací kyseliny borité v objemu bazénu.

Podkritičnost je zajištěna i v případě zaplnění bazénu skladování vyhořelého paliva čistým kondenzátem.

III.1.1.1.3.2 Odvod tepla z reaktoru do koncového jímače tepla

Tabulka 24: Pro jaderné bloky VVER1000 na JE Temelín se rozlišují tyto režimy bloku:

Režim	Název	Tepelný výkon	Střední teplota v I.O.	k_{ef}
1	Výkonový provoz	≥2 % N_{NOM}	> 260 °C	≥ 0,99
2	Nevýkonový stav	< 2 % N_{NOM}	> 260 °C	≥ 0,99
3	Horký stav	Zbytkový	> 260 °C	< 0,99
4	Polohorký stav	Zbytkový	260 °C >$T_{stř}$ ≥150 °C	< 0,99
5	Studený stav	Zbytkový	150 °C > $T_{stř}$ ≥70 °C	< 0,99
6	Odstávka	Zbytkový	< 70 °C	< 0,98

Při určité konfiguraci zařízení s odstaveným reaktorem může být pravděpodobnost poškození AZ vyšší, než při provozu bloku na plném výkonu. Ze všech režimů provozu bloku je nejrizikovější konfigurací ztráta systému odvodu zbytkového tepla v režimu 6 při hladině v reaktoru v ose studených nátrubků.

Při provozu primárního okruhu na ose studených nátrubků s jaderným palivem v AZ musí být na zabezpečení chlazení AZ kladen zvláštní důraz. Snižování hladiny v reaktoru je povoleno až po snížení zbytkového výkonu na úroveň, kterou lze bezpečně odvést systémem odvodu zbytkového tepla. V tomto provozním stavu (zejména brzy po odstavení reaktoru) je v I.O velký zbytkový výkon v kombinaci s malým objemem chladiva a dále existují i určitá organizační omezení, jako jsou opravy nebo revize na některých zařízeních nebo neexistence automatických zásahů řídícího systému. Proto existují v případě ztráty chlazení nebo při neřízené ztrátě chladiva minimální časové rezervy na obnovení chlazení, popř. vyhledání a ukončení úniku. Z těchto důvodů je při snížené hladině v reaktoru zavedena řada technických a administrativních omezení pro snížení rizika ztráty odvodu zbytkového tepla

na minimum (zabezpečení dostatečné zásoby chladiva a technických prostředků pro opětovné zaplnění I.O, trvalá přítomnost vybraných pracovníků na BD atd.).
Následující kapitoly popisují způsoby odvodu tepla z AZ do UHS v režimech 3 až 6, tj. režimy, kdy blok byl odstaven a je nutné zajistit odvod tepla z I.O do koncového jímače tepla až do stavu s možností roztěsnění I.O a odvodu zbytkového tepla po jeho roztěsnění při nízké hladině v reaktoru.

III.1.1.1.3.3 Existující prostředky pro odvod tepla

Pro zajištění odvodu tepla z AZ je možné využít provozní systémy (zařazené mezi nedůležité, resp. systémy související s bezpečností), ale také další systémy, zařazené do kategorie bezpečnostních systémů.

Provozní systémy odvodu tepla z AZ

Normálním provozním systémem pro odvod tepla od AZ do koncového jímače tepla je odvod tepla přes sekundární okruh s tím, že odvod tepla z AZ je zajišťován pomocí nucené cirkulace (pokud jsou HCČ v provozu), nebo pomocí přirozené cirkulace. V režimu dochlazování bloku je pára z PG odváděna do kondenzátoru turbíny a teplo je z kondenzátoru odváděno cirkulační chladící vodou do chladících věží s přirozeným tahem. Kondenzát je z kondenzátoru vracen pomocnými nebo hlavními kondenzátními čerpadly do napájecí nádrže, odkud je voda dodávána do PG pomocnými nebo turbonapájecími napájecími čerpadly. Pomocná čerpadla slouží pro doplňování kondenzátu nebo napájecí vody v Režimech 2 a 3.
Pro odvod tepla lze použít rovněž pomocný kondenzátor a teplo je z kondenzátoru odváděno technickou vodou nedůležitou do chladících věží s přirozeným tahem. Při vychlazování, po snížení parametrů v I.O na hodnoty, kdy už je odvod tepla do kondenzátoru turbíny neefektivní, je odvod tepla realizován pomocí nízkotlakého systému chlazení AZ (bezpečnostní systém), který v tomto režimu pracuje jako normální provozní systém. Odvod tepla z I.O se realizuje ve výměnících HSCHZ, odkud je teplo odváděno pomocí TVD. TVD odevzdává teplo do atmosféry v chladících nádržích s rozstřikem. Návrat ochlazeného chladiva I.O z výměníků HSCHZ zpět do I.O zajišťují v tomto režimu NT čerpadla HSCHZ.

Bezpečnostní systémy

V případě nedostupnosti systémů normálního provozu uvedených v předchozích popisech jsou k dispozici systémy zařazené do kategorie bezpečnostních systémů.
Odvod tepla z I.O je realizován pomocí nucené nebo přirozené cirkulace chladiva. Odvod tepla v II.O je v tomto případě realizován přes neuzavřený okruh, tj. přes přepouštěcí stanice do atmosféry, resp. přes PV PG do atmosféry. Tento režim bývá označován jako sekundární feed&bleed. Při nedostupnosti pomocných napájecích čerpadel zajišťují dodávku vody do PG havarijní napájecí čerpadla (s redundancí 3x100 %).

V případě nemožnosti použít pro odvod tepla z I.O sekundární odvod tepla odpouštěním páry do atmosféry (přes přepouštěcí stanice do atmosféry, resp. přes PV PG) nebo při únicích chladiva z I.O, existuje možnost alternativního odvodu tepla z AZ metodou primárního „feed&bleed“, řízeným doplňováním chladiva do I.O pomocí HSCHZ a odvodem chladiva z I.O do kontejnmentu. V tomto režimu by bylo teplo odváděno přes výměníky HSCHZ chlazené TVD a přes CHNR do atmosféry.

Ostatní systémy

Využití dalšího zařízení (nad rámec jejich projektového určení) je popsáno v kapitole III.6 Severe Accident Management.

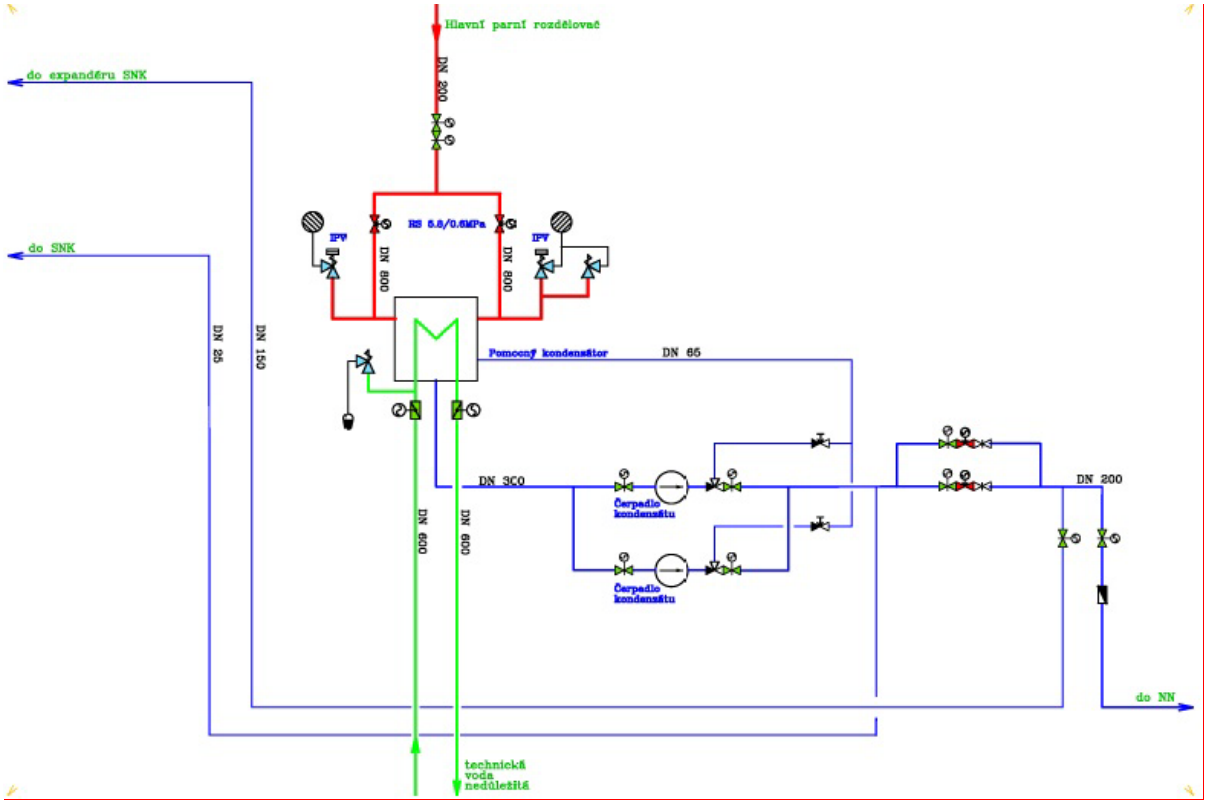
III.1.1.1.3.4 Informace o uspořádání řetězce k odvodu tepla

Provozní systémy

Systém pomocných napájecích čerpadel je určen k napájení parogenerátoru při najíždění a odstavování bloku. Je tvořen dvěma elektricky poháněnými napájecími čerpadly, která sají vodu z napájecí nádrže a výtlak je zaveden do společného napájecího kolektoru PG za VT ohřívače napájecí vody. Čerpadla a armatury jsou napájeny ze systému zajištěného napájení (každé čerpadlo z jiného společného DG). Zdrojem vody pro pomocná napájecí čerpadla je napájecí nádrž, umístěná v mezistrojovně na podlaží +30,0 m.

Obr. 26: Celkový přehled systémů napájení PG vodou

Pro udržování bloku v horké rezervě lze při výkonu reaktoru menším, než 3 % použít pomocný kondenzátor. Pára je v tomto případě přiváděna do pomocného kondenzátoru přes regulační ventily, které udržují zadanou hodnotu tlaku v parovodech, teplo je odváděno do atmosféry pomocí technické vody nedůležité přes chladící věže a kondenzát čerpán zpět do napájecí nádrže. Pomocný kondenzátor je umístněn ve strojovně na podlaží ± 0,00 m.



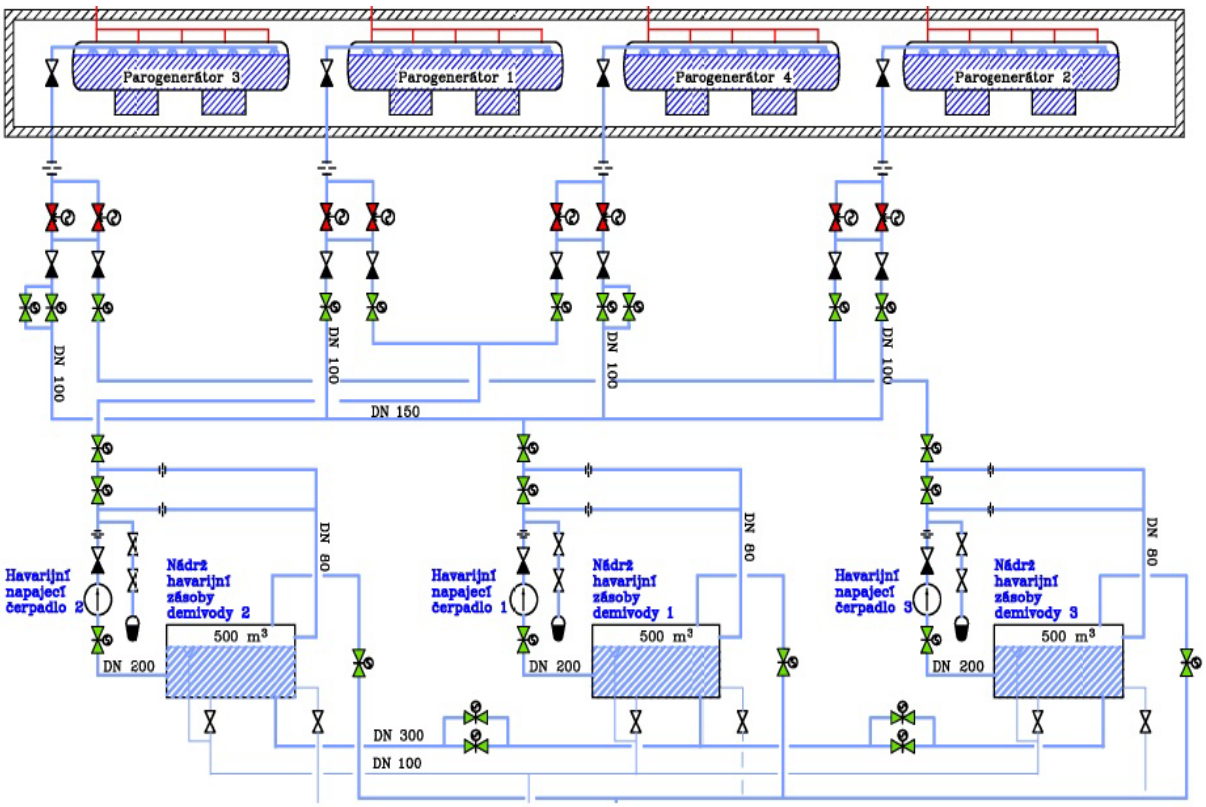
Obr. 27: Systém pomocného kondenzátoru

Systém odvodu zbytkového tepla se používá při plánovaném dochlazování při teplotě I.O menší než 150°C a tlaku v I.O menším než 1,7 MPa. Při tlaku v I.O větším než 1,7 MPa nelze připojit systém normálního dochlazování z důvodu přípustných parametrů na výměník HSCHZ. Rychlost dochlazování je normálně 30 °C/hod, maximální rychlost dochlazování při havarijních stavech je 60 °C/hod. Systém odvodu zbytkového tepla může být provozován v režimu přímé cirkulace chladiva, kdy se dodává studené chladivo do studené větve cirkulační smyčky / pod AZ a horké chladivo se odvádí z horké větve smyčky č. 4 do výměníku HSCHZ a na sání NT čerpadla havarijního doplňování. Při snížené hladině v reaktoru je systém odvodu zbytkového tepla provozován v režimu obrácené cirkulace chladiva, kdy se dodává studené chladivo do horké větve cirkulační smyčky/nad AZ a horké chladivo se odvádí ze studené větve smyčky č. 4 do výměníku HSCHZ (ze kterého je vydělené teplo odváděno do koncového jímače systémem TVD) a na sání NT čerpadla havarijního doplňování. (schéma systému – viz Principielní schéma havarijních systémů a systému odvodu zbytkového tepla).

Bezpečnostní systémy

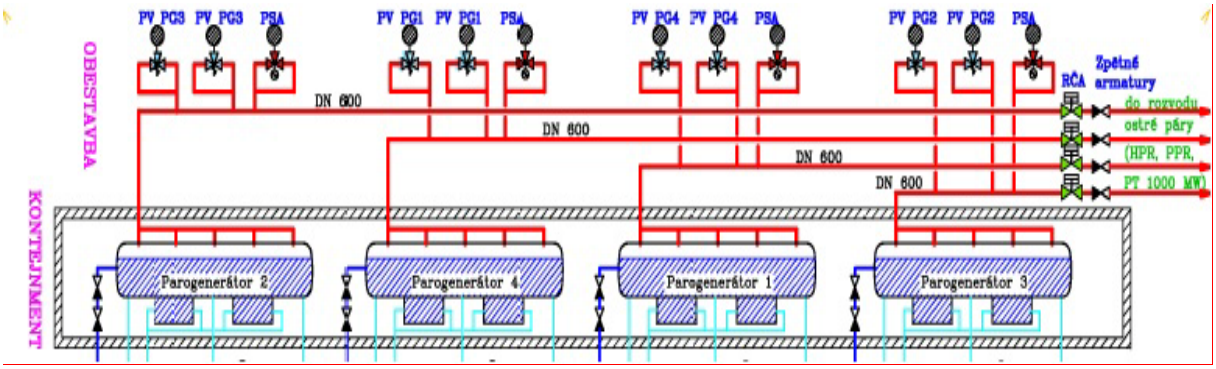
Systém havarijního napájení PG je určen k zabezpečení napájení PG v případě nepřípustného poklesu hladiny ve dvou PG. Systém se skládá ze tří nezávislých kanálů (s redundancí 3x100 %), z nichž každý zahrnuje havarijní napájecí čerpadlo, nádrž demivody o objemu 500 m^3 a potrubní trasy. Pro možnost využití zásoby vody z nádrží jsou všechny tři nádrže propojeny potrubím dvěma dvojicemi oddělovacích armatur.

Zásobní nádrže demivody, včetně jejich propojení jsou umístěny v samostatné místnosti. Havarijní napájecí čerpadla a armatury systému havarijního napájení jsou umístěny v obestavbě reaktorovny v samostatných vzájemně oddělených místnostech.



Obr. 28: Systém havarijního napájení PG

Přepouštěcí stanice do atmosféry zajišťují bezpečnostní funkci odvodu tepla z PG výfukem páry do atmosféry při haváriích bez netěsnosti PG v případě, že nelze využít přepouštěcí stanici do kondenzátoru TG, tj. při ztrátě napětí v síti vlastní spotřeby nebo když výkon přepouštěcí stanice do kondenzátoru TG nestačí ke snížení tlaku a pro zabránění pulsujícího chodu pojistných ventilů při všech režimech bloku. Přepouštěcí stanice do atmosféry jsou připojeny na různé sekce elektrického zajištěného napájení z akubaterií. Přepouštěcí stanice do atmosféry se otevírá při překročení zadané meze tlaku, udržování tlaku zajišťuje regulace tlaku páru v PG. Po snížení tlaku dojde k uzavření přepouštěcí stanice.



Obr. 29: Parovody, PV PG, PSA

Dalším stupněm ochrany sekundárního okruhu od převýšení tlaku jsou dva impulsní **pojišťovací ventily PG**. PV PG se postupně otevírají při překročení vyšší hodnoty tlaku, než je otevírací tlak přepouštěcí stanice do atmosféry.

Přepouštěcí stanice do atmosféry a PV PG jsou umístěny v obestavbě reaktorovy mimo kontejnment.

VT systém havarijního chlazení slouží ke zmírnění průběhu a likvidaci následků havárií spojených se ztrátou těsnosti I.O případně II.O. Za normálního provozu bloku na jmenovitém nebo sníženém výkonu je zařízení v pohotovosti, připraven zasáhnout v případě havarijní situace. Z hlediska odvodu tepla z AZ za havarijní situace zajišťuje:

- Doplňování I.O a zvyšování koncentrace kyseliny borité (H_3BO_3) v I.O při netěsnostech I.O nebo prasknutí II.O s cílem omezit poškození paliva
- Svou funkcí spolu s ostatními bezpečnostními systémy omezuje úniky radioaktivních látek a průnik ionizujícího záření z kontejnmentu při havarijních podmínkách a po nich.

VT systém je řešen se systémovou redundancí 3x100 % včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace). Systém VT havarijního chlazení AZ je tvořen trojicí odstředivých čerpadel. Každé z čerpadel má vlastní nádrž se zásobou koncentrovaného roztoku kyseliny borité (40 g/kg). Všechna čerpadla jsou napájena ze systému zajištěného napájení (DG).

Systém je umístěn v reaktorovně vně kontejnmentu a výtlačná potrubí procházejí do kontejnmentu a napojují se na primární okruh. Čerpadla jsou umístěna v samostatných, vzájemně oddělených místnostech bezpečnostních systémů. Nádrže VT systému havarijního doplňování jsou umístěny uvnitř kontejnmentu ve vzájemně oddělených prostorech.

Kromě toho pro zajištění dlouhodobého chlazení AZ je pro havarijní podmínky k dispozici další zásoba roztoku kyseliny borité v nádrži-jímce kontejnmentu (cca 12 g/kg), společné pro VT, NT HSCHZ a sprchový systém kontejnmentu.

NT systém havarijního chlazení slouží (kromě plánovaného dochlazování) ke zmírnění průběhu a likvidaci následků havárií spojených se velkou netěsností I.O (velká LOCA). Za normálního provozu bloku na jmenovitém nebo sníženém výkonu je zařízení v pohotovosti, připraveno zasáhnout v případě havarijní situace. Z hlediska odvodu tepla z AZ za havarijní situace zajišťuje:

- Doplňování I.O a zvyšování koncentrace kyseliny borité v I.O při větších netěsnostech I.O a odvod zbytkového tepla z I.O s cílem omezit poškození paliva.
- Udržuje reaktor v podmínkách bezpečného odstavení po každém jeho odstavení.
- Svou funkcí spolu s ostatními bezpečnostními systémy omezuje úniky radioaktivních látek a průnik ionizujícího záření z kontejnmentu při havarijních podmínkách a po nich.

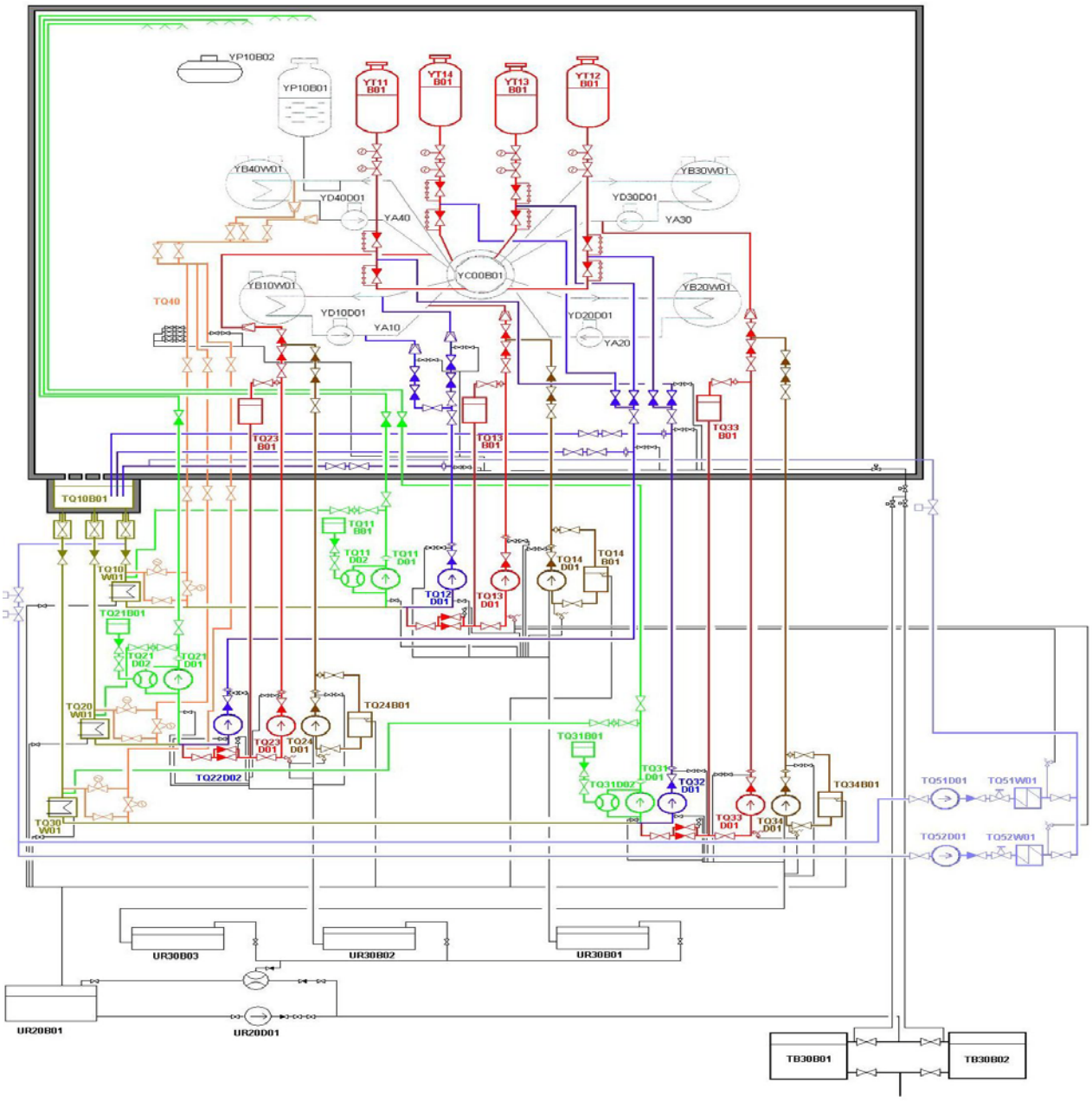
VT systém je řešen se systémovou redundancí 3x100 % včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace). Systém VT havarijního chlazení AZ je tvořen trojicí odstředivých čerpadel. Zásoba roztoku kyseliny borité je v nádrži-jímce kontejnmentu, společné pro všechny 3 divize bezpečnostních havarijních systémů (VT, NT HSCHZ a sprchový systém kontejnmentu). Všechna čerpadla jsou napájena ze systému zajištěného napájení (DG). Chladivo pro doplňování I.O se v havarijních režimech i v režimu plánovaného dochlazování chladí v tepelném výměníku HSCHZ pomocí TVD.

Systém je umístěn v reaktorovně vně kontejnmentu a výtlačná potrubí procházejí do kontejnmentu a napojují se na primární okruh. Čerpadla NT systému jsou umístěna v samostatných vzájemně nezávislých místnostech bezpečnostních systémů, nádrž-jímka je samostatnou místností kontejnmentu se třemi vtoky z nejnižšího podlaží kontejnmentu, tepelné výměníky HSCHZ jsou umístěny ve třech samostatných vzájemně oddělených místnostech vně kontejnmentu.

Pasivní systém havarijního chlazení AZ (systém hydroakumulátorů) slouží k rychlému zaplavení aktivní zóny reaktoru při poklesu tlaku v I.O v havarijních situacích spojených s poklesem tlaku v I.O při havárii spojené s velkým únikem chladiva z reaktoru. Součástí systému jsou čtyři hydroakumulátory, které zajišťují přívod roztoku H_3BO_3 (12 g/kg) jak pod, tak i nad aktivní zónu. Jedná se o pasivní systém, který pro svoji funkci nevyžaduje dodávku energie. Systém je tvořen tlakovými zásobníky havarijního chlazení AZ a spojovacím potrubím. Hnací sílou pro vytlačení chladiva do reaktoru je expanze stlačeného dusíku. Tento systém pracuje jako pasivní, tj. pokud dojde k poklesu tlaku v I.O pod tlak v tlakových zásobnících, dojde k vylévání jejich do I.O. Uvádí se do činnosti bez iniciačního impulsu zvenčí a pracuje bez nutnosti přívodu energie. Pro zabránění vniknutí dusíku do I.O po vyprázdnění tlakových zásobníků jsou na trasách uzavírací armatury, napájené ze zajištěného napájení (akubaterie).

Koncepce řešení jaderné bezpečnosti vychází z předpokladu možnosti selhání funkce některého zařízení pasivního systému, a proto je tento systém zálohován principem 100+100 %. Tvoří jej dva nezávislé a funkčně identické podsystémy, každý se dvěma tlakovými zásobníky.

Pasivní systém chlazení AZ je umístěn v uvnitř kontejnmentu. Tlakové zásobníky hydroakumulátory) jsou umístěny po dvojicích v oddělených prostorech kontejnmentu.



Obr. 30: Principielní systémů havarijního chlazení na ETE

Ostatní systémy

V případě vzniku nadprojektové, vysoce nepravděpodobné situace, kdy dojde k úplné ztrátě schopnosti odvodu tepla z AZ (ztráta sekundárního odvodu tepla současně se ztrátou schopnosti primárního „feed&bleed“ jsou připraveny další strategie pro zabezpečení sekundárního odvodu tepla s využitím zařízení nad rámec jejich projektového určení.

Doplňování PG pomocí kondenzátních čerpadel obtokem napájecí nádrže (trasa určená pro proplachy II.O). Pro umožnění nastavení průtoku kondenzátu do PG musí být snížen tlak alespoň v jednom neporušeném PG odvodem páry do atmosféry na hodnotu blízkou atmosférickému tlaku vzhledem k závěrnému tlaku kondenzátních čerpadel. Tato strategie je popsána v EOPs.

Další možností využití zařízení nad rámec jejich projektového určení je **gravitační plnění PG z napájecí nádrže**. Vzhledem k umístění napájecí nádrže na podlaží +30,0 m a PG na podlaží +28,8 m je nutné pro gravitační plnění PG z napájecí nádrže snížit tlak alespoň v jednom neporušeném PG odvodem páry do atmosféry na hodnotu blízkou atmosférickému tlaku. Provozní tlak v napájecí nádrži, který je i při odstaveném reaktoru cca 0,6 MPa poskytuje předpoklad k tomu, aby gravitační plnění PG z napájecí nádrže zabezpečilo alespoň částečný odvod tepla z I.O. Tato strategie je popsána v SAMG.

III.1.1.1.3.5 Časová omezení pro dostupnost různých řetězců odvodu tepla

Na základě inženýrského úsudku, triviálních výpočtů a porovnání s existujícími analýzami lze stanovit přibližné minimální doby, po které jsou jednotlivé systémy schopny odvádět teplo z AZ.

Provozní systémy

Systém pomocného napájení PG doplňuje vodu do PG z napájecí nádrže. V napájecí nádrži je objem vody 350 m^3. Dále je možné doplňovat napájecí nádrž z kondenzátoru TG, kde je zásoba vody o objemu cca 250 m^3. Rovněž je možné doplňovat napájecí nádrž ze zásobních nádrží demivody o objemu 2 x 770 m^3, které jsou společné pro oba bloky. Toto množství vody dostupné pro doplňování PG je dostatečné pro vychlazení bloku na parametry, které umožňují uvedení systému odvodu zbytkového tepla do provozu a následné vychlazení bloku do studeného stavu.

Po snížení parametrů v I.O (teplota v I.O menší než 150 °C, tlak v I.O menší než 1,7 MPa) se uvádí do provozu systém odvodu zbytkového tepla, pomocí kterého se pokračuje ve vychlazování do studeného stavu v uzavřeném okruhu (AZ-výměník HSCHZ-NT čerpadlo havarijního doplňování-AZ). V tomto režimu vychlazování je nutné do I.O doplňovat pouze chladivo nutné pro kompenzaci objemové změny chladiva v závislosti ne teplotě. K tomuto účelu existuje dostatečná zásoba chladiva s odpovídající koncentrací kyseliny borité v zásobních nádržích jak v provozních, tak i bezpečnostních systémů a existují prostředky pro jeho doplnění do I.O. V uzavřeném okruhu odvodu zbytkového tepla lze udržovat blok ve studeném stavu po neomezeně dlouhou dobu.

Při použití provozních systémů pro odvod zbytkového tepla neexistují žádná časová omezení pro vychlazování a udržování bloku ve studeném stavu.

Bezpečnostní systémy

Při použití systému havarijního napájení PG se doplňuje do PG voda ze zásobních nádrží tohoto systému a teplo se odvádí odpouštěním páry z PG do atmosféry (sekundární „feed&bleed“). Při doplňování demivody do PG jsou k dispozici zásobní nádrže 3x500 m^3 systému havarijního napájení PG pro každý blok a dále nádrže 2 x 770 m^3 společné pro oba bloky. Tato zásoba vody vystačí s rezervou na vychlazení bloků do studeného stavu (projektově stačí jeden systém havarijního napájení PG pro vychlazení bloku do studeného stavu) nebo pro udržování bloků v horkém stavu po dobu cca 72 hodin.

Jestliže z nějakého důvodu není možné použít pro odvod tepla z AZ sekundární okruh, potom lze v horkém nebo polohorkém stavu použít systémy havarijního chlazení AZ v režimu primárního „feed&bleed“. V tomto režimu se řízeně odvádí chladivo z I.O (systémem havarijního odvzdušnění I.O nebo pomocí odlehčovacího ventilu KO) přes barbotážní nádrž do kontejnmentu, které je následně přes výměník HSCHZ (ze kterého je vydělené teplo odváděno do koncového jímače systémem TVD) doplňování zpět do I.O čerpadlem VT havarijního chlazení AZ. Teplo uvolněné do kontejnmentu je v tomto případě odváděno sprchovým systémem kontejnmentu rovněž přes výměník HSCHZ do TVD.

Pro odvod tepla pomocí primárního „feed&bleed“ neexistují žádná časová omezení.

Ostatní systémy

Při doplňování PG pomocí kondenzátních čerpadel je k dispozici zásoba demivody v zásobních nádržích 2 x 770 m^3 společné pro oba bloky. Pokud je doplňování vody do PG kondenzátními čerpadly účinné, poskytuje tato zásoba vody dostatečné množství pro vychlazení bloku do studeného stavu a udržování bloku v tomto stavu po dobu min. 24 hodin, což je dostatečně dlouhá doba pro provedení dalších činností pro zabezpečení odvodu tepla z AZ jinými prostředky.

Při gravitačním plnění PG z napájecí nádrže je k dispozici zásoba vody o objemu 350 m^3, které je normálně udržována v napájecí nádrži. Vzhledem k tomu, že se jedná o nouzové řešení při úplné ztrátě všech možností odvodu tepla z AZ, poskytuje tato zásoba vody časový prostor několik hodin pro provedení dalších činností pro zabezpečení odvodu tepla z AZ jinými prostředky.

III.1.1.1.3.6 Zdroje střídavého napětí a baterie

Elektrické napájení všech systémů pro odvod tepla z AZ je realizováno v následující hierarchii ochrany do hloubky:

1) z pracovních zdrojů napájení (z pracovních transformátorů vlastní spotřeby), nebo
2) z rezervního napájení ze sítě, nebo
3) ze zajištěné napájení ze systémových a společných DG a z akubaterií.

Provozní systémy zajišťování podkritičnosti primárního okruhu i systémy odvodu tepla sekundárního okruhu jsou napájeny ze systému zajištěného napájení systémů souvisejících s bezpečností (společné DG a odpovídající akubaterie). Všechny bezpečnostní systémy jsou napájeny ze systému zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG a akubaterie). Po ztrátě vnějšího napájení a připojení příslušného DG jsou čerpadla systémů uváděna do provozu automatem postupného spouštění.

Čerpadla a k nim příslušné armatury, jejichž poloha musí být pro plnění bezpečnostní funkce změněna jsou napájeny z příslušného DG. Vybrané klíčové komponenty (ventily přepouštěcích stanic do atmosféry, oddělovací armatury hydroakumulátorů, rychločinné armatury izolace kontejnmentu…) a příslušné systémy SKŘ jsou napájeny z akubaterií. Podrobněji se elektrickému napájení věnují samostatné kapitoly III.1.1.1.6 a III.1.1.1.7.

III.1.1.1.3.7 Potřeba a způsob dochlazovacích zařízení

Provozní systémy

Vychlazování bloku provozními systémy probíhá ve dvou fázích. V první fázi se zbytkové teplo z AZ a akumulované teplo odvádí přes II.O prostřednictvím odvodu páry do atmosféry buď přímo odvodem páry z PG do atmosféry nebo odvodem páry do kondenzátoru TG a dále prostřednictvím chladící vody do chladících věží. Ve druhé fázi se zbytkové teplo z AZ a akumulované teplo odvádí přes výměníky HSCHZ prostřednictvím TVD a CHNR do atmosféry jako koncového jímače tepla.

Parní a vodní režim lze pokládat za dva fyzikálně diverzní způsoby dochlazování, protože pro svůj provoz využívají odlišné systémy, nicméně v parním režimu nelze z fyzikální podstaty vychladit blok do studeného stavu.

Bezpečnostní systémy

Bezpečnostní systémy sekundárního odvodu tepla (doplňování napájecí vody do PG pomocí systému havarijní napájecí vody a odvod páry z PG) zajišťují odvod tepla v parním režimu přímo do atmosféry. Pro odvod tepla z komponent bezpečnostních systémů (čerpadla, SKŘ, BD/ND…) a v případě ztráty vnějšího napájení i z DG je nutný systém TVD. Nicméně odvod tepla ze sekundární strany je nejjednodušší a realizovaný minimem prostředků.

V případě nemožnosti použít sekundární odvod tepla nebo ve druhé fázi vychlazování systémem odvodu zbytkového tepla se zbytkové teplo z AZ a akumulované teplo odvádí

přes výměníky HSCHZ prostřednictvím TVD a CHNR do atmosféry jako koncového jímače tepla.

Rovněž při primárním „bleed and feed“ je nutný provoz systému TVD, protože je teplo dováděno přes výměníky HSCHZ prostřednictvím TVD a CHNR do atmosféry jako koncového jímače tepla.

Ostatní systémy

Při doplňování PG pomocí kondenzátních čerpadel nebo při gravitačním plnění PG se voda doplňovaná do PG mění v páru, která je dopouštěna do atmosféry přes přepouštěcí stanice do atmosféry. V podstatě se jedná o pasivní způsob odvodu tepla do atmosféry, protože pokud je do PG dodáváno dostatečné množství vody pro odvod tepla z I.O, je pára do atmosféry odváděna prostým dálkovým otevřením ventilu na přepouštěcí stanici do atmosféry je napájen z akubaterií) nebo ručním otevřením z místa (ventil je umístěn mimo kontejnment v přístupné části obestavby.

III.1.1.1.4 Odvod tepla z bazénu vyhořelého paliva ke koncovému jímači tepla

Bazény skladování vyhořelého paliva (BSVP) jsou umístěny v kontejnmentu a mají dvě sekce. Z hlediska odvodu zbytkového tepla z BSVP se rozlišují dva možné výchozí stavy:

- V bazénu je umístěno vyhořelé palivo z předchozích kampaní z důvodu snížení jeho aktivity a zbytkového tepelného výkonu.
- V BSVP je vyvezená celá AZ, kdy je spolu s vyhořelým palivem z předchozích kampaní vyvezeno i částečně vyhořelé palivo s vysokým zbytkovým výkonem.

Při provozu BSVP v režimu skladování paliva hladina v bazénech udržována na hodnotě větší než 792 cm, což je dostatečná hladina pro zajištění stínících i chladících funkcí. Objem vody v BSVP v režimu skladování paliva je v každé ze sekcí 01 a 03 cca 223 m^3 a v sekci 02 cca 104 m^3 (v režimu výměny paliva přibližně dvojnásobný). V obou případech je odvod tepla zajišťován nucenou cirkulací vody BSVP, kterou zajišťuje k tomu určený systém chlazení BSVP (3x100 %) přes výměníky chlazené systémem TVD, který prostřednictvím CHNR předává teplo do atmosféry jako koncového jímače.

III.1.1.1.4.1 Existující prostředky pro odvod tepla

Pro zajištění odvodu tepla z BSVP je možné využít provozní systémy (zařazené mezi systémy související s bezpečností) v kombinaci s bezpečnostními systémy, ale také pouze systémy, zařazené do kategorie bezpečnostních systémů.

Provozní systémy odvodu tepla z BSVP

Normálním provozním systémem pro odvod tepla z BSVP do koncového jímače tepla je systém chlazení BSVP, kdy se odvod tepla z BSVP realizuje ve výměnících, ze kterých je teplo odváděno pomocí TVD (3x100 %). TVD odevzdává teplo do atmosféry v chladících nádržích s rozstřikem. Návrat ochlazeného chladiva z výměníků zpět do BSVP zajišťují v tomto režimu čerpadla chlazení BSVP.

Bezpečnostní systémy

V případě neschopnosti odvádět zbytkové teplo z paliva v BSVP, je možné odvádět zbytkové teplo pomocí doplňování vody do BSVP libovolným ze tří sprchových čerpadel kontejnmentu. Zdrojem chladícího média je nádrž-jímka kontejnmentu a chladivo je z BSVP přepadem odpouštěno do kontejnmentu, vráceno do jímky kontejnmentu a přes chladič HSCHZ (ze kterého je vydělené teplo odváděno do koncového jímače systémem TVD) sprchovým čerpadle doplňováno zpět do BSVP.

Ostatní systémy

V případě neschopnosti žádné z kombinací čerpadlo-výměník-TVD odvádět zbytkové teplo z paliva, je možné odvádět zbytkové teplo pomocí doplňování odparu do kontejnmentu s tím, že zdrojem chladícího média je nádrž-jímka kontejnmentu a chladivo je do BSVP dopravováno libovolným ze tří sprchových čerpadel kontejnmentu.
Dalším možným způsobem doplňování BSVP je použití čerpadla systému čištění chladiva BSVP.

III.1.1.1.4.2 Informace o uspořádání prostředků k odvodu tepla

Provozní systémy odvodu tepla z BSVP

Za normálních provozních podmínek je odvod tepla zajišťován jedním ze tří okruhů systému chlazení BSVP, který je zařazen mezi systémy související s bezpečností a je řešen s koncepcí redundance 3x100 %. Chladivem je roztok kyseliny borité, i když BSVP může být teoreticky zaplněn i čistým kondenzátem. Okruh chlazení je seismicky odolný. Kapacita chladícího okruhu je dostatečná pro oba výchozí stavy zaplnění BSVP.

Cirkulaci chladiva zajišťují tři samostatné okruhy chlazení pro jednotlivé sekce BSVP. Každý okruh má čerpadlo a výměník chlazený TVD. Pro zvýšení spolehlivosti a provozuschopnosti celého systému odvodu tepla z BSVP jsou navíc tyto tři okruhy vzájemně propojeny na straně sání čerpadel a také na straně výtlaků čerpadel, což umožňuje operativně kombinovat řetězec odvodu tepla (sekce BSVP zaplněná vyhořelým palivem, čerpadlo, výměník s příslušným systémem TVD). Čerpadla jsou napájena ze zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG). Systém chlazení BSVP je umístěn v obestavbě vně kontejnmentu, samotný BSVP je umístěn uvnitř kontejnmentu.
Vzhledem k tomu, že se na straně chladiva BSVP se jedná o uzavřený okruh chlazení a BSVP jsou zakryté, dochází pouze k velmi malému odparu. Z tohoto důvodu provozní systémy chlazení BSVP zabezpečují odvod tepla z vyhořelého paliva umístěného v BSVP po prakticky neomezenou dobu.

III.1.1.1.4.3 Chlazení BSVP

Bezpečnostní systémy

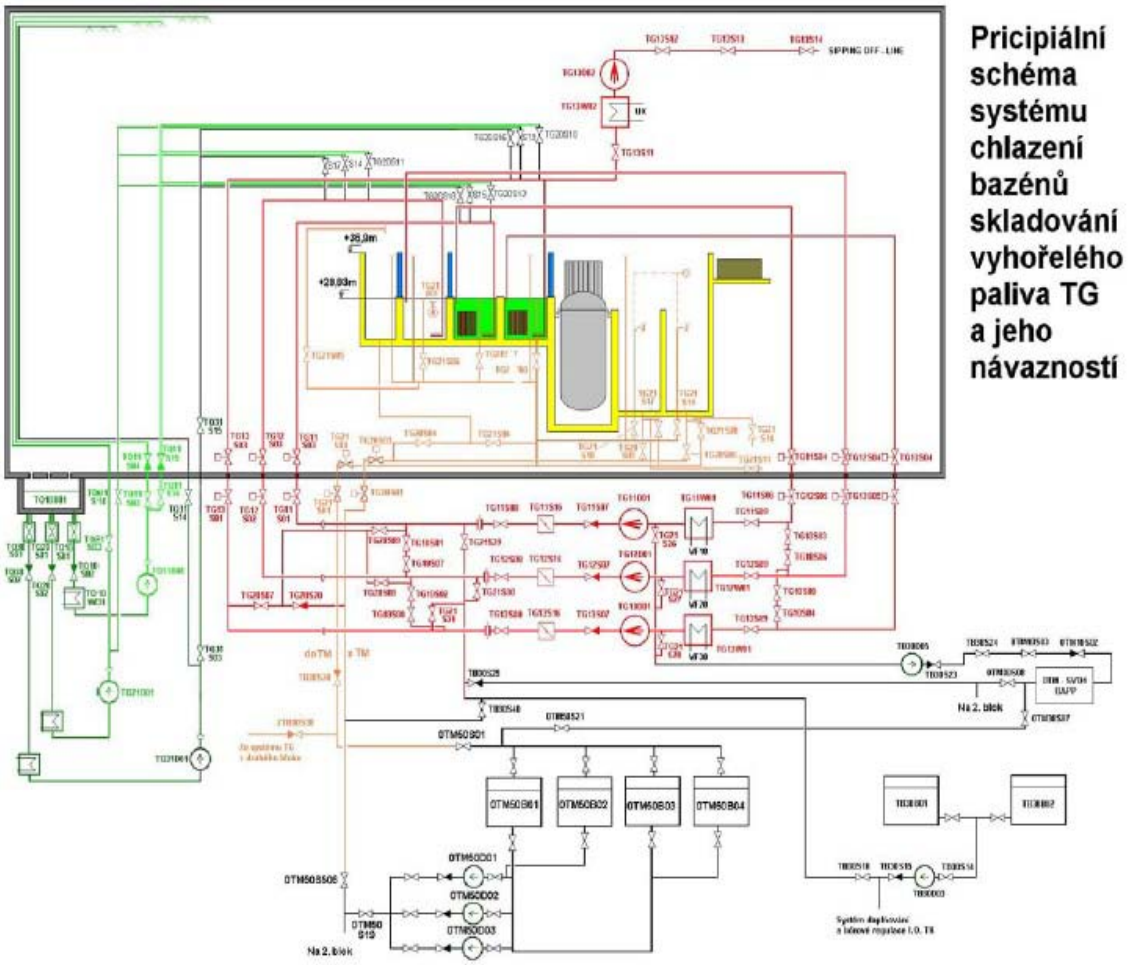
Pro doplňování BSVP se v případě úplné ztráty normálního chlazení BSVP (ať už z důvodu poklesu hladiny nebo po přerušení odvodu tepla) používá TQ systém sprchování kontejnmentu s nastavením pro havarijní doplňování BSVP. Použitím tohoto systému lze doplnit BSVP a přepadem zabezpečit odtok chladiva z BSVP do jímky kontejnmentu, čímž je zabezpečen odvod tepla z vyhořelého paliva v BSVP náhradním způsobem přes chladič HSCHZ. Tento chladící okruh je nezávislý na systému normálního chlazení BSVP a poskytuje alternativní způsob odvodu tepla z vyhořelého paliva uloženého v BSVP. Nicméně, i při havarijním chlazení je vydělené teplo z vyhořelého paliva v BSVP přes výměník HSCHZ odváděno do TVD.
Pokud se podaří uzavřít okruh chlazení přes jímku kontejnmentu a výměník HSCHZ, potom rovněž i tento způsob chlazení BSVP zabezpečuje odvod tepla z vyhořelého paliva umístěného v BSVP po prakticky neomezenou dobu.

Ostatní systémy

V případě, že žádná z kombinací okruhu nuceného chlazení (čerpadlo TG, výměník, TVD) není schopna zajistit odvod tepla z BSVP, dochází k odvodu tepla varem a odpařováním chladiva z BSVP do prostoru kontejnmentu. Zdrojem vody pro doplňování BSVP je v tomto

režimu sprchový systém (zařazený mezi bezpečnostní systémy), který umožňuje odbočkou z výtlačné trasy libovolného ze tří sprchových čerpadel dodávat vodu z nádrže-jímky kontejnmentu do libovolného ze tři chladících okruhů chlazení BSVP a tím i do libovolné ze tří sekcí samotného BSVP. V jímce kontejnmentu je dostupný objem cca 580 m^3 chladiva.
Dalším možným způsobem doplňování BSVP je použití čerpadla systému čištění chladiva BSVP a pomocí těchto čerpadel dodávat chladivo ze zásobních nádrží chladiva pro výměnu paliva do BSVP. Tato čerpadla jsou napájena pouze ze zdrojů nezajištěného napájení. V zásobních nádržích je dostupný objem cca 1 600 m^3 chladiva. Vzhledem k tomu, že tyto nádrže jsou společné pro oba bloky, je v případě probíhající výměny paliva na jednom z bloků množství chladiva pro doplňování BSVP na postiženém bloku omezené.

roztěsněném reaktoru a vyjmutém hradítku mezi BSVP a bazénem výměny paliva existuje také možnost dodávky chladiva libovolným čerpadlem VT nebo NT systému HSCHZ do I.O a odtud do BSVP nebo je možné zajistit dodávku chladiva odpouštěním z hydroakumulátorů.



Obr. 31: Systém chlazení BSVP

III.1.1.1.5 Odvod tepla z kontejnmentu do koncového jímače tepla

Projektovou funkcí kontejnmentu je omezit potenciální radiační následky případné havárie na reaktorovém zařízení. Tato funkce je mimo jiné zajištěna konstrukcí a strukturou kontejnmentu, omezující úniky mimo kontejnment na velmi malé hodnoty i při vysokém vnitřním přetlaku v kontejnmentu. Protože v kontejnmentu je umístěno celé tlakové rozhraní

I.O, působí kontejnment jako poslední bariéra proti úniku radionuklidů, které mohou být uvolněny z paliva nebo chladiva I.O v případě havárie.
Integrita kontejnmentů ETE je projektově zabezpečena následujícími bezpečnostními systémy:

- Systém izolace kontejnmentu – oddělovací armatury automaticky uzavírané při nárůstu tlaku v kontejnmentu.
- Systém snížení tlaku v kontejnmentu - sprchová čerpadla a zásobní nádrže s chemickými regenty pro zachycení pohavarijního jódu.
- Systém likvidace pohavarijního vodíku - pasivní autokatalytické rekombinátory, navržené pro projektem uvažované havárie.

Výpočtové projektové zatížení kontejnmentu je následující:

Maximální teplota	150 ^{o}C
Maximální tlak	0,49 MPa
Dávkový příkon	10^3 Gy/hod
Těsnost	0,1%/24 hod.

Pro chlazení kontejnmentu za normálních provozních podmínek slouží vzduchotechnické systémy, umístěné uvnitř kontejnmentu. V případě havárií, při kterých dochází k překročení přetlaku v kontejnmentu nad hodnotu 0,3 kPa, se vzduchotechnické systémy odpojují a přestávají pracovat. Uzavírají se i armatury na VZT systémech, které zajišťují udržování podtlaku v kontejnmentu. Odvod tepla z kontejnmentu a snižování tlaku v havarijních podmínkách zajišťuje sprchový systém v součinnosti s ostatními bezpečnostními systémy.

III.1.1.1.5.1 Existující prostředky odvodu tepla

Pro zajištění odvodu tepla z kontejnmentu je možné využít provozní systémy (zařazené mezi nedůležité systémy nebo systémy související s bezpečností) v kombinaci s bezpečnostními systémy, ale také systémy, zařazené do kategorie bezpečnostních systémů.

Provozní systémy odvodu tepla z kontejnmentu

Normálními provozními systémy pro odvod tepla z kontejnmentu do koncového jímače tepla jsou vzduchotechnické cirkulační systémy kontejnmentu. Odvod tepla z kontejnmentu se realizuje ve výměnících, ze kterých je teplo odváděno pomocí TVD. TVD odevzdává teplo do atmosféry v chladících nádržích s rozstřikem. Alternativně lze pro odvod tepla použít výměníky, ze kterých je teplo odváděno pomocí chlazené vody.

Bezpečnostní systémy

V případě havárií, při kterých dochází k překročení přetlaku v kontejnmentu (při porušení těsnosti primárního okruhu nebo potrubí sekundárního okruhu, umístěného uvnitř kontejnmentu) nad hodnotu 30 kPa, slouží k odvodu tepla z kontejnmentu sprchový systém. Úkolem sprchového systému je kondenzace odpařené části chladiva a tím snížení tlaku v kontejnmentu a zamezení šíření štěpných produktů do okolí. To se dosahuje rozstřikem studené vody s obsahem kyseliny borité a následnou kondenzací páry. Odvod tepla z kontejnmentu zajišťuje sprchový systém tím, že voda stéká do jímky kontejnmentu, prochází výměníkem HSCHZ, kde se odvádí teplo do TVD a následně se voda vrací se zpět do kontejnmentu.

Ostatní systémy

V případě neschopnosti odvádět teplo z kontejnmentu do atmosféry pomocí systému TVD prostřednictvím sprchového systému lze částečně zabezpečit odvod tepla alternativním rozstřikem vody v kontejnmentu. K tomu lze využít systém vodního hašení HCČ. Pomocí tohoto systému lze rozstřikovat požární vodu v kontejnmentu s obdobným efektem jaký má normální sprchování kontejnmentu.

III.1.1.1.5.2 Informace o uspořádání prostředků odvodu tepla

Provozní systémy odvodu tepla z kontejnmentu

Za normálních provozních podmínek jsou pro zajištění funkcí odvodu tepla z kontejnmentu k dispozici vzduchotechnické cirkulační systémy kontejnmentu. Tyto systémy jsou zařazené mezi systémy související s bezpečností.

Cirkulační systém chlazení místností PG zajišťuje odvod tepla a páry předaných do vzduchu technologickým zařízením v místnostech kontejnmentu tak, aby v nich byla udržována teplota vzduchu v požadovaných rozmezích. Teplo a vodní pára se odvádí na povrchových chladičích. Z místností je nasáván teplý vzduch, který je po úpravě (zchlazení) vracen zpět do jednotlivých boxů.

Systém je řešen s koncepcí redundance 2x100 % (3 pracovní + 3 rezervní ventilátory), ke každému ventilátoru jsou vždy dva sériově řazené chladiče. Jeden chladič je napojen na rozvod TVD a druhý chladič na rozvod chlazené vody. Ventilátory jsou napájeny ze systému zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG). Ventilátory a chladiče jsou umístění uvnitř kontejnmentu.

Cirkulační systém chlazení šachty reaktoru zajišťuje chlazení šachty reaktoru. Vzduch je nasáván z místností PG, chlazen v povrchových chladičích a takto upravený vzduch je přiváděn potrubím do šachty reaktoru a odtud je odváděn zpět do místností PG.

Systém je řešen s koncepcí redundance 3x100 %, tj. má tři ventilátory, z čehož je jeden pracovní a 2 rezervní. Chladiče jsou napojeny na rozvod TVD a systém chlazené vody. Ventilátory jsou napájeny ze systému zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG). Ventilátory a chladiče jsou umístěny uvnitř kontejnmentu.

Systém chlazení reaktorového sálu zajišťuje chlazení vrchní části kontejnmentu. Vzduch je nasáván z místností PG a po ochlazení na dvoustupňovém chladiči je vyfukován do prostoru reaktorového sálu.

Systém je řešen s koncepcí redundance 3x100 %, tj. má tři ventilátory, z čehož je jeden pracovní a 2 rezervní. Ventilátory jsou napájeny ze systému zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG). První série chladičů vzduchu je napojena na rozvod TVD, druhá série na rozvod chlazené vody. Ventilátory a chladiče jsou umístěny uvnitř kontejnmentu.

Systém chlazení pohonů klastrů zajišťuje odvod vyděleného tepla od pohonů klastrů. Vzduch je nasáván z místností kontejnmentu a ochlazený je vyfukován do místností PG.

Systém je řešen s koncepcí redundance 3x100 %, tj. má tři ventilátory, z čehož je jeden pracovní a 2 rezervní. Chladiče jsou napojeny na rozvod technické vody nedůležité. Ventilátory jsou napájeny ze zajištěného napájení systémů souvisejících z bezpečností (DG). Systém je umístěn v reaktorovém sále uvnitř kontejnmentu.

Cirkulační systémy s chlazením výměníků pomocí TVD mohou odvádět teplo z kontejnmentu po prakticky neomezenou dobu.

Bezpečnostní systémy

Sprchový systém kontejnmentu je určen pro udržování podmínek v kontejnmentu při havarijních stavech. Čerpadla nasávají chladivo z jímky kontejnmentu přes výměník HSCHZ a přes sprchovací trysky rozstřikují do prostoru kontejnmentu. Na kapkách vody dochází ke kondenzaci páry a tím snižování tlaku v kontejnmentu. Voda stéká do jímky kontejnemntu a následně je teplo předáváno do atmosféry prostřednictvím TVD ve výměníku HSCHZ.

Sprchový systém je řešen s koncepcí redundance 3x100 %, včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace), je tvořen třemi technologicky i funkčně identickými a nezávislými podsystémy, z nichž každý je schopen samostatně plnit úkoly, pro které je sprchový systém navržen. Každý ze 3 podsystémů obsahuje sprchové

čerpadlo, nádrž s roztokem H_3BO_3, N_2H_4, KOH pro zachytávání aerosolů jódu), vodoproudé čerpadlo, výměník HSCHZ, spojovací potrubí a systém sprchových trysek. Čerpadla jsou napájena ze zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG).

Sprchový systém umožňuje v případě potřeby havarijní doplňování BSVP.

Snižování tlaku a odvod tepla pomocí systému sprchování kontejnmentu probíhá v uzavřeném okruhu přes jímku kontejnmentu. Z tohoto důvodu může odvod tepla z kontejnmentu v tomto režimu probíhat po prakticky neomezenou dobu.

Ostatní systémy

Alternativně lze odvádět teplo z kontejnmentu pomocí rozstřiku požární vody v místnostech motorů HCČ. I když tento systém je projektově určen pro hašení případných požárů motorů HCČ lze ho, vzhledem k tomu, že místnosti motorů HCČ jsou propojeny s ostatními místnostmi kontejnmentu, využít s obdobným efektem jaký má standardní sprchování kontejnmentu.

III.1.1.1.5.3 Protipožární systém

Čerpadla protipožárního systému sají vodu ze zásobních nádrží o objemu 3x70 m^3 a přes trysky pro hašení motorů HCČ ji doplňují do kontejnmentu.

Protipožární systém je řešen s koncepcí redundance 3x100 % včetně všech podpůrných systémů (chlazení, elektronapájení, řízení a ventilace), je tvořen třemi technologicky i funkčně identickými a nezávislými podsystémy. Čerpadla jsou napájena ze zajištěného napájení bezpečnostních systémů (DG). Čerpadla a zásobní nádrže jsou umístěny mimo kontejnment.

Objem zásobních nádrží je projektově určen pro uhašení požáru. Pro účely sprchování kontejnmentu lze navíc využít doplňování nádrží protipožárního systému ze systému TVD. Tato kombinace poskytuje alternativní prostředky pro sprchování kontejnmentu po prakticky neomezenou dobu.

III.1.1.1.6 Napájení střídavým napětím

V elektrických systémech JE Temelín je v návaznosti na řešení strojní a jaderné části aplikován následující princip „hloubkové ochrany elektrických systémů“:

Tabulka 25: Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE ETE

Úroveň DID	Celá JE	Elektrické systémy JE	Robustnost úrovní
1	Předcházení odchylkám od normálního provozu	• Necitlivost na odchylky U,f • Stabilita přenosu energie • Dynamická stabilita • Ostrovní provoz	• Vazba na robustnost technologie, SKŘ a stavby • Robustnost el. systémů (nezávislost, redundance, diversita) • Ochrany • Regulace, automatiky, • Jakost • Testování funkce • Provozní instrukce • Trénovaný personál • Atd.
2	Identifikace a náprava událostí, stavů a podmínek abnormálního provozu	• Zregulování TS na VS • AZR na rezervní napájení	
3	Zásahy (opatření) vedoucí k odvrácení rozvoje, nebo ke zvládání havarijních podmínek projektovými prostředky	• Projektové (bezpečnostní) funkce systémů zajištěného napájení: • BS (1,2,3), • SSB (4,5)	
4	Prevence a zmírnění následků rozšířených projektových podmínek	• Postupy pro zvládnutí SBO • Opatření na podporu zmírnění následků SA • (Funkce AAC)	
5	Opatření na ochranu při radiační nehodě	Podpora havarijních řídicích středisek	

Struktura DID a robustnost jednotlivých úrovní vytváří odolnost proti vnějším i vnitřním událostem (poruchám).

Důležité ochranné a řídicí systémy a ETE a výkonné systémy, které plní bezpečnostní funkce, jsou napájeny z redundantních systémů zajištěného napájení (SZN). Každý blok má 3 nezávislé bezpečnostní SZN (označené jako 1, 2, 3) a další SZN, klasifikované jako související s bezpečností (označené jako SZN4 a SZN5). Tyto SZN poskytují podpůrné bezpečnostní funkce, jako je zajištěné elektrické napájení, a účastní se i řízení funkce elektrických spotřebičů.

III.1.1.1.6.1 Zásobování energii z venku

Schéma vyvedení výkonu i schéma napájení vlastní spotřeby (pracovního, rezervního) je v souladu s základní koncepcí řešeno blokově. Výkon se vyvádí do přenosové soustavy 400kV. Rezervní napájení je zajištěno z distribuční sítě 110kV.

Propojení elektrárny s vnější sítí

Turbosoustrojí každého bloku obsahuje generátor 1111 MVA, 24 kV. Výkon generátoru je přes generátorový vypínač a blokový transformátor (1200 MVA, 420/24 kV) vyváděn samostatnou jednoduchou linkou do rozvodny 400kV Kočín, vzdálené přibližně 3 km od ETE. Vypínače 400kV bloků ETE jsou umístěny až v této rozvodně.

Rozvodna 400kV Kočín je spojena s přenosovou soustavou 5 linkami, které rozvádějí výkon do různých dispozičně vzdálených částí ČR (oblast středních Čech, oblast západních Čech, oblast jižních Čech). Tím je vytvořena geografická diverzifikace zapojení 400kV. Část linek je jednoduchých, část linek je dvojitých. Přenosová soustava ČR jako celek je navržena a provozována v souladu s kriteriem N-1. Vyvedení výkonu z rozvodny Kočín dále do sítě je ale navrženo podle přísnějšího kriteria N-2. Tyto požadavky jsou stanoveny v Kodexu PS.

Rozvodna 400kV Kočín je venkovního provedení se zkratovou odolností 50/125kA. Má schéma se dvěma systémy přípojnic a pomocnou přípojnicí. Bloky ETE jsou zapojeny do části rozvodny, která je řešena se zvýšenými požadavky na spolehlivost a odolnost vyvedení výkonu ETE proti poruchám. Tato část rozvodny má schéma 4/3 vypínače na odbočku a jsou do ní zapojeny 4 z 5-ti linek 400kV, které spojují rozvodnu s přenosovou soustavou. Další část rozvodny má konvenční schéma s jedním vypínačem na odbočku. Je sem zapojena 5. linka 400kV, dva transformátory 400/110kV, 250 MVA pro napájení rozvodny 110 kV Kočín a tlumivka, která přispívá k řízení bilance jalového výkonu v tomto uzlu.

Rozvodna 110kV Kočín slouží především jako hlavní zdroj pro rezervní napájení bloků ETE. Je odtud napájena i čerpací stanice vody pro ETE umístěná v blízké přehradě Hněvkovice na řece Vltavě. Kromě toho je z rozvodny napájena i distribuční síť 110 kV v jižních Čechách. Rozvodna 110 kV Kočín má robustní a pružné schéma se 3 systémy přípojnic.
Schéma rozvoden 400kV i 110kV Kočín i způsob jejich provozu jsou voleny tak, aby byl maximálně omezen přenos poruch mezi bloky ETE navzájem i mezi bloky ETE a elektrizační soustavou.

III.1.1.1.6.2 Začlenění JE do elektrizační soustavy ČR

Kočín spolupracuje paralelně s cca 30km vzdálenou transformovnou 400/110 kV Dasný, kde jsou rovněž umístěny 2 transformátory 400/110 kV stejného výkonu, jako v Kočíně. Transformovny Kočín a Dasný jsou paralelně propojeny dvěma vedeními v hladině 400 i 110kV. Toto zapojení umožňuje zálohování transformátorů 400/110kV, při zachování dostatečné tvrdosti napětí pro rezervní napájení vlastní spotřeby JE v rozvodně 110 kV Kočín.

Rozvodna 110 kV Kočín proto může být napájena z různých geograficky a směrově diverzních zdrojů v přenosové soustavě (transformace 400/110 kV Kočín a Dasný, transformace 220/110k V Tábor) i v distribuční soustavě 110 kV (vodní elektrárna Lipno).

Bloky ETE jsou schopny pracovat v izolované části elektrizační soustavy, v tzv. ostrovním provozu.

Součástí řídícího systému TG je specifický ostrovní regulátor (proporcionální regulátor frekvence), jehož primární funkcí je udržování frekvence v ostrovní síti. Režim TG „ostrov“ je aktivován odchylkou síťové frekvence. Pro scénáře spojené s velkým odlehčením TG je součástí projektu funkce vyhodnocení vysokého zrychlení TG a od ní odvozený puls na urychlovač hydraulické regulace TG (tzv. regulace přeběhu). Režim TG „ostrov“ je současně vstupem do hlavních regulací bloku tak, aby došlo k potřebnému zkoordinování režimů regulace reaktoru, TG a PSK. Pro ostrovní provoz je zpracován specifický postup v rámci provozního předpisu pro abnormální stavy.

Rozsah frekvence ostrovní sítě při kterém jsou bloky ETE schopny dlouhodobě pracovat je omezen nastavením frekvenčního relé (při podkročení frekvence 47,9 Hz nebo překročení frekvence 51,5 Hz dochází k automatickému odpojení bloku od ostrovní sítě a přechodu na vlastní spotřebu).

Schopnost regulace ostrovního provozu byla na obou blocích ETE úspěšně odzkoušena v průběhu spouštění obou bloků v letech 2001 ÷ 2003. Zkoušky prokázaly vysokou kvalitu zregulování otáček TG prostřednictvím ostrovního regulátoru, jakož i dalších funkcí pro

podporu provozu v režimu ostrov. Dále blok ETE úspěšně pracoval v reálném mírně přebytkovém ostrově při rozpadu sítě UCTE na tři izolované celky dne 4. 11. 2006.

Schopnost ostrovního provozu bloků ETE je certifikována certifikační autoritou jako podpůrná služba pro provozovatele přenosové soustavy ČR.

Informace o spolehlivosti zásobování energii z vnějších zdrojů

Za dobu provozu ETE (od uvedení do trvalého provozu v roce 2002 až do dnešní doby) nebyla zaznamenána žádná porucha v síti 400kV a 110kV, která by ukazovala na nevyhovující funkci nebo spolehlivost vnějšího elektrického systému nebo na nesprávnou reakci ETE na poruchy ve vnější síti.

Při uvádění bloků do provozu a za dosavadního provozu vzniklo několik poruch zařízení resp. neočekávaných (nadbytečných) zapůsobení elektrických ochran. Tyto události souvisely hlavně s uváděním bloků do provozu a naladěním jednotlivých systémů. Je možno uvést tyto poruchové události:

Významné poruchy v elektročásti JE

Poruchy, ke kterým došlo během uvádění bloků do provozu a zkušebního chodu byly podrobně analyzovány a byla přijata a implementována odpovídající nápravná opatření. Bloky ETE úspěšně zvládly velké systémové poruchy (rozpad sítě UCTE 11/2006 a závažnou poruchu v přenosové soustavě ČR 08/2011) a svojí odolností proti odchylkám napětí a frekvence a regulační schopnosti přispěly ke stabilizaci poměrů v přenosové soustavě.

Při rozsáhlé poruše v síti UCTE 4. 11. 2006 došlo k úspěšnému přechodu 1. bloku ETE do režimu „Ostrov“. Výkon reaktoru byl snížen z 975 MW na hodnotu 820 MW a otáčky turbosoustrojí se rychle měnily a dosáhly max. hodnoty 3029 s-1. Po cca 70 min byl režim „Ostrov“ ukončen a blok byl převeden do normálního provozního stavu.

Po zkratu v rozvodně Sokolnice 3. 8. 2011 došlo k úspěšnému přechodu 2. bloku ETE do režimu „Ostrov“. Výkon reaktoru byl snížen z 970 MW na hodnotu 400 MW a následně během minuty došlo ke zmenšení ostrova na 206 MW (za cca 2,25 min po přechodu do ostrova) a otáčky turbosoustrojí se rychle měnily a dosáhly max. hodnoty 3019 s^{-1}. Po cca 50 min byl režim „Ostrov“ ukončen a blok byl převeden do normálního provozního stavu.

Spolehlivost zapojení ETE do vnějších elektrických síti a odolnost ETE proti poruchám je v této oblasti založena na těchto vlastnostech:

- Blokové uspořádání schématu vyvedení výkonu. Omezuje přenos a šíření poruch mezi bloky navzájem. V kombinaci s robustním schématem rozvodny Kočín (4/3 vypínače na odbočku, sekční dělení přípojnic, selektivní systém ochran) omezuje i přenos poruch mezi bloky a přenosovou soustavou. Vyvedení výkonu ETE do sítě je navrženo podle spolehlivostního kriteria N-2.
- Velká funkční a fyzická nezávislost systému vyvedení výkonu 400kV (tj. pracovního napájení vlastní spotřeby) a systému rezervního napájení vlastní spotřeby (110 kV). Možnost napájet systém rezervního napájení z různých geograficky a funkčně diverzních zdrojů.
- Reakce bloku na poruchy a přechodové procesy ve vnější síti jsou řízeny souborem regulací, automatik a ochran. Tyto funkce jsou vzájemně zkoordinovány, aby byla zajištěna vzájemná selektivita a aby blok v případě potřeby řízeně ustupoval po jednotlivých úrovních hloubkové ochrany.
- Statická stabilita přenosu výkonu do soustavy. Bloky ETE jsou normálně zařazeny do systému automatické sekundární regulace napětí a jalového výkonu. Tento systém

zajišťuje stabilní napětí v pilotní uzlu Kočín a řídí polohu hlídačů meze podbuzení generátorů podle externí impedance přenosové soustavy.

- Stabilita turbosoustrojí při zkratech v systému vyvedení výkonu (rychlé základní a záložní ochrany, které odepnou zkrat, účinná regulace turbíny a napětí generátoru, rychlé řízení ventilů turbíny). Stabilita byla analyzována na dynamickém modelu přenosové soustavy. Při působeni základních a záložních ochran (do 100 ms) jsou turbosoustrojí přirozeně stabilní. Při delších dobách zkratů (působení automatik selhání vypínače 400kV) přispívá k zachování stability funkce rychlého řízení ventilů turbín.
- Schopnost práce bloků v ostrovním provozu přenosové soustavy, které jsou doprovázeny velkými odchylkami frekvence a napětí (podpora stability sítě při systémových poruchách). Bloky mohou pracovat s plným výkonem v pásmu 49÷50,5 Hz. Časově i výkonově omezeným provoz bloku je možný v pásmu 47.5÷51 Hz. Bloky jsou vybaveny síťovými frekvenčními ochranami, které v 1° (±200 mHz) přepínají regulaci výkonu bloku do „ostrovní regulace“. Blok tak reguluje svůj výkon tak, aby pomohl stabilizovat poměry U a f v ostrovní síti. Pokud se poměry nedaří stabilizovat a odchylka frekvence se dále zvyšuje a přesáhne meze (47.9 Hz po dobu 1s resp. 51,5 Hz po dobu přes 10 s), blok se odepne 2° frekvenční ochrany od sítě a zreguluje na vlastní spotřebu.

  Ochrana reaktoru měří příkon HCČ a je proto citlivá na frekvenci a rychlost poklesu frekvence v síti. Při rychlých poklesech frekvence v síti (velká nerovnováha výkonu) se preferuje odstavení reaktoru ochranou před zregulováním turbosoustrojí na vlastní spotřebu. V tomto případě přechází napájení vlastní spotřeby bloků buď na rezervní napájení ze sítě 110kV (automatický záskok), nebo se vyčleňují systémy zajištěného napájení a přecházejí na nouzové DG.
- Hlavní blokové rozvodny jsou vybaveny automatikami záskoku z pracovního na rezervní napájení (110 kV). Jsou k dispozici rychlé i záložní podpěťové kanály záskoků. Při ztrátě pracovního napájení vlastní spotřeby (např. působení ochran generátorů, blokových transformátorů a dalších zařízení vyvedení výkonu, nebo při neúspěšném zregulování turbosoustrojí) jsou rozvodny přepnuty na rezervní napájení. Pokud není záskok úspěšný, vyčleňují se systémy zajištěného napájení a přecházejí na nouzové zdroje (DG, akumulátorové baterie).
- Napájení regulací, automatik a ochran je provedeno ze zdrojů zajišťovaných bateriemi. Funkce je tedy nezávislá na poklesech napětí v síti, vyvolaných poruchami. V celém projektu ETE je aplikován princip elektromagnetické kompatibility, který zajišťuje funkci systémů v daném elektromagnetickém prostředí a při rušení.
- Provoz bloků ETE probíhá v souladu s dispečerským řízením přenosové soustavy. Provozovatel přenosové soustavy zná vlastnosti a provozní meze ETE, tyto informace jsou zakotveny v Kodexu PS. Periodická údržba zařízení ve vnějších sítích (rozvodny, linky, transformace 400/110 kV) a zařízení ETE probíhá vzájemně dohodnutým způsobem. V případě stavů nouze v elektrizační soustavě (rozpad sítě, SBO ETE atd.) má obnovení napájení vlastní spotřeby ETE z přenosové soustavy pro provozovatele sítě nejvyšší prioritu.

III.1.1.1.6.3 Rozdělení zdrojů elektrické energie uvnitř elektrárny

Napájení elektrických spotřebičů vlastní spotřeby je rozděleno na více rozvoden, napájecích systémů a zdrojů, které se zálohují (na substitučním nebo redundantním principu). Tím se omezují důsledky poruch těchto systémů na provoz reaktoru a bloku.

Elektrické spotřebiče jsou rozděleny do skupin podle jejich důležitosti a podle toho jsou napájeny ze zdrojů a sítí odpovídající kategorie zajištěnosti napájení. Důležitost spotřebiče

zahrnuje kriterium (bezpečnostní) funkce spotřebiče a přípustnou dobu přerušení napájení. Funkce spotřebiče je klasifikována podle standardů MAAE na bezpečnostní (BS), související s bezpečností (SSB) a nedůležitou z hlediska bezpečnosti (SNB). Vlastní spotřeba každého z bloků JE Temelín má k dispozici:

- **Pracovní zdroje**, tj. odbočkové transformátory s regulací napětí (napájené z TG 1000MW a/nebo ze sítě 400kV). Pracovní zdroje mají čistě blokový charakter.
- **Rezervní zdroje**, tj. rezervní transformátory s regulací napětí (napájené ze sítě 110 kV). Rezervní transformátory jsou blokové, ale mohou být zálohovány ze sousedního bloku. Rezervní transformátory jsou schopny zajistit odstavení jednoho bloku při ztrátě jeho pracovního napájení, při předběžném zatížení spotřebiči druhého bloku.
- **Nouzové zdroje**, které napájí systémy zajištěného napájení (SZN). Nouzové zdroje jsou tvořeny dieselgenerátory, akumulátorovými bateriemi a agregáty nepřerušeného napájení (usměrňovače, střídače). Jsou instalovány v areálu ETE, dimenzovány podle požadavků napájených zátěží a jejich funkceschopnost nezávisí na stavu pracovních a rezervních zdrojů ani vnější sítě. Každý z bloků ETE je vybaven 3 redundantními SZN klasifikovanými jako BS (každý z nich je podpůrným systémem pro svoji divizi BS) a dvěma SZN pro napájení spotřebičů SSB a SNB.

Spotřebiče nedůležité z hlediska jaderné bezpečnosti (SNB, zajišťující provoz bloku, výrobu el. energie, ...) jsou napájeny z pracovních zdrojů. Při ztrátě pracovního napájení (transformátory ANT) přechází napájení automaticky na rezervní zdroje (transformátory AST). Na každém bloku jsou 4 hlavní blokové rozvodny 6kV, tvořené dvěma sekcemi. Sekce „a“ napájí HCČ a je vybavena logikou rychlého řízeného AZR, aby při ztrátě pracovního napájení nedošlo k zapůsobení ochrany reaktoru od poklesu příkonu HCČ. Rychlý AZR je zálohován konvenčním AZR od podpětí. Sekce „b“, která napájí především spotřebiče sekundárního okruhu, je vybavena konvenčním AZR od podpětí.

Spotřebiče důležité z hlediska jaderné bezpečnosti (BS a SSB) jsou napájeny ze systémů zajištěného napájení (SZN). SZN jsou tvořeny sítěmi zajištěného napájení a nouzovými zdroji. SZN jsou normálně napájeny z pracovních nebo rezervních zdrojů. Při ztrátě tohoto napájení se příslušný SZN odpojuje od sítě normálního napájení a přechází na napájení z nouzových zdrojů. Nepřerušené napájení citlivých spotřebičů je zajištěno akumulátorovými bateriemi.
Odpojení SZN a nastartování DG je iniciováno od ztráty napájení (U<0,25Un po dobu 2s, zálohované logikou od vypnutého stavu vypínačů v pracovním a rezervním přívodu blokové rozvodny 6kV). Odchylky frekvence jsou řešeny síťovou frekvenční ochranou, která vyhodnocuje pokles frekvence v síti 400kV. Projektové analýzy i zkoušky potvrdily selektivitu tohoto nastavení vůči funkci AZR z pracovních na rezervní zdroje.
Od těchto iniciačních podmínek jsou DG automaticky startovány a automaticky postupně zatěžovány pevně zadaným programem APS. V souladu s požadavky bezpečnosti jsou DG připraveny k zatěžování do 10s od povelu na start. Funkce DG a automatik jejich zatěžování je pravidelně ověřována periodickými zkouškami.

Uspořádání, umístění a fyzická ochrana proti vnitřním a vnějším nebezpečím

Před strojovnou bloku jsou stanoviště blokových, odbočkových a rezervních transformátorů. Stanoviště jsou vzájemně fyzicky, elektricky i požárně oddělena.

Pracovní zdroje vlastní spotřeby (2 odbočkové transformátory, každý o výkonu 63/31.5/31.5 MVA) jsou napájeny z odbočky hlavního generátoru. Ty napájí hlavní blokové rozvodny 6kV, které jsou umístěny v budově rozvoden vedle strojovny. V této budově jsou i snižovací transformátory 6/0.4kV a rozváděče 0.4kV pro napájení strojovny a sekundárního okruhu.

Rezervní zdroje vlastní spotřeby (2 rezervní transformátory, každý o výkonu 63/31.5/31.5 MVA) jsou napájeny ze sítě 110 kV. Trafa bloku 1 a 2 se mohou vzájemně zálohovat propojkami 6 kV a jsou zdrojem rezervního napájení blokových rozvoden 6 kV.

Z blokových rozvoden 6 kV jsou napájeny i motory 6kV (např. HCČ), rozvodny 6kV zajištěného napájení a transformátory 6/0.4kV pro spotřebiče reaktorovny. Tato rozvodná zařízení jsou umístěna v obestavbě reaktorovny.
Z blokových rozvoden 6kV jsou dále napájeny rozvodny 6 kV, pohony 6kV a rozváděče 0.4 kV umístěné ve vnější objektech (čerpací stanice, kompresorová stanice, budova pomocných aktivních provozů atd.).

III.1.1.1.6.4 Normální projektové systémy zajištěného napájení

Vnitřní zdroje sloužící jako první záloha v případě ztráty vnějšího napájení

Bezpečnostní systémy (BS) jsou na každém z bloků ETE uspořádány do 3 divizí bezpečnostních systémů (3x100 %). V souladu s touto koncepcí je v každé divizi (označené 1, 2, 3) vytvořen SZN (označený jako 1, 2, 3), který slouží jako podpůrný bezpečnostní systém pro napájení spotřebičů této divize.

Pro zajištění potřebné míry redundance jsou tyto SZN nezávislé a vzájemně oddělené dispozičně (stavebně, požárně), elektricky i z pohledu řídicího systému. SZN 1,2,3 jsou seizmicky odolné. Každý ze SZN má vlastní nouzové zdroje (DG, akubaterie) i elektrické rozvody. Ze SZN 1, 2, 3 jsou napájeny i systémy s nižší klasifikací z hlediska bezpečnosti (SSB, případně SNB), u kterých je požadována vysoká míra spolehlivosti a redundance. Tyto systémy ale nesmí snižovat plnění bezpečnostní funkce pro systémy BS.

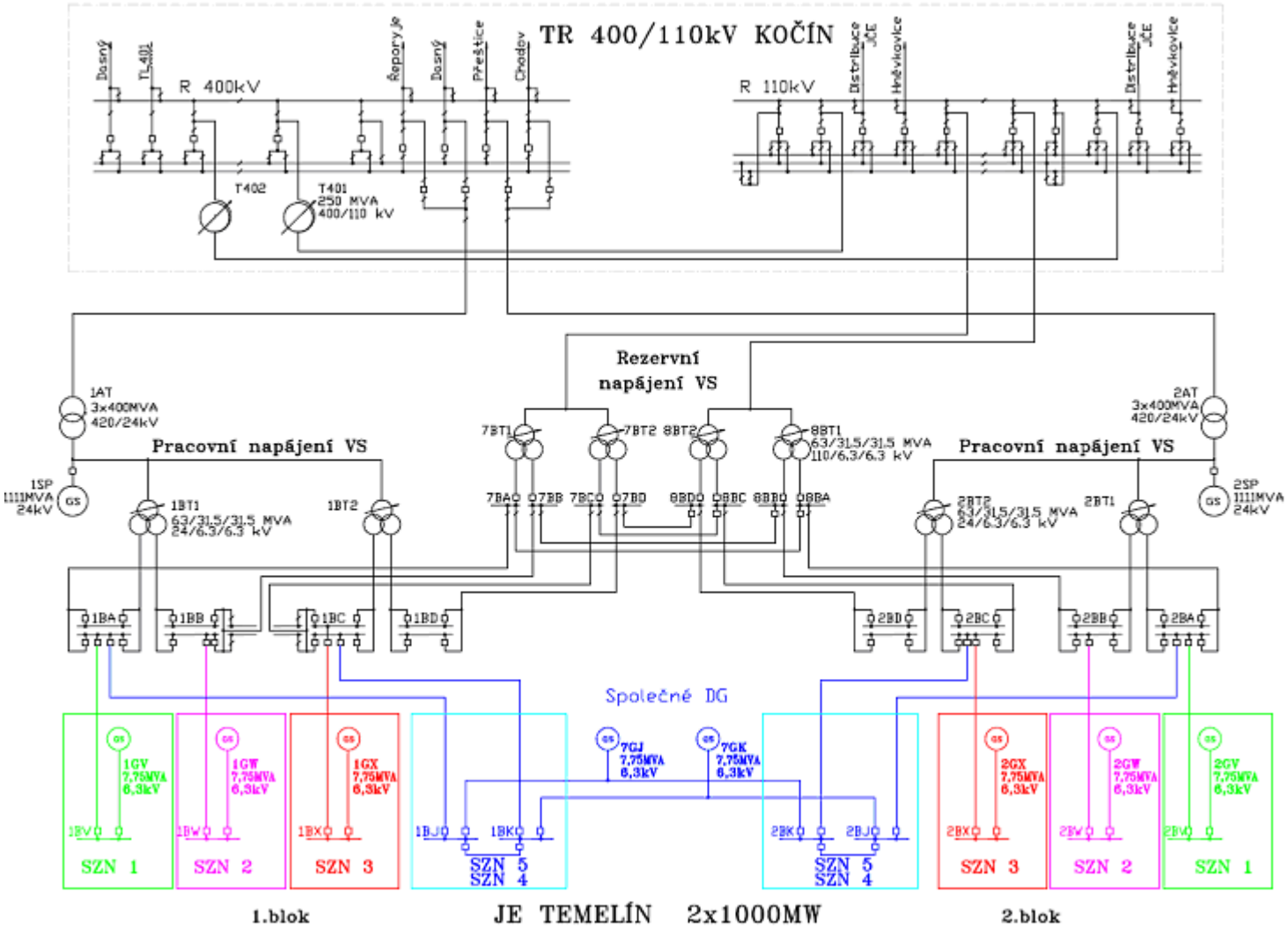
Každý z SZN 1, 2, 3 je tvořen těmito hlavními zařízeními:

- Nouzový DG 6.3kV, 6.3 MW. Dieselgenerátory (GV, GW, GX) mají vlastní nádrže nafty, které jsou dimenzovány pro provoz při plném zatížení po dobu minimálně 48 hodin bez doplňování nafty (reálně po dobu ještě delší, protože zatížení je nižší). Naftu je možno doplňovat z nádrží naftového hospodářství.
- Rozvodna 6kV zajištěného napájení.
- Rozváděče 0.4 kV a snižovací transformátory 6/0.4 kV.
- Usměrňovače, akubaterie, střídače pro napájení citlivých spotřebičů, vyžadujících kvalitní a nepřerušené napájení.

Divize BS 1, 2, 3 i jejich SZN 1,2,3 se zálohují jako celek (koncepce 3x100 %). Vzhledem k principu nezávislosti a vzájemného oddělení nenaruší jednoduchá porucha v jednom ze SZN 1, 2, 3 funkceschopnost zbývajících dvou divizí.

DG jsou nouzovým zdrojem pro spotřebiče připouštějící přerušení napájení po určitou dobu (desítky sekund až minut). DG se startují automaticky při ztrátě napájení rozvodny 6kV zajištěného napájení svého SZN. Současně dochází k odepnutí této rozvodny od rozvodu normálního napájení vypnutím dvou v sérii řazených sekčních vypínačů. Zatěžování DG a práce SZN a spotřebičů jsou s nejvyšší prioritou řízeny automatikou postupného spouštění (APS) podle pevně zadaných programů bez nutnosti činnosti obsluhy. Automatiky rovněž chrání DG před přetížením následnými nesprávnými činnostmi operátora.

Pro potvrzení trvalé pohotovosti bezpečnostních systémů jsou prováděny funkční zkoušky DG a SZN i za provozu bloku (zkouška startu DG a převzetí zátěží funkcí APS po záměrném vypnutí sekčních vypínačů a simulaci reálné ztráty napájení).



Obr. 32: Základní schéma vlastní spotřeby ETE - Kočín

Pro napájení další části systémů souvisejících s jadernou bezpečností (SSB) a napájení systémů nedůležitých z hlediska jaderné bezpečnosti (SNB), které však zajišťují obecnou bezpečnost osob a drahých zařízení, jako je turbosoustrojí, je na každém z bloků vytvořen 4. a 5. SZN. Tyto SZN jsou koncipovány jako dva subsystémy (4.1, 4.2; 5.1, 5.2), které se vzájemně zálohují podle principu 100+100%.

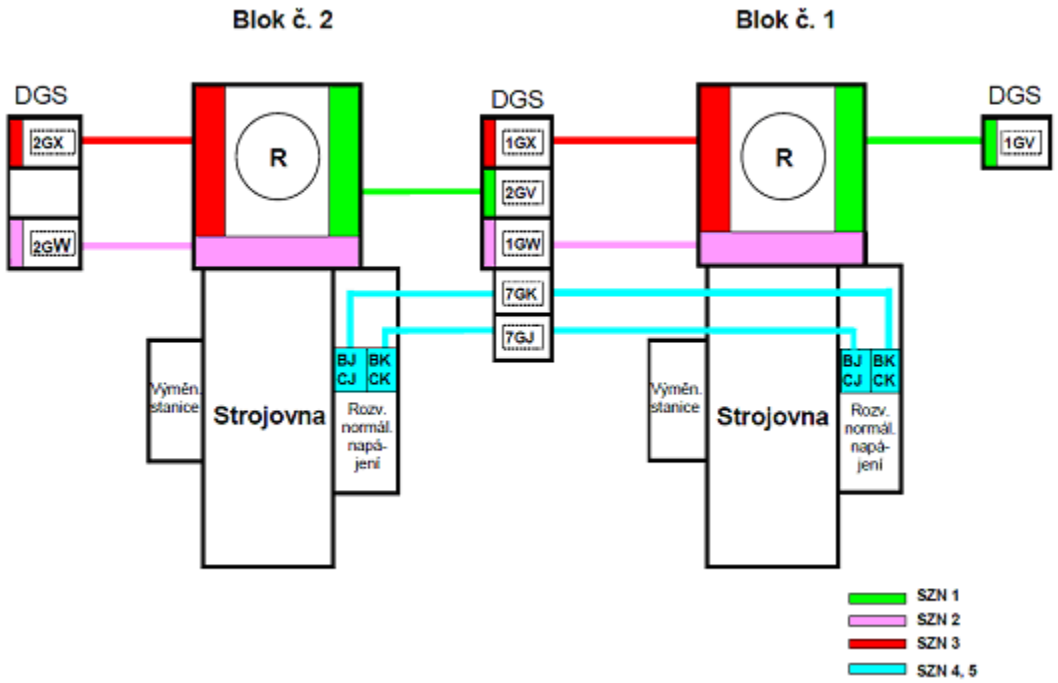
Hlavním nouzovým zdrojem pro tyto SZN je dvojice dieselgenerátorů GJ, GK (6.3 kV, 6.3 MW každý), společná pro ETE1 i ETE2. Tyto společné DG a většina z nich napájených SZN nejsou seizmicky odolné. Pro napájení těchto SZN výkonově postačuje jeden pracující DG. Takto jsou řešeny i automatiky APS, řídící postupné zatěžování těchto DG. U každého společného DG je při 100 % zatížení (napájí všechny SZN na obou blocích) je nádrž dimenzována pro provoz po dobu cca 12 hodin. V reálném případě při práci obou společných DG s nižším zatížením bude doba provozu delší. Každý ze subsystémů má vlastní akubaterii, usměrňovač a střídač.

V postupech pro řešení SBO jsou tyto DG a SZN navrženy jako vnitřní náhradní střídavé zdroje AAC. Společné DG jsou částečně diverzní (minimálně dispozičním umístěním a zapojením v elektrickém schématu, dále i řešení řídicích automatik) od DG na SZN 1, 2, 3. Společné DG jsou připojitelné manipulací existujících rozvodů 6kV k rozvodnám SZN 1 a 2

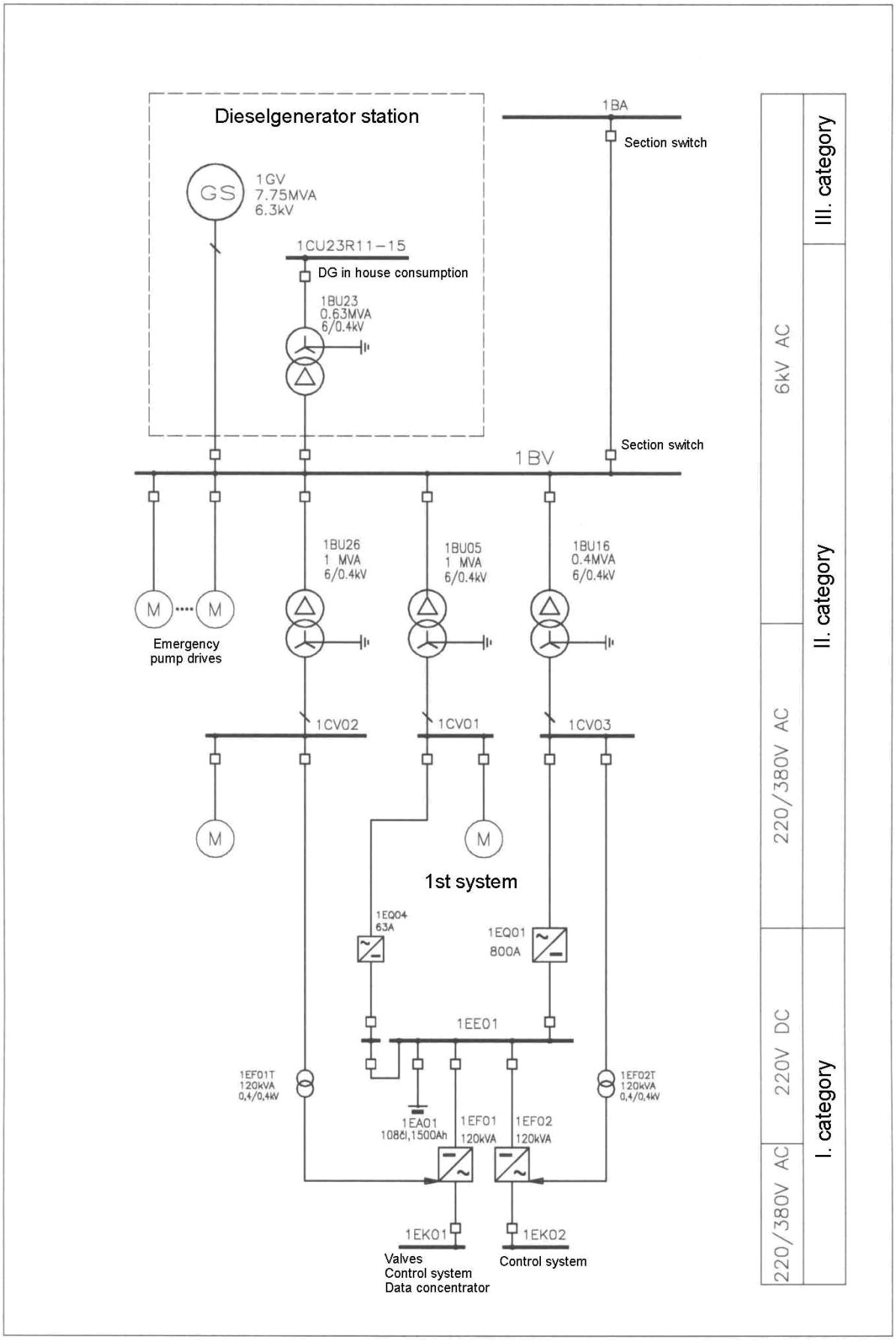
Zálohování, konstrukční nebo distanční oddělení zálohovaných zdrojů a jejich fyzická ochrana proti vnitřním a vnějším rizikům

SZN 1,2,3 (včetně DG) jsou tvořeny seizmicky odolnými zařízením, umístěnými v seismicky odolných budovách.

Objekty DG stanic pro SZN 1,2,3 jsou robustní železobetonové objekty, chráněné proti současnému vyřazení z funkce externími riziky i šachovnicovým dispozičním umístěním. DGS pro SZN 1 je umístěna na opačné straně reaktorovny, než DGS pro SZN 2 a 3. Mezi buňky DGS 2 a 3 bloku ETE1 je vložena buňka DGS1 pro blok 2 (Buňky těchto DG jsou mezi bloky ETE1 a ETE2). Buňky DGS 2 a 3 bloku ETE2 jsou umístěny na opačné straně reaktorovny bloku ETE2.



Obr. 33: Dispoziční schéma ETE – uspořádání a rozmístění zdrojů a SZN



Obr. 34: Zdroje napájení vlastní spotřeby ETE

Elektrická zařízení každého ze SZN 1,2,3 (rozvodny 6kV, 0.4kV, baterie,…) jsou umístěna na 3 různých stranách obestavby reaktorovny a tím jsou chráněna proti externím rizikům.

Kabelové trasy SZN 1,2,3 jsou navzájem nezávislé. Tím je zaručena funkční, prostorová a požární nezávislost (90 minut) těchto SZN a příslušných divizí BS. V kabelových trasách jsou kabely segregovány podle funkčních a napěťových skupin.

Všechny pomocné systémy motoru a generátoru DG (přívod paliva do motoru, mazací olej, vnitřní chladící okruh, plnící vzduch, spouštěcí vzduch) jsou autonomní a při chodu DG nezávislé na přívodu vnějších energií. Každý z DG má vlastní rozvod a zdroje vlastní spotřeby, včetně vlastní baterie. U systémů, které by mohly být ovlivněny dlouhodobým provozem DG (např. zanesení filtrů mazacího oleje) jsou redundantní podsystémy, jejichž jednu část lze za provozu DG odstavit, provést na ní nutnou údržbu a tím zabránit selhání DG v důsledku ztráty pomocných systémů. Kvalita nafty je kontrolována pravidelně 1x za měsíc a je udržována v souladu s příslušnými požadavky.

SZN 4 a SZN 5, jejich společné DG a kabelové trasy nejsou jako celek navrženy jako seizmicky odolné. Výjimkou je SZN 4.1, umístěné v obestavbě reaktorovny. Avšak i v těchto systémech jsou vzájemně redundantní rozváděče a spotřebiče napájeny kabeláží vedenou v různých, vzájemně oddělených trasách. Důvodem je zvýšení spolehlivosti a zajištění funkce v podmínkách požáru.

Společné DG jsou umístěny v oddělených buňkách budovy společné DG stanice v chráněném prostoru mezi reaktorovými bloky ETE1 a ETE2. Budova společné DG stanice zajišťuje účinnou ochranu před většinou externích vlivů (nepříznivé počasí atd.). Většina rozvodných zařízení SZN4 a SZN5 je umístěna v budovách rozvoden (objekt 500, vedle strojovny).
Kromě nádrží umístěných u DG (dimenzovaných u DG 1,2,3 na minimálně 48h) je v lokalitě ETE k dispozici naftové hospodářství, kde jsou 4 nádrže po 1000 m^3 s minimální zásobou nafty 300 m^3, provozní zásoba je cca 1000 m^3 . V případě potřeby je možné při dlouhodobé ztrátě normálního napájení zajistit doplňování nafty do nádrží DG mobilními prostředky.

Časová omezení na dostupnost těchto zdrojů

Ztráta napětí je vyhodnocována dvěma komplety. V každém kompletu jsou identickým způsobem tvořeny dva signály pro vyhodnocení ztráty napětí. Pokud hodnota libovolného sdruženého napětí třífázové soustavy poklesne pod hodnotu 25 % jmenovité hodnoty, bude do APS působit kterýkoliv ze signálů. Objeví-li se zároveň s poklesem napětí v napěťové soustavě zpětná složka napětí, bude signál na start APS zpožděn o jistou dobu. Tato doba představuje čas, za který musí být ochranami vypnuta porucha typu nesouměrný zkrat v napájecí soustavě. Pro zvýšení spolehlivosti je provedena tvorba signálů v ”negativní logice”, tj. vstup APS je aktivován, pokud má signál hodnotu logické nuly (je bez napětí).

Vygenerovaný signál ”Ztráta napájení sekce 6 kV II. kategorie” působí po dobu 30 sec na:

- Aktivaci paměti ”Ztráta napájení” (LOOP).
- Signalizaci ”Start APS” - na BD a ND (po dobu působení paměti ”Ztráta napájení”).
- Vypnutí obou vypínačů sekční spojky pro oddělení napájení dotčené divize BS od napájení z pracovního přívodu.
- Vypnutí vybraných spotřebičů.
- Generování blokád dálkového ručního zapnutí a automatik normálního provozu vybraných spotřebičů.
- Start DG (zpožděn o 0,2 s).

Po úspěšném startu DG, dosažení požadovaných parametrů a úspěšném vypnutí alespoň jednoho vypínače sekční spojky, je automatikou DG zapnut vypínač DG. Zapnutím vypínače DG je zahájen program zatěžování (“nultá” sekunda programu APS). Poté jsou vybrané

spotřebiče zapínány v jednotlivých stupních pevného programu. Program APS se liší v závislosti na technologických podmínkách bloku. Pokud je $T_{I.O} < 70$ °C, pak je zatěžování DG řízeno programem APS-S. Pokud je $T_{I.O} > 70$ °C, pak je zatěžování DG řízeno programem APS-H. Rozdíl mezi těmito programy je dán v zásadě skladbou zapínaných spotřebičů a počtem stupňů.

Ukončení programu ”APS-H” (po 30 sec) nebo ”APS-S” (po 20 sec) vyvolá na BD a ND signalizaci ”Konec programu APS”. Po ukončení programu APS je zrušeno generování blokád a automatik normálního provozu části spotřebičů, pro vybrané spotřebiče zůstávají aktivní blokády ručního zapnutí v závislosti na výkonu DG.

III.1.1.1.6.5 Trvale instalované alternativní systémy zajištěného napájení

Umístění, fyzická separace a časová omezení

Pro JE Temelín byla provedena analýza schopnosti zvládnout a zotavit se z úplné ztráty střídavých zdrojů napájení VS (Station Blackout, dále SBO). Základní metodika řešení SBO vycházela z US NRC RG 1.155. Cílem analýzy SBO bylo prokázat, že blok je schopen zvládnout nadprojektový havarijní režim SBO trvající určitou dobu a následně se zotavit ve smyslu udržení se v bezpečném stavu.

Byl řešen SBO podle následující definice:

1. Celá JE (tj. oba bloky 1000MW) je postižena ztrátou pracovního i rezervního napájení vlastní spotřeby z vnějších sítí (400kV i 110kV).
2. Na jednom z bloků (ozn. A) došlo k odstavení alternátoru 1000 MW z důvodu nezregulování a k selhání DG v SZN 1, 2, 3 ve všech třech divizích bezpečnostních systémů. V provozu zůstávají zdroje zajišťované akubateriemi.
3. Bezpečnost druhého z bloků (ozn. B) je zajišťována alespoň jednou pracující divizí bezpečnostních systémů.
4. Bezprostředně před ani při SBO nedošlo k žádné z projektem předpokládaných nehod a poruch. Neuvažuje se zejména seismicita, požár, záplavy. Všechny systémy elektrárny, kromě systémů, které způsobily uvedenou ztrátu napájení vlastní spotřeby, fungují nebo jsou funkceschopné.

Pro zvládnutí SBO je použita metoda připojení náhradního střídavého zdroje (AAC). Z analýz vyplynuly následující hlavní limity a požadavky pro řešení SBO:

- S použitím metodiky v UR NRC RG 1.155 vychází pro JE Temelín maximální doba, pro kterou je třeba prokázat odolnost proti SBO, 8 hodin.
- Do vysušení je nutno zajistit napájení pro systém technické vody důležité a havarijního napájení PG.
- V čase cca 2 až 6 hodin od vzniku SBO je nutno zajistit chlazení bazénu s vyhořelým palivem (podle stavu jeho zaplnění).

Při zajištění uvedených opatření je blok schopen setrvat v horkém stavu s ohledem na zásoby vody v systému havarijního napájení PG po dobu cca 56 h.

V případě potřeby převést blok do studeného stavu je nutné:

- V čase do cca 48 h od vzniku SBO zprovoznit systémy havarijního doplňování pro zvýšení koncentrace kyseliny borité v I.O a pro odvod tepla z I.O.
- Provést před zahájením přechodu do studeného stavu izolaci kontejnmentu, protože při snižování tlaku v I.O a případné realizaci metody „feed&bleed“ dojde k úniku chladiva do kontejnmentu, zprovoznit potřebné armatury systému havarijního odvzdušnění I.O,

zprovoznit potřebné armatury na trasách mezi primárním okruhem a hydroakumulátory, zajistit provoz sprchového systému pro snižování tlaku v kontejnmentu.

Pro všechna zde uvedená opatření je nutné udržet funkci potřebných systémů SKŘ a zajistit funkce příslušných podpůrných systémů:

- Vzduchotechniky, zajišťující chlazení místností systémů havarijního napájení PG a havarijního doplňování I.O, prostorů elektro a SKŘ. Podle analýz by v důsledku výpadku ventilace došlo ke kritickému nárůstu teploty v některých místnostech SKŘ za déle než 60 minut po vzniku SBO.
- Napájecích systémů elektro (I. a II. kategorie).

Ze strojně-jaderných požadavků vyplynula potřeba obnovení funkce alespoň jedné divize bezpečnostních systémů 1,2,3. Sumarizací výkonových požadavků byla stanovena následující požadovaná výkonová bilance:

- Pro udržení bloku v bezpečném horkém stavu:
  Pp=2,5 MW (max. motor Pn=800 kW) (obnovení napájení do 35 minut)
- Pro udržení bloku v bezpečném horkém stavu a následné převedení do studeného stavu:
  Pp=2,5 MW (do 35 minut) a následně navíc 1,2 MW (max. motor Pn=800 kW).

Alternativní zdroje, které mohou být použity pro stejné účely jako hlavní rezervní zdroje

Na základě závěrů výše uvedené analýzy je pro ETE zpracován havarijní provozní předpis, který řeší havarijní událost typu SBO s ohledem na dostupné zdroje elektrické energie a s ohledem na aktuální stav technologie. Pro provedení vlastních činnosti vedoucích k zajištění napájení bezpečnostních systémů, jsou připraveny postupy, které zohledňují různé možné stavy elektroschematu obou bloků. Způsob řešení tedy závisí na stavu bloků ETE a na stavu vnější sítě. Jsou uvažovány tyto vnitřní zdroje AAC:

1. Rozvodny 6 kV sousedního bloku, který po ztrátě napájení ze sítě 400kV i 110kV zreguloval na vlastní spotřebu. Propojení se uvažuje přes rozvod 6 kV rezervního napájení. Další možnou cestou je i propojení přes rozvodny SZN 5.
2. Společné DG (7GJ, 7GK) o výkonu 6.3 MW. Je zřejmé, že z výkonového hlediska postačuje jeden z těchto DG pro zvládnutí postulovaného SBO na jednom bloku. Jeho výkon je pravděpodobně dostatečný i zvládnutí SBO na obou blocích ETE. Výhodou tohoto zdroje je jeho pohotovost a disponibilita pro řešení SBO v rámci ETE, dobrá ochrana před vlivy počasí a úplná nezávislost na stavu vnějších sítí 400 a 110 kV.

Jiné plánované nebo připravené zdroje

Pro řešení SBO jsou v závislosti na stavu bloků ETE a na stavu vnější sítě uvažovány tyto vnější zdroje AAC:

1. Vnější sítě 400 kV a 110 kV. Vnější sítě 400kV a 110kV jsou použitelné v případě, že není narušena jejich funkceschopnost a vazba s ETE. Pro obnovení napětí ve vnějších sítích má provozovatel přenosové soustavy (ČEPS a.s.) zpracovány provozní instrukce, ve kterých má obnovení napájení vlastní spotřeby ETE nejvyšší prioritu.
2. VE Lipno (výkon 2x60 MW), kterou lze připojit linkami 110 kV k systému rezervního napájení ETE. Podmínkou je funkceschopný stav těchto venkovních linek a rozvoden 110 kV, které se nacházejí v napájecí trase. Vodní elektrárna Lipno byla po provedení analýz SBO zvolena jako hlavní vnější zdroj AAC a tato funkce byla prakticky ověřena zkouškami. Elektrárna Lipno (výkon 2x60 MW) má schopnost startu ze tmy. Zkouškou byla ověřena schopnost podání napájení do 30 minut. Zkouška zahrnovala prověření

organizačních opatření pro zvládnutí SBO, funkčnost systémů TSFO, funkčnost komunikačních prostředků, role a postupy klíčových osob při vzniku SBO.. Podmínkou použití VE Lipno vzdálené cca 60 km je provozuschopný stav rozvoden a vedení 110kV v napájecí cestě.

3. MVE Hněvkovice – zdroj malého výkonu (2x2,2 MW až 2x4,8 MW v závislosti na spádu vody). Napětí na ETE lze přivést přes rozvodnu Kočín 110 kV po lince rezervního napájení 110 kV.

Na ETE jsou zde k dispozici další vnitřní zdroje střídavého napájení, které však nejsou projektově určeny k napájení bezpečnostních systémů v souvislosti s řešením SBO a doposud nebyla odzkoušena možnost jejich použití při řešení SBO:

- DG pro napájení mazacích čerpadel turbiny (výkon 200 kW).
- DG pro datové centrum (výkon 1 MW).

III.1.1.1.7 Bateriové zdroje pro stejnosměrné napájení

Každý ze SZN je vybaven zdroji a rozvody, které zajišťují nepřerušené napájení citlivých spotřebičů. Nouzovým zdrojem jsou olověné baterie 220 V. Na všech SZN proběhly v návaznosti na událost na JE Forsmark kontroly a technické úpravy nastavení a koordinace ochranných a monitorovacích systémů, které nyní zajišťují robustní odolnost proti poruchovým a přechodovým procesům v napájecí síti AC.

V normálním provozním režimu jsou zátěže napájeny a baterie dobíjeny pomocí usměrňovačů ze zdrojů normálního napájení. Při výpadku pracovní a rezervních zdrojů přebírají napájení usměrňovačů nouzové dieselgenerátory.

Navržené usměrňovače jsou schopny zajistit dobití baterií za méně než 8h.

III.1.1.1.7.1 Popis bateriových zdrojů

Na SZN 1,2,3 (klasifikované jako BS) jsou instalovány systémy, které se skládají z tyristorového usměrňovače (220 V, 800 A), akumulátorové baterie (220 V, 1600 Ah) a dvou tranzistorových střídačů (220/380 V AC, 170 kVA). Tyto systémy slouží pro napájení nejdůležitější řídicích, monitorovacích a ochranných systémů a armatur své divize BS. Významný spotřebičem je rovněž nouzové osvětlení prostor dané divize BS (klasifikované jako SNB).

SZN 4 obsahuje dva subsystémy (4.1, 4.2), které jsou napájeny ze SZN 5 a tím i ze společných DG. Každý ze subsystémů obsahuje tyristorový usměrňovač (220 V, 1000 A), akumulátorovou baterii (220 V, 2000 Ah) a střídač (220/380V AC, 170 kVA). Tyto systémy jsou klasifikovány jako SSB a napájí spotřebiče řídicího systému, které jsou klasifikovány jako SSB nebo SNB. Subsystémy 4.1 a 4.2 se vzájemně zálohují (100 %+100 %), spotřebiče mají přívody z obou subsystémů.

SZN 5 obsahuje dva subsystémy (5.1, 5.2), které mohou být napájeny i ze společných DG. Každý ze subsystémů obsahuje 2 tyristorové usměrňovače (220 V, 800 A), akumulátorovou baterii (220 V, 2400 Ah) a střídač (220/380V AC, 170 kVA). Tyto systémy jsou klasifikovány jako SSB a napájí spotřebiče řídicího systému, které jsou klasifikovány jako SSB nebo SNB a zajišťovací pohony turbosoustrojí. Subsystémy 5.1 a 5.2 se vzájemně zálohují (100 %+100 %), většina spotřebičů má přívody z obou subsystémů.

Další bezpečnostně významné bateriové systémy jsou v dieselgenerátorových stanicích. Skládají se z usměrňovačů a baterií 24 V. Jsou napájeny z rozvodů vlastní spotřeby svých DG. Napájí řídicí systémy a ochrany DG, doba vybíjení touto zátěží přesahuje 8 hodin. Jsou klasifikovány stejně jako DG (tj. DG na SZN 1,2,3 jako BS, pro společné DG jako SSB).

Kromě toho jsou na blocích ETE další bateriové systémy. Baterie v systému pohonů řídicích klastrů reaktoru (110 V, 1200 Ah) stabilizuje tento systém při krátkodobých poklesech napětí,

které mohou vzniknout v přenosové soustavě nebo síti vlastní spotřeby. Dvě baterie 24 V, 600 Ah poskytují nepřerušené napájení monitoringu pádu řídicích tyčí do dolní polohy.

V koncepčním projektu JE Temelín se při dimenzování baterií vycházelo z požadavku MAAE 50-SG- 07: 1982, tj. vybíjecí doba alespoň 30 minut. Podle tohoto požadavku byly baterie navrženy a dodány. V dalším průběhu projektu došlo k poklesu zatížení bateriových systémů, zejména při změně řídicího systému za systém fy Westinghouse. Výsledkem je prodloužení vybíjecích dob, ale také vznik značné nerovnoměrnosti těchto dob.

Tabulka 26: Vybíjecí doby akubaterií v projektových režimech na ETE

SZN	**Baterie**	**Charakteristiky baterie**	**Vybíjecí doba [minuty]** [2) 3)]	
		Olověné staniční baterie	LOOP bez poruchy	LOOP + porucha [1)]
1,2,3	EA01,02,03	108čl. Vb2415, 1600 Ah	**> 110**	**N/A**
4.1, 4.2	EA04,05	108čl. Vb2420, 2000 Ah	**500**	**240**
5.1, 5.2	EA51,52	2x108čl. Vb2412, 2400 Ah	**200**	**95**
SOR 24 V	EA21,22	12 čl. Vb2312, 600 Ah	**> 600**	**450**
SOR 110 V	EA09	54 čl. Vb2412, 1200 Ah	**115**	**N/A**

1) Uvažuje se porucha baterie jednoho ze subsystémů. Funkceschopná baterie napájí celou zátěž.

2) Stanovená vybíjecí doba zahrnuje kontrolu napájecího napětí zátěží z baterie (ustáleného, i při špičkách zátěže) i kontrolu baterie z hlediska odebrané kapacity.

3) Při stanovení vybíjecí doby se uvažuje nejhorší časový profil zatížení. Kapacita baterie je redukovaná na 72% C_{10} , čímž je respektován vliv stárnutí (0,8) a vliv minimální teploty v akumulátorovně (0,9).

Dále jsou uvedeny vybíjecí doby v nadprojektovém režimu SBO. Jsou zde dvě varianty – bez odpojování zátěže a s odpojováním zátěže (odpínání části méně důležitých zátěží). Při řízeném odlehčování akubaterie jsou vybíjecí doby podstatně delší. Řízené odpojování zátěže je řešeno v návodech pro TPS.

Pro baterie bezpečnostních systémů byla provedena alternativní kontrola s uvažováním:

a. Částečného snížení zátěže baterie (po 30 minutách odlehčení o 25%).

b. Bez redukce kapacity baterie (100% C_{10}).

Baterie je schopna napájet zátěže za těchto podmínek po dobu více než **4 hodiny**.

Tabulka 27: Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO na ETE

SZN	Označení baterie	Charakteristiky baterie	Vybíjecí doba [minuty] [1) 2) 3)]
1,2,3	EA01,02,03	108čl. Vb2415, 1600Ah	**>130 / 260** [4)]
4.1, 4.2	EA04,05	108čl. Vb2420, 2000Ah	**>540**
5.1, 5.2	EA51,52	2x108čl. Vb2412, 2400Ah	**>200**
SOR 24V	EA21,22	12 čl. Vb2312, 600Ah	**>600**
SOR 110V	EA09	54 čl. Vb2412, 1200Ah	Viz projektové režimy

1) Neuvažují se poruchy, všechny baterie jsou funkční a napájí zátěž.

2) Stanovená vybíjecí doba zahrnuje kontrolu napájecího napětí zátěží z baterie (ustáleného, i při špičkách zátěže) i kontrolu baterie z hlediska odebrané kapacity.

3) Při stanovení vybíjecí doby se uvažuje časový profil zatížení v režimu SBO. Kapacita baterie je redukovaná na 81% C_{10}, čímž je respektován vliv stárnutí (0,9) a vliv minimální teploty v akumulátorovně (0,9).

4) Bez odpojování / s odpojováním zátěže

Z analýzy vyplývá, že akubaterie nejsou z hlediska řešení nadprojektového režimu SBO metodou připojení zdroje AAC kritické, protože:

c) Jsou připojitelné ke zdroji AAC, který zajistí napájení zátěže a dobíjení akubaterii prostřednictvím usměrňovačů.
d) Vybíjecí doby akubaterií jsou delší než doba, za kterou je nutno obnovit napájení technologie ze zdroje AAC. To platí i na konci životnosti akubaterie.

III.1.1.1.7.2 Spotřebiče napájené z baterií

Stejnosměrné napájení je důležité pro zabezpečení funkcí systémů SKŘ (řízení a monitorovaní parametrů) a pro napájení zařízení potřebných pro provedení požadovaných bezpečnostních činností, tj. start DG a obnovení napájení, izolace tras odpouštění I.O a dalších tras odvodu chladiva z I.O, regulace tlaku v PG a I.O a izolace kontejnmentu.

Mezi nejdůležitější spotřebiče napájené z akubaterií bezpečnostních systémů patří:

- Systémy SKŘ bezpečnostních systémů (PRPS, PAMS, PACHMS)
- Přepouštěcí stanice do atmosféry
- Armatury havarijního napájení PG
- Pojišťovací ventily PG
- Armatury izolace tras odpouštění I.O
- Oddělovací armatury hydroakumulátorů
- Oddělovací armatury odlehčovacího ventilu KO.

III.1.1.1.7.3 Umístění a oddělené bateriových zdrojů

Bateriové systémy SZN 1,2,3 a příslušné usměrňovače a střídače jsou umístěny v obestavbě reaktorovny. Jedná se o seizmicky odolná zařízení umístěná v seismicky odolných, pro jednotlivé divize fyzicky oddělených místnostech.

Bateriový subsystém 4.1 je umístěn v obestavbě reaktorovny a je seizmicky odolný. Bateriový subsystém 4.2 je umístěn v budově rozvoden (objekt 500 vedle strojovny), a proto je neseizmický.

Bateriové systémy SZN5 jsou umístěny v budově rozvoden (objekt 500 vedle strojovny), a proto jsou neseizmické.

III.1.1.1.7.4 Alternativní možnosti dobíjení baterií

Akumulátorové baterie SZN 1,2,3 je možno v případě potřeby dobíjet i pomocným usměrňovačem (63 A), který je připojen k síti normálního napájení. Tuto možnost lze využít při neprovozuschopnosti hlavního usměrňovače 800 A.
V režimu SBO se uvažuje dobíjení baterií z dostupných alternativních zdrojů AAC.

III.1.1.2 Významné rozdíly mezi bloky

Oba bloky jaderné elektrárny Temelín jsou stejného typu a nejsou mezi nimi žádné bezpečnostně významné rozdíly.

III.1.1.3 Rozsah a hlavní výsledky pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti

Analýzy PSA pro bloky 1 a 2 byly provedeny v letech 1993 -1996. Projekt analýz ETE pokrýval analýzu úrovně 1 (Level 1 PSA) jak pro výkonové tak i nevýkonové stavy včetně odstávek, rizika vnějších událostí, rizika seismických událostí a návazně pak také úroveň 2 analýz (Level 2 PSA).

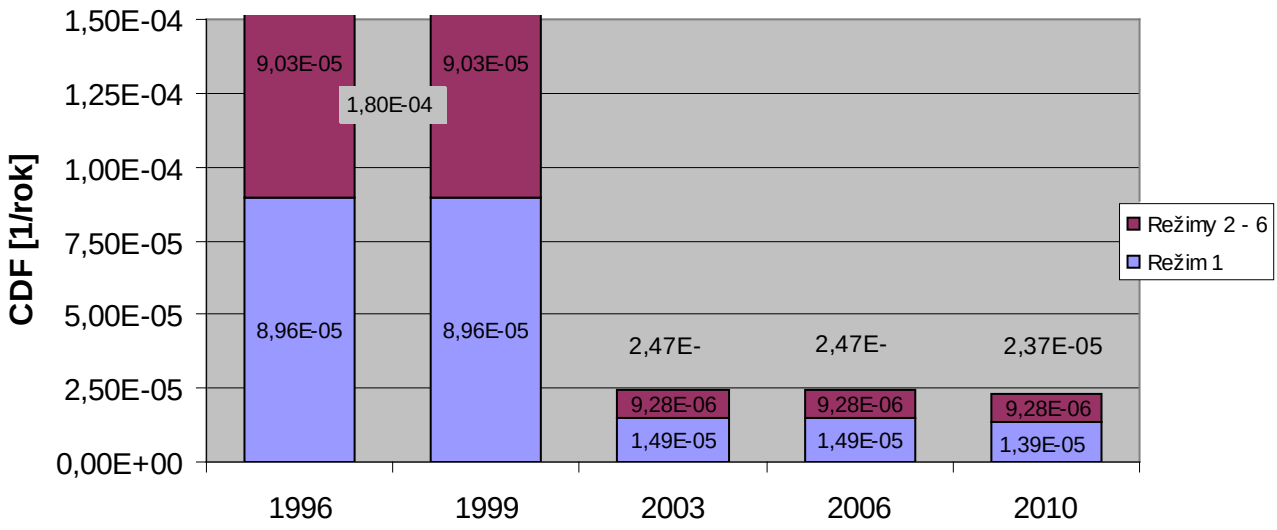
Původní pravděpodobnostní modely pak byly aktualizovány v letech 2002-2003 tak, aby zachycovaly skutečný stav projektu k datu spouštění bloků po všech realizovaných bezpečnostních vylepšeních (viz kap. III.1.1.1.1). Aktualizace modelů zahrnovala také analýzu požárních rizik, rizika záplav a aktualizaci modelů Level 2 PSA. Analýza Level 2 PSA v současnosti zahrnuje pouze výkonový provoz.

V roce 2010 byla provedena aktualizace spolehlivostních dat, specifických pro lokalitu ETE a těmito specifickými daty byla nahrazena do té doby používaná data generická. Výsledkem bylo mírné vylepšení celkové hodnoty CDF.

PSA pro JE Temelín byla předmětem kontrolních misí IPERS IAEA v roce 1995 (PSA 1. úrovně, vnitřní iniciační události) a v roce 1996 (požáry, záplavy externí události a PSA 2. úrovně). Další mise IPSART se uskutečnila v roce 2003 po aktualizaci této analýzy. Rovněž bylo provedeno nezávislé hodnocení uvedené PSA studie iniciované SÚJB, které provedla rakouská firma ENCONET Consulting v roce 2005 a je prováděno každoroční kontrolní inspekce a hodnocení PSA SÚJB.

Aktualizace pravděpodobnostních modelů PSA se provádí pravidelně v rámci provozovatelem přijatého konceptu Living PSA i jako důsledek požadavků SÚJB na pravidelnou aktualizaci modelů PSA ETE tak, aby jejich výsledky odrážely aktuální stav JE a splňovaly základní požadavek jejich použitelnosti pro rizikově informované aplikace.

V následujícím grafu je uveden vývoj výsledků PSA Level 1 (CDF) pro vnitřní iniciační události, pro:
1) výkonový provoz ETE (Režim 1) a
2) nevýkonové režimy/odstávky (Režim 2 až Režim 6)



Obr. 35: Vývoj výsledků CDF (vnitřní události) na ETE

CDF - hodnota průměrné roční frekvence poškození paliva v AZ pro výkonový a nevýkonový provoz JE

Z celkové hodnoty frekvence výskytu poškození AZ (CDF) činí příspěvek kategorie časných velkých úniků radioaktivních látek (LERF) 27,11%.

Od roku 1996 -1999 byly také zpracovány, v roce 2003 následně aktualizovány a od roku 2004 také provozně nasazeny pravděpodobnostní modely pro monitorování úrovně rizika v reálném čase, tzv. Safety Monitor. Využívá se pro identifikaci a monitorování rizikových konfigurací všech bloků během odstávek i k monitorování profilů rizika v reálném čase jak při provozu tak odstávkách jednotlivých bloků. Využívá se také pro hodnocení rizika provozu za účelem realizace rizikově informovaných aplikací.

Podle současné znalosti, při uvažování externích událostí v projektovém rozsahu, platí následující závěry analýz PSA Level 1:

- Příspěvek seismické události k riziku CDF je pod hodnotou 1E-7/rok
- Příspěvek ostatních externích iniciačních událostí k riziku je zanedbatelný (CDF je v řádu 1,0E-7/rok)
- Příspěvek havarijních sekvencí vedoucích k SBO z interních příčin, tedy po LOSP je v řádu 1E-6/rok.

III.2 Zemětřesení

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly III.1.1.1, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

III.2.1 Projektová východiska

III.2.1.1 Projektová zemětřesení elektrárny

V souladu s celosvětovou praxí se v projektu ETE rozlišují dvě návrhové úrovně zemětřesení:

MVZ (maximální výpočtové zemětřesení, označované někdy jako MDE - Maximum Design Earthquake, nebo SL2 Earthquake dle IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.3 a NS-G-1.6).

PZ (projektové zemětřesení, označované někdy jako DE - Design Earthquake, nebo SL1 Earthquake dle IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.3 a NS-G-1.6).

Tabulka 28: Závazné projektové hodnoty zrychlení na ETE

DBE	Úroveň	Zrychlení (PGA)	Doba trvání	Porovnatelná $I_{stav.}$
MVZ (MDE)	$SL2_{hor}$	0,1 g	4 - 8 sec.	7°MSK-64
	$SL2_{ver}$	0,07 g	4 - 8 sec.	
PZ (DE)	$SL1_{hor}$	0,05 g	4 - 8 sec.	6°MSK-64
	$SL1_{ver}$	0,035 g	4 - 8 sec.	

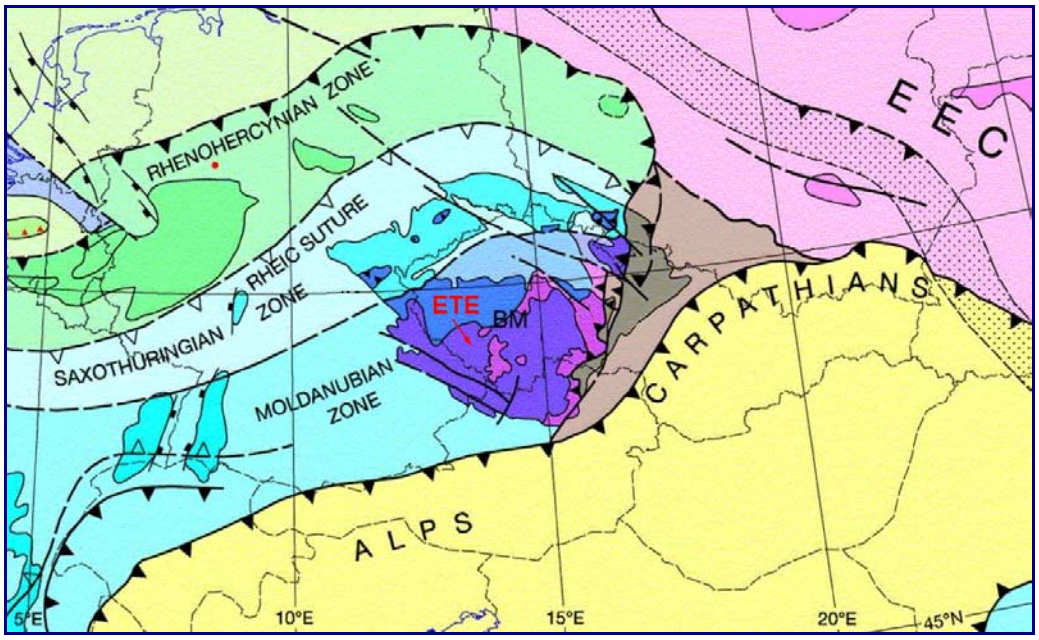
PGA - Maximální hodnota zrychlení v horizontálním a vertikálním směru v úrovni volného terénu (peak ground acceleration)

Četnost výskytu MVZ se předpokládá jednou za 10 000 let, zatímco v případě PZ jednou za 100 let.

Bez ohledu na velikost zrychlení vyplývající z hodnocení ohrožení lokality, tedy projekt ETE splňuje doporučení IAEA (NS-G-3.3, para 2.6), na minimální hodnotu zrychlení v horizontálním směru PGA_{hor} = 0,1 g.

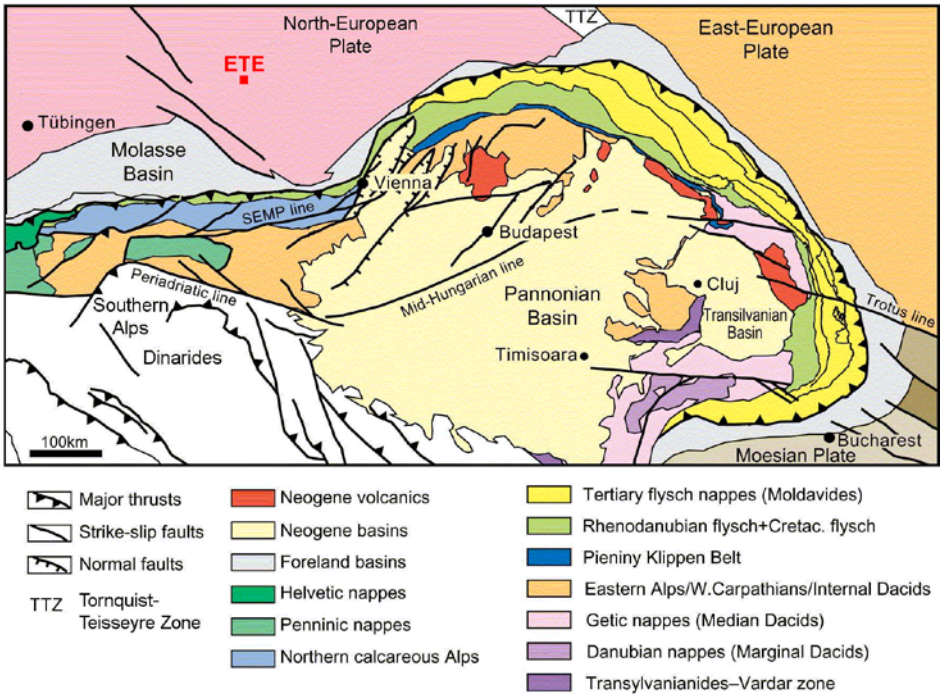
Metodiky použité ke stanovení projektových zemětřesení

Region JE Temelín představuje v souladu s doporučením IAEA NS-G-3.3 oblast do vzdálenosti cca 150 km od JE, směrem k jihu a jihovýchodu protaženou až do vzdálenosti 230 km. Toto protažení regionu JETE je opodstatněné obecně známým malým útlumem východoalpských zemětřesení při jejich šíření do Českého masivu. Region zasahuje do dvou základních geologických jednotek geologické stavby Evropy – Moldanubika a Alpid. Lokalita JE Temelín se nachází v Českém masívu, který je součástí evropského hercynského orogénu. Evropské hercynidy představují zbytek široké, vyvrásněné, mobilní zóny vklíněné mezi východoevropskou čili fenosarmatskou platformu, na západě lemovanou epikaledonskou platformou, a mezi severní okraj evropských alpid. Alpidy tvoří Alpy, ležící na jih od Českého masivu, a Karpaty, na jihovýchodě a východě. Hloubkový styk alpid s jejich platformním předpolím je plošný. Představuje jej ploché tektonické přesunutí příkrovů a bloků Alp a Karpat na jižní okraj platformy. Podle geologických a geofyzikálních dokladů, které jsou potvrzeny vrty, sahá zanořená hercynská platforma až do vzdálenosti 30 - 40 km od čela alpid pod Alpy. Povrchová hranice je vztahována k dosahu zvrásněných formací alpsko-karpatské soustavy, označovaná jako alpinská fronta nebo alpsko - karpatská předhlubeň.



Obr. 36: Základní strukturní schéma střední Evropy

Ta probíhá od Janova, přes oblouk Švýcarských Alp mezi Bernem a Curychem, pokračuje podél Dunaje v Rakousku, dále ke Znojmu, Ostravě, ohýbá se pod Krakovem a podél Karpat pokračuje k jihu, kde končí v oblouku Východních Karpat u Dunaje. Hranice Českého masivu na severu, vůči platformním jednotkám, je dána řadou hlubinných zlomů.



Obr. 37: Základní strukturní jednotky Východních Alp a Karpat

První vyhodnocení velikosti seismického ohrožení lokality ETE bylo provedeno v roce 1979. Na základě pravděpodobnostního vyhodnocení katalogu historických zemětřesení bylo

stanoveno, že s pravděpodobností větší než 90% nebude během projektové životnosti JE překročen 5,5°MSK-64. Na základě reálného zhodnocení seismické aktivity regionu pomocí různých metod (seismostatistická, seismotektonická, nezonální) a průzkumů prováděných od 70-tých let byly v roce 1984 stanoveny a potvrzeny pro původní projekt tyto úrovně zemětřesení:

MVZ = 6°MSK-64 s hodnotou zrychlení PGA_{hor} = 0,06 g

PZ = 5°MSK-64 s hodnotou zrychlení PGA_{hor} = 0,025 g

Projektové hodnoty seismického ohrožení lokality ETE byly přehodnoceny v roce 1995 v souvislosti s doporučeními mise IAEA hodnotícími bezpečnost lokality ETE. Na základě aktualizovaných vstupních dat a dle doporučení v předpisech IAEA byla stanovena hodnota MVZ a PZ dle hodnot uvedených v kap. III.2.1.1.

Pro stanovení návrhových parametrů zemětřesení úrovně MVZ (SL2) byly použity tři odlišné přístupy, seismostatistický navíc ve dvou odlišných variantách. Výsledné hodnoty byly stanoveny na základě porovnání výsledků všech použitých metodických přístupů jako nejvíce konzervativní hodnoty. Použití kombinace těchto metodických přístupů má eliminovat nepřesnosti katalogů zemětřesení, generalizaci schémat ohniskových oblastí a zvýšit spolehlivost výsledků řešení.

- Seismostatistický (pravděpodobnostní) - zpracovaný ve dvou metodických materiálech s použitím shodného katalogu zemětřesení, ale rozdílné skladby ohniskových oblastí.
- Seismogeologický (seismotektonický) - vycházející z předpokladu, že ohniska zemětřesení jsou spojena s aktivními zlomy.
- Experimentální - označovaný jako "bezzónová metoda", který nevyžaduje definici zdrojových zón a jejich ohraničení, ani stanovení parametrů seismicity a jejich seismického potenciálu. Je založen na měření skutečných charakteristik útlumu po trase epicentrum - posuzovaná stavba.

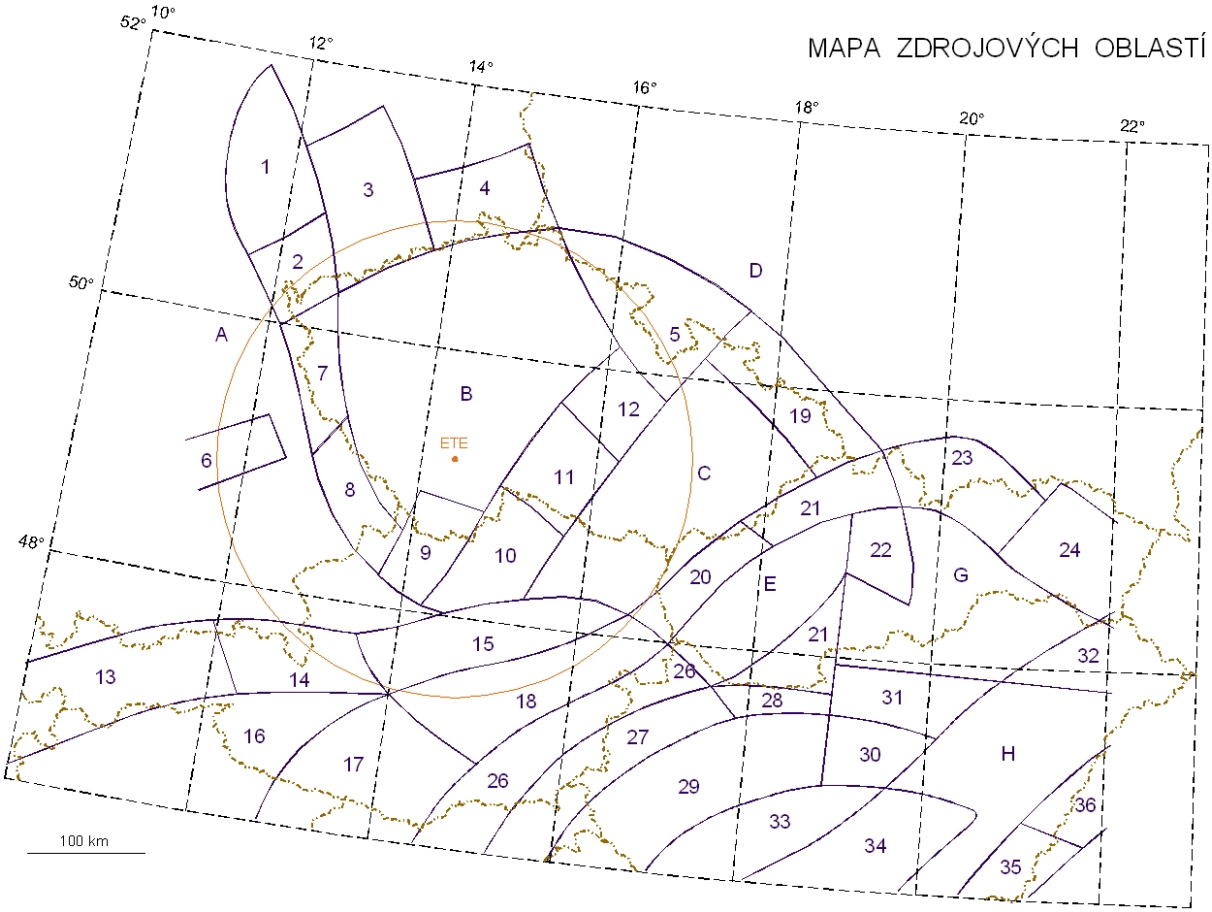
<u>Seismostatistický přístup – 1. metoda</u>

Při stanovení seismického rizika se předpokládá stabilita tektonických i seismogenerujících procesů, tzn., předpokládá se, že dosud pozorovaný trend seismické činnosti zůstane zachován i v budoucnu. Při výpočtech se předpokládá, že zemětřesení může vzniknout v libovolném bodě každé oblasti nebo aktivního úseku zlomu až do výše maximálního možného zemětřesení pro tuto oblast, tento zlom.

Z hlediska bezpečnosti byl zvážen nejméně příznivý případ, zohledňující jednak velikost maximálně možných zemětřesení v jednotlivých ohniskových oblastech, jednak nejkratší epicentrální vzdálenost mezi hranicí ohniskových oblastí či aktivním úsekem zlomu a lokalitou.

Ke stanovení seismického rizika lokality byly použity podle původního návodu IAEA 50-SG-S1 i v souladu s doporučením IAEA NS-G-3.3 dva následující přístupy:

- Expertní odhad založený na mapě seismického rajónování.
- Pravděpodobnostní odhad založený na teoretickém matematickém modelu.



Obr. 38: Mapa zdrojových oblastí ve střední Evropě

Údaje maximální výpočtové hodnoty makroseismické intenzity pro sledovanou lokalitu v závislosti na ohniskové oblasti pro lokalitu JE Temelín byly zjišťovány zvážením ohniskových oblastí, hodnot největších možných zemětřesení, které oblasti mohou vyprodukovat v časovém horizontu 10 000 let, a křivek útlumu makroseismických intenzit, které byly sestrojeny azimuty ohnisková oblast - lokalita při zvážení nejkratší vzdálenosti ohniskové oblasti od lokality (v souladu se současně používanou metodikou v jaderné energetice jde o nejkonzervativnější odhad).

Analýza dat prokázaly, že největší intenzity zemětřesení v lokalitě Temelín pro časový horizont 10 000 let jsou:

6,5° MSK-64 v případě maximálních otřesů v ohniskových oblastech 17 a 18

6° MSK-64 v případě maximálních otřesů v ohniskových oblastech 6 a 13

5,5° MSK-64 v případě maximálních otřesů v ohniskové oblasti 15.

<u>Seismostatistický přístup – 2. metoda</u>

Přístup 2. metodou byl založen na výpočtu seismického ohrožení pomocí pravděpodobnostní analýzy seismostatistické a částečně seismotektonické vstupní informace (pravděpodobnostní křivky seismického ohrožení). Tato metoda umožňuje ocenění pravděpodobnosti ročního výskytu různých velikostí kmitavých pohybů na mnoho let dopředu, ale též ocenění nejistoty, kterou jsou tyto hodnoty zatíženy.

Prognóza seismických událostí vychází z následujících podkladů:

- Rozložení zdrojových zón v lokalitě a regionu.
- Seismicita zdrojových zón a maximální možné zemětřesení, které v nich může vzniknout (seismický potenciál).
- Pokles velikosti seismických pohybů půdy se vzdáleností od ohniska k lokalitě.
- Vymezení ohniskových oblastí a jejich seismicita.

Předpoklad o platnosti parametrů historické seismicity i pro zemětřesení v budoucnu se opírá o představu opakovaných drsných kluzů na existujících zlomech. Zkušenost ale ukazuje, že nová ohniska se vyskytují i v místech, ve kterých žádná historická seismicita doložena není. Tento předpoklad je jednou z nejistot ve vstupních datech.

Zdrojovými oblastmi seismického ohrožení jsou jednak ohniskové oblasti historických zemětřesení, jednak lineamenty tektonických zlomů nebo jejich křížení. Ve střední Evropě, do které zhruba spadá region JE Temelín, bylo vymezeno 60 ohniskových oblastí. Seismicita těchto oblastí je vyjádřena četnostními grafy a hodnotami jejich maximálního možného zemětřesení (seismický potenciál).

Další zdrojové zóny jsou zlomy ve vnitřní části Českého masivu, charakterizované expertně odhadnutými hodnotami parametrů seismicity. Hodnocení zlomů spolu se seismickými oblastmi představují 71 zdrojových oblastí. Analýza seismické ohrožení lokality JE Temelín byla vypracována na základě ocenění pravděpodobného výskytu zemětřesení v těchto zdrojových oblastech.

Seismogeologický (seismotektonický) přístup

Pro zhodnocení seismické aktivity zlomů v zájmové oblasti lokality jsou zlomy rozděleny pro přehlednost do tří tříd a 6 kategorií s ohledem na velikost magnituda (M_{max}), které jsou potenciálně schopné generovat. Potenciál zlomů je diferencovaně hodnocen pro jednotlivé strukturní bloky – regionální geologické jednotky.

Tabulka 29: Systém dělení zlomů do tříd a jejich číselné kódování na ETE

Třída	Slovní označení	Kategorie	M_{max}	I_0 [° MSK-64]
A	významná seismogenní linie	I	6,5	9,5
		II	6,0-6,4	9
B	významná seismotekonická linie	III	5,3-5,9	8
		IV	4,7-5,2	7
C	seismotektonická linie	V	4,1-4,6	6
		VI	3,6-4,0	5

Údaje (maximální výpočtové hodnoty makroseismické intenzity pro lokalitu JE Temelín v závislosti na seismoaktivním úseku zlomu) byly zjišťovány zvážením mapy seismoaktivních zlomů, hodnot největších možných intenzit zemětřesení, které seismoaktivní úseky zlomů mohou produkovat v časovém horizontu 10 000 let a křivek útlumu makroseismických intenzit, které byly sestrojeny pro lokalitu JE Temelín při zvážení nejkratší vzdálenosti seismoaktivních úseků zlomů od lokality (tj. v souhlase se současnou metodikou jde o nejvíce konzervativní odhad).
Analýza dat ukazuje, že největší intenzita zemětřesení v lokalitě Temelín pro časový horizont 10 000 let je 6,5° MSK-64.

Experimentální přístup

Experimentální stanovení seismického ohrožení je založeno na použití tzv. "bezzónové metody". Tato metoda má řadu předností, zejména nevyžaduje definici zdrojových zón a jejich ohraničení, ani stanovení parametrů seismicity a jejich seismického potenciálu.

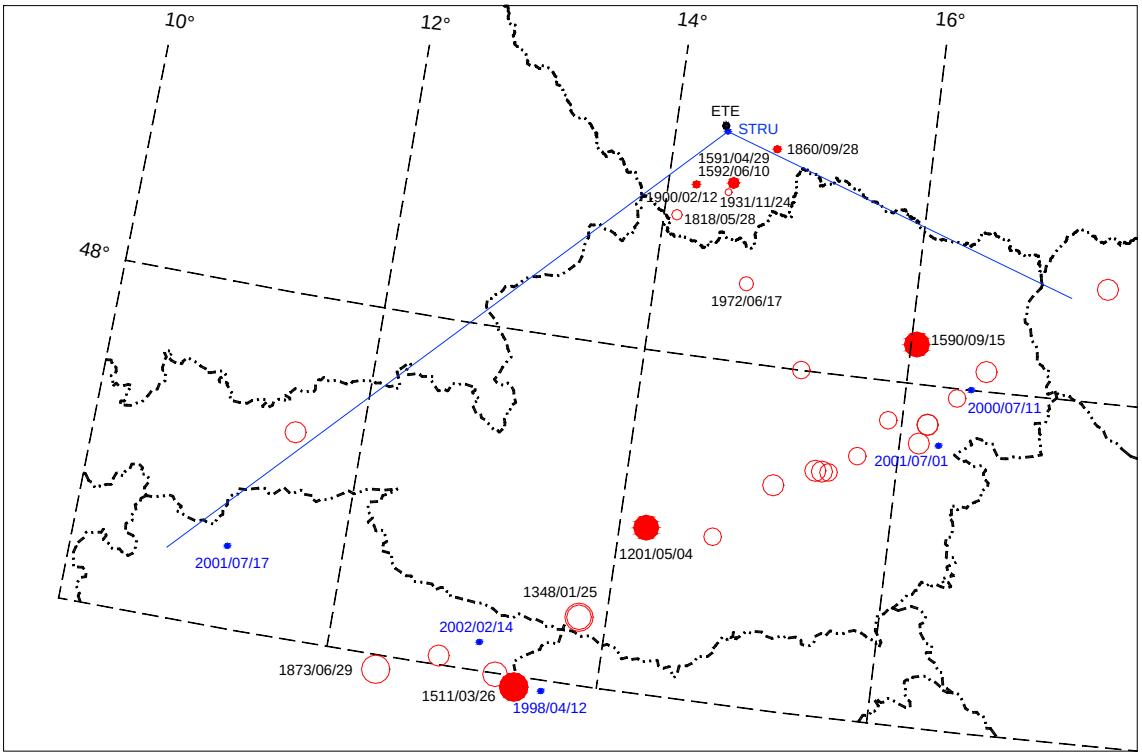
Tato metoda je použitelná až v poslední době, kdy jsou již k dispozici přístrojové záznamy zrychlení seismických kmitů půdy v místě ETE, vyvolávané zemětřeseními v regionálních vzdálenostech. Nová metoda se již nemusí opírat pouze o subjektivní makroseismická data (katalogy historických zemětřesení a mapy izoseist). Při použití autentických přístrojových dat odpadají nejistoty dřívějších metod, které jsou důsledkem různých empirických převodních vztahů a expertních odhadů. Například vztah mezi zrychlením seismických kmitů a místní makroseismickou intenzitou je zatížen nejistotami o velikosti až dvou řádů. Nová experimentální metoda je odborníky pokládána za spolehlivou a perspektivní.

Hlavním zdrojem seismického ohrožení ETE jsou seismické účinky silných zemětřesení v aktivních seismických zónách regionu, které se nacházejí ve vzdálenostech nad 150 km. Za tím účelem je nutné stanovit nejvhodnější poklesové vztahy pro zrychlení, platné pro šíření seismických vln v Českém masívu. V prvém přiblížení mohou být tyto účinky charakterizovány hodnotou pikového zrychlení v horizontálních složkách, které jsou vyvolány zemětřesením.

Stanovení seismického ohrožení lokality ETE pomocí experimentální metody představuje alternativní přístup k výše použitým deterministickým a pravděpodobnostním postupům. Použitá experimentální metoda pracuje s následujícími vstupními daty:

- Katalog magnitud a souřadnic historického zemětřesení
- Korekce historických magnitud a vzdáleností ohnisek.

Screeningem dostupných katalogů byla vyhledána historická zemětřesení, která po uplatnění korekcí způsobila v lokalitě ETE zrychlení pohybů půdy $PGA_{HOR} \geq 10$ cm.s^{-2}.



Obr. 39: Pozice ohnisek vybraných zemětřesení v alpské oblasti

Výpočty seismického ohrožení ETE podle "bezzónové metody" pro časový interval 800 let prokázaly dostatečnou konzervativnost stanovení úrovně seismického ohrožení pomocí deterministických a pravděpodobnostních přístupů.

III.2.1.1.1.1 Závěry o adekvátnosti projektových zemětřesení

Hodnota špičkového zrychlení podloží PGA_{hor} = 0,1 g a PGA_{ver} = 0,07g pro maximální výpočtové zemětřesení a PGA_{hor} = 0,05 g a PGA_{ver} = 0,035g pro projektové zemětřesení poskytuje dostatečnou seismickou odolnost projektu ETE pro tuto lokalitu.

Na území ČR se nenachází žádné tektonické struktury, které by umožňovaly vznik silných zemětřesení. Vyhodnocení historických dat i dlouhodobé monitorování prokázalo, že lokalita ETE je seismicky velmi klidná. Výsledky ze sítě detailního seismického rajónování dokládají správnost seismického ocenění lokality ETE. Průběžné vyhodnocování poloh epicenter lokálních mikrozemětřesení ukazuje v řadě případů jejich příčinnou souvislost s geologickou stavbou jižní části Českého masívu. V lokalitě ETE nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5°MSK-64 (PGAhor = 0,08 g).

V rámci seismické analýzy rizika byla oceněna seismická odolnost objektů a vybraného zařízení ETE (fragility analysis, hodnocení seismické odolnosti, ..). Výsledky analýz seismické odolnosti objektů a vybraného zařízení ETE prokázaly, že reálná odolnost všech bezpečnostně významných zařízení i stavebních objektů, v nichž jsou umístěna, výrazně překračuje hodnotu 7°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,1 g) stanovenou pro MVZ (viz kap. III.2.1.1). SSK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné minimálně do hodnoty 7°MSK-64 (PGAhor = 0,1 g), takže existuje bezpečnostní rezerva na zbývající 5 % neurčitost. Rozdíly v odolnosti jednotlivých SSK jsou individuální, nicméně přispívají k dalšímu zvýšení bezpečnostní rezervy pro zajištění bezpečnostních funkcí.

Bloky ETE jsou vybaveny seismickým monitorovacím systémem. Pro jednotlivé úrovně zemětřesení jsou rovněž stanoveny příslušné zásahové úrovně pro vyhlášení mimořádné události a aktivaci OHO. Personál JE je dostatečně kvalifikovaný a vycvičený k provádění hodnocení poškození zařízení po seismické události.

Data související s hodnocením seismického ohrožení lokality jsou pravidelně aktualizována na základě měření ze stanic lokální seismologické sítě detailního seismického rajónování.
Dosavadní výsledky monitorování lze shrnout do následujících bodů:

- V okruhu 40 km kolem ETE se nevyskytlo žádné zemětřesení s magnitudem větším než 1.
- V okruhu 50 km kolem ETE se vyskytlo pouze 9 mikrozemětřesení s magnitudy v rozmezí 1 - 2 a žádné s magnitudem větším.
- Vyhodnocováním průmyslových odpalů z lomů v lokalitě bylo ověřeno, že síť je schopna spolehlivě detekovat a lokalizovat otřesy s magnitudy 1 – 3 v okruhu 50 km kolem ETE.

III.2.1.2 Opatření k ochraně elektrárny před projektovými zemětřeseními

III.2.1.2.1 Stavební konstrukce a technologická zařízení nutné pro bezpečné odstavení elektrárny

Stavební konstrukce a technologická zařízení, které jsou nutné pro plnění základních bezpečnostních funkcí (řízení reaktivity, odvod tepla z aktivní zóny reaktoru, zachycení ionizujícího záření a radionuklidů) při zemětřesení, jakož i konstrukce a zařízení, jejichž porušení či selhání při zemětřesení by mohlo sekundárně ohrozit jiné konstrukce a zařízení v jejich okolí, které jsou důležité pro jadernou bezpečnost, jsou zařazeny do 1. kategorie seismické odolnosti.
Pro technologické systémy a zařízení je pro přesnější vymezení vlivu seismicity tato 1. kategorie seismické odolnosti členěna na podkategorie:

- Podkategorie 1a - Vyžaduje zachování plné funkční způsobilosti až do úrovně MVZ včetně.
- Podkategorie 1b - Vyžaduje se pouze zachování mechanické pevnosti a hermetičnosti až do úrovně MVZ včetně.
- Podkategorie 1c - Vyžaduje se seismická odolnost pouze z hlediska možných seismických interakcí a zejména zachování stability polohy až do úrovně MVZ včetně. Cílem je zabránit ovlivnění zařízení, zařazených do kategorií 1a a 1b.

III.2.1.2.2 Hodnocení odolnosti stavebních konstrukcí a technologických zařízení z hlediska projektových zemětřesení a ocenění potenciálních bezpečnostních rezerv

Pro stavební konstrukce a technologická zařízení spadající do 1. kategorie seismické odolnosti byly provedeny seismické analýzy zahrnující bezpečnostně významné stavby, komponenty, obslužné systémy, zařízení SKŘ a elektrozařízení a to buď experimentem, výpočtem nebo nepřímým hodnocením. Výsledkem je průkaz jejich odolnosti odpovídající zatížení dle hodnot MVZ.

Tabulka 30: Parametry odolnosti ("Fragility") vybraného typového zařízení na ETE

Typové zařízení	HCLPF
Izolátory venkovních rozvoden 400 a 110 kV	0.10 g
Zásobní palivová nádrž DGS	0.11 g
Rozvodny 400 a 110 kV	0.13 g
Skříně vypínačů 0,4 kV bezpečnostních systémů	0.15 g
6kV rozvodny /vypínače bezpečnostních systémů	0.15 g
6kV/400V transformátory bezpečnostních systémů	0.15 g
Chladící nádrže s rozstřikem	0.17 g
Skříně 0.4 kV rozvaděčů DG	0.18 g
Ventilátory VZT	0.18 g
Nádrže čistého borového koncentrátu	0.19 g
Nádrže havarijního napájení PG	0.19 g
Výměník HSCHZ	0.23 g
Nádrž VT HSCHZ	0.28 g
Nádrž systému havarijního vstřiku do I.O	0.46 g
Nádrže sprchového systému	0.46 g

Výpočet HCLPF (High Confidence on Low Probability Failure) je založen na konceptu zrychlení podloží vedoucího s "vysokou mírou jistoty k nízké pravděpodobnosti selhání". Zrychlení podloží o hodnotě HCLPF je tedy pro zařízení nebo stavební objekt takové zrychlení, při kterém existuje 95 % jistota, že pravděpodobnost jeho selhání bude menší než 5 %.

Skříně systémů SKŘ bezpečnostních systémů jsou standardně kvalifikovány na zrychlení minimálně 0,3 g.

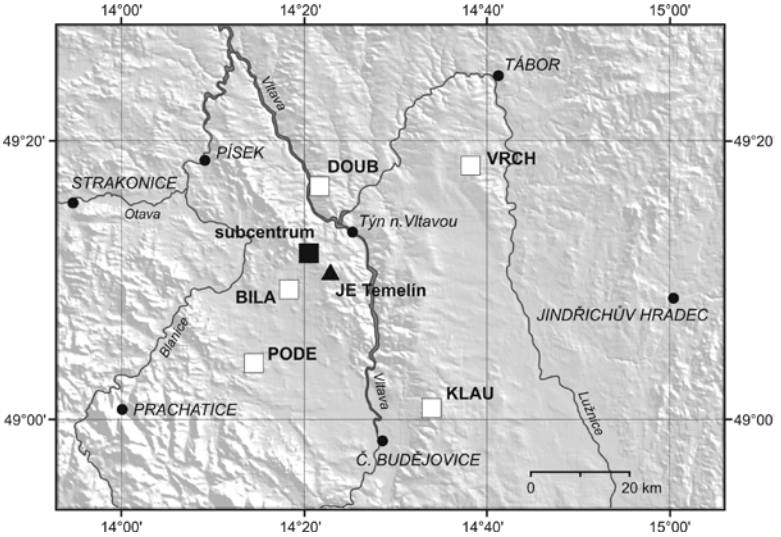
Z výsledků „fragility analysis" objektů a vybraného zařízení ETE vyplývá, že odolnost všech bezpečnostně významných zařízení i stavebních objektů v nichž jsou umístěna výrazně překračuje hodnotu 0,1 g stanovenou pro MVZ.

III.2.1.2.2.1 Hlavní provozní opatření k dosažení stavu bezpečného odstavení

Na podporu výsledků hodnocení seismického ohrožení lokality ETE je využíváno měření stanic lokální seismologické sítě detailního seismického rajónování (DSR) ETE.

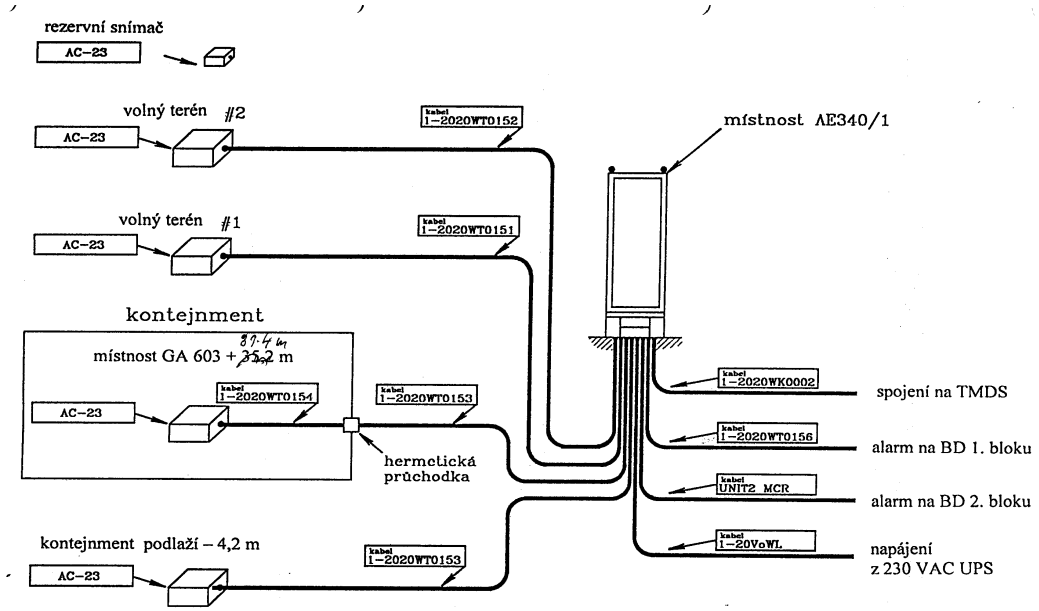
Hlavní úlohou sítě detailního seismického rajónování ETE je registrace lokálních mikrootřesů s magnitudem v intervalu 1-3. Seismické jevy jsou registrovány ve 4 kategoriích: teleseismické jevy vzdálené více než 2 000 km, regionální jevy vzdálené 200 – 2 000 km, blízké jevy vzdálené 50 – 200 km a lokální jevy vzdálené méně než 50 km. Kromě tektonických zemětřesení jsou sítí stanic registrovány též indukované důlní otřesy a průmyslové odpaly.

Síť detailního seismického rajónování v okolí ETE, vybudovaná a provozovaná podle doporučení IAEA, je v nepřetržitém provozu od 1. 9. 1991. Seismické jevy jsou registrovány ve 4 kategoriích: teleseismické jevy vzdálené více než 2 000 km, regionální jevy (200 – 2 000 km), blízké jevy (50 – 200 km) a lokální jevy (< 50 km). Kromě tektonických zemětřesení jsou sítí stanic registrovány též indukované důlní otřesy a průmyslové odpaly.



Obr. 40: Mapa stanic sítě DSR ETE

Bloky ETE jsou vybaveny seismickým monitorovacím systémem (SMS). K aktivaci SMS dojde vždy při překročení nastavené prahové hodnoty zrychlení (0,005 g v horizontálním a vertikálním směru pro snímače ve volném terénu a na základové desce, 0,015 g v horizontálním směru a 0,045 g ve vertikálním směru pro snímač v kontejnmentu). Spolu s tím jsou aktivovány i odpovídající alarmy na BD. S aktivací SMS ani s alarmy o zemětřesení nejsou spojeny žádné iniciační signály do řídících nebo ochranných systémů bloku. Po každé seismické události je požadováno celkové zhodnocení stavu bloků. Řízené odstavení bloku se požaduje vždy, pokud byla překročena úroveň projektového zemětřesení nebo pokud nebyla překročena úroveň projektového zemětřesení, ale byly zjištěny příznaky seismického poškození.



Obr. 41: Seismický monitorovací systém

Pro jednotlivé úrovně zemětřesení jsou rovněž stanoveny příslušné zásahové úrovně pro vyhlášení mimořádné události a aktivaci OHO. Personál JE je dostatečně kvalifikovaný a vycvičený pro používání EOPs a SAMG, stejně tak i k provádění hodnocení poškození zařízení po seismické události.

Pro všechna zemětřesení, která přicházejí do úvahy v lokalitě ETE, je potvrzeno plnění základních bezpečnostních funkcí:

d) Řízení reaktivity
e) Odvod tepla z jaderného paliva
f) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů

Neodstavení reaktoru v důsledku mechanické závady pádem klastrů má charakter scénáře tzv. ATWS, který byl pro ETE analyzován i pro iniciační události, které mohou být vyvolány účinky zemětřesení. Reaktor by byl odstaven zpětnovazebními efekty reaktivity, resp. vstřikem bóru alespoň jednoho ze 3 systémů havarijního vstřiku bóru.

Odvod zbytkového tepla z reaktoru v horkém a polohorkém stavu by probíhal v režimu sekundárního „feed&bleed“ doplňováním vody do PG prostřednictvím systému havarijního napájení PG a řízeným odvodem páry do atmosféry až do teploty v I.O 150 ^{o}C. K dosažení této teploty existuje dostatečná zásoba vody v příslušných nádržích. Následně by odvod tepla pokračoval jednou ze tří redundantních tras odvodu zbytkového tepla do atmosféry přes výměníky HSCHZ chlazené TVD a přes CHNR.

V případě nemožnosti použít výše uvedené možnosti odvodu tepla z AZ existuje možnost alternativního odvodu tepla z AZ metodou primárního „feed&bleed“ řízeným odvodem chladiva z I.O do kontejnmentu a dále přes výměníky HSCHZ chlazené TVD a přes CHNR do atmosféry.

Odvod tepla z BSVP by byl zajištěn jednou ze tří tras systému chlazení BSVP přes příslušné výměníky chlazené TVD a přes CHNR do atmosféry.

III.2.1.2.2.2 Ochrana proti nepřímým účinkům zemětřesení

Pro lokalitu ETE byly hodnoceny vedlejší účinky zemětřesení. Žádný z hodnocených účinků nepředstavuje pro ETE významné riziko.

1) Vnitřní záplavy na ETE byly hodnoceny v rámci analýz pravděpodobnostního hodnocení rizika záplav. Pro scénáře záplav, při kterých by mohl výskyt záplav významněji přispět k riziku poškození aktivní zóny a následně velkým únikům Ra látek byla provedena analýza s kvantifikací jejich příspěvku k celkovému riziku poškození AZ od vnitřních záplav. Prověření platnosti předpokladů těchto analýz bylo provedeno fyzickou kontrolou, během které nebyly zjištěny žádné skutečnosti, které by byly v rozporu nebo vedly ke změně původně uvažovaných předpokladů použitých při analýzách rizika vnitřních záplav ETE.

2) Seismická událost by mohla poškodit seismicky neodolná zařízení a objekty, což by mohlo vést k odpojení ETE od energetické sítě a dodávek médií. Projekt počítá se ztrátou vnějšího napájení 400 kV i 110 kV a neúspěšným zregulováním TG na vlastní spotřebu (úplná ztráty napájení vlastní spotřeby). Následkem tohoto scénáře by došlo k odstavení obou reaktorů a odvod tepla z AZ by byl zajištěn přirozenou cirkulací primárního chladiva. Elektrické napájení pro zajištění výše uvedených bezpečnostních funkcí je zajišťováno nouzovými zdroji napájení (DG + akumulátorové baterie), které jsou seismicky odolné a jsou umístěny v seismicky odolných objektech. Provozní zásoba nafty v seismicky odolných objektech je dostatečná pro několikadenní provoz DG. Další doplňování nafty by bylo zajištěno cisternami.

3) Při seismické události by mohlo dojít ke ztrátě čerpací stanice surové vody Hněvkovice, která je včetně přívodních řádů do ETE v neseismickém provedení. Systémy pro odvod tepla jsou seismicky odolné a umístěny v seismicky odolných objektech. Zásoba vody na lokalitě (CHNR) je dostatečná pro zajištění odvod tepla z reaktorů i bazénů vyhořelého paliva po dobu minimálně 3x12,5 dní.

4) V případě rozsáhlé destrukce infrastruktury a dlouhodobé nedostupnosti lokality (zřícení budov, poškození komunikací atd.), pokud by se střídající personál nedostal v prvních dnech na lokalitu, by požadované činnosti (obhlídku zařízení a následné odstavení bloku)

zabezpečoval personál, který by byl na lokalitě přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

5) Přístup k důležitým objektům by mohl být omezen v důsledku destrukce neseismicky odolných objektů na vnitřní příjezdové komunikace, stejně jako pádu trosek do prostoru vjezdu do elektrárny. Mohlo by dojít i k znepřístupnění havarijního řídícího střediska a krytů havarijní připravenosti. V tomto případě by bylo možné použít záložní vjezd/vstup do areálu a aktivaci havarijního řídícího střediska v Českých Budějovicích. Při případné nedostupnosti krytů by byl zbytný personál evakuován mimo lokalitu, potřebný personál by zajišťoval činnosti z pracovních míst umístěných v seismicky odolných objektech. Funkčnost technického podpůrného střediska by byla zajištěna z blokové nebo nouzové dozorny.

6) Pro včasnou indikaci vnitřních záplav, jako nepřímých účinků zemětřesení, je v případě výskytu vody v místnostech tento výskyt signalizován na BD. Při indikaci hladiny vody v některé místnosti jsou v postupech popsány příslušné činnosti personálu JE.

III.2.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky

Postupy provozovatele zajišťující, že stavební konstrukce a technologická zařízení nutné k bezpečnému odstavení jsou udržovány v provozuschopném stavu

Aktuální stav zařízení je v souladu s požadavky projektu. Pro udržení trvalého souladu aktuálního stavu zařízení s požadavky projektu se provádí řada pravidelných činností. Mezi tyto činnosti patří:

- Udržování seismické kvalifikace zařízení a budov
- Obchůzková činnost pro zjištění požadovaného stavu zařízení a předcházení jeho poškození, nehodám a požárům nebo zranění osob a k zajištění provozování zařízení s vysokou úrovní bezpečnosti.
- Provozní kontroly a zkoušky zařízení
- Prediktivní a korektivní údržba zařízení.

Postupy provozovatele zajišťující, že mobilní zařízení a zásobování jsou nepřetržitě připraveny k použití

Na lokalitě ETE je k dispozici jednotka hasičského záchranného sboru podniku v počtu cca 16 hasičů na směnu (trvale po dobu 24 hodin). Jednotka disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu a hašení jakéhokoliv požáru, v kterémkoliv místě lokality. Požární technika a zásahový personál jsou umístěny v objektu, který není seismicky kvalifikován. Aby nedošlo k jejich ohrožení, byla by v případě signalizace otřesů nebo jiných nepřímých symptomů, technika a zásahový personál včas přemístěn na volné plochy.

Pro čerpání a dopravu vody má jednotka hasičského záchranného sboru podniku k dispozici 4 cisternové automobilové stříkačky, 1 kombinovaný hasicí automobil a 3 přívěsné požární stříkačky s celkovým nominálním výkonem 280 l/s.

Potenciální odchylky od projektových východisek a opatření k jejich řešení

Na základě mimořádných kontrol z hlediska seismické odolnosti, které byly po události na JE Fukushima provedeny v 05/2011, nebyly identifikovány žádné závažné nesoulady aktuálního stavu s požadavky projektu.

III.2.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

III.2.2.1 Úroveň zemětřesení vedoucí k vážnému poškození paliva

V lokalitě ETE prakticky nemůže dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,08 g). SSK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné až do hodnoty 7°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,1 g).

Zemětřesení, s účinky většími než MVZ (tj. větší než 7°MSK-64), nemají charakter hraničních podmínek „cliff edge“, vzhledem k individuálním bezpečnostním rezervám (viz kap. III.2.1.2.2) a vnitřním redundancím projektu VVER1000. Provedené „fragility analysis“ objektů a vybraného zařízení ETE prokazují, že odolnost bezpečnostně významných zařízení i stavebních objektů výrazně překračuje 7°MSK-64.

Rozdíly v odolnosti jednotlivých SSK jsou individuální, nicméně přispívají k dalšímu zvýšení bezpečnostní rezervy pro zajištění bezpečnostních funkcí. Plnění bezpečnostních funkcí („cliff edge“) by mohlo být ohroženo až při hodnotách zrychlení nad PGA_{hor} = 0,15 g a vyšších, které však nejsou v lokalitě ETE reálné. Při aproximaci křivek seismického ohrožení lokality ETE jejich protažením do hodnot vyšších intenzit, lze frekvenci výskytu seismické události o intenzitě PGA_{hor} = 0,15g a vyšší lze odhadnout na méně než 1E-8/rok. To odpovídá výskytu jednou za 100 miliónů roků nebo ještě méně.

Integrita BSVP by v případě vzniku zemětřesení nebyla narušena (jedná se o nádrže umístěné v seismicky odolném KTMT obklopené armovaným betonem s nerezovou výstelkou (dna bazénů jsou na kótě +20,7 m, horní hrany na kótě +36,9 m.). V případě ztráty chlazení BSVP, resp. úniků existuje alternativní možnost jejich doplňování a chlazení k tomu určenou trasou doplňování z výtlaku čerpadel sprchového systému kontejnmentu, odpouštěním do kontejnmentu a dále přes výměníky HSCHZ chlazené TVD a přes CHNR do atmosféry. Podrobný popis systému chlazení BSVP je v kap.III.1.1.1.4.

III.2.2.2 Úroveň zemětřesení vedoucí ke ztátě integrity kontejnmentu

Bariéry proti úniku aktivity - pokrytí paliva, tlakové rozhraní primárního okruhu i ochranné obálka jsou seismicky odolné. Odolnost betonové konstrukce kontejnmentu (předepnutý a armovaný beton) s určitostí překračuje hodnotu projektové seismické odolnosti. Izolace jeho potrubních tras a uzávěrů je zajištěna redundantními oddělovacími komponentami, jejichž odolnost je minimálně 0,1 g (s dostatečnou rezervou). Odolnost systémů SKŘ pro automatickou izolaci KTMT odpovídá hodnotě 0,3 g. Na základě inženýrského odhadu projektanta lze předpokládat odolnost na úrovni 0,2 g. a vyšší. V každém případě se jedná odolnost výrazně převyšující možná zemětřesení, která by se mohla vyskytnout v dané lokalitě.

III.2.2.3 Zemětřesení převyšující DBE a následné záplavy

Lokalita tedy není v žádném případě ohrožena povodněmi jako následku zemětřesení. Podrobněji je ohrožení lokality ETE povodněmi řešeno v kap. III.3.

Hlavní objekty ETE, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti jsou na kótě 507,30 m n.m, což je 135 m nad hladinou vodního díla Hněvkovice, které je součástí Vltavské kaskády, ve které je regulován průtok v rámci celé kaskády.

Pro ETE bylo provedeno ocenění bezpečnosti i s ohledem na potenciální destrukci vodních nádrží na horním toku Vltavy (včetně zemětřesení). Nad nádrží Hněvkovice jsou pouze dvě velké nádrže a to Lipno I na Vltavě a Římov na Malši a menší nádrž Lipno II.

Při prolomení hráze největšího VD Lipno I by povodňová vlna kulminovala v nádrži Hněvkovice na kótě 376,7 m n.m. To odpovídá průtoku cca 10 000 leté vody v profilu Hněvkovice. Přestože tento stav vede ke ztrátě čerpací stanice surové vody Hněvkovice, je prokázano, že zásoba vody na lokalitě je dostatečná pro zajištění odvodu tepla z reaktorů i bazénů vyhořelého paliva po dobu minimálně 3x12,5 dní.

III.2.2.4 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti zemětřesení

Jak je zřejmé z předchozího hodnocení, je lokalita JE Temelín z pohledu seismického rizika mimořádně dobře vybrána. Lokalitu JE Temelín je možné hodnotit jako vysoce stabilní ve vztahu k vnějším přírodním jevům, včetně seismicity. Navíc robustnost projektu VVER1000 a diverzita seismicky odolných SSK, zajišťuje dostatečnou odolnost a rezervy vůči následkům projektových i nadprojektových seismických událostí.

Případné nepříznivé důsledky zemětřesení jsou proto omezeny pouze na neseismicky odolné SSK, které mohou přispívat k plnění podpůrných bezpečnostních funkcí. Týká se to např. dlouhodobého elektrického napájení po ztrátě vnějšího napájení (3 dni a déle) pouze z nouzových zdrojů, přijdu bude nutné externě doplňovat naftu pro provoz DG.

Činnosti po seismické události by mohla komplikovat ztráta prostředků komunikace mezi řídícími centry a zasahujícími osobami, včetně komunikace s vnějšími řídícími centry a orgány státní správy v důsledku poškození infrastruktury v okolí JE.

Cílem navrhovaných opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při zemětřesení. Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné dopracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 31: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti zemětřesení na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	**NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**	**TERMÍN** (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	**POZNÁMKA**
Technické prostředky	Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Havarijní připravenost	Schopnost fungování OHO mimo HŘS	I	
Analýzy	Odolnost budovy HZSp na seismicitu	I	
Komunikace	Alternativní prostředky pro komunikaci po seismické události	I	
Personál	Analýza ohrožení krytů při seismické události	II	
Personál	Zajištění personálu po seizmické události	I	
Analýzy, technika	Přístup k objektům, dostupnost těžké techniky	II	

III.3 Záplavy

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly III.1.1.1, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

III.3.1 Projektová východiska

III.3.1.1 Projektové záplavy

Characteristiky projektových záplav (DBF)

Lokalita ETE se nachází v místě s normálním výskytem srážkové činnosti a extrémně vysoké nadměrné srážky se zde nevyskytují. Lokalita ETE je z hlediska odtoku zastavěna kaskádovitě, kde objekty důležité z hlediska JB jsou umístěny na nejvyšší kótě 507,10 m n.m s klesající tendencí k okraji lokality, která umožňuje přirozený gravitační odtok z areálu i při výpadku dešťové kanalizace.

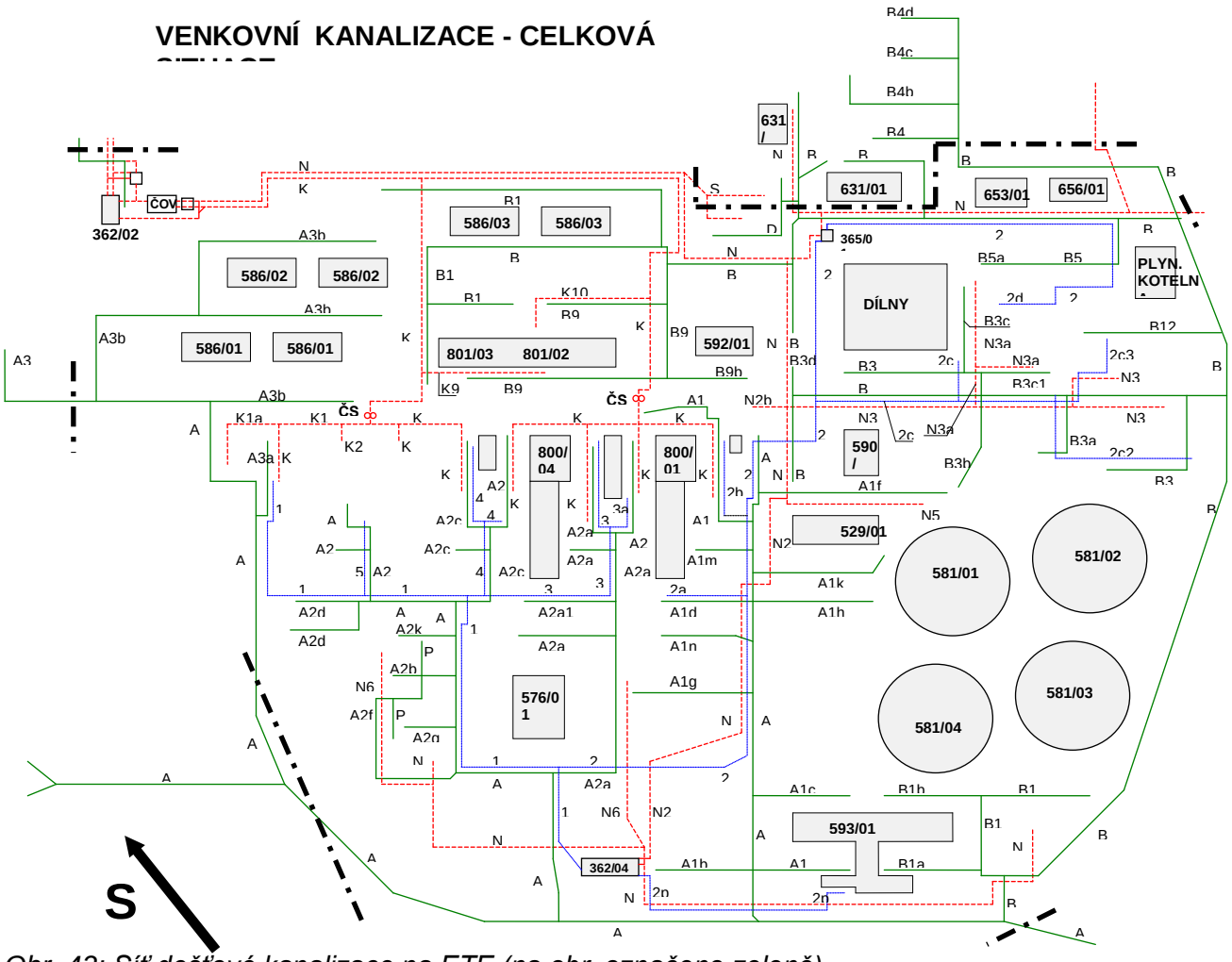
Projektové hodnoty zaplavení lokality při maximálních srážkách s dobou opakování 100 a 10000 let jsou stanoveny za předpokladu, že na ploše elektrárny dochází k povrchovému odtoku, ale kanalizační systém je zcela vyřazen z činnosti, neboť došlo k ucpání jeho vpustí. Při posouzení reálných hydrologických charakteristik na ploše s konečnou úpravou terénu 507,10 m n.m je z hlediska posouzení bezpečnosti proti zaplavení rozhodující maximální jednodenní srážkový úhrn, při kterém se na uvedené ploše vystaví hladina maximální výšky 47,2 mm při 100 leté srážce a 88,1 mm při 10 000 leté srážce. Na ploše s konečnou úpravou terénu 504,10 m n.m. dojde k odtoku extrémní srážky přes hranu s nejvyšší výškou 114 mm . Hlavní objekty ETE, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti jsou 135 m nad hladinou vodního díla Hněvkovice, které je součástí Vltavské kaskády, ve které je regulován průtok v rámci celé kaskády. Vodní dílo Hněvkovice bylo vybudováno jako hlavní část soustavy řešící zásobování ETE technologickou vodou. K zaplavení lokality v důsledku zvýšeného průtoku v profilu řeky Vltava tedy prakticky nemůže dojít.

Metodiky použité k hodnocení projektových záplav

Z hodnocení záplav z vodních toků vyplývá, že v profilu Hněvkovice bude při 10 000 leté vodě dosaženo výšky hladiny cca 5 m nad max. hladinou, což způsobí zatopení převážné části čerpací stanice surové vody ETE. Následně může pokračovat i destrukce hráze VD Hněvkovice. Oba tyto stavy znemožní standardní provoz zásobování surovou vodou ETE a bude nutné odstavení obou bloků ETE. Na lokalitě jsou však dostatečné zásobní objemy vody pro vychlazování bloků do studeného stavu. Zásoby jsou ve vodojemu, ve věžovém chladícím systému a v neposlední řadě je možnost doplňování okruhu technické vody důležité z přívodních řádů pitné vody.

Při hodnocení velkých průtoků v profilu VD Hněvkovice byla ověřena skutečnost dosažená při povodních v roce 2002. Maximální hladina dosažená dne 13. 8. 2002 byla na úrovni 371,56 m n.m, tj. dosahovala výšky, která odpovídá přibližně výhledově uvažované max. kótě na tomto vodním díle (371,60 m n.m.). Převedení vody přes hráz VD Hněvkovice probíhalo standardním způsobem a žádné výrazné škody nebyly zjištěny na VD ani na čerpací stanici pro ETE.

Síť dešťové kanalizace na ETE (na obr. označeno zeleně)



Obr. 42: Síť dešťové kanalizace na ETE (na obr. označeno zeleně)

Pro návrh stokové sítě dešťové kanalizace (odvádějící srážkové vody) ETE byla zvolena intenzita 15 min neredukovaného deště o intenzitě 127 l.s-1.ha-1. Lokalita ETE má odvodňovanou plochu 133,14 ha, která je rozdělena do dvou sběračů (sběrač „A“ odvodňuje západní a jižní část o rozloze 80,06 ha, sběrač „B“ pak severní a východní část o rozloze 53,08 ha). Průměrný odtokový součinitel činí 0,415 a celkové odtékající množství při stanovené intenzitě neredukovaného deště je 7 020 l.s-1 po dobu 15 min.

Betonová gravitační hráz vodního díla Hněvkovice vytváří vodní nádrž s celkovým objemem v 22,2 mil.m^3 při max. hladině na kótě 370,50 m n.m. Všechny rozhodující objekty hráze jsou navrženy na maximální hladinu na konečné úrovni 372,0 m n.m. Při stálém nadržení s hladinou na kótě 365,0 m n.m. je zásobní objem nádrže 12,8 mil.m^3. Při úrovni dna nádrže před tělesem hráze na kótě 354,0 m n.m. se pohybuje hloubka vody v místě odběru pro ETE od 11 do 16,5 m. Hlavním účelem nádrže je vytvoření nárazového prostoru pro zvýšené průtoky z nádrže Lipno, umístěné 120 km proti toku.

Obr. 43: Vodní díla v okolí ETE

Pokles hladiny v nádrži Hněvkovice pod tzv. dispečerskou úroveň se stává impulsem pro zahájení vypouštění zvýšených odtoků z nádrže VD Lipno tak, aby byly dodrženy požadované odběry pro ETE za všech provozních stavů. Zásobní objem Lipna je 252,0 mil m^3.

Nad nádrží Hněvkovice jsou dvě velké nádrže a to Lipno I na Vltavě a Římov na Malši a menší nádrž Lipno II. V profilu Hněvkovice by v případě poškození nádrže Lipno I nastal průtok cca 10 000 leté vody, který by mohl způsobit poškození hráze VD Hněvkovice. Při kulminaci povodňové vlny by dosáhla hladina vody v nádrži na hrázi Hněvkovice kóty 376,7 m n.m.

Další významnou funkci má nádrž Hněvkovice z hlediska splaveninového a zimního režimu, kdy vzhledem ke své hloubce vody vytváří podmínky bezpečného odběru vody pro ETE při jakýchkoliv provozních a klimatických podmínkách. Doplňujícím účelem VD Hněvkovice je i využití energetické ve vodní elektrárně, která je v pološpičkovém provozu s denním vyrovnáním přirozených průtoků po odpočtu odběru čerpací stanice pro ETE. Hydroelektrárna je uvažovaná jako jeden s alternativních vnějších zdrojů pro napájení vlastní spotřeby ETE v případě SBO.

Jezový stupeň Kořensko má jako hlavní účel udržovat hladinu v koncové části zdrže VD Orlík na úrovni kóty 353,0 m n.m., t.j blízké maximální hladině nádrže Orlík a to bez ohledu na zaklesávání hladiny v této nádrži. Při hladině na úrovni normálního vzdutí, tj. 353,0 m n.m. je obsah jezové zdrže 2,8 mil.m^3.

Obdobně jako u VD Hněvkovic je i na VD Kořensku využití vodní energie v MVE pracující v tandemu s VE Hněvkovice. Jedním z hlavních účelů tohoto VD je vytvořit podmínky pro

bezpečnou homogenizaci (naředění) vypouštěných odpadních vod z ETE. Odpadní vody jsou po průtoku MVE v tlumícím objektu odpadních řadů převedeny do profilu VD Kořensko a zaústěny do savek turbin tohoto VD. Pokud je elektrárna mimo provoz jsou odpadní vody vypouštěny do prostoru výstupu jezové části vodního díla.

V okolí JE Temelín jsou rovněž malé potoky Rachačka, Strouha, Hradní strouha, Palečkův potok, Bohunický potok, Karlovka a Temelínecký potok, které mají pramenní oblast v prostoru ETE nebo v jejím těsném okolí. V průběhu dlouhodobého sledování nebyly zjištěny stavy, které by mohly způsobit záplavu v prostoru ETE. Toto tvrzení je rovněž podloženo morfologií krajiny a zejména pak značným spádem těchto potoků směrem od elektrárny a hydrologickými údaji.
Hladiny podzemní vody se v lokalitě ETE pohybují v hloubkách do 10-12 m pod terénem, tj. přibližně na úrovni 500,0 m n.m. Protože se ETE nachází na náhorní plošině a podzemní vody jsou dotovány pouze srážkami, podzemní voda se roztéká z lokality ETE na všechny strany. K ohrožení objektů nebo místností se zařízením důležitým z hlediska jaderné bezpečnosti z mělkého horizontu podzemních vod nedochází.

Závěry o adekvátnosti ochrany před účinky záplav

Ochranná opatření SO před účinky záplav z vodních toků v lokalitě ETE nejsou s ohledem na předchozí hodnocení a historii zátop v regionu nutná. Lokalita ETE není ohrožena záplavami od vodních toků.

V lokalitě ETE lze předpokládat pouze vnější záplavy způsobené extrémními srážkami. Všechny SSK, které jsou umístěny v nadzemních objektech nad kótou 507,10 m n.m. nejsou vnější záplavou ohroženy (s výjimkou možného zaplavení naftového hospodářství pro dieselgenerátorovou stanici), vzhledem k projektovým opatřením (prahům, utěsnění vstupních a montážních otvorů), která zabezpečují, že akumulovaná voda nemůže natéci do těchto objektů. Všechny objekty důležité pro bezpečnost jsou odolné vůči zaplavení při vytvoření maximální hladiny 88,1 mm, která odpovídá 10 000 leté jednodenní extrémní srážce. I při výskytu teoreticky možných kratších srážek s vyšší intenzitou je celý systém pasivní gravitační dešťové kanalizace schopen odvést tyto srážky vzhledem k velkému objemu stok a krátké době trvání těchto intenzivních srážek.

III.3.1.2 Opatření k ochraně elektrárny proti projektovým záplavám

Stavební konstrukce a technologická zařízení nutné pro bezpečné odstavení elektrárny

SKK nezbytné pro zajištění bezpečného odstavení bloků jsou popsány v kap. III.1.1.1.3. Vzhledem k opatřením, která zabezpečují, že akumulovaná voda nemůže natéci do objektů, ve kterých je toto SKK umístěno, není žádné z těchto zařízení ohroženo v případě záplavy, která přichází do úvahy v lokalitě ETE, potvrzeno plnění základních bezpečnostních funkcí.

Případná akumulovaná voda by mohla ohrozit pouze SKK, podílející se na plnění bezpečnostních funkcí, které se nacházejí pod úrovní upraveného terénu pod kótou 507,10 m n.m (ČS TVD, doplňování nafty do provozních nádrží DG). Při zaplavení naftového hospodářství pro dieselgenerátorovou stanici, která zabezpečuje přečerpávání nafty z vložených nádrží do provozních nádrží by mohl být ohrožen dlouhodobý provoz DG.

Zásoba vody pro odvod tepla jako podpůrná bezpečnostní funkce je zabezpečena i při vnějších záplavách. Při extrémních záplavách v profilu řeky Vltava může dojít ke ztrátě čerpací stanice Hněvkovice pro dodávku surové vody pro kompenzaci odparu při odvodu tepla do atmosféry. I při přerušení doplňování JE surovou technologickou vodou je však na lokalitě dostatečná zásoba vody pro zabezpečení přenosu tepla do koncového jímače

z paliva umístěného v AZ i vyhořelého paliva uloženého v BSVP po dobu minimálně 3x12,5 dní (pouze pomocí bezpečnostních systémů).

Hlavní projektová a konstrukční opatření k zamezení vlivu záplav na elektrárnu

Vzhledem k možnému ohrožení pouze od záplav způsobených extrémními srážkami směřují veškerá projektová opatření k zabezpečení dostatečné odolnosti SO proti možným záplavám od extrémních srážek.

Pro jednotlivé objekty jsou projektem stanoveny požadavky na odolnost proti akumulované vodě, které buď zabezpečí, že vstupní a montážní otvory jsou provedeny takovým způsobem, že akumulovaná voda nemůže natéci do SO (vodotěsné poklopy, dostatečná výška otvoru nad maximální hladinou) nebo jsou instalována dodatečná opatření proti vniknutí akumulované vody (prahy).

Pro případy vniku vody jsou ČS TVD vybaveny systémem odčerpávání kalové vody z jímky na nejnižším podlaží ČS (-7,10 m).

Hlavní provozní opatření k zamezení vlivu záplav na elektrárnu

Pro všechny záplavy, které přicházejí do úvahy v lokalitě ETE, je potvrzeno plnění základních bezpečnostních funkcí:

a) Řízení reaktivity
b) Odvod tepla z jaderného paliva
c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů

Odstavení reaktoru je i v případě záplavy zabezpečeno pádem klastrů. Tato funkce nemůže být v důsledku záplavy ohrožena.

Rovněž funkce odvodu tepla nemůže být v důsledku záplavy ohrožena. Odvod zbytkového tepla z reaktoru v horkém a polohorkém stavu by probíhal v režimu sekundárního „feed&bleed“ doplňováním vody do PG prostřednictvím systému normálního nebo havarijního napájení PG (popř. jiným způsobem dle EOPs) a regulovaným odvodem páry do atmosféry až do teploty v I.O 150 ^{o}C. Následně by odvod tepla pokračoval jednou ze tří tras systému odvodu zbytkového tepla do atmosféry přes výměníky HSCHZ chlazené TVD a přes CHNR.

Odvod tepla z BSVP by byl zajištěn jednou ze tří tras systému chlazení BSVP přes příslušné výměníky chlazené TVD a přes CHNR do atmosféry.
Bariéry proti úniku aktivity - pokrytí paliva, tlakové rozhraní primárního okruhu i ochranná obálka – nemohou být současně ohroženy v důsledku záplavy. Ochranná obálka je pasivní systém, který nemůže být ohrožen záplavou a izolace jeho potrubních tras i průchodů je zajištěna redundantními oddělovacími komponentami, které rovněž nemohou současně selhat v důsledku záplavy.

Situace vně elektrárny včetně zabránění nebo zpoždění přístupu personálu na lokalitu

V případě nedostupnosti lokality z důvodu regionálních záplav by činnosti související s odstavením reaktorů a jejich udržování v bezpečném stavu zabezpečoval personál, který by byl na lokalitě přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).

III.3.1.3 Soulad elektrárny s projektovými východisky

Postupy provozovatele zajišťující, že stavební konstrukce a technologická zařízení nutné k bezpečnému odstavení jsou udržovány v provozuschopném stavu

Aktuální stav zařízení je v souladu s požadavky projektu. Pro udržení trvalého souladu aktuálního stavu zařízení s projektem se provádí řada pravidelných činností. Mezi tyto činnosti patří:

- Obchůzková činnost pro zjištění požadovaného stavu zařízení a předcházení jeho poškození, nehodám a požárům nebo zranění osob a k zajištění provozování zařízení s vysokou úrovní bezpečnosti.
- Provozní kontroly a zkoušky zařízení.
- Prediktivní a korektivní údržba zařízení.

Pravidelně je prováděna kontrola a údržba dešťové kanalizace. Kontrola technického stavu kanalizačních tras je prováděna 1x ročně a potřebné opravy zajišťovány podle zjištěného stavu. 1x za týden je prováděna kontrola koncové šachty na hranici odtoku z areálu elektrárny na čistotu česlí (mříže).

Postupy provozovatele zajišťující, že mobilní zařízení a zásobování jsou nepřetržitě připraveny k použití

Na lokalitě ETE je k dispozici jednotka hasičského záchranného sboru podniku v počtu cca 16 hasičů na směnu (trvale po dobu 24 hodin). Jednotka disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k hašení jakéhokoliv požáru, v kterémkoliv místě lokality. Požární technika a zásahový personál jsou umístěny v objektu, u kterého je vyloučeno, že by v případě záplavy došlo k jeho poškození nebo by bylo jinak znemožněno použití mobilní techniky.
Nezávislými prostředky pro dopravu a čerpání medií je mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena i pro odčerpávání vody při záplavách. Pro čerpání a dopravu vody má jednotka hasičského záchranného sboru podniku k dispozici 4 cisternové automobilové stříkačky, 1 kombinovaný hasicí automobil a 3 přívěsné požární stříkačky s celkovým nominálním výkonem 280 l/s.

Potenciální odchylky od projektových východisek a opatření k jejich řešení

Na základě mimořádných kontrol souladu aktuálního stavu s projektem z hlediska odolnosti proti vnitřním a vnějším záplavám, které byly po události na JE Fukushima provedeny v 05/2011, nebyly identifikovány žádné závažné nesoulady aktuálního stavu s požadavky projektu.

III.3.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

III.3.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti záplavám

Lokalita ETE nikdy nebyla a ani v současné době není ohrožena zátopami z vodních toků. Hlavní objekty ETE, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti jsou na kótě 507,30 m n.m, což je 135 m nad hladinou vodního díla Hněvkovice na řece Vltavě. Pro ETE bylo provedeno ocenění bezpečnosti i s ohledem na potenciální

protržení hrází vodních nádrží na horním toku Vltavy (Lipno I na Vltavě a Římov na Malši). V profilu Hněvkovice bude v případě poškození nádrže Lipno I průtok cca 10 000 leté vody.

Při 10 000 leté vodě bude v profilu Hněvkovice dosaženo hladiny, která způsobí zatopení převážné části ČS pro doplňování surové vody do ETE, což znemožní standardní provoz zásobování surovou vodou ETE a bude nutné odstavení obou bloků ETE. Na lokalitě jsou však dostatečné zásobní objemy vody pro vychlazení bloků do studeného stavu. Při dosud největších povodních na řece Vltavě v roce 2002 byla v profilu Hněvkovice dosažena hladina, která odpovídá max. kótě uvažované na tomto vodním díle. Převedení vody přes hráz VD Hněvkovice probíhalo standardním způsobem a na ČS pro ETE ani na vodním díle nebyly zjištěny žádné výrazné škody.

Zatopení objektů důležitých pro bezpečnost ze systému gravitační dešťové kanalizace není možné ani při výskytu extrémních srážek. ETE je z hlediska odtoku zastavěna kaskádovitě, kde objekty důležité z hlediska jaderné bezpečnosti jsou umístěny na nejvyšší kótě s klesající tendencí k okraji lokality, která umožňuje přirozený gravitační odtok i při výpadku dešťové kanalizace. Stavební objekty ETE jsou projektovány jako odolné proti zaplavení i při maximálním jednodenním srážkovém úhrnu, při kterém se vystaví hladina maximální výšky 47,2 mm při 100 leté srážce a 88,1 mm při 10 000 leté srážce v případě, že kanalizační systém je zcela vyřazen z činnosti. Na lokalitě je navíc k dispozici mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena pro odčerpávání lokálních záplav nad hodnotami 10 000 letých maxim.
Vzhledem k tomu, že je inherentně vyloučena zátopa z vodních toků a stavební objekty ETE jsou vyprojektovány jako odolné proti zaplavení i při extrémní dešťové srážce (vodotěsné poklopy, výška vstupních a montážních otvorů), existuje minimálně 100% rezerva vůči hladině, kdy by do objektů mohla začít vnikat voda. Vzhledem ke gravitačnímu odtoku vody z lokality však taková hladina nemůže být dosažena.

III.3.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti záplavám

Jak je zřejmé z předchozího hodnocení, je lokalita JE Temelín z pohledu rizika zaplavení mimořádně dobře vybrána. Vnější záplavy na řece Vltava sice mohou vést ke ztrátě čerpací stanice na VD Hněvkovice a tím možnosti čerpat surovou vodu, toto však v žádném případě neohrožuje bezpečnost JE. Dispoziční řešení projektu a diverzita SSK zajišťuje dostatečnou odolnost a rezervy vůči následkům projektových i nadprojektových záplav.

Případné nepříznivé důsledky záplav jsou omezeny pouze na plnění podpůrných bezpečnostních funkcí. Byla identifikována možnost zaplavení čerpadel pro přečerpávání nafty při déletrvajícím extrémním dešti, která by mohla ovlivnit dlouhodobý provoz nouzových zdrojů napájení (DG), pokud by zároveň došlo ke ztrátě všech ostatních vnějších i vnitřních zdrojů střídavého napájení (viz kap. III.5).

Cílem navržených opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při záplavách. Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Některá z opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“ by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 32: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při záplavách na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	**NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**	**TERMÍN** (KRÁTKODOBÝ I/ STŘEDNĚDOBÝ II)	**POZNÁMKA**
Technické prostředky	Zodolnění objektu DG proti vnější záplavě	I	Nález PSRSOER 2011-1
Havarijní připravenost	Schopnost fungování OHO mimo HŘS	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Analýzy	Analýza ohrožení krytů při záplavách	II	

III.4 Extrémní povětrnostní podmínky

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly III.1.1.1, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

III.4.1 Projektová východiska

Projektová výhodiska pro extrémní povětrnostní podmínky

Zatížení přírodními jevy vychází ze statistického zpracování datových řad minimálně 30-ti letého období měření těchto událostí v oblasti ETE nebo v oblasti s obdobným rázem krajiny. V případě projektového zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jevu jednou za 100 let. Pro extrémní výpočtové zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jednou za 10 000 let. Účinku extrémního výpočtového zatížení musí odolat objekty 1. seismické kategorie takovým způsobem, aby neohrozily funkci systémů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti. Ostatní objekty jsou zatěžovány projektovou úrovní.

Pro ocenění odolnosti stavebních objektů a zařízení proti účinkům ostatních přírodních jevů jsou zvažovány následující extrémní klimatické vlivy, které přichází do úvahy vzhledem k umístění JE:

- Vítr
- Sníh/led
- Vysoká/nízká teplota.

Extrémní vítr

Při stanovení zatížení se vychází z naměřených ročních maximálních hodnot okamžitých rychlostí větru. Jako vstupní hodnota pro stanovení zatížení větrem je použita hodnota stanovená na základě měření na stanici Praha-Ruzyně, tj. 49 m/s pro návratnost 100 let a 68 m/s pro návratnost 10 000 let.
Rychlosti větru pro tornáda, která by se mohla vyskytnout na území České republiky odpovídají extrémní rychlosti větru stanovené pro návratnost 10 000 let. Z hlediska zatížení lze tedy považovat zatížení extrémním větrem za vyhovující i z hlediska zatížení v důsledku vzniku tornád. Z hlediska letících předmětů generovaných tornádem lze předpokládat, že účinek případných letících předmětů generovaných tornádem je pokryt požadavkem na odolnost bezpečnostně významných objektů proti nárazu vnějších letících předmětů.

Extrémní sníh a led

Zatížení sněhem je vyjádřeno vodní hodnotou sněhu, tj. odpovídající velikostí náhradního vodního sloupce v mm. Jako vstupní hodnota pro stanovení zatížení sněhem a vodními srážkami je použita hodnota 92 mm pro návratnost 100 let a hodnota 157 mm pro návratnost 10 000 let.

Ve vodohospodářských objektech s volnou hladinou vody nemůže dojít vzhledem k jejich funkci (odvod tepla z důležitých i nedůležitých spotřebičů), díky teplotním poměrům obíhající vody ke vzniku ledu.

Vzhledem k tomu, že v minulosti docházelo k ledovým jevům ve Vltavě až po soutok s Lužnicí, bylo v projektovém řešení přistoupeno k výstavbě VD Hněvkovice a VD Kořensko, které výše uvedené jevy eliminují tak, že odběr i vypouštění odpadních vod je zabezpečen i v případě vzniku ledových jevů.

Odběr z nádrže VD Hněvkovice je řešen tak, aby krytí vtoků do čerpací stanice bylo cca 8,0 m pod hladinou stálého nadržení, což zabezpečuje bezproblémový odběr za všech provozních stavů.

Maximální a minimální teplota

Zatížení účinky venkovních teplot jsou stanoveny na základě měření venkovních teplot vzduchu ve stanicích Temelín, Tábor a České Budějovice. Konzervativně je jako výsledná hodnota příslušné teploty použita hodnota stanovená na základě měření ve stanici Tábor. Jako vstupní hodnoty pro stanovení zatížení teplotami jsou použity okamžité hodnoty 39,0 °C pro maximální teplotu vzduchu a -32,3 °C pro minimální teplotu vzduchu (návratnost 100 let) a 45,6 °C pro maximální teplotu vzduchu a -45,9 °C pro minimální teplotu vzduchu (návratnost 10 000 let).

Potenciální kombinace povtrnoszních podmínek

SSK 1. kategorie seismické odolnosti byla hodnocena i z hlediska základních a mimořádných kombinací zatížení. Základní kombinace zatížení zahrnují zatížení stálá a zatížení nahodilá dlouhodobá a krátkodobá. Mimořádné kombinace zatížení zahrnují zatížení stálá, zatížení nahodilá dlouhodobá a krátkodobá a zatížení nahodilá mimořádná.

Mezi stálá a dlouhodobá nahodilá zatížení je z hlediska uvažování extrémních přírodních podmínek zahrnuto mj.:
- Zatížení sněhem s nižší normovou hodnotou.
- Teplotní klimatické vlivy s nižší normovou hodnotou.

Mezi krátkodobá zatížení nahodilá je z hlediska uvažování extrémních přírodních podmínek zahrnuto mj.:
- Zatížení větrem.
- Zatížení sněhem s plnou normovou hodnotou.
- Teplotní klimatické vlivy s plnou normovou hodnotou.

Mezi zatížení nahodilá mimořádná je z hlediska uvažování extrémních přírodních podmínek zahrnuto mj.:
- Seismické účinky.
- Extrémní klimatické vlivy s četností 10 000 let.
- Zatížení vnější rázovou tlakovou vlnou.

III.4.2 Hodnocení bezpečnostních rezerv

III.4.2.1 Ocenění bezpečnostních rezerv proti extrémním povětrnostním podmínkám

Bezpečnostní rezervy vůči působení extrémních podmínek jsou dány rozdílem mezi hodnotami projektového a extrémního zatížení. V případě dosažení projektových hodnot klimatických podmínek by byl s ohledem na další prognózu vývoje zvažován další provoz / odstavení bloků. S ohledem na reálně dosahované hodnoty klimatických podmínek v lokalitě ETE a odolnosti projektu je s dodatečnou rezervou zabezpečeno plnění základních bezpečnostních funkcí:
a) Řízení reaktivity
b) Odvod tepla z jaderného paliva

c) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů

Odstavení reaktoru je zabezpečeno pádem klastrů, které není nijak ovlivněno vnějšími extrémními podmínkami.

Všechny systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti potřebné pro zajištění odvodu tepla jsou umístěny v uzavřených (robustních) stavebních objektech nebo v podzemních objektech, kde nemůže dojít k zamrzání provozních medií. V případě extrémních mrazů lze uvažovat s možností zamrzání vody pouze v chladících věžích a CHNR. Chladící věže by mohly zamrznout při odstavení bloků, nicméně v tomto režimu se nepodílí nijak na plnění bezpečnostních funkcí.

Pokud je přes CHNR cirkulována oteplená voda, nemůže dojít ani při extrémně nízkých venkovních teplotách k zamrznutí CHNR. Zamrznutí CHNR by mohlo nastat pouze při dlouhodobějším odstavení obou čerpadel některého systému TVD. Pokud by byla doba odstavení při extrémně nízkých venkovních teplot příliš dlouhá, mohlo by dojít k promrznutí CHNR a nemožnosti opětovného spuštění čerpadel TVD. Limity a podmínky však neumožňují v žádném režimu odstavit všechny divize TVD. I v režimu odstavení bloku musí být v provozu minimálně dvě divize TVD.

Bariéry proti úniku aktivity - pokrytí paliva, tlakové rozhraní primárního okruhu i ochranné obálka – nemohou být ohroženy v důsledku extrémních přírodních jevů. Ochranná obálka je pasivní systém, který nemůže být extrémními vnějšími jevy ohrožen a izolace jeho potrubních tras i průchodů je zajištěna redundantními oddělovacími komponentami.

Dodávky medií v rámci lokality ETE jsou zabezpečeny potrubními systémy uloženými na potrubních mostech. Vzhledem k tomu, že potrubní mosty nejsou zabezpečeny proti vnějším událostem (zemětřesení, extrémní povětrnostní podmínky), nejsou součástí zajišťování bezpečnostních funkcí.

Při extrémním větru by velmi pravděpodobně došlo k úplné ztrátě vnějšího napájení obou bloků (ztráta vnějšího napájení 400 kV i 110 kV), s následným snížením výkonu obou reaktorů na úroveň pokrytí vlastní spotřeby. Rovněž extrémní teploty mohou způsobit ztrátu napájení z pracovních i rezervních zdrojů.

V případě ztráty vnějšího napájení by elektrické napájení bylo zajišťováno nouzovými zdroji napájení (DG), které jsou umístěny betonových objektech, které jsou odolné i vůči extrémním povětrnostním podmínkám. Provozní zásoba nafty v objektech, které jsou chráněny proti zamrznutí je dostatečná pro několikadenní provoz DG. S doplňováním další nafty spojovacím potrubím vedeným po technologických mostech z naftového hospodářství JE v pozdní fázi havárie nelze počítat (zamrzání nafty, poškození v důsledku extrémního větru, apod.). Další doplňování nafty by bylo zajištěno cisternami.

Pro maximální venkovní teploty bylo výpočty prokázáno, že nejvyšší projektová hodnota teploty TVD by byla mírně překročena pouze krátkodobě při události velké LOCA. Pravděpodobnost souběhu extrémních teplot a vzniku LOCA je však velice nízká. V ostatních případech není funkce zařízení, chlazeného TVD ohrožena.

Tepelnými výpočty pro minimální venkovní teploty bylo zjištěno, že při extrémně nízkých teplotách se může na hladině CHNR tvořit led, který ale není překážkou provozu CHNR. Sklon stěn bazénu TVD je tak velký, že umožňuje pohyb ledu na hladině (stoupání hladiny).

Závěr o adekvátnosti ochrany proti extrémním povětrnostním podmínkám

Účinku extrémního zatížení od přírodních jevů odolají všechny objekty 1. seismické kategorie. Analýzami je prokázána odolnost na účinky klimatických extrémů pro všechny SSK, které zajišťují nebo se podílejí na plnění základních bezpečnostních funkcí.

Tabulka 33: Hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek pro projektovou úroveň a extrémní výpočtové zatížení (s výjimkou dešťových srážek) na ETE

UDÁLOST (KLIMATICKÝ JEV)	PROJEKTOVÁ ÚROVEŇ (DOBA NÁVRATU 100 LET)	EXTRÉMNÍ VÝPOČTOVÉ ZATÍŽENÍ (DOBA NÁVRATU 10 000 LET)
Extrémní vítr [rychlost]	49 m/s	68 m/s [1)]
Sníh [náhradní vodní sloupec]	92 mm	157 mm
Maximální teplota [okamžitá hodnota]	39,0 °C	45,6 °C
Minimální teplota [okamžitá hodnota]	-32,3 °C	-45,9 °C

[1)] Zahrnuje i tornáda stupně F2

III.4.2.2 Potenciální opatření ke zvýšení odolnosti elektrárny proti extrémním povětrnostním podmínkám

Dispoziční řešení projektu a diverzita SSK zajišťuje dostatečnou odolnost a rezervy vůči účinkům extrémních přírodních jevů.

Případné nepříznivé účinky extrémních přírodních jevů by mohly vést k odstavení bloků, nikoliv však k ohrožení plnění bezpečnostních funkcí. K důsledku extrémních přírodních jevů by mohlo dojít k ovlivnění podpůrných funkcí, např. v případě zamrznutí medií na potrubních mostech. Vzhledem k tomu, že potrubní mosty nejsou zabezpečeny proti vnějším událostem (zemětřesení, extrémní povětrnostní podmínky), nepodílí se na zajišťování bezpečnostních funkcí.
Cílem navržených opatření je další posílení úrovní ochrany do hloubky při extrémních přírodních jevech. Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 34: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti extrémním povětrnostním podmínkám na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	**NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**	**TERMÍN** (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	**POZNÁMKA**
Technické prostředky	Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG	I	
Personál	Zajištění personálu při extrémních událostech	I	
Analýzy	Zpracování metodiky hodnocení externích vlivů, verifikace provedených analýz, případná technická opatření	II	

III.5 Ztráta elektrického napájení a ztráta koncového jímače tepla

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly III.1.1.1, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

III.5.1 Ztráta elektrického napájení

Elektrické systémy ETE jsou provedeny tak, aby splňovaly požadavky strojně-jaderné části a respektovaly vlastnosti el. sítí vně JE, a to zejména s ohledem na bezpečnost provozu ETE a výrobu elektrické energie.

Zajištění bezpečnosti JE proti ztrátě elektrického napájení je projektově řešeno s vysokou mírou diverzifikace pracovních a rezervních zdrojů vlastní spotřeby, dále pak redundancí a diverzifikací tzv. systémů zajištěného napájení (SZN), které disponují vlastními nouzovými zdroji a napájí jednak bezpečnostní systémy a rovněž bezpečnostně a materiálně významné systémy a komponenty obou bloků. Napájení vlastní spotřeby je řešeno blokově, čímž je uvnitř ETE zabráněno šíření elektrických poruch.

Pracovním zdrojem napájení vlastní spotřeby každého z bloků je dvojice transformátorů, připojených do odbočky vyvedení výkonu z turbogenerátoru 1000 MW. Tyto odbočkové transformátory, díky použití generátorových vypínačů, mohou být napájeny ze dvou zdrojů:

- Turbogenerátor 1000 MW (při provozu bloku na výkonu)
- Rozvodna Kočín 400 kV (při nevýkonovém provozu)

Tento zdroj je k dispozici při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách, pokud zůstane zachována vazba na síť 400 kV nebo napájení z turbogenerátoru. Pokud dojde k odpojení bloku od sítě 400 kV při provozu turbogenerátoru, je napájení odbočkových transformátorů automaticky převedeno na turbogenerátor zregulováním výkonu na úroveň vlastní spotřeby. Specifickým případem je provoz v režimu „Ostrov“, kdy může v důsledku poruchy v elektrizační soustavě dosít k odepnutí určité oblasti sítě a turbogenerátor může zůstat připojen k této „zdravé“ části soustavy. Velikost ostrova nelze předem stanovit a může být značně rozdílná - od velké části soustavy až po krajní případ minimálního ostrova, který představuje provoz TG na vlastní spotřebu bloku. Podrobněji je provoz v ostrovním režimu popsán v kap. III.1.1.1.6.

Odbočkové transformátory napájí blokové rozvodny 6 kV nezajištěného napájení. Z těchto rozvoden jsou standardně napájeny rozvodny 6 kV zajištěného napájení, které napájí systémy důležité z hlediska bezpečnosti.

Pracovní zdroje napájení nejsou k dispozici při odstavených stavech bloku, pokud probíhá pravidelná preventivní údržba na systému napájení 400 kV.

Rezervním zdrojem napájení je pro každý z bloků dvojice rezervních transformátorů, které jsou napájeny z rozvodny Kočín 110 kV pomocí jedné linky 110 kV (celkem 2 linky 110 kV pro oba bloky). Síť 110 kV může být v rozvodně Kočín napájena z více směrů a uzlů elektrizační soustavy. Rezervní transformátory jsou přes rezervní přípojnice připojeny k blokovým rozvodnám 6 kV nezajištěného napájení.

Rezervní zdroje se využívají při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách při částečné nebo úplné ztrátě pracovních zdrojů. Rezervní zdroje obou bloků se vzájemně zálohují pomocí ručně spínatelné spojky. Rezervní zdroj je schopen zaskočit za pracovní zdroje jednoho bloku i při částečném zatížení od sousedního bloku.

Nouzové zdroje napájení jsou určeny pro případy selhání pracovních i rezervních zdrojů Nouzové zdroje napájení (DG, akubaterie) jsou bezpečnostní (určené pro jeden blok)

s redundancí 3 x100% a společné (určené pro oba bloky) s redundancí 100%+100%. Jejich funkceschopnost nezávisí na dostupnosti pracovních ani rezervních zdrojů.

Další možností nouzového napájení je využití vnějších diverzních zdrojů (hydroalternátory VE Lipno a hydroalternátory MVE Hněvkovice), které bylo i prakticky odzkoušeno.

Ztráta elektrického napájení může postihnout jeden nebo oba bloky ETE. Vyšší projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení existuje při provozu bloku na výkonu (dodatečné bariéry ochrany do hloubky), než při odstávce na výměnu paliva. Nejméně příznivým případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na obou blocích současně. Z pohledu možné konfigurace JE je nejkonzervativnějším případem stav, kdy je jeden z bloků havarijně odstaven v důsledku ztráty elektrického napájení a sousední blok je v odstávce.

III.5.1.1 Ztráta vnějšího napájení

Projektová opatření

Ztráta vnějšího napájení (např. při rozpadu sítě doprovázeném současnou ztrátou rozvoden 400 kV i 110 kV) nevyvolá při výkonovém provozu bloku automaticky přechod na nouzové zdroje napájení.

Pokud dojde k odpojení bloku od pracovního zdroje napájení 400 kV při výkonovém provozu bloku, je pracující TG 1000 MW projektově schopen zregulovat na vlastní spotřebu a zajistit napájení všech systémů důležitých z hlediska bezpečnosti. Pokud toto neproběhne (blok v odstávce, TG nepracoval nebo nezreguloval a vypadl), jedná se o ztrátu pracovních zdrojů bloku. V tomto případě je napájení vlastní spotřeby automaticky převedeno na rezervní zdroje napájení 110 kV (proběhne hromadný automatický záskok rezervy), DG se nestartují, akubaterie jsou dobíjeny ve standardním režimu a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení.

Teprve pokud by neproběhly výše uvedené automatiky, je od ztráty napájení na rozvodnách SZN 6 kV bezpečnostních systémů generován signál LOOP. Rozvodny SZN 6kV se automaticky odepnou od rozvoden 6 kV nezajištěného napájení a startují všechny tři nezávislé bezpečnostní DG, které jsou po připojení na rozvodny SZN 6 kV zatěžovány automatikou postupného spouštění. Tyto bezpečnostní DG napájí bezpečnostní systémy bloku, přičemž každý ze systémů postačí pro zvládnutí přechodového děje při ztrátě vnějšího napájení.

Současně jsou ztrátou napětí na rozvodnách SZN 6 kV systémů souvisejících s bezpečností po odpojení od rozvoden 6 kV nezajištěného napájení spuštěny a postupně zatíženy společné DG, které zajišťují napájení zařízení související s JB a zařízení pro bezpečný doběh turbosoustrojí. Akubaterie jsou v tomto režimu dobíjeny ve standardním režimu a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení.

V nevýkonových režimech bloku může být pracovní nebo rezervní napájení dlouhodobě neprovozuschopné při pravidelné preventivní údržbě.

Podrobný popis projektového řešení elektrického napájení je uveden v kap. III.1.1.1.6.

Při ztrátě vnějšího elektrického napájení JE není ohroženo plnění ani jedné ze základních bezpečnostních funkcí:

d) Řízení reaktivity
e) Odvod tepla z jaderného paliva
f) Zachycení ionizujícího záření a radionuklidů.

Bloky ETE mohou být v režimu ztráty vnějšího napájení dlouhodobě udržovány v horkém stavu, vychlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky. Napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ je zajištěno při startu alespoň jednoho ze tří bezpečnostních DG na každém bloku a alespoň jednoho ze společných DG, nicméně pro vychlazení bloku do studeného stavu je dostačující start alespoň jednoho ze tří bezpečnostních DG na každém bloku.

Pokud je při LOOP blok ve výkonovém režimu, dojde k odstavení všech hlavních cirkulačních čerpadel a k působení signálu rychlého odstavení reaktoru. Odvod zbytkového tepla z AZ probíhá v režimu přirozené cirkulace, odvodem páry z PG přes přepouštěcí stanice do atmosféry. Doplňování vody do PG je zabezpečeno pomocí dvou pomocných napájecích čerpadel, čerpajících vodu z napájecí nádrže, jejíž doplňování je zabezpečeno pomocnými kondenzátními čerpadly buď z kondenzátoru turbiny nebo ze zásobních nádrží demivody 2x800 m^3. Alternativně je možné doplňování vody do PG čerpadly havarijního napájení PG, která by čerpala vodu z nádrží 3x500 m^3 přímo do vybraných PG.

Pokud je při LOOP blok v odstávce, je teplo z AZ odváděno systémem odvodu zbytkového tepla. Každý ze tří chladících okruhů zahrnuje oběhové čerpadlo a tepelný výměník. Tepelné výměníky jsou chlazeny technickou vodou důležitou. Čerpadla pro odvod tepla z AZ i čerpadla TVD jsou napájena z DG SZN bezpečnostních systémů.

Každá sekce BSVP s vyhořelým palivem je chlazena jedním chladícím okruhem. Každý ze tří chladících okruhů zahrnuje oběhové čerpadlo a tepelný výměník. Tepelné výměníky jsou chlazeny technickou vodou důležitou. Čerpadla chlazení BSVP i čerpadla TVD jsou rovněž napájena z DG SZN bezpečnostních systémů.

Autonomie místních zdrojů energie a opatření přijatá k prodloužení doby napájení z místních zdrojů střídavého napětí

V souladu se základní koncepcí strojně-jaderné části (3 redundantní a nezávislé divize bezpečnostních systémů) jsou rovněž k dispozici 3 redundantní a nezávislé systémy zajištěného napájení (3x100 %). Každý z těchto SZN je podpůrným systémem pro bezpečnostní systémy příslušné divize a jeho připravenost plnit bezpečnostní funkce je pravidelně testována.

- Nouzové zdroje střídavého napájení SZN bezpečnostních systémů jsou tři nezávislé (systémové) bezpečnostní DG, které se připojují na příslušné rozvodny 6 kV zajištěného napájení.
- Nouzové zdroje stejnosměrného napájení jsou akumulátorové baterie, které jsou trvale připojeny na příslušné rozvodny.

Pro zajištění potřebné míry redundance jsou SZN bezpečnostních systémů nezávislé a vzájemně oddělené stavebně (samostatné místnosti umístěné v jiné části reaktorovny, stavební konstrukce s požární odolností nejméně na 90 minut), elektricky i z pohledu řídícího systému. SZN jsou řešeny jako seismicky odolné, tj. skládají se ze seismicky odolných zařízení a jsou umístěny v seismicky odolných prostorech. Stavební konstrukce chrání tyto prostory proti účinkům prostředí při provozních i poruchových událostech a přírodních jevech, které mohou vzniknout vně i uvnitř elektrárny. Kabeláž každého SZN je vedena v samostatných kabelových trasách oddělených od kabelových tras ostatních SZN (rovněž s požární odolností na 90 minut).

Kromě SZN bezpečnostních systémů jsou součástí projektu i další dva SZN pro napájení části systémů souvisejících s jadernou bezpečností a napájení systémů nedůležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, které zajišťují obecnou bezpečnost osob a drahých zařízení. Tyto SZN jsou koncipovány jako dva subsystémy, které se vzájemně zálohují podle principu 100+100 %.

- Nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN systémů souvisejících s bezpečností jsou dva společné dieselgenerátory pro oba bloky

- Nouzové zdroje stejnosměrného napájení pro SZN systémů souvisejících s bezpečností jsou akumulátorové baterie určené zvlášť pro každý blok.

Pokud je pro napájení SZN k dispozici napětí z pracovních či rezervních zdrojů, jsou DG udržovány v horké rezervě. Při ztrátě napájení z pracovních i rezervních zdrojů přebírá napájení postižené části rozvodu SZN automaticky příslušný DG.

Dieselgenerátory mají vlastní nádrže nafty, které jsou dimenzovány u bezpečnostních DG pro provoz při nominálním zatížení po dobu minimálně 48 hodin bez doplňování nafty (reálně po dobu ještě delší) a jsou rovněž řešeny jako seismicky odolné. U každého společného DG je při 100 % zatížení (napájí oba SZN na obou blocích) nádrž dimenzována pro provoz po dobu cca 12 hodin.

S uvážením skutečného množství nafty v zásobní a vložené nádrži je provoz bezpečnostního DG při nominálním zatížení zajištěn po dobu cca 56 hod. Vzhledem ke koncepci zálohování bezpečnostních systémů s redundancí 3x100 % je možné postupně využívat jednotlivé bezpečnostní divize a tím prodloužit dobu, po kterou je zajištěno el. napájení bez doplňování nafty na cca 7 dní. Všechny výše uvedené doby jsou založeny na předpokladu nominálního zatížení DG výkonem cca 5 MW. Reálné zatížení (při uvážení činností podle EOPs, kde je vždy v provozu pouze to zařízení, které je aktuálně nutné pro bezpečný provoz bloku) bude zatížení DG cca 2,5 ÷ 3 MW. Tímto běžným provozním opatřením je doba, po kterou je zajištěno el. napájení bez doplňování nafty prodloužena o dalších 40 % na cca 10 dní.

Kromě nádrží umístěných u DG je v lokalitě k dispozici naftové hospodářství, kde je k dispozici minimálně dalších 300 m^3 nafty. Vzhledem k tomu, že čerpadla naftového hospodářství jsou napájena z rozvoden nezajištěného napájení, je nutné při dlouhodobé ztrátě vnějšího napájení zajistit doplňování nafty mobilními prostředky. Při uvažování doplňování nafty mobilními prostředky je možné zabezpečit provoz minimálního potřebného počtu DG (jeden bezpečnostní DG na každém bloku a jeden společný DG pro oba bloky) po dobu dalších minimálně 3 dní (vzhledem k reálné zásobě nafty v těchto nádržích cca 1000 m^3 nafty, po dobu cca 10 dní).
Všechny pomocné systémy motoru a generátoru DG (přívod paliva do motoru, mazací olej, vnitřní chladící okruh, plnící vzduch, spouštěcí vzduch) jsou autonomní a při chodu DG nezávislé na přívodu vnějších energií. U systémů, které by mohly být ovlivněny dlouhodobým provozem DG (např. zanesení filtrů mazacího oleje) jsou redundantní podsystémy, jejichž jednu část lze za provozu DG odstavit, provést na ní nutnou údržbu a tím zabránit selhání DG v důsledku ztráty pomocných systémů. Provozuschopnost DG a jeho pomocných systémů je pravidelně ověřována. Kvalita nafty je kontrolována pravidelně 1x za měsíc a je udržována v souladu s příslušnými požadavky.

III.5.1.2 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí

Projektová opatření

Při ztrátě pracovního i rezervního napájení, paralelně se ztrátou nouzového napájení bloku (bezpečnostní DG), mohou být pro zajištění střídavého napájení k dispozici následující zdroje napájení:

Vnitřní zdroje:
- Napájení z nouzových zdrojů střídavého napájení pro SZN systémů souvisejících s bezpečností (tzv. společné DG – shodná konstrukce jako bezpečnostní DG)
- Napájení ze sousedního bloku (při zregulování TG na vlastní spotřebu).

Vnější diverzní zdroje (hlavní strategie ETE pro řešení ztráty AC zdrojů):

- Napájení z vodní elektrárny Lipno (ELI 2x60 MW) pomocí vyhrazených linek. Při rozpadu sítě lze do ETE přivést napětí z ELI, která má schopnost najetí i bez vnějšího napájení (ze tmy). V případě rozpadu sítě může najet a po nastavení trasy dispečinkem podat napětí pro vlastní spotřebu ETE. Doba potřebná pro přivedení napětí z ELI do ETE je cca 30 min a možnost této varianty byla potvrzena zkouškou (prověření organizačních opatření pro zvládnutí SBO, funkčnost systémů TSFO, funkčnost komunikačních prostředků, role a postupy klíčových osob při vzniku SBO).
- Napájení z MVE Hněvkovice – zdroj malého výkonu (2x2,2 MW až 2x4,8 MW v závislosti na spádu vody). Napětí na ETE lze přivést přes rozvodnu Kočín 110 kV po lince rezervního napájení 110 kV.

Využití obou vnějších diverzních zdrojů napájení JE (hydroalternátory VE Lipno a hydroalternátory MVE Hněvkovice) je zajištěno i při rozpadu sítě, díky jejich schopnosti startu "ze tmy". Energie z obou zdrojů by byla do ETE přivedena z rozvodny 110 kV Kočín po linii rezervního napájení 110 kV (v případě využití VE Lipno po namanipulování trasy přes distribuční síť 110 kV).

Na ETE jsou zde k dispozici další zdroje střídavého napájení, které však nejsou projektově určeny k napájení bezpečnostních systémů v souvislosti s řešením SBO.

- DG pro napájení mazacích čerpadel turbiny (výkon 200 kW).
- DG pro datové centrum (výkon 1 MW).

Práce na obnovení napájení bezpečnostních systému z vnitřních a vnějších zdrojů mohou probíhat paralelně.

I když možnost připojení těchto zdrojů do stávajícího rozvodu napájení není projektově řešena ani odzkoušena, jejich výkon je dostatečný pro použití těchto zdrojů pro dlouhodobé dobíjení akubaterií.

Kapacita baterií, doba a možnosti jejich nabíjení

Kapacita akubaterií SZN bezpečnostních systémů je 3x1 600 Ah. Pro SZN systémů souvisejících s bezpečností je kapacita akubaterií 2x2 000 Ah a 2x2 400 Ah.

Akubaterie jsou při ztrátě pracovních i rezervních zdrojů bloku a připojení DG dobíjeny ve standardním režimu a zajišťují nepřerušené napájení rozvodů stejnosměrného napájení. V případě SBO a nemožnosti využití diverzních vnějších zdrojů střídavého napájení, je kapacita akubaterií časově omezená - viz podrobný popis projektového řešení elektrického napájení v kap. III.1.1.1.6. a kap. III.1.1.1.7.

III.5.1.3 Ztráta vnějšího napájení a ztráta rezervních zdrojů střídavého napětí včetně ztráty trvale instalovaných diverzních rezervních zdrojů střídavého napětí

Úplná ztráta všech zdrojů střídavého napájení bloku je vysoce nadprojektovou a nepravděpodobnou havárií. Mohlo by k němu dojít pouze v případě, pokud by současně selhaly všechny dále uvedené úrovně ochrany do hloubky elektrického napájení:

- Vnější pracovní zdroje - normální napájení z rozvodny 400 kV
- Vnitřní pracovní zdroje - nezregulování turbogenerátoru na vlastní spotřebu
- Vnější rezervní zdroje - rezervní napájení z rozvodny 110 kV

- Vnitřní rezervní zdroje – napájení z rozvodny 110 kV sousedního bloku
- Všechny tři redundantní nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN bezpečnostních systémů (bezpečnostní DG) na obou blocích
- Oba nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN systémů souvisejících s bezpečností (společné DG)
- Diverzní vnější zdroje střídavého napájení (hydroalternátory VE Lipno a hydroalternátory MVE Hněvkovice).

Kapacita baterií, doba a možnosti jejich nabíjení za této situace

Pokud by došlo k tomuto režimu, nebyly by akubaterie dobíjeny (doba do jejich vybití je v řádu hodin v závislosti na aktuálním zatížení). Pokud by nebylo obnoveno napájení a zabezpečen odvod tepla ze systémů SKŘ, mohlo by docházet (v důsledku vybíjení akubaterií) k postupné ztrátě sdělování hodnot důležitých parametrů, ovládacích obvodů, nouzového osvětlení, atd.,

Vybíjecí doba baterií bezpečnostních systémů je dána průběhem proudové zátěže v čase a předpokládá se přibližně v řádu jednotek hodin. Minimální vybíjecí doby stanovené výpočtem jsou uvedeny v kap. III.1.1.1.7.

Možné zásahy k zajištění vyjímečného zásobování střídavým napětím z mobilních nebo vnějších zdrojů

Na lokalitě nejsou k dispozici vnitřní alternativní nebo mobilní zdroje střídavého napájení, které jsou projektové určené pro řešení dlouhodobého SBO, nicméně existují vnější zdroje, jejichž dostupnost a použitelnost pro řešení SBO byla ověřena a odzkoušena.

Alternativními prostředky pro dopravu medií je mobilní technika HZSp. Použití této techniky pro technologické účely však není popsáno. Pro použití této techniky je nutné ověřit její kapacitu a připravenost přípojných míst, která by umožnila propojení této techniky s technologií pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí.

Způsobilost směnového personálu realizovat nezbytná elektrická propojení

Pro zajištění plnění bezpečnostních funkcí (pro projektové i nadprojektové scénáře) a obnovení napájení při SBO jsou zpracovány příslušné postupy pro fázi před poškozením AZ v EOPs a pro fázi po poškození paliva v AZ v SAMG. Dále existují postupy pro obnovení napájení při SBO z vnitřních zdrojů ETE i pro využití vodní elektrárny Lipno jako vnějšího zdroje napájení.

Obnovení bezpečného stavu bloku po SBO před poškozením paliva v AZ má dvě fáze. Činnosti se nejprve provádí podle postupu pro úplnou ztrátu zajištěného napájení 6kV. Činnosti dle tohoto postupu končí v okamžiku obnovení napájení alespoň v jedné divizi bezpečnostních systémů. Po obnovení napájení se použije jeden z dalších dvou souvisejících postupů pro následné činnosti na základě existujícího stavu bloku. Jestliže nedošlo před obnovením napájení k výrazným změnám a narušení parametrů bloku (teplota a tlak I.O, hladiny v PG apod.) a neexistuje požadavek na provoz havarijního doplňování I.O, potom se použije postup, ve kterém se stabilizují parametry bloku pomocí dostupných systémů. Jestliže dojde k výrazným změnám stavu a parametrů bloku před obnovením napájení bezpečnostních přípojnic a jsou splněny podmínky pro spuštění havarijního doplňování I.O, potom se použije jiný postup, který popisuje činnosti s použitím systémů havarijního doplňování I.O. Činnosti pro přivedení napětí z příslušného vybraného zdroje jsou popsány v samostatném postupech.

Personál JE je dostatečně kvalifikovaný a vycvičený pro používání EOPs a SAMG, stejně tak i k provádění manipulací pro přivedení napájení z vnitřních nebo vnějších zdrojů při SBO.

V rámci směny (IOHO) ani POHO nejsou identifikovány nedostatky týkající se počtu personálu potřebného ke zmírňování následků SBO.

Při režimu dlouhodobé ztráty všech zdrojů střídavého napájení (SBO) by došlo v důsledku ztráty osvětlení (do vybití akubaterií bude funkční pouze nouzové osvětlení) ke ztížení orientace personálu. Tím i k prodloužení doby provádění manipulací v důsledku ztráty osvětlení. Při vzniku SBO na obou blocích může být směnový personál přetížen činnostmi při obnovování elektrického napájení.

Při odstaveném bloku by bylo nutné zabezpečit včasné uzavření kontejnmentu. I když jsou pro uzavření kontejnmentu dostupné technické prostředky, nejsou dosud zpracovány konkrétní postupy pro uzavření kontejnmentu při vzniku SBO při odstavených stavech bloku.

Při úplné ztrátě napájení bezpečnostních přípojnic se musí především provést činnosti, zabraňující ztrátě primárního a sekundárního chladiva. Ztrátě primárního chladiva se zabrání uzavřením všech tras odpouštění z I.O. Na sekundární straně lze omezit ztrátu chladiva udržováním vysokého tlaku v PG (regulovaným odvodem páry z PG do atmosféry), resp. uzavřením tras odluhů a odkalů. Odvod tepla z I.O je nutné provádět tak, aby se zabránilo zvýšení tlaku v I.O nad hodnotu otevření odlehčovacího ventilu KO. Všechny tyto činnosti lze provést pomocí zařízení napájeného z akubaterií. Při minimalizaci úniků z primárního i sekundárního okruhu je možné po určitou dobu udržovat blok v horkém stavu, aniž by bylo bezprostředně ohroženo plnění bezpečnostních funkcí.

V Návodech pro TPS je řešena filosofie možného odlehčování přípojnic stejnosměrného napájení a tím prodloužení vybíjecí doby akumulátorů a zbývá dopracovat podrobné postupy pro odlehčení přípojnic stejnosměrného napájení a využití baterií systémů souvisejících s bezpečností.

Podle závěrů kontroly vybíjení baterií bezpečnostních systémů s uvažováním částečného snížení zátěže baterie (po 30 minutách odlehčení o 25 %) je baterie schopna napájet zátěže po dobu více než 4 hodiny. Vzhledem ke koncepci zálohování bezpečnostních systémů s redundancí 3x100 % je možné postupně využívat jednotlivé bezpečnostní divize a tím prodloužit dobu, po kterou je zajištěno el. napájení až na cca 12 hodin.

Další prodloužení vybíjecí doby baterií bezpečnostních systémů lze zabezpečit využitím baterií systémů souvisejících s bezpečností, jejichž kapacita je srovnatelná s kapacitou baterií bezpečnostních systémů.Pro zvládání SBO je důležitá znalost hodnot klíčových provozních parametrů. Hodnoty bezpečnostně významných proměnných jsou sdělovány prostřednictvím PAMS. Jak příslušné systémy SKŘ, předávající hodnoty parametrů, tak samotný PAMS jsou napájeny z akubaterií. Ke ztrátě hodnot těchto parametrů by mohlo dojít buď z důvodu ztráty napájení příslušných systémů SKŘ nebo po nárůstu teploty v místnostech SKŘ. Nicméně doba, po kterou je zabezpečeno sdělování hodnot klíčových provozních parametrů je vždy mnohem delší než doba, za kterou by došlo k ohrožení odvodu tepla z AZ.

Čas, který je k dispozici k zajištění elektrického napájení a k obnově chlazení aktivní zóny před poškozením paliva

Nejvíce omezujícím faktorem při SBO (odvod tepla z I.O, odvod tepla z BSVP, ztráta chlazení místností SKŘ, vybíjecí doba akubaterií) je doba, po kterou je blok schopen vydržet bez poškození paliva v AZ. Dalším aspektem omezujícím dobu možného setrvání bloku v režimu SBO je doba do vybití akubaterií. Po tuto dobu je zachováno el. napájení důležitých armatur, systémů SKŘ pro sdělování hodnot důležitých parametrů, ovládacích obvodů elektročásti, nouzového osvětlení, atd.

V důsledku SBO je ohroženo SKŘ bezpečnostních systémů kvůli nedostupnosti koncového jímače tepla pro odvod tepelných ztrát od zařízení napájených akubateriemi. V případě

neobnovení chlazení těchto zařízení by mohlo dojít k postupnému ovlivnění správné funkce zařízení SKŘ i při zajištění dlouhodobého napájení.

V případě provozu bloku na výkonu nebo v horkém stavu by došlo při SBO v důsledku ztráty napájení PG k poklesu zásoby vody na sekundárních stranách PG. Tlak v PG je regulován odvodem páry do atmosféry. Došlo by k postupnému odhalování teplosměnných trubek v PG a zmenšování efektivní teplosměnné plochy pro přestup tepla z I.O. Tato situace by vedla ke ztrátě sekundárního odvodu tepla. Od okamžiku, kdy PG nejsou schopny odvést veškeré zbytkové teplo produkované v AZ, by docházelo ke zvyšování teplot chladiva I.O. To v důsledku teplotní roztažnosti chladiva způsobí i nárůst hladiny v KO a výsledně nárůst tlaku v I.O.

Do doby obnovení elektrického napájení umožňuje zásoba vody v PG zajišťovat po vzniku SBO odvod tepla z AZ přes PG do atmosféry po dobu několika hodin. Hraniční podmínkou při SBO je doba, za kterou by mohlo dojít k přehřívání paliva v AZ. V nejnepříznivějším případě by mohla být dosažena teplota 650 ^{o}C na výstupu z AZ v řádu hodin od vzniku SBO. Obdobná doba by mohla být k dispozici na obnovení elektrického napájení i v případě ztráty odvodu tepla z AZ při odstaveném reaktoru a snížené hladině chladiva v reaktoru, kde však existuje možnost postupného gravitačního zalévání AZ z HA. Po ztrátě odvodu tepla z BSVP bezprostředně nehrozí přehřívání uskladněného paliva v řádu desítek hodin po vzniku SBO.

Z analýz scénáře SBO, kdy dojde ke ztrátě odvodu tepla z I.O ze strany PG, vyplývá, že bez provádění alternativních činností, které jsou popsány v EOPs, existuje velice krátká časová rezerva na obnovu odvodu tepla z I.O. Teplota na výstupu AZ 650 °C, která je hraniční z hlediska vážného poškození paliva v AZ by v nejnepříznivějším případě mohla být dosažena za cca 2,5 až 3,5 hod od vzniku SBO.

V odstavených stavech při provozu s hladinou v ose studených nátrubků by mohlo při SBO bez provádění alternativních činností, které jsou popsány v EOPs (postupné gravitační zalévání AZ z HA) dojít k varu chladiva v nejnepříznivějším případě (snížení hladiny v reaktoru bezprostředně po odstavení reaktoru a vychlazení do studeného stavu) za cca 10 min po ztrátě chlazení AZ. K přehřívání paliva by mohlo dojít za cca 30 min.

Pro zabezpečení odvodu tepla je nutné do této doby obnovit napájení alespoň jedné bezpečnostní přípojnice, čímž se zabrání odhalení a případnému poškození paliva v časné fázi havárie.
V důsledku ztráty elektrického napájení by došlo k přerušení chlazení vyhořelého jaderného paliva a ohřevu vody v BSVP. Trend nárůstu teploty v BSVP po přerušení chlazení závisí na počátečních podmínkách (doba od vyvezení vyhořelého paliva z reaktoru, množství paliva v BSVP, apod. I při maximálním tepelném zatížení BSVP nehrozí po ztrátě odvodu tepla z BSVP bezprostředně poškození uskladněného vyhořelého paliva a k jeho poškození by mohlo dojít až v řádu desítek hodin.

Závěry o adekvátnosti ochrany proti ztrátě elektrického napájení

Zdroje elektrického napájení ETE zajišťují dostatečnou projektovou robustnost i míru zajištění bezpečnosti při ztrátě elektrického napájení. Jsou projektově řešeny s vysokou mírou vzájemné nezávislosti pracovních a rezervních zdrojů vlastní spotřeby, dále pak redundancí systémů zajištěného napájení, které napájí bezpečnostně významné systémy a komponenty a disponují vlastními nouzovými zdroji (DG a akubaterie). Napájení vlastní spotřeby je řešeno blokově, čímž je uvnitř ETE zabráněno šíření elektrických poruch mezi bloky.

Při provozu bloku na výkonu existuje vyšší projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení (dodatečné bariéry ochrany do hloubky), než při odstávce na výměnu paliva. Nejhorším případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na obou blocích současně.

Na lokalitě je k dispozici celkem 8 nouzových zdrojů střídavého napájení (3 bezpečnostní DG pro každý blok a 2 společné DG pro oba bloky). V režimu ztráty vnějšího napájení mohou být bloky ETE dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu nebo dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky (je zajištěno napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ) při startu alespoň jednoho z těchto DG na každém bloku. Pro každý z DG je k dispozici zásoba nafty na více než 2 až 3 dny bez nutnosti vnějšího doplňování paliva. Na lokalitě je k dispozici zásoba nafty k dalšímu prodloužení provozu DG.

Při ztrátě vnějšího napájení a nezregulování TG na vlastní spotřebu je napájení bezpečnostních systémů, zařízení souvisejícího s JB a zařízení pro bezpečný doběh turbosoustrojí zabezpečeno nouzovými zdroji střídavého napájení (DG) a nouzovými zdroji nepřerušovaného stejnosměrného napájení (akubaterie). Při provozu příslušného DG jsou akubaterie trvale dobíjeny. Při dlouhodobém provozu nouzových zdrojů by bylo nezbytné doplňovat naftu pomocí mobilních prostředků.

Při úplné ztrátě střídavého napájení (SBO), pokud by současně selhaly všechny dále uvedené úrovně ochrany do hloubky elektrického napájení:

- vnější pracovní zdroje - normální napájení z rozvodny 400 kV,
- vnitřní pracovní zdroje - nezregulování turbogenerátoru na vlastní spotřebu,
- vnější rezervní zdroje - rezervní napájení z rozvodny 110 kV,
- vnitřní rezervní zdroje – napájení z rozvodny 110 kV sousedního bloku,
- všechny tři redundantní nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN bezpečnostních systémů (bezpečnostní DG) na obou blocích,
- oba nouzové zdroje střídavého napájení pro SZN systémů souvisejících s bezpečností (společné DG),
- diverzní vnější zdroje střídavého napájení (hydroalternátory VE Lipno a hydroalternátory MVE Hněvkovice),

jsou jedinými zdroji pro napájení bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s bezpečností nouzové zdroje nepřerušovaného stejnoměrného napájení (akubaterie). Bez provozu příslušného DG nejsou akubaterie dobíjeny a doba do jejich vybití je v řádu jednotek hodin v závislosti na zatížení. Podstatné prodloužení vybíjecí doby je možné zabezpečit řízeným odlehčováním zatížení akubaterií, postupným využíváním jednotlivých divizí a využitím akubaterií systémů souvisejících s bezpečností, které mají vysokou kapacitu. Alternativně by bylo možné pro dlouhodobé dobíjení akubaterií použít další zdroje střídavého napájení, které jsou na ETE k dispozici.

Potenciální opatření k zvýšení odolnosti elektrárny proti ztrátě elektrického napájení

Při úplné ztrátě střídavého napájení (SBO) jsou zdroji pro napájení bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s bezpečností pouze nouzové zdroje nepřerušovaného stejnoměrného napájení (akubaterie). Trvalé zajištění základních bezpečnostních funkcí v režimu SBO je závislé na obnovení střídavého napájení, pro které ve stávajícím projektu existuje několik variant.

I když by před vznikem SBO muselo dojít k mnohonásobnému selhání úrovní ochrany do hloubky v elektročásti JE, jsou z důvodu závažnosti následků SBO navržena další opatření pro zvýšení již tak značné robustnosti projektu z hlediska zabezpečení elektrického napájení pro vlastní spotřebu bezpečnostních systémů včetně možnosti připojení alternativních zdrojů do stávajícího rozvodu napájení a jejich odzkoušení.

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské

činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnění bezpečnostních funkcí při SBO:

1. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky střídavého napájení stávajícího zařízení pro zajištění chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existujícímu rozvodu el. napájení.
2. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.
3. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky pro zajištění stejnosměrného napájení a chlazení systémů SKŘ nezbytných pro zajištění monitorování stavu a ovládání vybraných komponent.
4. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky pro činnosti a funkční komunikaci (vnitřní i vnější) personálu.

Konkrétní příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky jsou uvedeny v tabulce v kap. III.5.3.3. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

III.5.2 Ztráta koncového jímače tepla

III.5.2.1 Projektová opatření k zabránění ztráty koncového jímače tepla

Koncovým jímačem tepla pro bloky ETE je okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo z AZ po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla odvádět několika provozními způsoby:

- Odvodem tepla přes systém kondenzace TG do cirkulační chladící vody a prostřednictvím chladících věží do atmosféry – při normálním i abnormálním výkonovém provozu, najíždění a odstavování TG a v havarijních podmínkách po odstavení reaktoru, pokud jsou zajištěny pracovní nebo rezervní zdroje elektrického napájení.
- Odvodem zbytkového tepla z AZ a komponent bezpečnostních systémů pomocí systému technické vody důležité do CHNR a odsud do atmosféry – při normálním i abnormálním provozu a při havarijních podmínkách, s možností převést reaktor do studeného stavu.

Pokud jsou provozní způsoby odvodu tepla do koncového jímače nedostupné, potom lze použít alternativní způsoby odvodu tepla:

- Přímý odvod tepla odpouštěním páry z PG do atmosféry za jejich současného doplňování napájecí vodou – při abnormálním nebo havarijním provozu; tato varianta umožňuje dlouhodobý odvod zbytkového tepla z AZ, ale neumožňuje převést reaktor do studeného stavu (dochlazení na cca 110 ^{o}C).
- Alternativní metodu „feed&bleed“ (řízené odpouštění chladiva z I.O do kontejnmentu, odvod tepla přes výměníky HSCHZ do systému TVD a opětovné doplňování ochlazeného chladiva čerpadly havarijního doplňování do I.O) – pouze při havarijních podmínkách při nemožnosti využít sekundární odvod tepla.

Odvod tepla z I.O přes sekundární strany PG je zajišťován po odstavení reaktoru při udržování bloku v horkém stavu nebo v první fázi vychlazování bloku. Je zabezpečen průtokem napájecí vody do PG (systém normálního nebo havarijního napájení) a odvodem páry z PG do kondenzátoru TG nebo do atmosféry. Odvod tepla z kondenzátorů TG do cirkulační chladící vody není dále hodnocen, neboť nemusí být k dispozici (jedná o systémy nedůležité z hlediska bezpečnosti).

Potřebný průtok je do každého PG schopen zajistit systém pomocného napájení PG (redundance 2x100 %) i systém havarijního napájení PG (redundance 3x100 %). Zbytkový

výkon AZ je schopna odvést každá ze čtyř přepouštěcích stanic do atmosféry umístěných na neoddělitelných částech PG. Do atmosféry je možno odvádět teplo z I.O až do teploty cca 110 ^{o}C, poté již tento odvod není účinný.

K vychlazení I.O do studeného stavu, k odvodu tepla z vyhořelého paliva BSVP a k odvodu tepla ze spotřebičů bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s jadernou bezpečností slouží systém technické vody důležité, který převádí teplo prostřednictvím CHNR do atmosféry jako koncového jímače tepla. V provozu jsou současně všechny tři systémy TVD (redundance 3x100 %). Z každého systému TVD je teplo odváděno do oddělené CHNR, kde je předáváno teplo atmosféře odparem vody z vodní hladiny a z vody rozstřikované tryskami. Každá CHNR sestává ze dvou funkčně nezávislých polovin, kdy jedna polovina CHNR je v provozu, druhá polovina může být prázdná, nebo zůstat jako záložní.

Pro odvod tepla z vyhořelého paliva umístěného v BSVP lze alternativně využít systém sprchování kontejnmentu pro doplňování BSVP k tomu určenou trasou a odvádět teplo odparem do kontejnmentu.

Koncový jímač tepla využívaný ETE nelze ztratit. Přenos zbytkového tepla z AZ, BSVP a zařízení bezpečnostních systémů do okolní atmosféry jako koncového jímače tepla je založen na pasivním fyzikálním principu přestupu tepla z pomocného média do atmosféry. Ztrátu koncového jímače tepla lze proto hodnotit pouze jako ztrátu schopnosti přenosu tepla, tj. ztrátu funkce systémů, zajišťujících průtoky medií pro přenos tepla mezi zdroji tepla a atmosférou. Pro účely hodnocení ztráty koncového jímače tepla lze uvažovat ztrátu systémů odvodu tepla přes sekundární okruh a ztrátu systému TVD. Vzhledem k tomu, že odvod tepla přes PG lze využít pouze pro snížení parametrů v I.O na hodnoty pro uvedení systému odvodu zbytkového tepla do provozu, kdy dále předává teplo do systému TVD, je pro účely tohoto hodnocení jako ztráta koncového jímače tepla uvažována především ztráta schopnosti systému TVD přenášet teplo z AZ, BSVP a zařízení bezpečnostních systémů do okolní atmosféry.

Tento přístup je odůvodněn i tím, že odvod tepla do atmosféry přímo z PG metodou tzv. sekundárního „feed&bleed“ může být zajištěn kombinací více možností, diverzifikovaných z pohledu řešení a redundantních z pohledu konfigurace systémů. Systémy podílející se na odvodu tepla jsou přitom k dispozici i v případě provozu pouze nouzových zdrojů elektrického napájení. Navíc, v případě ztráty odvodu tepla přes sekundární okruh, je v EOPs popsána možnost nouzového odvodu tepla pomocí metody primárního „feed&bleed“.

V důsledku blokového uspořádání systémů odvodu zbytkového tepla (bez možnosti jejich propojení) je ztráta funkce odvodu tepla hodnocena z pohledu každého bloku zvlášť. Ztráta koncového jímače tepla vyvolává menší rizika pro odvod tepla z AZ v režimech, ve kterých je reaktor utěsněn (všechny režimy bloku, kromě odstávky na výměnu paliva), díky možnosti odvádět teplo přes PG. Režim odstávky, kdy je reaktor roztěsněn, a odvod tepla přes PG již není účinný, vyvolává podobná rizika jak pro palivo umístěné v reaktoru, tak i v bazénech skladování.

Odběr vody pro technologické potřeby ETE je realizován z nádrže Hněvkovice v bezprostředním sousedství tělesa hráze na levém břehu. Čerpací stanice je navržena na odběr 1,3-4,16 $m^3.s^{-1}$ s tím, že množství ve výši 4,16 $m^3.s^{-1}$ je schopna zajistit ve všech zařízeních a vybaveních při provozu 1-4 čerpadel (kapacita navržena na původní odběr pro 4 x 1000 MW). Další dvě čerpadla tvoří 50 % rezervu. V čerpací stanici je tedy instalováno 6 vertikálních čerpacích soustrojí.

Voda z čerpací stanice je dopravována do vodojemu 2x15.000 m^3 na elektrárně dvěma výtlačnými řady z ocelových trub DN 1600 mm uložených v zemi o délce cca 6,2 km. Kapacita obou řadů je 4,16 $m^3.s^{-1}$, v případě poruchy jednoho řadu je druhý schopen převést zaručené množství ve výši 3,4 $m^3.s^{-1}$ při souběhu 4 čerpadel. Elektrické napájení čerpací stanice je zajištěno dvojitým vedením 110 kV z rozvodny Kočín 400/110 kV do rozvodny a transformovny 110/6 kV v areálu čerpací stanice. Přenos informací o provozních a

poruchových podmínkách čerpací stanice je přenášen sdělovacím kabelem do vodohospodářské dozorny v areálu ETE.

Podrobný popis projektového řešení odvodu tepla z AZ a z BSVP do koncového jímače je uveden v kap. III.1.1.1.4.

III.5.2.2 Ztráta primárního koncového jímače tepla

Dostupnost alternativního jímače tepla

Výpočty je prokázáno, že jedna CHNR je schopna i v nejnepříznivějším případě dlouhodobě odvádět veškeré teplo z bloku s odstaveným reaktorem bez doplňování, aniž by přitom teplota TVD výrazně překročila maximální projektovou hodnotu. Nejnepříznivějším případem je porucha, kdy na jednom bloku vznikla LOCA a druhý blok se odstavuje, tj. zdroj tepla do TVD je maximální. Vzhledem k existenci tří redundantních systémů TVD lze prokázat, že odvod tepla do koncového jímače lze bez externího doplňování vody zabezpečit po dobu minimálně 30 dní za předpokladu, že budou postupně využívány všechny bezpečnostní divize nebo že bude zásoba vody z CHNR neprovozuschopných systémů TVD přečerpávána mobilními prostředky do CHNR provozuschopného systému TVD.

Vzhledem k redundanci systémů TVD 3x100 % a další vnitřní redundanci čerpadel každé divize TVD 100+100 %, je ztráta schopnosti přenosu tepla od zdrojů do CHNR podmíněna neprovozuschopností všech čerpadel TVD (celkem 6 čerpadel). Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovozuschopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná. I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí. Jedinými možnými příčinami ztráty všech čerpadel TVD by mohly být vnější záplavy nebo SBO.

I v případě úplné ztráty TVD lze v horkém stavu odvod tepla z AZ zajistit systémy normálního provozu, které nejsou závislé na provozu systému TVD - doplňováním PG pomocnými napájecími čerpadly a odvodem páry do kondenzátoru nebo atmosféry.

Mezi hlavní netechnologické prostředky využitelné při ztrátě koncového jímače tepla patří čerpací technika HZSp. Tato technika však doposud nebyla uvažována k použití pro zmírňování následků technologických poruch. Kromě této techniky nejsou na lokalitě ETE k dispozici žádné další alternativní nebo mobilní zdroje pro zajištění cirkulace, resp. odvodu tepla ze spotřebičů TVD, které by byly využitelné pro řešení ztráty koncového jímače tepla.
Výpočty je prokázáno, že jedna CHNR je schopna odvádět veškeré teplo z obou bloků po dobu 12,5 dne bez doplňování. Pro splnění požadavku zabezpečení odvodu tepla po dobu minimálně 30 dní je nutné zásobu vody z CHNR neprovozuschopných systémů TVD přečerpávat mobilními prostředky do CHNR provozuschopného systému TVD. Z analýzy použitelnosti mobilní požární techniky vyplývá, že je možné vodu mezi CHNR těmito prostředky přečerpat.

Možná časová omezení pro dostupnost alternativního jímače tepla a možnosti prodloužit tento čas

Ztráta přenosu tepla do koncového jímače je spojena i s nemožností vychlazování bloku. Při stabilní nebo zvyšující se teplotě v I.O není vnášena kladná reaktivita a tím není dána ani nutnost kompenzovat vnos kladné reaktivity. Po dobu, kdy bloky zůstanou v horkém stavu je funkce řízení reaktivity zachována.

Vzhledem k tomu, že provozuschopnost bezpečnostních systémů havarijního doplňování I.O., sprchování kontejnmentu, havarijního doplňování napájecí vody do PG, apod. je závislá na provozu systému TVD, nelze s nimi počítat pro řešení daného stavu. Odvod tepla z AZ by

byl zajištěn systémy normálního provozu, které nejsou závislé na provozu systému TVD - doplňováním PG pomocnými napájecími čerpadly, odvodem páry do kondenzátoru nebo atmosféry. V horkém stavu lze v režimu sekundárního „feed&bleed“ dlouhodobě odvádět teplo z I.O.

Jiná situace nastane v režimu bloku v odstávce (při otevřeném reaktoru), kdy je odvod tepla z AZ závislý na provozu TVD. Důsledkem ztráty TVD je nárůst teploty v AZ. V tomto případě lze zaplnit bazény mokré přepravy. Bez odvodu tepla naroste teplota v bazénech mokré přepravy až na mez sytosti. Za předpokladu kompenzace odparu doplňováním, lze v tomto stavu dlouhodobě odvádět teplo.

V případě ztráty TVD nastává z pohledu odvodu tepla z BSVP stejná situace jako při SBO, tj. k přerušení chlazení vyhořelého jaderného paliva a ohřevu vody v BSVP. Trend nárůstu teploty v BSVP po přerušení chlazení závisí na počátečních podmínkách (doba od vyvezení vyhořelého paliva z reaktoru, množství paliva v BSVP, apod. I při maximálním tepelném zatížení BSVP nehrozí po ztrátě odvodu tepla z BSVP bezprostředně poškození uskladněného vyhořelého paliva a k jeho poškození by mohlo dojít až v řádu desítek hodin v pozdní fázi havárie.

Za normálního provozu a abnormálních podmínek je teplo z kontejnmentu odváděno pomocí ventilačních vzduchotechnických systémů chlazených TVD. Při nárůstu teploty lze pro odvod tepla z kontejnmentu použít systém chlazené vody. Při dlouhodobé ztrátě TVD a neprovozuschopnosti systému chlazené vody dojde ke ztrátě odvodu tepla z kontejnmentu. V kontejnmentu začne postupně růst teplota. Zůstane však zachován přívod chladnějšího vzduchu z vnějšího prostředí, podtlak budou i nadále udržovat systémy odsávání vzduchu z kontejnmentu.

Při uzavřeném kontejnmentu by vzhledem k jeho konstrukci a schopnosti odolat teplotním a tlakovým účinkům mohlo dojít k ohrožení integrity kontejnmentu až v pozdní fázi havárie. Při otevřeném kontejnmentu (zejména ve stavech s otevřeným reaktorem) by mohlo vzhledem k neexistenci postupů pro včasné uzavření kontejnmentu dojít k úniku Ra látek uvolňovaných z chladiva při udržování teploty na mezi sytosti mimo KTMT.

Pro zajišťování bezpečnostních funkcí je nezbytná funkčnost systémů SKŘ a znalost hodnot klíčových parametrů bloku. Jak příslušné systémy SKŘ, tak samotný PAMS, budou ovlivněny po ztrátě TVD nárůstem teploty v místnostech SKŘ. Odvod tepla z místností SKŘ bezpečnostních systémů lze alternativně zabezpečit pomocí systému technické vody nedůležité. Tato možnost je popsána a standardně využívána při plánovaném odstavení TVD a zvyšuje odolnost plnění bezpečnostních funkcí při ztrátě TVD.

III.5.2.3 Ztráta primárního a alternativního jímače tepla

Vnější přepokládané zásahy k zabránění poškození paliva

Alternativními prostředky pro dopravu medií je mobilní technika HZSp. Použití této techniky pro technologické účely však není popsáno. Pro použití této techniky je nutné ověřit její kapacitu a připravenost přípojných míst, která by umožnila propojení této techniky s technologií pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí.

Čas k obnovení jednoho jímače tepla nebo k iniciaci vnějších zásahů a k obnovení chlazení zóny před poškozením paliva

V případě provozu bloku na výkonu nebo v horkém stavu by bylo možné při ztrátě UHS odvádět teplo z AZ systémy normálního provozu, které nejsou závislé na provozu systému TVD - doplňováním PG pomocnými napájecími čerpadly, odvodem páry do kondenzátoru nebo atmosféry. V horkém stavu lze v režimu sekundárního „feed&bleed“ dlouhodobě odvádět teplo z I.O.

Jiná situace nastane v režimu bloku v odstávce (při otevřeném reaktoru), kdy je odvod tepla z AZ závislý na provozu TVD. Důsledkem ztráty TVD je nárůst teploty v AZ. V tomto případě

lze zaplnit bazény mokré přepravy. Bez odvodu tepla naroste teplota v bazénech mokré přepravy až na mez sytosti. Za předpokladu kompenzace odparu doplňováním, lze v tomto stavu dlouhodobě odvádět teplo.

Z dlouhodobého hlediska je nutné obnovit provoz systému TVD alespoň v jedné bezpečnostní divizi, čímž se umožní vychlazení bloku do studeného stavu.

Dalším důležitým aspektem, který významně ovlivňuje dobu, za kterou dojde k dosažení teploty sytosti v BSVP je hladina vody. Při poklesu hladiny v BSVP pod 754 cm dojde ke ztrátě cirkulace přes systém chlazení BSVP a při poklesu hladiny v BSVP pod 550 cm dojde k odhalení hlavic uložených palivových souborů. Při ztrátě poslední funkční redundance systému odvodu tepla z BSVP a dosažení teploty sytosti dochází k významnému „cliff edge“ efektu, kdy je nadále nutné odvádět teplo varem chladiva v BSVP a jeho vypařováním do kontejnmentu.

Pokud je v BSVP produkován maximální zbytkový výkon (je vyvezená celá AZ a zbytek BSVP je zaplněn vyhořelým palivem z předchozích kampaní), je minimální doba do dosažení teploty sytosti cca 30 hod. Objem vody v BSVP v režimu skladování paliva je v každé ze sekcí 01 a 03 cca 223 m^3 a v sekci 02 cca 104 m^3 (v režimu výměny paliva přibližně dvojnásobný). Z ohledem na výše uvedené objemy jednotlivých sekcí BSVP poskytuje dostupná zásoba chladiva v jímce prodloužení doby do stavu sytosti přibližně na dvojnásobek (cca 60 hod) a dostupná zásoba chladiva v zásobních nádržích pro výměnu paliva prodloužení doby do stavu sytosti přibližně na čtyřnásobek (cca 120 hod).

V důsledku ztráty UHS dojde k přerušení chlazení vyhořelého jaderného paliva a ohřevu vody v BSVP. Trend nárůstu teploty v BSVP po přerušení chlazení závisí na počátečních podmínkách (doba od vyvezení vyhořelého paliva z reaktoru, množství paliva v BSVP, apod.). I při maximálním tepelném zatížení BSVP nehrozí za předpokladu kompenzace odparu doplňováním po ztrátě odvodu tepla z BSVP bezprostředně poškození uskladněného vyhořelého paliva. Bez možnosti kompenzace odparu by k jeho poškození mohlo dojít až v řádu desítek hodin.

V důsledku ztráty UHS je ohroženo SKŘ bezpečnostních systémů v důsledku nemožnosti odvádět tepelné ztráty od zařízení napájených akubateriemi. V případě neobnovení chlazení těchto zařízení by mohlo dojít k postupnému ovlivnění správné funkce zařízení SKŘ.

III.5.2.4 Závěry k adekvátnosti ochrany proti ztrátě koncového jímače tepla

Koncový jímač tepla tvoří u bloků ETE okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla – atmosféry odvádět několika způsoby. Přenos tepla mezi zdroji tepla důležitými z hlediska bezpečnosti a atmosférou zabezpečuje systém TVD prostřednictvím CHNR.

Na ETE je k dispozici zásoba vody v CHNR, postačující pro cca 30 dnů provozu systému TVD pro odvod zbytkového tepla z odstavených reaktorů bez externího doplňování vody do systému TVD. Na jeden blok je k dispozici celkem 6 čerpadel TVD. Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovozuschopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná. I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí.

Vzhledem k existenci několika provozních způsobů odvodu tepla a v případě jejich nedostupnosti i několika alternativních způsobů by i při vysoce nepravděpodobné ztrátě schopnosti systému TVD přenášet teplo z AZ, BSVP a zařízení bezpečnostních systémů do okolní atmosféry bylo možné pro udržování bloku v horkém nebo polohorkém stavu po neomezeně dlouhou využít přímý odvod tepla do atmosféry přes PG, které jsou nezávislé na odvodu tepla systémem TVD. Tato možnost poskytuje dostatečně dlouhou dobu pro přípravu

alternativních způsobů odvodu tepla. Ztráta TVD je však vždy spojena s nemožností vychladit blok do studeného stavu a dlouhodobě udržovat blok ve studeném stavu.

Pokud by nebyly současně k dispozici provozní ani alternativní prostředky odvodu tepla, potenciální důsledky ztráty schopnosti odvodu tepla do koncového jímače by mohly být:

- Poškození paliva v AZ a vyhořelého paliva uloženého v BSVP v důsledku neexistence alternativních způsobů odvodu tepla z AZ, BSVP a komponent chlazených TVD.
- Ztráta chlazení nouzových zdrojů střídavého napájení v případě LOOP může způsobit SBO.
- Pokud by došlo k nedostatečné izolaci kontejnmentu při odstávce, mohlo by dojít k úniku radioaktivních látek do okolí.
- Ztráta schopnosti ovládání systémů a komponent a sdělování hodnot důležitých parametrů v důsledku ztráty funkčnosti systémů SKŘ při nemožnosti odvádět teplené ztráty od zařízení SKŘ.

III.5.2.5 Možná opatření k zvýšení odolnosti elektrárny v případě ztráty konečného jímače tepla

I když by před úplnou ztrátou schopnosti přenášet teplo do koncového jímače muselo dojít k mnohonásobnému selhání úrovní ochrany do hloubky, jsou z důvodu závažnosti následků takového stavu navržena další opatření pro zvýšení již tak značné robustnosti projektu z hlediska zabezpečení přenosu tepla do atmosféry jako koncového jímače tepla.

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnění bezpečnostních funkcí při ztrátě UHS.

1. Navrhnout a implementovat diverzifikované prostředky pro chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP, včetně možnosti jejich připojení k existující technologii.
2. Navrhnout a implementovat alternativní prostředky pro zajištění chlazení systémů SKŘ nezbytných pro zajištění monitorování stavu a ovládání vybraných komponent.
3. Popsat použití alternativních a diverzifikovaných prostředků (navržených dle bodu 1 a 2) – tzv. nouzové plány (EDMG), s cílem zabezpečit chlazení a odvod tepla z AZ a z BSVP.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkce, jsou uvedeny v tabulce v kap. III.5.3.3. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

III.5.3 Ztráta koncového jímače tepla kombinovaná s úplnou ztrátou vnějšího napájení (SBO)

III.5.3.1 Čas autonomie do ztráty normálního chlazení aktivní zóny reaktoru

Na ETE existuje pouze jeden koncový jímač tepla pro odvod tepla z bezpečnostních systémů, kterým je okolní atmosféra. Prostředkem na převedení zbytkového tepla z AZ, z vyhořelého paliva uloženého v BSVP a komponent bezpečnostních systémů do koncového jímače je systém TVD.

Při události SBO nejsou napájena čerpadla TVD. Protože prostředníkem přenosu tepla do atmosféry je právě TVD, pak zároveň s SBO dojde ke ztrátě nuceného odvodu tepla z I.O a BSVP do atmosféry. Událost SBO automaticky znamená ztrátu koncového jímače tepla daného bloku z důvodu ztráty elektrického napájení čerpadel TVD.

Při ztrátě koncového jímání tepla a současné ztrátě elektrického napájení z pracovních a rezervních zdrojů dojde vlivem ztráty chlazení DG k situaci SBO na daném bloku. Důvodem je vzájemná závislost mezi DG a TVD - výpadek jednoho způsobí ztrátu obou.

Odvod tepla z AZ přes sekundární okruh (PG) lze do vyčerpání zásoby vody v PG využít pro odvod zbytkového tepla pouze v horkém a polohorkém stavu bloku. Nicméně, pro odvod tepla z vyhořelého paliva uloženého v BSVP žádný záložní prostředek neexistuje.

Z výše uvedeného vyplývá, že provozuschopnost systému TVD pro přenos tepla do koncového jímače tepla a provozuschopnost nouzových zdrojů elektrického napájení je provázána.

Ztráta koncového jímače tepla v důsledku SBO

Čerpadla systému TVD, která zabezpečují transport tepla ze zdrojů do koncového jímače, jsou napájena ze zajištěného napájení. Při SBO dojde vždy i ke ztrátě TVD. V tomto případě existuje možnost odvádět teplo z AZ s využitím zásoby vody v PG přímo do atmosféry, takže nedochází k bezprostřední ztrátě koncového jímače tepla. Ke ztrátě schopnosti odvádět teplo z vyhořelého paliva v BSVP by došlo až v pozdní fázi havárie.

Ztráta TVD při SBO však omezí dobu, po kterou jsou dostupné hodnoty důležitých parametrů bloku a JE. Tepelné ztráty od zařízení SKŘ napájeného z akubaterií bez funkce chlazení v důsledku nedostupnosti systémů TVD způsobí nárůst teploty v místnostech SKŘ a následnou ztrátu příslušných systémů SKŘ.

SBO v důsledku ztráty koncového jímače tepla

Ztráta koncového jímače tepla sama o sobě neovlivní elektrické napájení vlastní spotřeby bloku, pokud je zajištěno napájení z pracovních nebo rezervních zdrojů. V případě ztráty vnějšího napájení a nezregulování turbogenerátoru na vlastní spotřebu dojde při existující neprovozuschopnosti TVD sice k přechodu na nouzové zdroje střídavého napájení (bezpečnostní DG), ale po jejich připojení k rozvodu napájení a zatížení dojde k jejich postupnému výpadku z důvodu jejich přehřátí díky ztrátě chlazení od TVD.

Napájení bezpečnostních systémů bude nadále zajišťováno pouze provozem akubaterií. Vzhledem k nemožnosti odvádět vydělené teplo ze systémů SKŘ dojde k nárůstu teploty v místnostech k postupné ztrátě systémů SKŘ a tím ke ztrátě sdělování hodnot důležitých parametrů.

III.5.3.2 Vnější přepokládané zásahy k zabránění degradace paliva

Alternativními prostředky pro dopravu medií je mobilní technika HZSp. Pro čerpání a dopravu vody má jednotka hasičského záchranného sboru podniku k dispozici 4 cisternové automobilové stříkačky, 1 kombinovaný hasicí automobil a 3 přívěsné požární stříkačky s celkovým nominálním výkonem 280 l/s.

Použití této techniky pro technologické účely však není popsáno. Pro použití této techniky je nutné ověřit její kapacitu a připravenost přípojných míst, která by umožnila propojení této techniky s technologií pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí.

III.5.3.3 Potenciální opatření k posílení odolnosti elektrárny proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s SBO

Funkce elektrického napájení z nouzových zdrojů a přenosu tepla do koncového jímače spolu úzce souvisí a ztráta jedné funkce by mohla ovlivnit plnění druhé funkce a naopak. I když by před ztrátou schopnosti plnit obě tyto funkce muselo dojít k mnohonásobnému selhání úrovní ochrany do hloubky, jsou z důvodu závažnosti následků takového stavu navržena další opatření pro zvýšení již tak značné robustnosti projektu z hlediska zabezpečení přenosu tepla do atmosféry jako koncového jímače tepla. Opatření pro zvýšení robustnosti bloků při kombinaci SBO a ztráty UHS jsou stejná jako opatření identifikovaná pro případ SBO v kap.III.5.1.3 a pro případ ztráty UHS v kap. III. 5.2.5.

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnění bezpečnostních funkcí při SBO v kombinaci se ztrátou UHS.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkce, jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Tabulka 35: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s SBO na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ	TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)	POZNÁMKA
Technické prostředky	Alternativní doplňování vody do PG/BSVP/I.O (při roztěsněném I.O)	II	
Technické prostředky	Alternativní zdroj pro dobíjení akubaterií a napájení vybraných spotřebičů	I	
Technické prostředky	Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG	I	
Analýzy	Analýzy odvodu tepla ze systémů SKŘ po ztrátě TVD	I	
Technické prostředky	Přepojení armatur izolace kontejnmentu VZT systémů na akubaterie	II	
Předpisy	Využití bezpečnostních DG sousedního bloku při SBO	I	
Analýza	Analýza vybíjecí doby akubaterií při uplatnění řízeného odlehčování zátěže, doplnění postupů	I	
Předpisy	Postup pro izolaci kontejnmentu v odstavených stavech	I	SOER 2010-1
Analýzy	Odvod tepla z BSVP bez doplňování	I	

Předpisy	Postup na obnovu napájení po SBO všech bloků	I	
Personál	Zajištění dostatku personálu při dlouhodobém SBO	I	
Analýzy	Analýzy možností směnového personálu při SBO na obou blocích	I	
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	
Komunikace	Alternativní zdroje a prostředky pro komunikaci po seismické události	I	
Předpisy	Vypracovat postup pro provoz bloků při dlouhodobém napájení z nouzových zdrojů	I	

III.5.4 Bazény vyhořelého paliva

Vzhledem k projektovému řešení bloků VVER1000, kde jsou BSVP umístěny v kontejnmentech bezprostředně vedle reaktoru jsou pro elektrické napájení systémů a vlastní odvod tepla do koncového jímače z vyhořelého paliva umístěného v BSVP využívány obdobné prostředky jako pro odvod tepla z AZ. Proto je hodnocení pro ztrátu elektrického napájení a ztrátu UHS pro odvod tepla z BSVP provedeno v odpovídajících částech kap. III.5.

I když by před úplnou ztrátou odvodu tepla z vyhořelého paliva umístěného v BSVP muselo dojít k mnohonásobnému selhání úrovní ochrany do hloubky, jsou z důvodu závažnosti následků takového stavu navržena další opatření pro zvýšení již tak značné robustnosti projektu z hlediska zabezpečení odvodu tepla z BSVP do koncového jímače ať už z důvodu SBO nebo ztráty UHS.

Cílem navržených opatření je posílení úrovní ochrany do hloubky při iniciačních událostech nad rámec stávajícího projektu (zemětřesení, záplavy, extrémní podmínky, výsledky lidské činnosti, atp.), jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnění bezpečnostních funkcí.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkce, jsou uvedeny v tabulce v kap. III.5.3.3. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

III.6 Zvládání těžkých havárií

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly III.1.1.1, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

III.6.1 Organizace a opatření prvozovatele k zvládání havárií

III.6.1.1 Organizace prvozovatele k zvládání havárií

Fungující systém zvládání těžkých havárií je zabezpečen souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru. V personální oblasti se jedná o vytvoření organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o zpracování a implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií a o vytvoření struktury havarijních podpůrných středisek, z nichž personál zajišťuje řízení a provádění zásahů. Provádění zásahu při vzniku havarijních událostí je zabezpečováno v první (preventivní) fázi rozvoje události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu. V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, začíná druhá fáze (zmírnění následků) a je aktivována organizace havarijní odezvy. V tomto případě přebírá odpovědnost za řízení zásahů havarijní štáb s podporou technického podpůrného střediska.

Personální obsazení a řízení směn v normálním provozu

Personál nepřetržitého směnového provozu obou bloků ETE (směnový personál) je zařazen do směn. Počet personálu na každé směně a jeho kvalifikace zabezpečuje zvládání všech provozních stavů bloků za normálních, abnormálních i havarijních provozních podmínek. Směny jsou pravidelně střídány podle směnového harmonogramu tak, aby měl provozní personál dostatečný časový prostor na odpočinek a udržování požadované kvalifikace (školení, výcvik …).

Směnový personál provádí všechny činnosti podle provozní dokumentace (postupy, instrukce, programy …), pokrývající normální a abnormální provoz i havarijní podmínky (zahrnují všechny projektové a částečně i nadprojektové události až do poškození paliva). Ve všech těchto provozních stavech směnový personál řídí a provádí činnosti s možnou podporou ostatního technického personálu JE. V případě vzniku havarijních podmínek s poškozením paliva přechází odpovědnost za řízení činností na personál TPS a HŠ a směnový personál pokračuje v provádění činností podle požadavků TPS a HŠ.

Řízení každého bloku JE v případě vzniku mimořádné události je zajišťována následujícími pracovními funkcemi:

- Vedoucí reaktorového bloku (VRB)
- Vedoucí blokové dozorny (VBD)
- Operátor primárního okruhu (OPO)
- Operátor sekundárního okruhu (OSO)

Základním pracovištěm tohoto personálu je příslušná bloková dozorna. V případě její neobyvatelnosti, respektive ztráty možnosti ovládání blokové technologie, zabezpečují své činnosti z nouzové dozorny.

Plány na posílení organizace k zvládání havárií

Pro případ vzniku mimořádné události jsou zpracovány pro potřeby řízení a provádění zásahu příslušné zásahové postupy, respektive zásahové instrukce pro zaměstnance,

případně další osoby, na vybraných pracovních funkcích zařazených do Organizace havarijní odezvy (OHO). Pro zvládání mimořádných událostí je vytvořena organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost (v rámci 4 směn).

Provádění zásahu při vzniku mimořádné události je na JE zabezpečováno v první fázi rozvoje mimořádné události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu (IOHO – interní organizace havarijní odezvy), pod řízením SI.

V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, je IOHO doplněna zaměstnanci držícími pohotovost v rámci organizace havarijní odezvy (POHO – pohotovostní organizace havarijní odezvy). V tomto případě jsou aktivována havarijní podpůrná střediska: Havarijní štáb, Technické podpůrné středisko, Vnější havarijní podpůrné středisko, Havarijní informační středisko a Logistické podpůrné středisko. Odpovědnost za řízení zásahů po aktivaci HŠ přebírá od SI Velitel HŠ.

Interní organizace havarijní odezvy

Interní organizace havarijní odezvy je tvořena výhradně směnovým personálem, tj. zaměstnanci, kteří zajišťují normální provoz JE. Personál nepřetržité směny zabezpečuje dle pokynů směnového inženýra veškeré činnosti spojené s potlačením projevů vznikající mimořádné události až do doby aktivace zaměstnanců držících v rámci organizace havarijní odezvy nepřetržitou pohotovost.

Personál nepřetržitého směnového provozu (kromě řídícího personálu směny na BD) v případě vyhlášení mimořádné události v závislosti na stupni závažnosti buď nadále vykonává činnosti podle příslušných zásahových instrukcí a pokynů řídícího personálu směny nebo se shromažďují v případě vyhlášení ochranných opatření v provozním podpůrném středisku v krytu pod provozní budovou odkud na základě pokynů SI nebo HŠ provádějí požadované zásahy na technologii nebo vytvářejí operativní podporu jednotce HZSp při vyprošťovacích a záchranných pracích.

Pro potřebu zajištění realizace ochranných opatření ukrytí a evakuace jsou ustanovena krytová družstva zabezpečující aktivaci a následný provoz krytů v areálu JE. Základní povinnosti členů krytových družstev v krytu jsou: řízení režimu v krytu, evidence ukrytých, pořádková služba, obsluha VZT, dozimetrické přeměřování osob, obsluha DGS.

Pohotovostní organizace havarijní odezvy

Pohotovostní organizace havarijní odezvy je tvořena personálem havarijních podpůrných středisek držících týdenní nepřetržitou hotovost. Hotovost POHO je organizačně zabezpečena tak, že do 20 minut v pracovní době a do 1 hodiny v mimopracovní době od vyhlášení mimořádné události se příslušní specialisté dostaví na ETE do HŘS. Prostředky pro aktivaci personálu POHO jsou zálohované

- Havarijní štáb

  Havarijní štáb je hlavním řídícím pracovištěm organizace havarijní odezvy JE. Po své aktivaci zabezpečuje vyhlašování ochranných opatření pro zaměstnance a další osoby nacházející se v areálu JE v době vzniku mimořádné události, řízení činností všech zaměstnanců a dalších osob podílejících se na provádění zásahu při potlačování rozvoje a řešení následků mimořádné události v jaderné elektrárně a zajišťuje komunikaci s vnějšími složkami havarijní připravenosti. Havarijní štáb zabezpečuje dodávky nezbytného materiálu, speciálních prostředků, střídání personálu a jejich materiálního zabezpečení prostřednictvím logistického podpůrného střediska.

- Technické podpůrné středisko

Technické podpůrné středisko je profesně obsazené tak, aby mohlo poskytovat kvalifikovanou technickou podporu personálu dozorny postiženého bloku při řešení mimořádných událostí. Personál TPS současně zajišťuje okamžité hodnocení bezpečnostního stavu jaderné elektrárny se zřetelem na jadernou bezpečnost a radiační ochranu, řídí činnost operativně ustanovovaných zásahových skupin při řešení následků mimořádných událostí a je schopen zpracovávat podklady a doporučení pro rozhodovací a řídící činnost havarijního štábu. V případě požadavku směnového inženýra nebo velitele havarijního štábu může být vyžádána podpora pro personál technického podpůrného střediska dalšími specialisty.

- Vnější havarijní podpůrné středisko

  VHPS zabezpečuje činnosti spojené s radiačním monitorováním a hodnocením radiační situace v zóně havarijního plánování a na základě výsledků radiačního monitorování i prognózy dalšího vývoje radiační situace.

- Havarijní informační středisko

  Personál havarijního informačního střediska zajišťuje v případě vzniku mimořádné události předávání veškerých informací masmédiím a zodpovídání dotazů veřejnosti. Jeho činnost je zaměřena zejména na informování laické veřejnosti a orgánů státní správy a samosprávy bezprostředně nezapojených do systému vnější havarijní připravenosti jaderné elektrárny. Zodpovídá za přípravu tiskových zpráv pro sdělovací prostředky. Havarijní informační středisko je umístěné v areálu Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

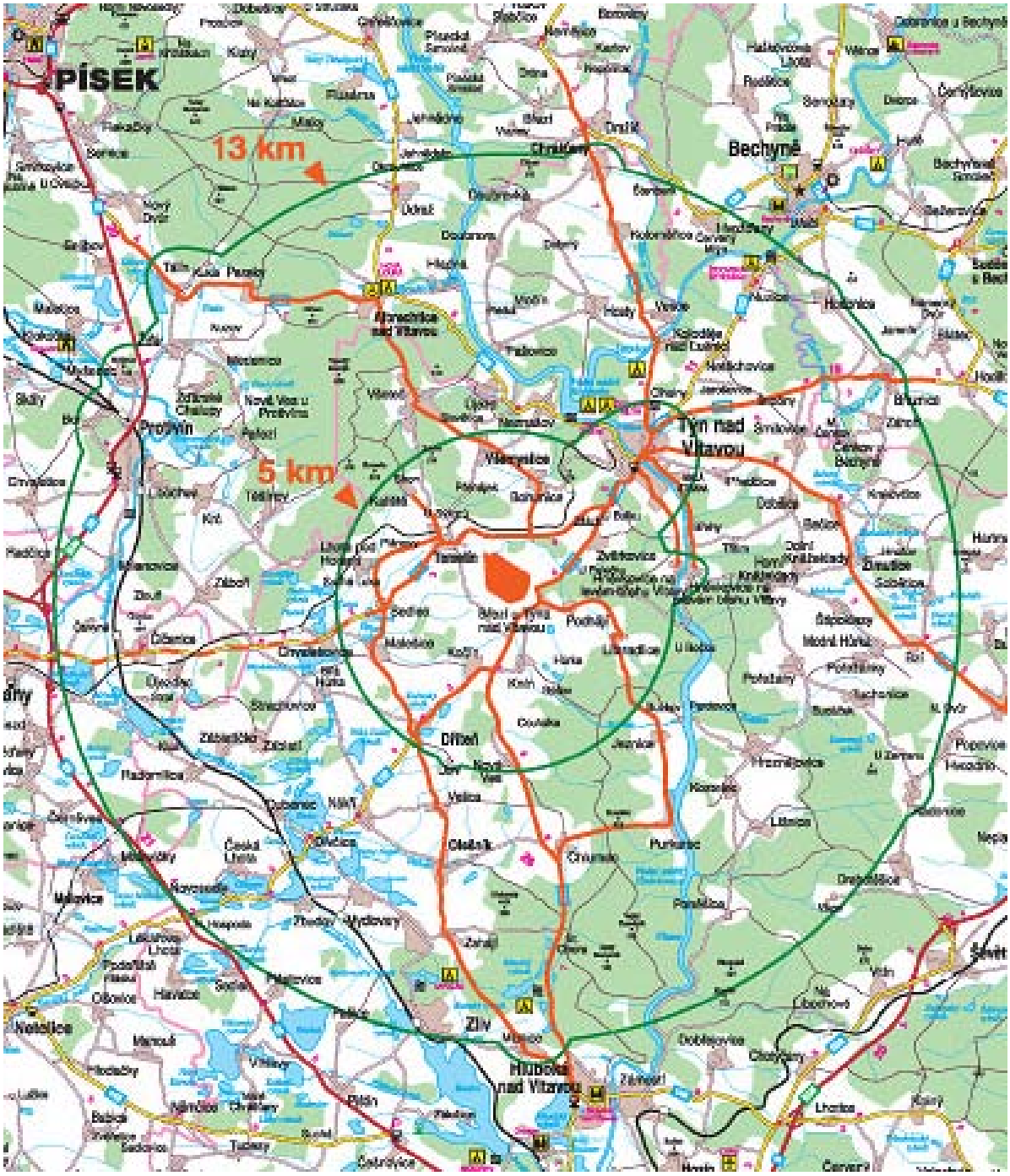
- Logistické podpůrné středisko

  Personál logistického podpůrného střediska zajišťuje potřebné materiálně technické prostředky a kvalifikované lidské zdroje dle požadavků a potřeb havarijního štábu, technického podpůrného střediska a vnějšího havarijního podpůrného střediska. Logistické podpůrné středisko představuje vnější podporu OHO. Logistické podpůrné středisko je umístěné v areálu Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Směnový inženýr v případě vzniku MU je odpovědný za zvládání MU až do doby, kdy odpovědnost předá aktivovanému Veliteli HŠ. Jeho činnost se při vzniku MU řídí dle ZI pro SI, ve které jsou uvedeny všechny odpovědnosti a pravomoci, mezi nejdůležitější patří: posouzení závažnosti MU - klasifikace, zabezpečení vyrozumění a varování personálu JE a varování v ZHP, vyrozumění vedení JE a příslušných orgánů a organizací o vzniku MU, rozhodnutí o aktivaci POHO, rozhodnutí o ochranných opatřeních pro personál JE. Odpovědnost za technologii dál zůstává v kompetenci SI.

Při vzniku MU je zajištěno bezodkladné vyrozumění o události na SÚJB, KÚ, Krajské ředitelství HZS, na obce s rozšířenou působností, na TD ČEZ a na Meteostanici. K předání informace se používá vyplněného formuláře „Prvotního oznámení, respektive Následných hlášení o vzniku mimořádné události“. Pro odeslání formulářů se využívá elektronická pošta, popř. fax. Při nemožnosti navázání přímého spojení s SÚJB se používá záložní cesta.

Pro potřeby plánování zajištění ochrany obyvatelstva v okolí jaderné elektrárny pro případ vzniku radiační havárie a pro potřebu vypracování vnějšího havarijního plánu je rozhodnutím SÚJB stanovena zóna havarijního plánování JE (pro ETE území o poloměru 13 km). Pro zabezpečení opatření k přípravě a provedení evakuace obyvatelstva byla dále tímto rozhodnutím stanovena vnitřní část ZHP daná plochou kruhu o poloměru 5 km se zahrnutím obcí na jeho hranici.



Obr. 44: Zóna havarijního plánování ETE

Přijatá opatření umožňující optimální intervenci provozním personálem

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny, vyhlašuje směnový inženýr jeden ze 3 stupňů mimořádné události,

MU 1. stupně (Alert),
MU 2. stupně (Site emergency),
MU 3. stupně (General emergency).

Postup posuzování závažnosti vzniklých mimořádných událostí na jaderných elektrárnách je uveden v příslušných zásahových instrukcích. Posuzování závažnosti vzniklých nahlášených událostí provádí SI porovnáním typu nahlášené události s množinou předem nadefinovaných zásahových úrovní. Klasifikaci MU je oprávněn provést také velitel havarijního štábu. Zásahové úrovně ve své podstatě představují soubor předem určených, místně specifických, iniciačních podmínek, při jejichž dosažení je stav jaderné elektrárny zařazen do příslušného klasifikačního stupně a typu. Zásahové úrovně jsou zpracovány pro všechny provozní režimy jaderné elektrárny. Iniciační podmínkou může být překročení některého ze stanovených parametrů, eventuálně výskyt diskrétních interních a externích událostí, jejichž rozvoj může ohrozit jadernou bezpečnost a radiační ochranu jaderné elektrárny.

Typy mimořádných událostí

Včasná identifikace typu vzniklé události a ocenění její závažnosti z hlediska bezpečnosti jaderné elektrárny umožňuje provést volbu přiměřené odezvy. Mimořádné události jsou z hlediska svého vzniku rozděleny do tří základních typů:

- Události z technologických příčin
- Radiační události
- Události z jiných rizik

Toto členění zásahových úrovní umožňuje směnovému inženýrovi snadnější identifikaci závažnosti vzniklé mimořádné události zejména ve vazbě na zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

V případě vyhlášení MU 1. stupně se aktivuje pouze technická součást POHO - technická podpůrná skupina (TPS), v případě vyhlášení MU 2. a 3. stupně se aktivuje i zbývající část - Havarijní štáb ETE (HŠ) a logistické podpůrné středisko, havarijní informační středisko a vnější havarijní podpůrné středisko v Českých Budějovicích. Všechna tato střediska jsou řízena havarijním štábem. Do doby jeho aktivace řídí činnosti směnový inženýr ETE a směnový personál postupuje podle příslušných provozních předpisů.

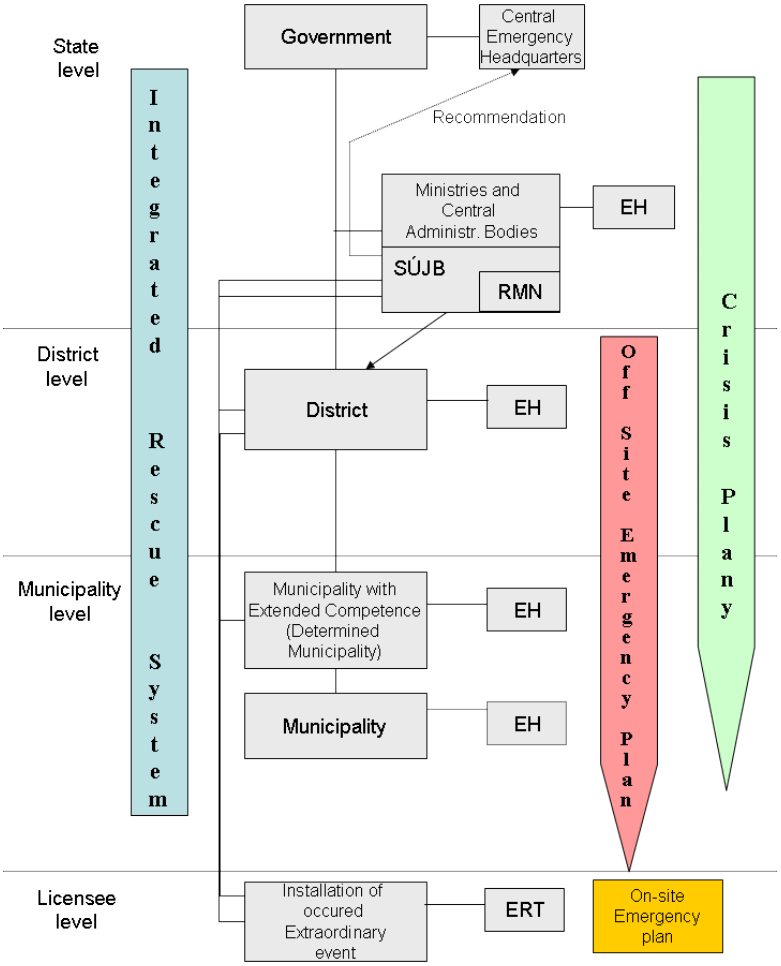
Pracovištěm TPS i HŠ je Havarijní řídící středisko (HŘS), které je umístěno v areálu ETE. Organizační způsob zvládání mimořádných událostí je stanoven ve Vnitřním havarijním plánu schváleném SÚJB.

Použití vnější technické podpory při zvládání havárií

Zabezpečení externí podpory a případné použití dalších kapacit, zdrojů a prostředků řídí v HŠ funkce Logistik, ve spolupráci s logistickým podpůrným střediskem.

Pro výpomoc s dopravou, či těžkou technikou je nastavena možnost požádat KOPIS HZS JčK, který má pravomoc v rámci IZS vyzvat další složky a organizace k pomoci při zvládání následků mimořádné události. V rámci celé skupiny ČEZ je nastavena pomoc prostřednictvím krizového štábu ČEZ pro postiženou lokalitu. V rámci tohoto orgánu by byla zajišťována dostupnost externích specialistů (dodavatelé, expertní znalosti, zahraniční pomoc, atp.). Nejúčinnější pomoc se předpokládá z lokality EDU.

Na zajištění vnější havarijní připravenosti JE se podílí celá řada orgánů a organizací jak na národní, tak lokální úrovni.



Obr. 45: Zajištění vnější havarijní připravenosti ETE

Při výskytu MU a následném řešení vzniklé MU komunikuje Jaderná elektrárna s následujícími vnějšími orgány a organizacemi na národní i lokální úrovni.

- SÚJB - Krizový štáb

  Krizový štáb SÚJB zabezpečuje prostřednictvím radiační monitorovací sítě České republiky nezávislé hodnocení radiačních projevů vzniklé radiační mimořádné události. Na základě výsledků monitorování jednotlivých složek monitorovací sítě České republiky poskytuje podklady pro rozhodování Krizového štábu kraje o opatřeních k ochraně obyvatelstva.

- Krajský úřad

  Krajský úřad zabezpečuje koordinaci vnější havarijní připravenosti všech obcí s rozšířenou působností jejichž území zasahuje do ZHP. Hejtman příslušného kraje řídí ve spolupráci se starosty dotčených obcí s rozšířenou působností veškeré činnosti spojené se zajištěním vnější havarijní připravenosti v celé zóně havarijního plánování a rozhoduje o vyhlášení a realizaci opatření na ochranu obyvatelstva. Jako poradní orgán mu slouží Krizový štáb kraje. Vyhlášení neodkladných ochranných opatření provádí na základě doporučení Krizového štábu SÚJB zpracovaných z výsledků radiačního monitorování a dalších podkladů poskytovaných jednotlivými složkami radiační monitorovací sítě.

  Provozovatel poskytuje, v případě radiační havárie na jaderné elektrárně, krizovému štábu kraje prostřednictvím havarijního štábu potřebnou součinnost, data a informace nezbytné pro posouzení závažnosti vzniklé situace. Pro zajištění součinnosti odesílá Jaderná elektrárna do Krizového štábu kraje svého zástupce.

- Obce s rozšířenou působností

  Starostové dotčených obcí s rozšířenou působností rozhodnou o svolání krizových štábů obce a řídí vyhlašování a realizaci ochranných opatření na dotčeném území obce s rozšířenou působností. Při řízení těchto činností vychází z Vnějšího havarijního plánu. Ochranná opatření vyhlašují po předcházejícím projednání s krizovým štábem kraje, který zajišťuje vzájemnou koordinaci zpráv a informací předávaných mezi jednotlivými obcemi s rozšířenou působností, SÚJB a Jadernou elektrárnou. Tento postup slouží k zajištění provázanosti vyhlašovaných ochranných opatření na území spadající pod správu jednotlivých obcí s rozšířenou působností.

- Hasičský záchranný sbor

  Hasičský záchranný sbor zabezpečuje na základě pokynu z jaderné elektrárny varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování pomocí sirén ovládaných prostřednictvím národního integrovaného systému varování a dále zabezpečuje odvysílání příslušných rozhlasových a televizních relací u ČT a ČRo. HZS kraje pro ČEZ, a. s. rovněž zabezpečuje vyrozumění dotčených obcí s rozšířenou působností prostřednictvím krajských operačních a informačních středisek HZS (v souladu s vyhláškou č. 318/2002 Sb. v platném znění). HZS dále řídí IZS a disponuje technickými prostředky pro podporu zvládání mimořádných událostí na JE.

- Český hydrometeorologický ústav

  Český hydrometeorologický ústav zabezpečuje pro jaderné elektrárny vyhodnocování aktuální meteorologické situace a zpracování prognóz dalšího vývoje. Výstupy základních meteorologických údajů nezbytných pro ocenění potenciálního nebo skutečného šíření radioaktivních úniků v okolí JE předává do příslušných informačních sítí JE.

- Policie a bezpečnostní služba

  Policie a bezpečnostní služba spolupracují při vyrozumění obyvatelstva v ZHP, organizaci evakuace, dopravní situace, střežení objektů atd.

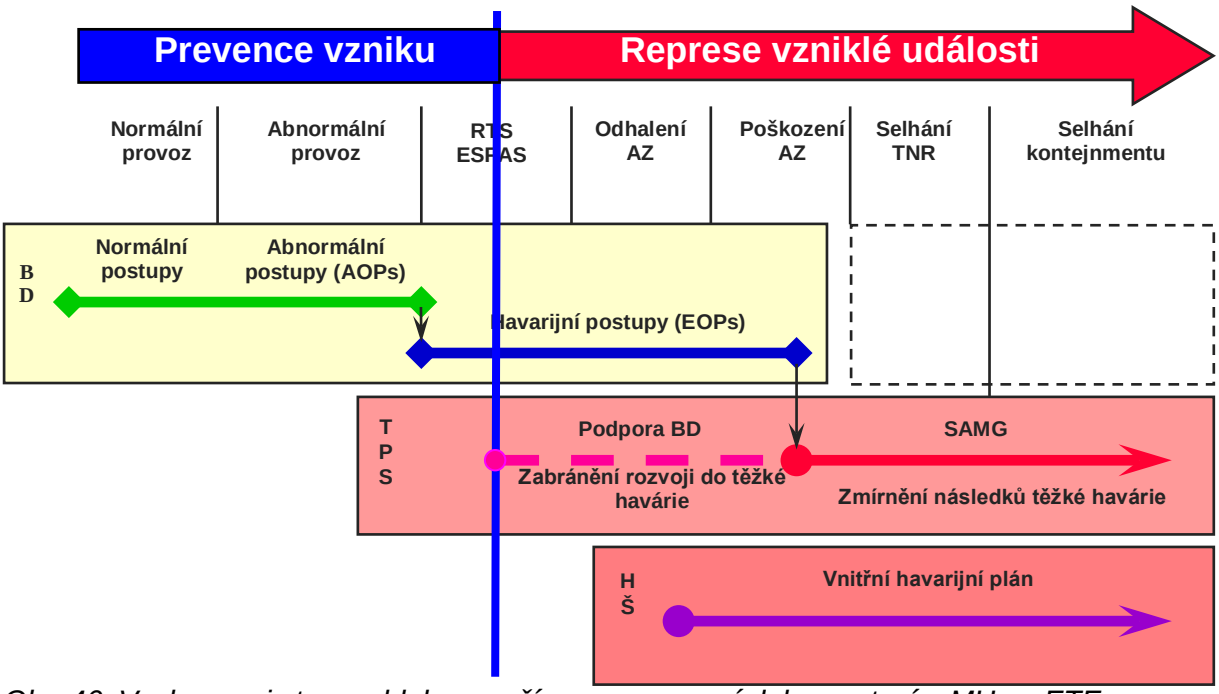
Postupy, výcvik a procvičování

Pro řešení technologických havárií (až do poškození paliva) jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v havarijních provozních postupech (EOPs). Pro zmírňování následků havárií po poškození paliva (těžké havárie) jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v návodech pro zvládání těžkých havárií (SAMG). V EOPs je vždy hlavní prioritou obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva), zatímco v SAMG je hlavní prioritou zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. EOPs a SAMG jsou založeny na symptomatickém přístupu k zvládání havarijních situacích.

Koncepce zvládání technologických havárií na ETE je založena na symptomatickém přístupu převzatého od Westinghouse. Je zpracována následující dokumentace pro řešení projektových, nadprojektových a těžkých havárií:

- Symptomaticky orientované havarijní postupy pro výkonové stavy (EOPs).
- Symptomaticky orientované havarijní postupy pro odstavené stavy, včetně případů ohrožení odvodu tepla z vyhořelého paliva uloženého v BSVP (SEOPs).
- Návody pro rozhodování TPS.
- Návody pro zvládání těžkých havárií pro výkonové stavy (SAMG).

Postup rozvoje havarijní situace je kromě typu používání provozní dokumentace při činnostech na odezvu na danou situaci rovněž úzce svázán s činnostmi organizace havarijní odezvy podle Vnitřního havarijního plánu (vyhlášení stupně mimořádné události).



Obr. 46: Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU na ETE

Činnosti operativního personálu v každé úrovni jsou řízeny provozními postupy přizpůsobenými každému provoznímu stavu. Postupy tvoří síť, která určuje činnosti operativního personálu v každém provozním stavu bloku.

Pro havarijní podmínky v preventivní fázi jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v havarijních provozních postupech (EOPs). Pro zvládání těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v návodech pro zvládání těžkých havárií (SAMG). Základní podmínkou pro provádění činností podle havarijních postupů je takový stav AZ, který umožňuje její chlazení, tj. AZ je v uchladitelné geometrické konfiguraci. Pokud dojde k jejímu nevratnému poškození, havarijní předpisy již nemusí poskytovat optimální návod na řešení havarijní situace a je nutné zahájit činnosti podle SAMG. V tomto okamžiku se mění i hlavní priority. V EOPs je vždy hlavní prioritou obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva), zatímco v SAMG je hlavní prioritou zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou.

Cílem zásahů popsaných v rámci EOPs, které bude operativní personál BD používat pro řešení projektových i nadprojektových havarijních událostí, je zabezpečit dostatečné chlazení AZ a zabránit tak nevratnému poškození AZ a dále minimalizovat důsledky eventuálního úniku radioaktivních látek mimo elektrárnu. Součástí filosofie těchto postupů je trvalé oceňování stavu fyzických bariér proti úniku aktivity vyhodnocováním kritických bezpečnostních funkcí. Toto ocenění zajišťuje včasnou identifikaci zhoršování bezpečnostního stavu bloku, a zaručuje možnost provedení včasné nápravy při zjištění negativního trendu vývoje události.

Soubor symptomaticky orientovaných havarijních provozních postupů poskytuje operativnímu personálu systematický prostředek (nezávislý na průběhu havarijního režimu) pro řešení havarijních situací, pomocí souboru předem definovaných a strukturovaných havarijních postupů. Kombinace událostně a funkčně orientovaných strategií dává operativnímu personálu návod k dovedení bloku do bezpečného a koncového stavu, při zajištění permanentní diagnostiky stavu bloku a eventuálního obnovování bezpečného stavu nezávisle na průběhu dané havarijní události.

Havarijní postupy rovněž obsahují systematický prostředek pro hodnocení bezpečného stavu bloku prostřednictvím hodnocení stavů kritických bezpečnostních funkcí. Kritické bezpečnostními funkcemi úzce souvisí s fyzickými bariérami, které brání úniku radioaktivity do okolního prostředí.

Pro preventivní fázi zvládání havarijní situace, když provozní personál postupuje podle EOPs je zabezpečena podpora od personálu TPS. Pro tento účel jsou připraveny pro personál TPS „Návody pro TPS“, které poskytují podklady pro rozhodování při podpoře provozního personálu při provádění činností podle havarijních postupů.

Tyto návody byly vytvořeny pro personál TPS a pro další technický personál JE, který je kromě personálu TPS oprávněn poskytovat podporu pro rozhodnutí. Mezi tento personál patří SI nebo VRB, kteří v tomto dokumentu naleznou řadu podkladů pro kvalifikované rozhodnutí o dalších činnostech podle EOPs.

- Návody pro TPS jsou používány personálem TPS, pokud je TPS funkční (byla vyhlášena MU1, bylo svoláno TPS a personál TPS je schopen poskytovat podporu).
- Návody v tomto PP jsou používány SI nebo VRB, pokud je podpora pro rozhodnutí požadována ještě před tím, než se TPS stane funkčním.

Personál TPS poskytuje podporu vyhodnocováním aktuálního stavu podle návodů a předáváním doporučení při používání havarijních postupů (viz. Obr. 48)..

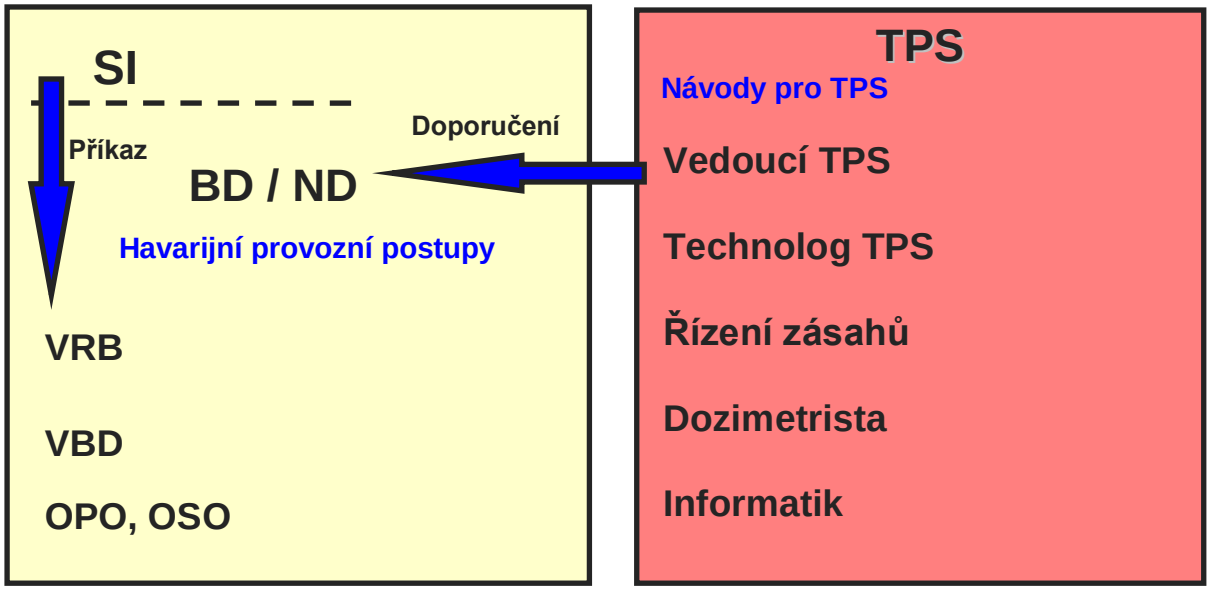
V případě rozvoje událostí do oblasti těžké havárie je volen další postup s ohledem na zajištění alespoň zbývajících bariér proti úniku radioaktivity. Za těchto podmínek již nelze dále postupovat podle EOPs. Pro tuto fázi havárie jsou zpracovány SAMG, pomocí kterých se činnosti pro dosažení kontrolovaného stabilního stavu.

Přechod do SAMG je uskutečněn v případě, že je zjištěno nevratné poškození AZ. V takovém případě jsou ukončeny činnosti podle EOPs a uskutečněn přechod do SAMG. Jediným vstupním místem do SAMG je návod SACRG-1, NÁVOD PRO BD PRO POČÁTEČNÍ ODEZVU.

Z EOPs existují tři možné přechody do SAMG:

FR-C.1	Odezva na nedostatečné chlazení AZ
FR-S.1	Odezva na neodstavení reaktoru
ECA-0.0	Úplná ztráta bezpečnostního napájení 6 kV

Tyto tři možné přechody z havarijních postupů do SAMG jsou dostatečné a pokrývají všechny možné scénáře těžkých havárií.



Obr. 47: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání Návodů pro TPS na ETE

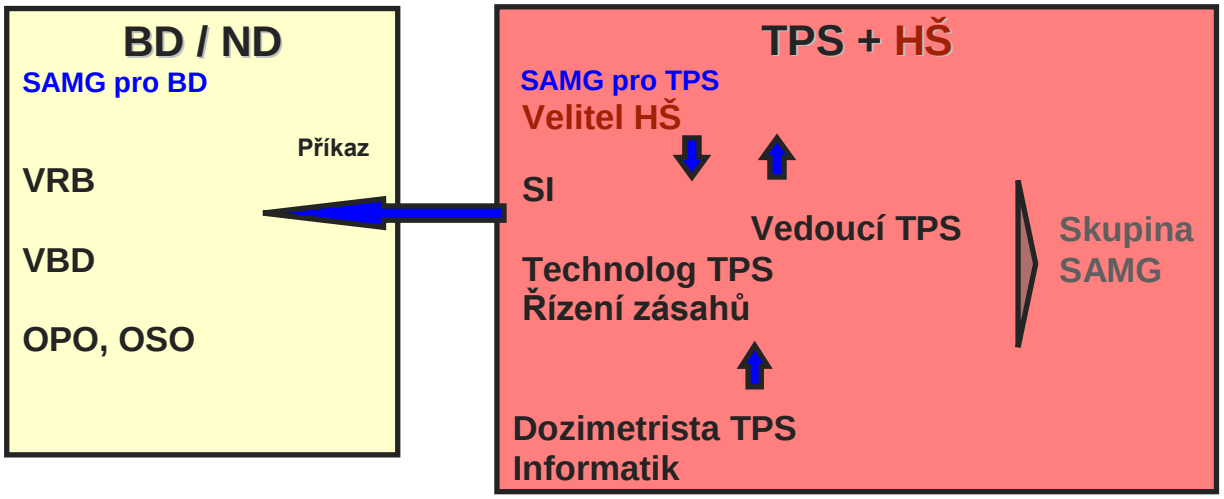
Pro zmírnění následků těžkých havárií musí být splněny následující cíle SAMG:

- Obnovit odvod tepla z AZ nebo z taveniny = navrátit zdroj vývinu tepla do kontrolovaného a stabilního stavu
- Udržet integritu kontejnmentu jako poslední bariéry proti úniku RA látek do okolí = zajistit kontrolovaný stavu kontejnmentu
- Ukončit únik RA látek do okolí
- Zajistit co největší provozuschopnost zařízení při plnění primárních cílů.

Hlavní obsah strategií SAMG spočívá v systematickém přístupu při hodnocení aktuálního stavu a hledání zásahu pro řešení daného stavu:

- Provedení diagnostiky stavu bloku s využitím měřitelných a dostupných parametrů.
- Určení priorit dalšího řešení a výběr možných zásahů pro řešení daného stavu s ohledem na minimalizaci následků.
- Zhodnocení dostupnosti zařízení nezbytného pro provedení doporučovaných zásahů a určení priorit požadavků na obnovu potřebného zařízení.
- Identifikace a ocenění eventuálních negativních následků doporučovaných zásahů, určení jejich přijatelnosti a identifikace možných nápravných akcí pro zmírnění dopadů při vzniku negativních následků.
- Doporučení na provedení daného zásahu na základě srovnání dalšího možného vývoje bez provedení zásahu versus vývoje při provedení zásahu a vzniku doprovodných negativních následků.
- Určení výsledné efektivnosti provedených zásahů a doporučení na provedení nápravných akcí při vzniku negativních následků.
- Identifikace dalších činností z hlediska dlouhodobého zajištění stavu bloku.

V případě ukončení činností podle havarijních postupů a přechodu do SAMG jsou rovněž ukončeny činnosti podle Návodů pro TPS a pro další řízení činností jsou použity SAMG (viz. Obr. 49).



Obr. 48: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG na ETE

Celý proces vývoje a implementace EOPs a SAMG je založen na převzetí symptomatického přístupu k řízení bloku v havarijních situacích, který byl vyvinut v rámci Westinghouse Owners Group pro bloky dodávané fy Westinghouse do elektráren v USA i jinde ve světě a jeho aplikace na projekt VVER. Rovněž byl převzat osvědčený přístup k verifikaci, validaci, implementaci a výcviku.

Pro údržbu EOPs, SEOPs a SAMG je pravidelně prováděna jejich aktualizace zahrnující jednak poznatky z procvičování jejich použití na simulátoru resp. při havarijních cvičeních. Externí poznatky (v rámci „users group“) se promítají do této dokumentace formou tzv. „Maintenance program“.

Pro výběr směnových pracovníků i pro výběr pracovníků do POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost. Formy přípravy personálu JE, kterými je zabezpečována potřebná kvalifikace směnového a podpůrného personálu pro řešení mimořádných událostí na ETE jsou následující:

- Základní příprava (rekvalifikační příprava).
- Periodická příprava (včetně školení z havarijní připravenosti).
- Výcvik na simulátoru (včetně součinnosti personálu BD a TPS).
- Školení vybraného personálu z oblasti problematiky nadprojektových a těžkých havárií.

Na dotčená pracovní místa směnového a podpůrného personálu obsazovaná pro výkon činností při zvládání havárií jsou stanoveny personální a kvalifikační požadavky a tyto požadavky jsou také kontrolovány prostřednictvím souboru kvalifikačních předpokladů. Pro každé pracovní místo jsou předepsány požadavky na vzdělání, specifické znalosti (základní příprava, periodická příprava, výcvik na simulátoru, …) a profesní rozvojová školení. Pro výběr personálu POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost. Zejména pro zdokonalení výběru pracovníků s nejlepšími znalostmi v oblasti zvládání těžkých havárií je nutné přijmout další opatření.

Připravenost směnového a technického personálu ke zvládání technologických havárií se pravidelně ověřuje při výcviku na plnorozsahovém simulátoru za účasti personálu TPS a v průběhu havarijních cvičení. Havarijní cvičení probíhají minimálně 4x za rok tak, aby každá směna POHO absolvovala cvičení alespoň 1x za rok. Do cvičení je zahrnuta i příprava na varianty operativních zásahů ve ztížených podmínkách. Pro činnosti zásahových skupin ve ztížených podmínkách a pro jejich ochranu jsou připraveny odpovídající postupy. Skutečný výcvik (drill) v používání SAMG při zvládání těžkých havárií na ETE byl proveden po nasazení SAMG do užívání.

Závislost na funkcích dalšího reaktoru na lokalitě

Oba bloky ETE jsou technologicky vzájemně nezávislé a stavebně oddělené. Společnými zařízeními obou bloků je zásobování surovou vodou z řeky Vltavy a CHNR pro předávání tepla z AZ, BSVP a zařízení bezpečnostních systémů do atmosféry jako koncového jímače tepla.
Pro případy ztráty doplňování JE surovou vodou je každá ze tří CHNR schopna odvádět veškeré teplo z obou bloků po dobu 12,5 dne bez doplňování. Jak vyplývá z analýzy použitelnosti mobilní požární techniky na lokalitě, je možné doplnit zásobu provozované CHNR ze zbývajících CHNR přečerpáním mobilními prostředky.

Kromě CHNR (pasivní, seismicky odolné objekty) jsou všechny další technologické systémy pro transport tepla vzájemně nezávislé a stavebně oddělené pro oba bloky.

Vzhledem k nezávislosti elektrického napájení obou bloků z vnějších i vnitřních zdrojů (včetně nouzových) lze zdroje elektrického napájení vedlejšího bloku z výhodou využít při vzniku SBO na jednom bloku.

Dalším společným zařízením, které může mít význam pro zvládání těžkých havárií je zásoba roztoku kyseliny borité, která je skladována pro oba bloky v budově pomocných provozů BAPP. Jedná se o dodatečnou zásobu 1600 m^3, která je k dispozici pro oba bloky JE (v objemu srovnatelném s množstvím roztoku kyseliny borité, který je k dispozici v jímce kontejnmentu).

Pro každý blok ETE je v příslušném kontejnmentu umístěn BSVP. Toto uspořádání je výhodné z hlediska zabránění únikům štěpných produktů při poškození ozářeného paliva uloženého v BSVP. Nevýhodou tohoto uspořádání je obtížný přístup k BSVP pro případ havarijního doplnění jinými nouzovými prostředky (hasicí technika apod.). Rovněž může dojít k ovlivnění BSVP při vzniku havárie na zařízení reaktoru umístěném v kontejnmentu a naopak.

III.6.1.2 Možnosti použití stávajícího zařízení

Opatření k použití mobilních zařízení (dostupnost těchto prostředků, čas k jejich přivezení a uvedení do provozu)

Pro zajištění bezpečnostních funkcí (pro projektové i nadprojektové scénáře) jsou zpracovány příslušné symptomaticky orientované postupy a návody (EOPs nebo SAMG). V EOPs ani SAMG nejsou uvažovány (kromě prostředků HZSp na lokalitě) žádné mobilní nebo netechnologické prostředky z externích zdrojů.

Na lokalitě ETE je k dispozici jednotka hasičského záchranného sboru podniku v počtu cca 16 hasičů na směnu (trvale po dobu 24 hodin). Jednotka disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu a hašení jakéhokoliv požáru, v kterémkoliv místě lokality.

Čerpací technika HZSp patří mezi hlavní mobilní netechnologické prostředky využitelné pro dopravu a čerpání medií. Je zároveň uzpůsobena i pro odčerpávání vody při případných

záplavách. Pro čerpání a dopravu vody má jednotka hasičského záchranného sboru podniku k dispozici 4 cisternové automobilové stříkačky, 1 kombinovaný hasicí automobil a 3 přívěsné požární stříkačky s celkovým nominálním výkonem 280 l/s.

Tato technika však doposud nebyla uvažována k použití pro zmírňování následků technologických poruch. Není proto ověřena kapacita této techniky pro technologické účely a nejsou připravena přípojná místa, která by umožnila propojení této techniky s technologií pro zabezpečení základních bezpečnostních funkcí.
Požární technika a zásahový personál jsou umístěny v objektu Požární stanice, kde nehrozí přímé účinky extrémních přírodních jevů. Mohlo by však dojít k omezení výjezdu požární jednotky k zásahům. V případě seismické události je předpokládán výjezd požární techniku okamžitě při výskytu prvních příznaků zemětřesení na volné plochy, kde nemůže dojít k poškození od zřícených budov a zařízení.

Opatření k zajištění zásob (palivo pro dieselové generátory, vody, atd.)

V lokalitě je k dispozici naftové hospodářství (4 nádrže po 1000 m^3), které slouží jako zásoba pro dlouhodobý provoz DG, a je využitelná i pro případné další mobilní dieselagregáty. Všechny projektové dieselgenerátory, které jsou v lokalitě k dispozici mají vlastní nádrže nafty, které jsou dimenzovány na autonomní provoz (bez doplňování nafty) při maximálním zatížení:

- u bezpečnostních DG po dobu minimálně 48 hodin (reálně po dobu ještě delší),
- u společných DG (napájení spotřebičů na obou blocích) po dobu cca 12 hodin.

Při potřebě déletrvajícího provozu je možné přivést další naftu spojovacím potrubím vedeným po technologických mostech z naftového hospodářství. Čerpadla naftového hospodářství nicméně nejsou napájena ze zajištěného napájení, proto další doplňování nafty by bylo zajištěno cisternami.

Všechny pomocné systémy motoru a generátoru DG (přívod paliva do motoru, mazací olej, vnitřní chladící okruh, plnící vzduch, spouštěcí vzduch) jsou autonomní a při chodu DG nezávislé na přívodu vnějších energií. U systémů, které by mohly být ovlivněny dlouhodobým provozem DG (např. zanesení filtrů mazacího oleje) jsou redundantní podsystémy, jejichž jednu část lze za provozu DG odstavit, provést na ní nutnou údržbu a tím zabránit selhání DG v důsledku ztráty pomocných systémů. Kvalita nafty je kontrolována pravidelně 1x za měsíc a je udržována v souladu s příslušnými požadavky.

Při doplňování demivody do PG jsou k dispozici zásobní nádrže 3 x 500 m^3 systému havarijního napájení PG pro každý blok a dále nádrže 2 x 770 m^3 společné pro oba bloky. Tato zásoba vody vystačí s rezervou na vychlazení bloků do studeného stavu (projektově stačí jeden systém havarijního napájení PG pro vychlazení bloku do studeného stavu) nebo pro udržování bloků v horkém stavu po dobu cca 72 hodin.

Každá CHNR je schopna i v nejnepříznivějším případě dlouhodobě odvádět veškeré teplo z bloku s odstaveným reaktorem bez doplňování, aniž by přitom teplota TVD výrazně překročila maximální projektovou hodnotu. Nejnepříznivějším případem je porucha, kdy na jednom bloku vznikla LOCA a druhý blok se odstavuje, tj. zdroj tepla do TVD je maximální. Vzhledem k existenci tří redundantních systémů TVD je prokázáno, že odvod tepla do koncového jímače lze zabezpečit po dobu minimálně 30 dní za předpokladu, že budou postupně využívány všechny bezpečnostní divize nebo že bude zásoba vody z CHNR neprovozuschopných systémů TVD přečerpávána mobilními prostředky do CHNR provozuschopného systému TVD.

Řízení radioaktivních úniků, opatření k jejich omezení

Cíle všech strategií pro zvládání havárií (v EOPs i SAMG) směřují k zabránění radioaktivních úniků do okolí JE a tím zabránění ohrožení zdraví a bezpečnosti obyvatel. Pokud by přesto během rozvoje havárie došlo k úniku aktivity, potom veškeré činnosti při zvládání havárií směřují k ukončení nebo alespoň omezení těchto úniků.

Pro prognózy následků případného úniku aktivity i pro hodnocení aktuální radiační situace v případě úniku používá ETE programový prostředek RTARC, který využívá okamžitá meteorologická data, předpovědi meteorologických dat, údaje o úniku, rozměry HVB, údaje o reliéfu terénu okolí JE a údaje o unikajících radionuklidech. RTARC pracuje s daty z předem vypočítaného zdrojového členu, které lze případně korigovat na základě aktuálně změřených hodnot úniků. Výstupem je aktuální radiační situace a její prognózy pro zvolené období v okolí JE od 500 m do 40 km.

Omezování ozáření osob a životního prostředí při radiační mimořádné situaci se uskutečňuje ochrannými opatřeními, kterými jsou:

- Neodkladná opatření zahrnující ukrytí, jódovou profylaxi a evakuaci.
- Následná ochranná opatření zahrnující přesídlení, regulaci požívání radionuklidy kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání radionuklidy kontaminovaných krmiv.

Ochranná opatření při radiačních haváriích se provádějí vždy, jsou-li odůvodněna větším přínosem, než jsou náklady na opatření a škody jimi způsobené, a mají být optimalizována co do formy, rozsahu a trvání tak, aby přinesla co největší rozumně dosažitelný přínos.

V závislosti na úrovni radiační situace by byla v případě vyhlášení mimořádné události vyhlašována příslušná neodkladná ochranná opatření tak, aby bylo zabezpečeno, že nebudou překročeny zásahové úrovně uvedené v následující tabulce, kde jsou uvedeny limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření v případě vzniku mimořádných událostí vztažené k době 8 hodin po vzniku události.

Tabulka 36: Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření na ETE

	OCHRANNÉ OPATŘENÍ		
KATEGORIE OSOB	**Ukrytí**	**Jodová profylaxe**	**Evakuace**
Ostatní osoby a zaměstnanci nezařazení do OHO	5 mSv	5 mSv	5 mSv
Personál OHO	50 mSv	5 mSv	200 mSv
Personál OHO v případě záchrany života nebo zabránění rozvoje radiační mimořádné situace	Dle §4, odst. 7, písmena c, zákona č. 18/1997 Sb.	5 mSv	Dle §4, odst. 7, písmena c, zákona č. 18/1997 Sb.

Uvedené limity se nevztahují na ozáření osob podílejících se na zásazích v případě radiační nehody nebo havárie, avšak toto ozáření nesmí překročit desetinásobek základních limitů pro pracovníky se zdroji (hodnota základního limitu je 50 mSv za kalendářní rok, respektive 100 mSv za dobu pěti po sobě jdoucích kalendářních roků) pokud nejde o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační nehody s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Zaměstnanci, kteří by zásah prováděli, jsou před zásahem seznámeni s rizikem a předpokládanou výší obdržené dávky.

Na ETE jsou vybudovány 4 kryty. V jednom z krytů je vybudováno HŘS, v dalším z krytů je vytvořeno provozní podpůrné středisko, kde by byl mj. soustředěn směnový personál, nezbytný k provádění lokálních zásahů. Kapacita krytů na elektrárně je 1775 ukrývaných

osob. Každý pracovník na pracovišti resp. v krytu má k dispozici osobní ochranné prostředky pro ochranu před povrchovou a vnitřní kontaminací.

Pro ochranu osob se provádí jodová profylaxe požitím tablet kalium-jodidu, kterými jsou osobně vybaveni všichni pracovníci JE i obyvatelé v ZHP. Obyvatelé v ZHP jsou vybaveni příručkou pro ochranu obyvatelstva, v které jsou zpracovány pokyny pro obyvatelstvo, pro případ radiační havárie. Jsou zde uvedeny pokyny při varování sirénami, pokyny pro prvotní ochranná opatření (ukrytí, jodová profylaxe a evakuace).

Komunikační a informační systémy (vnitřní a vnější)

Přehled vnitřních komunikačních prostředků:

- Systém varování a vyrozumění personálu (objektové sirény a závodní rozhlas)
- Telefonní ústředna
- Dispečerské hovorové zařízení
- Rádiové sítě
- Pagingový systém
- Zesilovače rádiových sítí (vyzařovací kabely)
- Ruční radiostanice
- Mobilní radiostanice
- Komunikační systém pro svolání POHO a zadávací terminál Alarm.

Přehled vnějších komunikačních prostředků:

- Systém varování a vyrozumění obyvatelstva (sirény v ZHP)
- Připravené nahrávky do státních sdělovacích prostředků (televize, rozhlas)
- Síť telekomunikačního operátora O2 (mobilní i pevná)

Pro všechny komunikační systémy je prováděno periodické ověřování a prověřování.

- Jedenkrát za tři měsíce funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů aktivace osob zasahujících pro řízení a provádění zásahu.
- Jedenkrát za šest měsíců funkčnost technických prostředků systémů a způsobů pro varování zaměstnanců a dalších osob v areálu JE.
- Jedenkrát za tři měsíce funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů pro oznamování mimořádné události a vyrozumívání o radiační havárii.
- Dvanáctkrát ročně funkčnost technických prostředků, systémů a způsobů varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování.

Záznamy o provedení a výsledku kontroly funkčnosti technických prostředků, systémů a způsobů vyrozumění a varování jsou uloženy v archivu, kde jsou evidovány po dobu tří let.

Pro aktivaci členů pohotovostní organizace havarijní odezvy i pro spuštění sirén jsou k dispozici minimálně dva způsoby (autonomní a nezávislé na případném přetížení mobilních sítí).

Havarijní řídící středisko je vybaveno informačním systémem, který zajišťuje přístup ke všem informacím nezbytným pro řízení mimořádných událostí. V případě vzniku mimořádné události existuje vizuální i zvukový kontakt TPS s oběmi BD. Na BD i v TPS je k dispozici systém průmyslové televize sloužící k monitorování důležitých míst technologie JE. Personál TPS má k dispozici stejná aktuální on-line technologická i radiační data, se kterými pracuje i operativní řídící personál.

III.6.1.3 Hodnocení faktorů, jež můžou ztížit zvládání havárie a jejich alternativy

Rozsáhlé zničení infrastruktury nebo záplavy v okolí zařízení, které brání v přístupu na lokalitu

Přístup k důležitým objektům by mohl být omezen v důsledku pádu seismicky neodolných objektů na vnitřní příjezdové komunikace, stejně jako pádu trosek do prostoru vjezdu do elektrárny. V tomto případě by bylo možné použít záložní vjezd/vstup do areálu.

Ztráta komunikačních zařízení/systémů

Záložní napájení pro provoz komunikačních prostředků jak pro varování na lokalitě, tak pro spojení klíčového personálu (HŘS, kryty, HZSp, SÚJB, IZS, personál BD) je v případě ztráty napájení nebo poškození infrastruktury zajištěno většinou v řádu hodin. Vnitřní sirény na objektech ETE mají záložní napájení. Závodní rozhlas je bez záložního napájení.
Při dlouhodobějším SBO by mohlo dojít ke ztrátě napájení telefonní ústředny ETE a telefonních ústředen spolupracujících síťových pracovišť vně ETE, vyjma HDP ČEPS Praha a ZDP ČEPS Ostrava, jenž mají vlastní DG. Tím je ohrožena obnova napájení ze zdrojů z vnější sítě.
Obnova napájení ze zdrojů vně ETE (např. z ELI) je podmíněna spoluprací (nutné spojení) několika vnějších subjektů (ČEZ, ČEPS, E.ON).
Pevná veřejná telefonní síť, mobilní telefonní síť, vysílačky, prostředky varování atd., nejsou zabezpečeny proti globálním záplavám. Možná by byla komunikace přes vysílačky HZSp.
V případě rozsáhlého poškození infrastruktury by mohla být zasažena dlouhodobá komunikace mezi řídícími centry a zasahujícími osobami, stejně jako komunikace s vnějšími řídícími centry orgánů státní správy (KKC SÚJB, Krizový štáb kraje, IZS, apod.).

Ztížení práce z důvodu vysokých radiačních dávek, radioaktivního zamoření a zničení některých zařízení na lokalitě

V případě rozsáhlého poškození infrastruktury na lokalitě i v jejím okolí by mohlo dojít k ohrožení nebo ztrátě havarijního řídícího centra, resp. krytů na lokalitě. Pro případ nemožnosti použití HŘS na lokalitě existuje záložní středisko umístěné v Českých Budějovicích (mimo ZHP ETE), ve kterém je k dispozici omezené množství informací k řízení mimořádných situací. Případná nedostupnost krytů by byla řešena operativně evakuací zbytného personálu mimo lokalitu. Nepřístupnost technického podpůrného střediska by mohla být vyřešena jeho fungováním z blokové nebo nouzové dozorny. K těmto scénářům však neexistují instrukce.

V případě nedostupnosti elektrárny by byla situace řešena omezením střídání personálu, jeho přespáváním přímo na lokalitě, nebo v její těsné blízkosti (v krytech a HŘS, možnost využití budovy informačního střediska).
Personál nepřetržitého směnového provozu by v případě vyhlášení mimořádné události v závislosti na stupni závažnosti buď nadále prováděl činnosti podle příslušných zásahových instrukcí a pokynů nebo by byl shromážděn v případě vyhlášení ochranných opatření v provozním podpůrném středisku (tj. v k tomu určeném krytu), odkud by prováděl požadované zásahy na technologii nebo vytvářel operativní podporu jednotce HZSp při vyprošťovacích a záchranných pracích.
V případě otevření tras z KTMT do obestavby, by mohly plyny odpouštěné z I.O a obsahující významné množství štěpných produktů unikat do obestavby. Rovněž chladivo, čerpané pomocí systémů havarijního doplňování při izolovaném KTMT, které sají z jímky KTMT obsahuje vysoký podíl štěpných produktů. Při sprchování kontejnmentu by se mohly štěpné

produkty dostat do obestavby přes normální netěsnosti sprchového systému. Pokud by v této době bylo nutné provádět místní manipulace, byla by podniknuta nezbytná ochranná opatření pro členy místních zásahových skupin, protože obyvatelnost určitých částí obestavby může být omezena.

Každý kryt je vybaven zařízením umožňujícím ochranu osob proti účinkům radioaktivních látek, bojových otravných látek a bojových biologických prostředků. Stavebně jsou tyto kryty koncipovány tak, že poskytují ochranu osobám proti účinkům pronikavé radiace. Technické vybavení krytu umožňuje jejich provoz minimálně po dobu 72 hodin. V základním vybavení krytů jsou dozimetrické přístroje pro měření povrchové kontaminace a dávkového příkonu, zásoba náhradních havarijních ochranných prostředků, náhradní oblečení, prostředky jódové profylaxe a komunikační prostředky. Distribuci náhradních havarijních ochranných prostředků, náhradních oděvů a zdravotnického materiálu provádějí členové krytového družstva na základě oprávněných potřeb a požadavků ukrývaných osob.
Přímo na lokalitě není k dispozici těžká technika k odklízení trosek z páteřních a přístupových komunikací, které by mohly být zavaleny troskami neseismicky odolných objektů. To by mohlo ztěžovat přístup mobilní techniky k hlavním výrobním blokům. Je nastavena vazba pro využití techniky prostřednictvím IZS.

Dopad na dostupnost a obyvatelnost hlavní a nouzové blokové dozorny, opatření k zabránění nebo zvládnutí této situace

Místnosti BD a ND jsou umístěny v čisté části obestavby reaktorové budovy. Tato část by mohla být zasažena radiací při velkých únicích štěpných produktů z kontejnmentu. Nicméně, BD i ND jsou vybaveny filtračními vzduchotechnickými systémy napájenými ze SZN bezpečnostních systémů, takže je zajištěna jejich obyvatelnost i v případech předpokládaných úniků štěpných produktů.

V případě nemožnosti použít BD by se operativní řídící personál řízeně přesunul na ND, odkud lze sledovat provozní parametry a ovládat komponenty technologických systémů ve stejném rozsahu jako na BD.

Jestliže by došlo ke zhoršení podmínek na BD, obsluha by prováděla dle dané situace činnosti vedoucí k prodloužení možné doby pobytu personálu na BD (např. odstavení přívodní vzduchotechniky, najetí filtrační vzduchotechniky s použitím aerosolových a jodových filtrů) a v případě nutnosti by použila prostředky radiační ochrany (ochranné obleky, dýchací přístroje, apod.).
Po poškození AZ by se mohly dostat štěpné produkty do obestavby a přístupnost a obyvatelnost určitých místností obestavby by mohla být omezena. Pokud by bylo třeba v této době provádět v těchto místnostech místní manipulace, jsou připravena nezbytná ochranná opatření pro členy místních zásahových skupin. Jedná se zejména o prostředky radiační ochrany, ochrany stíněním, ochrany vzdáleností, omezením doby pobytu atd.).

Dopad na různé prostory využívané krizovými týmy nebo kam je nutný přístup pro zvládání havárie

Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku minořádné události byly řízeny a prováděny z chráněných míst. Technické podpůrné středisko, které spolu s SI a HŠ řídí strategie podle SAMG, je umístěno v havarijním řídícím středisku. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl řídící operativní personál z BD nebo ND. Místní činnosti a případné opravy zařízení v příslušných čistých částech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů by byly zajišťovány zásahovými skupinami umístěnými na provozním podpůrném středisku (po specifikaci rizik, za přesně definovaných podmínek a omezení).
Havarijní řídící středisko je zabezpečené pracoviště s možností trvalé obyvatelnosti po dobu minimálně 72 hodin bez vnější podpory. HŘS je vybaveno vlastními zdroji elektrického napájení, filtroventilací a možností izolace od vnějšího prostředí. Jsou zde připraveny zásoby

vody a mražené stravy. Prostředí v HŘS je monitorováno dozimetrickými přístroji a v případě převýšení stanovených hodnot je nastaven režim izolace.

Proveditelnost a účinnost havarijních opatření v podmínkách vnějšího nebezpečí (zemětřesení, povodně)

Pro zajištění plnění bezpečnostních funkcí nejsou v důsledku ohrožení JE z vnějších příčin identifikovány žádné nedostatky.

- Pro zajištění plnění bezpečnostních funkcí jsou zpracovány postupy a strategie pro fázi před poškozením AZ (EOPs) a pro fázi po poškození paliva v AZ (SAMG). Díky symptomatickému přístupu při řešení havarijních podmínek není jejich aplikovatelnost omezena důsledky externích podmínek. Jsou zpracovány postupy pro zjištění míry poškození zařízení po seismické události.
- V EOPs ani SAMG nejsou uvažovány žádné mobilní nebo netechnologické prostředky ani dodávky. Případné použití podpůrných a alternativních technických prostředků by se řešilo operativně mechanismy OHO. Dokumentace k zvládání havarijních stavů HŠ a TPS vychází z předpokladu přístupnosti k datům na HŘS, popř. v TPS. Není však zpracována pro případy aktivace HŠ a TPS v jiných umístěních.
- Personál JE je dostatečně kvalifikovaný a vycvičený pro používání EOPs a SAMG, stejně tak i k provádění hodnocení poškození zařízení po seismické události. Stejně tak je vycvičen i k provádění manipulací pro přivedení napájení z vnitřních nebo vnějších zdrojů při SBO.
- V rámci směny (IOHO) ani POHO nejsou identifikovány nedostatky týkající se počtu personálu potřebného ke zmírňování výše uvedených následků nadprojektových událostí.

V případě rozsáhlé destrukce infrastruktury a dlouhodobé nedostupnosti lokality (zřícení budov, poškození komunikací atd.) by mohly nastat problémy při podpoře pro zvládání mimořádné události:

- Střídající personál by se nemusel dostat v prvních dnech na lokalitu. V tomto případě by musel požadované činnosti zabezpečovat personál, který tam bude přítomen v době vzniku události. Vystřídání by bylo řešeno v součinnosti s orgány státní správy (IZS, armáda, apod.).
- Pravděpodobně by nebylo možné použít kryty havarijní připravenosti, ani pracoviště Havarijního štábu, event. Technického podpůrného střediska, které se nacházejí pod seismicky neodolnými objekty a nejsou chráněny proti zaplavení. Nepřístupnost Technického podpůrného střediska by mohla být částečně vyřešena jeho fungováním z BD nebo ND. Případná nedostupnost krytů by byla řešena operativně evakuací zbytného personálu mimo lokalitu.

Nedostupnost elektrického napájení

Omezená kapacita akubaterií SZN I. kat by mohla ohrozit provedení některých zásahů a vyřadit některá měření. Tuto dobu lze prodloužit řízeným odpojováním zbytných spotřebičů. Rozsah a pořadí zařízení a komponent, které by byly vypínány pro snížení zátěže baterií, závisí na jejich důležitosti ve vztahu k probíhající havarijní události a použité strategii. Cílem odlehčování akubaterií by bylo zabezpečit co nejdelší doby fungování systémů SKŘ (řízení a monitorovaní parametrů) a napájení zařízení potřebných pro provedení nezbytných bezpečnostních činností (start DG a obnovení napájení, izolace tras odvodu chladiva z I.O, regulace tlaku v PG a v I.O, izolace kontejnmentu atd.).
Do okamžiku úplného vybití akubaterií by bylo funkční nouzové osvětlení. Ztráta osvětlení by mohla přispívat ke ztížení orientace personálu a tím i k prodloužení doby na provádění

manipulací. Při ztrátě napájení na obou blocích by mohl být směnový personál přetížen činnostmi při obnovování napájení.

Potenciální selhání instrumentace

Všechny požadované informace o stavu komponent a hodnotách parametrů potřebných pro zvládání těžkých havárií jsou dostupné v PAMS a jsou buď přímo zpracovávány v PAMS nebo předávány z jiných systémů SKŘ bezpečnostních systémů.
Všechny systémy, poskytující informace o bezpečnostně významných proměnných do PAMS i samotný PAMS jsou kvalifikovány na havarijní podmínky a podmínky po havárii a jsou napájeny z akubaterií SZN bezpečnostních systémů. I když jsou tyto systémy kvalifikovány na projektové havarijní a pohavarijní podmínky, byly při návrhu těchto systémů rovněž uvažovány v přiměřeném rozsahu i požadavky pro zvládání těžkých havárií. Např. rozsah měření teplot na výstupu z AZ je do 1300 °C nebo rozsah měření koncentrace vodíku v kontejnmentu je do 10 %.

Pro diagnostiku havarijního stavu a ověření implementace vybraných strategií se používá omezený soubor parametrů. Pro ověření těchto parametrů slouží měřené hodnoty vybraných veličin ze standardní instrumentace. Pro každý parametr je stanoveno několik veličin, pomocí kterých lze daný parametr (hodnota, trend) ověřit. Vždy je použito přímé měření požadovaného parametru a jedno nebo několik měření alternativních veličin, na základě kterých lze odvodit hodnotu, popř. trend požadovaného parametru. V některých případech nelze při těžké havárii určit hodnotu, popř. trend požadovaného parametru na základě přímo měřených hodnot buď z důvodu jejich nedostupnosti nebo neexistence měření daného parametru. V těchto případech jsou pro určení požadovaného parametru použity výpočetní pomůcky (jednoduché grafy závislosti parametrů). Vstupy do těchto výpočetních pomůcek mohou být použity buď z přímo měřených hodnot nebo z předem určených, definovaných hodnot.
Snímače a převodníky umístěné v kontejnmentu jsou v souladu s projektem dlouhodobě provozuschopné při teplotě do 150 °C a při přetlaku do 0,4 MPa. Navazující systémy pro zpracování signálů umístěné ve skříních SKŘ budou v souladu s projektem provozuschopné do dosažení teploty v příslušných místnostech 40 °C.

Potenciální účinky sousedních zařízení na lokalitě, včetně úvah o omezené dostupnosti kvalifikovaných pracovníků pro řešení havárie více bloků současně

V minimální vzdálenosti 900 m od bloků ETE prochází tři větve tranzitního plynovodu. Pro současné protržení všech tří linií plynovodu v plném průřezu s následným výronem plynu, který se vznítí, bylo prokázáno, že tyto účinky neovlivní negativně zařízení zajišťující bezpečnost bloků ETE.

Pro případ úniku zemního plynu z potrubí plynovodu jsou na vybraných nasávacích otvorech vzduchotechniky instalována čidla detekující případnou koncentraci zemního plynu. Pro případ, že by se zemní plyn mohl šířit pod zemí, např. při zamrznutí půdy (resp. pod sněhem nebo ledovým příkrovem) je detekce koncentrace zemního plynu prováděna měřícími sondami, umístěnými ve speciálně upravených měřících místech na hranici elektrárny směrem k tranzitnímu plynovodu. Od těchto čidel je odvozena signalizace a jsou stanoveny příslušné činnosti při zjištění koncentrace zemního plynu. Adekvátní odezva pro tento případ je zakomponována i do systému havarijní připravenosti.

Dále byla hodnocena i další rizika z vnitřních příčin, způsobená provozem skladu chemikálií, skladu technických plynů a naftového hospodářství. Tato rizika byla identifikována jako zanedbatelná.

III.6.1.4 Závěry o adekvátnosti organizačních opatření pro zvládání havárií

ETE má implementován systém zvládání havárií pro zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky a systém havarijní připravenosti pro zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky. Fungující a provázaný systém zvládání havárií a havarijní připravenosti je na ETE zabezpečen robustním souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru. V personální oblasti se jedná o existenci organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí s využitím kapacit technických podpůrných středisek a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií. Provádění zásahů při vzniku mimořádné události je zabezpečováno v první (preventivní) fázi rozvoje události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu. V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, začíná druhá fáze (zmírnění následků), kdy je aktivována organizace havarijní odezvy. V tomto případě přebírá odpovědnost za řízení zásahů havarijní štáb ETE s podporou technického podpůrného střediska.

Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku mimořádné události byly řízeny a prováděny z míst chráněných i před účinky úniku aktivity do ovzduší. TPS a HŠ, které řídí strategie podle SAMG, je umístěno v HŘS, které je zabezpečené pracoviště s možností trvalé obyvatelnosti po dobu minimálně 72 hodin bez vnější podpory. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl směnový personál z BD nebo ND. Místní činnosti a případné opravy zařízení v příslušných čistých částech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů by byly zajišťovány zásahovými skupinami umístěnými na provozním podpůrném středisku.

Koncepce zvládání technologických havárií na ETE je založena na symptomatickém přístupu. Pro řešení technologických havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v EOPs, jejichž hlavní prioritou je obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva). Pro zmírňování následků těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v SAMG, jejichž hlavní prioritou je zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. Pravidelně je prováděna aktualizace EOPs a SAMG zahrnující jednak poznatky z procvičování jejich použití na simulátoru resp. při havarijních cvičeních a jednak externí poznatky. V současné době se připravuje tvorba SSAMG pro odstavené stavy, které jsou určené pro stavy, kdy se nadprojektová havarijní situace v důsledku poškození paliva v AZ rozvine do těžké havárie při odstaveném bloku nebo pro nadprojektové havarijní situace v důsledku poškození paliva v BSVP.

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny je implementován systém havarijní připravenosti. Při vyhlášení některého stupně mimořádné události (Alert, Site emergency, General emergency) je aktivována organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost.

Pro výběr směnových pracovníků i pro výběr pracovníků do POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost. Připravenost směnového a technického personálu ke zvládání technologických havárií se pravidelně ověřuje při výcviku na plnorozsahovém simulátoru za účasti personálu TPS a v průběhu havarijních cvičení.

Organizační způsob zvládání mimořádných událostí (včetně těžkých havárií) je stanoven ve Vnitřním havarijním plánu schváleném SÚJB.

Po vzniku havarijních podmínek (projektové i nadprojektové události bez poškození paliva) se pro splnění požadavků EOPs použijí veškeré aktuálně dostupné technické prostředky

v rámci jejich projektového určení. SAMG předpokládají provedení požadovaných činností s využitím všech dostupných systémů a zařízení, resp. všech dostupných technických prostředků i v mimoprojektovém určení.

Na lokalitě ETE je k dispozici jednotka hasičského HZSp, která disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu v kterémkoliv místě lokality. Čerpací technika HZSp patří mezi hlavní mobilní netechnologické prostředky využitelné pro dopravu a čerpání medií.

Program zvládání havárií na ETE je dlouhodobě analyticky podporován. Analytická podpora je založena na pravděpodobnostně - deterministickém přístupu, který spočívá ve výběru nejpravděpodobnějších havarijních scénářů vedoucích k těžkým haváriím a následně v jejich deterministické analýze pomocí integrálních výpočetních kódů. Výsledkem analytické podpory je souhrn poznatků, spočívající v porozumění jevům při těžkých haváriích a jejich časování, identifikaci možných slabých stránek projektu, určení činností pro zmírnění následků těžkých havárií, validaci činností pro odezvu na těžké havárie a určení zdrojového členu pro vyhodnocení možných radiologických následků. K dispozici je rovněž simulační nástroj pro zobrazování jevů při konkrétních scénářích těžkých haváriích.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem je oblast zvládání havárií a havarijní připravenosti hodnocena jako komplexní a dostatečná bez významných nedostatků.

III.6.1.5 Potenciální opatření k posílení schopnosti zvládat havárie

Opatření pro zvládání havárií pro zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky a systém havarijní připravenosti pro zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky jsou určeny pro případy současného selhání všech projektových opatření pro zabezpečení 1., 2. a 3. úrovně ochrany do hloubky.

I když pro implementaci každé strategie zvládání havárií existuje několik diverzních systémů, byly v oblasti zvládání těžkých havárií identifikovány příležitosti pro další zvýšení bezpečnosti. Dostupnost navržených dodatečných technických prostředků a implementace návodů pro jejich použití k plnění bezpečnostních funkcí (při ztrátě všech projektových systémů) by zvýšila schopnost JE čelit rozvoji nadprojektových scénářů do oblasti těžkých havárií.

- V oblasti technické připravenosti se jedná o dostatečnost alternativních technických prostředků pro zabezpečení plnění bezpečnostních funkcí při ztrátě všech projektových SSK. Nicméně již na základě dříve zjištěných poznatků jsou připravovány změny projektu, které odolnost bloků na následky těžkých havárií zvýší. Ty souvisí s tím, že při současných projektových schopnostech nelze úplně vyloučit možnost narušení integrity kontejnmentu vodíkem produkovaným při těžké havárii. Rovněž existují pouze omezené možnosti jak zajistit dlouhodobě integritu kontejnmentu po poškození dna TNR.

- V oblasti administrativního řízení se jedná zejména o Návody pro zvládání těžkých havárií pro odstavené stavy, které nejsou doposud pro ETE dokončeny. Pro údržbu EOPs, SEOPs a SAMG je pravidelně a systematicky realizován tzv. „Maintenance program“ resp. prováděna jejich aktualizace.

- V oblasti personální mohou nastat problémy s dostupností lokality resp. použitelnosti HŘS a tím s řízením činností, s rozhodováním o velmi rizikových variantách řešení při zvládání havarijní situace a v neposlední řadě s komunikací a varováním personálu.

Pro zvýšení efektivnosti systému zvládání havárií budou dále rozpracovávána opatření v následujících oblastech:

1. Organizační zabezpečení pro nejefektivnější využití existujících kapacit nebo definování dodatečných kapacit – tzv. krizové plány, pro zvládání předvídatelných stavů JE (zasažení celé lokality, ztráta řídících center havarijní připravenosti, ztráta systémů

vyrozumění a varování, rozhodování o rizikových variantách řešení, střídání personálu, extrémní přírodní podmínky,…).

2. Dopracování některých technologických předpisů / postupů / návodů pro zvládání vybraných stavů a těžkých havárií JE (SAMG pro odstavené stavy, SAMG pro poškození paliva v BSVP, EDMG, …) s cílem zabezpečit chlazení a odvod tepla z AZ a BSVP a zabránit radioaktivním únikům.
3. Doplňující technická opatření pro zabezpečení netechnologických podpůrných funkcí (přístupnost k objektům, dostupnost hasičské techniky, zabezpečení HŘS a krytů,…).
4. Alternativní prostředky pro zajištění dlouhodobé funkční komunikace mezi všemi složkami systému zvládání havárií (vnitřními i vnějšími) .

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkce, jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Některá z opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 37: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při havarijních událostech na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	**NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**	**TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)**	**POZNÁMKA**
Technické prostředky	Alternativní doplňování vody do jímky kontejnmentu	II	Nález PSR
Technické prostředky	Systém likvidace vodíku v kontejnmentu pro TH	II	Nález PSR ZKZ B462
Analýzy	Lokalizace taveniny mimo TNR	II	Nález PSR Bude řešeno v koordinaci s ostatními provozovateli VVER
Technické prostředky	Ověření funkce zařízení v mimoprojektových provozních stavech	II	
Analýzy	Analýzy radiační situace na BD/ND při TH		
Předpisy	Zpracovat „shutdown SAMG“ (poškození paliva při otevřeném reaktoru / v BSVP)	II	• Nález PSR • Zahájení v 2012
Předpisy	Návody EDMG pro použití alternativních prostředků	II	

Personál	Obsazení OHO kvalifikovaným a vycvičeným personálem	I	
Havarijní připravenost	Schopnost fungování OHO mimo HŘS	I	
Havarijní připravenost	Připravit dohody s externími složkami (IZS, armáda) a blízkými JE. Organizační opatření.	II	

III.6.2 Přijatá opatření k zvládnutí havárie v různých fázích scénáře se ztrátou funkce chlazení zóny

III.6.2.1 Před poškozením paliva v reaktorové nádobě (poslední možnosti zabránit poškození paliva)

Opatření pro zvládání havárií při ztrátě chlazení (před poškozením paliva) jsou popsána v EOPs a rovněž existuje dostatek diverzifikovaných technických prostředků pro implementaci těchto opatření.

Narušení chlazení AZ je identifikováno na základě překročení teploty 370 °C na výstupu z AZ. Při této teplotě je překročena kritická teplota vody a pára na výstupu z AZ se dostává do oblasti přehřáté páry. Jedná se tedy o jednoznačný symptom, že došlo k odhalení AZ. Pokud není obnoveno chlazení AZ, dojde v důsledku nedostatečného chlazení AZ k překročení teploty 650 °C na výstupu z AZ. Z analýz podmínek nedostatečného chlazení AZ vyplývá, že v okamžiku dosažení této teploty již došlo přibližně ze tří čtvrtin k odhalení AZ. Odvod tepla po odhalení AZ je zajišťován jednak zbývajícím chladivem, ale zejména vznikající parou, která se v závislosti na stupni odhalení AZ postupně přehřívá prouděním okolo odhalených svazků paliva. Odhalení přibližně tří čtvrtin AZ se projeví poklesem produkce páry v AZ, což zároveň způsobí pokles množství chladiva, které se vrací zpět do AZ po kondenzaci v PG. Důsledkem tohoto stavu je zvýšení trendu nárůstu teplot na výstupu z AZ. Při dalším nárůstu teplot přehřáté páry v AZ by nastaly podmínky pro intenzivní rozvoj paro-zirkonové reakce pokrytí, která představuje další významný zdroj tepla. Dojde tak k ohrožení první bariery proti úniku štěpných produktů.

Strategie pro řešení havárií spojených se ztrátou chlazení AZ jsou ve fázi před vážným poškozením paliva v AZ obsaženy v EOPs a ve fázi po vážném poškození paliva v AZ v SAMG. Důsledný symptomatický přístup v SAMG je výhodný z hlediska primárního cíle – ochrany kontejnmentu před poškozením.

Chlazení AZ ve fázi před vážným poškozením paliva se obnovuje pomocí činností popsaných v EOPs. Pro obnovení chlazení AZ jsou definovány následující strategie.

- Obnovení vysokotlakého doplňování I.O (vysokotlaké havarijní doplňování, havarijní bórování, normální doplňování apod.) pro obnovení chlazení AZ.
- Odtlakování PG - zvýšení přestupu tepla z I.O do PG, což způsobí kondenzaci páry na primární straně trubek PG. Když rychlost kondenzace překročí rychlost tvorby páry, dojde ke snižování tlaku v I.O, což může zajistit dodávku chladiva do I.O z nízkotlakých zdrojů. Toto odtlakování I.O může zajistit vyprázdnění HA do I.O.
- Odtlakování I.O - snížení tlaku I.O může zajistit dodávku chladiva do I.O z nízkotlakých zdrojů. I když se jedná o efektivní metodu, její nevýhodou je další úbytek již tak omezeného množství chladiva v I.O v případě, že účel odtlakování – zprovoznění nízkotlakých systémů nebude naplněn. V každém případě odtlakování znamená umožnění přívodu studeného chladiva z HA.
- Využití zbylého množství chladiva v I.O - vyrovnání hladin mezi AZ a dolní směšovací komorou propojením horních částí zařízení I.O a studených větví cirkulačních smyček, pokus o najetí HCČ pro možné ochlazení AZ dopravením vody z hydrouzávěru vzniklého v části studené větve na sání HCČ. Najetí HCČ dále způsobí cirkulaci přehřáté páry.

III.6.2.2 Po výskytu poškození paliva v reaktorové tlakové nádobě

Opatření pro zvládání havárií po vážném poškozením paliva jsou popsána ve strategiích SAMG, které využívají pro obnovení chlazení AZ veškeré dostupné prostředky pro doplňování I.O. Každý jednotlivý systém doplňování I.O je schopen dodávat dostatečné množství chladiva pro odvod zbytkového tepla z poškozeného paliva, i když zaplavení TNR zevnitř ještě nezaručuje chlazení AZ, protože ta se může v důsledku tavení dostat do stavu, kdy již její chlazení není možné.
Všechny strategie jsou založeny na principu chlazení poškozeného paliva zevnitř TNR, tj. doplňováním vody do I.O. Vzhledem k tepelnému výkonu reaktoru a projektovému řešení betonové šachty reaktoru není pro bloky VVER 1000 s reaktory V320 identifikována možnost chlazení TNR zvenku.

Pokud je AZ neporušená a zaplavená vodou, je chlazení AZ dostatečné k zabránění vzniku jejího poškození. V případě, že v AZ není voda, je zbytkové teplo absorbováno v materiálech AZ. Pokud není zahájeno doplňování vody do I.O, pokračuje ohřev AZ.
Chlazení AZ ve fázi po vážným poškozením paliva se obnovuje pomocí činností popsaných v SAMG. Pro obnovení chlazení AZ jsou definovány následující strategie:

- Doplňování vody do horké, vysušené AZ, které vždy ovlivní pozitivně průběh havárie. Způsob obnovení doplňování I.O je stanoven optimálním způsob tak, aby byl minimalizován následný únik štěpných produktů do atmosféry. V případě, že průtok doplňované vody je dostatečný, aby zajistil odvod energie větší rychlostí než je vývin zbytkového tepla, je možné obnovit i chlazení AZ.
- Dalším opatřením po vážném poškození paliva je odtlakování I.O. Cílem odtlakování I.O je snížení tlaku v I.O pod hodnotu, pro kterou je prokázáno, že již nemůže dojít k přímému ohřevu kontejnmentu, protože nedojde k vypuzení taveniny z reaktoru pod vysokým tlakem. Existuje několik způsobů odlakování I.O (použití systému havarijního odvzdušnění I.O, odlehčovací ventil KO, normální vstřik do KO, odtlakování PG atd.).

III.6.2.3 Po selhání tlakové nádoby reaktoru

Po selhání TNR dojde k přemístění trosek AZ do betonové šachty reaktoru nebo dalších částí kontejnmentu. Pokud by nebyla v kontejnmentu voda, trosky AZ začnou napadat betonové dno KTMT a dojde k jevu nazývanému interakce taveniny s betonem (MCCI), který je spojen se vznikem vodíku a dalších nezkondenzovatelných plynů. Opatření pro zvládání havárií po vážném poškození paliva a přemístění taveniny na dno kontejnmentu jsou popsána ve strategiích SAMG, které využívají pro chlazení taveniny veškeré dostupné prostředky pro doplňování kontejnmentu.

Všechny strategie pro chlazení taveniny na dně kontejnmentu jsou založeny na principu zalévání taveniny shora. Zaplavení trosek AZ mimo TNR vodou zajistí odvod tepla z těchto trosek a snižuje rychlost napadání betonu.

Jedním z výstupů analýz sekvencí vedoucích k těžkým haváriím, které byly vybrány na základě výsledků PSA2, je i doba do porušení integrity TNR působením taveniny AZ. Tato doba může být pro nejnepříznivější scénář za předpokladu, že všechny způsoby dodání chladiva do nádoby TNR selhaly, cca 4,5 hodin. Tento okamžik charakterizuje ukončení in-vessel fáze těžké havárie a začátek ex-vessel fáze, spojené se všemi dodatečnými jevy v kontejnmentu (interakce taveniny s betonem s produkcí vodíku, přímý ohřev kontejnmentu, apod.).

Porušení TNR po vážném poškození paliva, které ukončuje in-vessel fázi těžké havárie má charakter hraničních podmínek „cliff edge“ z hlediska negativních jevů v kontejnmentu.
Jako preventivní opatření při těžké havárii se doplňuje voda do kontejnmentu. Příslušná strategie v SAMG poskytuje návod pro zaplavení KTMT vodou až na maximální měřitelnou hladinu, při které je zabezpečena jednak ochrana betonu dna KTMT v případě úniku trosek AZ z TNR do kontejnmentu a jednak účinné vymývání štěpných produktů unikajících z taveniny.

Jestliže je směs trosek AZ a betonu zaplavena vodou, přestup tepla z horního povrchu této směsi bude v důsledku varu vody podstatně účinnější. Voda také prosákne do trhlin a mezi fragmenty vzniklé na povrchu krusty, čímž se dále zlepšuje odvod tepla z bazénu taveniny AZ.

Doplňování vody do KTMT v průběhu těžké havárie je spojeno s několika očekávanými přínosy:

- Voda na dně KTMT bude odvádět teplo z trosek AZ a bude omezovat interakci mezi taveninou a betonem.
- Voda z jímky KTMT může být využita k provozu čerpadel havarijního doplňování a sprchování KTMT.
- Štěpné produkty unikající z trosek AZ nacházejících se na dně KTMT budou vymývány vrstvou vody.

V průběhu těžké havárie lze k doplňování kontejnmentu použít standardní způsoby doplňování ze zásobních nádrží vody pro výměnu paliva nebo z nádrží nečistého kondenzátu a rovněž alternativní způsob doplňování pomocí stabilních požárních čerpadel nebo přeplněním barbotážní nádrže.

III.6.3 Udržení integrity kontejnmentu po silném poškození paliva v aktivní zóně reaktoru

III.6.3.1 Zamezení poškození paliva/tavení při vysokém tlaku

Projektová opatření

Základním projektovými nástroji pro zajištění odtlakování I.O jsou systém havarijního odvzdušnění I.O, OV KO, normální vstřiky do KO a odtlakování PG. Existují však omezující podmínky jejich využití při nadprojektových haváriích.
Odtlakování I.O jako preventivní opatření pro zabránění možnosti poškození paliva při vysokém tlaku je použito jako reakce na nedostatečné chlazení I.O již v EOPs. Pokud by všechny tyto činnosti pro snížení tlaku v I.O selhaly, pak SAMG obsahují pokyny pro zhodnocení dostupnosti zařízení nezbytného k odtlakování I.O a negativních dopadů spojených s tímto odtlakováním. Cílem odtlakování I.O je snížení tlaku v I.O pod hodnotu, pro kterou je prokázáno, že již nemůže dojít k přímému ohřevu kontejnmentu, protože nedojde k vypuzení taveniny z reaktoru pod vysokým tlakem.

Provozní opatření

Snižování tlaku v I.O představuje jednu z nejvyšších priorit zvládání těžkých havárií. Je definováno několik způsobů odtlakování I.O:

- Použití systému havarijního odvzdušnění I.O.
- Odlehčovací ventil KO.

- Normální vstřik do KO.
- Odtlakování PG.

Snižování tlaku v I.O během těžké havárie je spojeno s několika pozitivními dopady:
- Snížení možnosti vypuzení taveniny pod vysokým tlakem (HPME)
- Snížení možnosti krípového poškození trubek PG a primárních kolektorů PG (snížení možnosti úniků mimo kontejnment)
- Umožnění doplňování I.O z více zdrojů (zejména nízkotlakých).

III.6.3.2 Řešení rizika vodíku uvnitř kontejnmentu

Projektová opatření včetně jejich adekvátnosti z pohledu rychlosti produkce a množství vodíku

Pro integritu kontejnmentu jsou nejnebezpečnější dva režimy hoření vodíku - rychlá deflagrace a přechod od rychlé deflagrace k detonaci. K ocenění vodíkového rizika byly analyzovány časové průběhy šíření a distribuce vodíku, vznikajícího při těžkých haváriích, v celém prostoru kontejnmentu.

Kontejnmenty bloků ETE jsou vybaveny systémem likvidace pohavarijního vodíku navrženým pouze pro projektové havárie. Tento systém obsahuje pasivní autokatalytické rekombinátory a je schopen dlouhodobě likvidovat vodík uvolňovaný při haváriích a v pohavarijních podmínkách a tím udržovat koncentraci vodíku na hodnotách, při kterých nemůže dojít k jeho zapálení pouze pro projektem uvažované havárie. Existující systém likvidace vodíku by nemusel být dostatečný pro těžké havárie. V současné době však probíhá projektová příprava pro instalaci systému likvidace vodíku pro likvidaci vodíku vznikajícího při těžkých haváriích.

Potenciální možností pro snížení množství vodíku v kontejnmentu je venting kontejnmentu (filtrovaný nebo nefiltrovaný), který je možný pouze k tomu projektem neurčenými systémy. Tato možnost zatím nebyla analyzována.

Provozní opatření

Stávající opatření pro zvládání havárií při ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem jsou popsána ve strategiích SAMG, které využívají veškeré dostupné prostředky pro zabránění nebezpečným formám hoření vodíku. Kromě strategie záměrného zapálení vodíku, která má omezenou použitelnost a je založena na nahodilém zapálení vodíku použitím některého elektrického spotřebiče v kontejnmentu, spočívají všechny ostatní strategie pro zabránění nebezpečným formám hoření vodíku ve vytvoření takových podmínek, při kterých je hořlavost vodíku potlačena. Strategie tedy nevedou ke skutečné likvidaci vodíku, ale pouze k omezení podmínek jeho hořlavosti. Využití všech existujících možností proto zcela neeliminuje možnost ohrožení kontejnmentu vodíkem, nicméně prodlužuje časový prostor pro činnost stávajícího systému rekombinátorů.

Jako poslední možnost zabránění poškození integrity kontejnmentu je součástí strategií implementovaných v SAMG i řízený venting kontejnmentu použitím systémů, které nejsou k ventingu projektově určeny. Ve strategiích SAMG jsou pak řešeny i možné negativní dopady, v tomto případě únik vodíku mimo kontejnment.

III.6.3.3 Prevence přetlakování kontejnmentu

Projektová opatření včetně prostředků k omezení radioaktvních úniků, jestliže prevence přetlakování vyžaduje vypuštění páry/plynu z kontejnmentu

Projektovou funkcí kontejnmentu je omezit potenciální radiační následky případné havárie na reaktorovém zařízení. Tato funkce je mimo jiné zajištěna konstrukcí a strukturou kontejnmentu, omezující úniky mimo kontejnment na velmi malé hodnoty i při vysokém vnitřním přetlaku v kontejnmentu. Protože v kontejnmentu je umístěno celé tlakové rozhraní I.O, působí kontejnment jako poslední bariéra proti úniku radionuklidů, které mohou být uvolněny z paliva nebo chladiva I.O v případě havárie.

Integrita kontejnmentů ETE je projektově zabezpečena následujícími systémy:

- Systém izolace kontejnmentu – oddělovací armatury automaticky uzavírané při nárůstu tlaku v kontejnmentu, provozuschopnost podmíněna elektrickým napájením.
- Systém snížení tlaku v kontejnmentu - sprchová čerpadla a zásobní nádrže s chemickými regenty pro zachycení pohavarijního jódu - provozuschopnost podmíněna existencí elektrického napájení.
- Systém likvidace pohavarijního vodíku - pasivní autokatalytické rekombinátory, navržené pro projektem uvažované havárie – nepožaduje elektrické napájení.

Součástí projektových systémů pro snížení tlaku jsou 3 divize sprchového systému, z nichž každá je schopna snížit tlak v kontenmentu kondenzací páry vzniklé při prasknutí parního potrubí až do rozsahu primárního cirkulačního potrubí (3 x 100%). Projektové zatížení kontejnmentu v případě tzv. velké LOCA činí méně než 150°C a 0,49 MPa.

Přetlakování kontejnmentu je jedním z dominantních způsobů porušení integrity kontejnmentu, který potenciálně vede k uvolňování štěpných produktů do atmosféry. Přetlakování kontejnmentu při těžké havárii by mohlo nastat v důsledku dynamických jevů (tj. hoření vodíku) nebo dlouhodobým hromaděním páry nebo nezkondenzovatelných plynů v atmosféře kontejnmentu. Dynamické jevy mohou způsobit tlakové špičky, které by nemusely být zmírněny normálním odvodem tepla z kontejnmentu (tj. nárůst energie v kontejnmentu je větší než odvodní kapacita sprchových systémů).

Byly provedeny analýzy s cílem určit mezní případ nárůstu tlaku v kontejnmentu. Z analýzy vyplývá, že do doby protavení TNR a přemístění taveniny na dno betonové šachty reaktoru nemůže dojít k nárůstu tlaku v kontejnmentu na hodnoty pro vážné ohrožení jeho integrity. Teprve po zahájení interakce taveniny s betonem v ex-vessel fázi by mohlo dojít k dalšímu nárůstu tlaku v kontejnmentu až nad hodnoty ohrožující jeho integritu.

Z pevnostních výpočtů kontejnmentu vyplývá, že po překročení hodnoty projektového tlaku v kontejnmentu vykazuje struktura kontejnmentu nejprve lineární chování. Teprve následně začnou vznikat trhlinky v betonu na vnitřní straně, postupně dojde k zplastizování ocelové výstelky a nakonec k porušení hermetičnosti kontejnmentu.
Dosažení hodnoty tlaku pro porušení integrity kontejnmentu (přibližně 1,6 násobek hodnoty projektového tlaku) má charakter hraničních podmínek „cliff edge“ z hlediska ohrožení integrity kontejnmentu v důsledku přetlakování.

Provozní a organizační opatření

V EOPs se předpokládá použití sprchování KTMT takovým způsobem, že tlak uvnitř KTMT zůstane v rámci projektových parametrů. Sprchový systém KTMT je schopen po vzniku havárie zajistit přinejmenším odvod zbytkového tepla. Proto provoz sprchového systému by měl z dlouhodobého hlediska vést k udržení tlaku v KTMT na hodnotě odpovídající tlaku

okolní atmosféry, pokud nedošlo k významnému uvolnění nezkondenzovatelných plynů při reakci taveniny s betonem.
Jak ve fázi před vážným poškozením paliva v AZ, tak ve fázi po vážném poškození paliva v AZ směřují navržené strategie rovněž k zabránění by-passu kontejnmentu nebo minimalizaci úniku aktivity v případě porušení teplosměnné plochy v PG nebo úniku přes výměníky HSCHZ do TVD.
Opatření pro zvládání havárií při ohrožení integrity kontejnmentu vysokým tlakem jsou popsána ve strategiích SAMG, které využívají veškeré dostupné prostředky pro snížení tlaku v kontejnmentu. Příslušné strategie v SAMG poskytují návod na provedení preventivních opatření pro snížení tlaku v kontejnmentu při ohrožení jeho integrity přetlakováním:

- Sprchové systémy kontejnmentu (normální sprchování kontejnmentu nebo požární voda)

  Sprchování kontejnmentu pomocí požárních čerpadel je alternativní způsob (za předpokladu existence el. napájení). Vzhledem k dispozičnímu umístění požárních čerpadel a příslušných nádrží je zabezpečena dostatečná diverzifikace oproti systémům sprchování kontejnmentu.
- Vzduchotechnické jednotky kontejnmentu (s chladiči)
- Různé (neprojektové) trasy filtrovaného, popř. nefiltrovaného ventingu.

Venting kontejnmentu použitím systémů, které nejsou k ventingu projektově určeny, je identifikován jako jedna z možných činností pro zmírnění vážného ohrožení kontejnmentu vysokým tlakem. Venting kontejnmentu sníží tlak v kontejnmentu za cenu uvolnění štěpných produktů do atmosféry. Z důvodů úniku štěpných produktů je venting kontejnmentu považován za poslední možnost zabránění selhání kontejnmentu.

III.6.3.4 Prevence opakované kritičnosti

Projektová opatření

V případě doplňování vody s nízkým obsahem H_3BO_3 do I.O a snižování koncentrace H_3BO_3 v I.O může dojít k dosažení opakované kritičnosti a ke zvýšení výkonu reaktoru v důsledku zvýšení moderace neutronů, pokud je stále ještě zachována původní geometrie AZ. Pokud již došlo ke ztrátě původní geometrie AZ a tím snížení schopnosti moderace neutronů, ke vzniku kritického stavu dojít nemůže. Případný návrat reaktoru na výkon neznamená bezprostřední riziko, neboť je omezen vlivem vzniku bublin v oblasti AZ.
Po vážném poškození paliva a ztrátě geometrie řídících orgánů AZ by mohlo dojít k vytvoření dutiny bez jakýchkoliv absorbátorů. V důsledku neexistence moderátoru (voda se za těchto podmínek vždy přemění v páru) dojde ke ztrátě schopnosti moderace. Vzhledem k porušené geometrii AZ nemůže dojít ke vzniku kritického stavu ve větším objemu.

Provozní opatření

Opatření pro zabránění snižování koncentrace bóru mají nejvyšší prioritu při činnostech podle EOPs v preventivní fázi před poškozením paliva, kdy je plně zachována původní geometrie AZ, umožňující moderaci neutronů a vznik kritického stavu. Při provádění činností podle SAMG, ve fázi po vážném poškození paliva a ztrátě původní geometrie AZ jsou rovněž v příslušných strategiích popsána opatření, pokud se rychlost zvyšování výkonu zvětšuje, nicméně vzhledem k porušené geometrii AZ nemůže dojít vzniku kritického stavu ve větším objemu AZ.

III.6.3.5 Zabránění protavení základů

Možná projektová řešení pro udržení taveniny uvnitř tlakové nádoby

Vzhledem k tepelnému výkonu reaktoru a projektovému řešení betonové šachty reaktoru není pro bloky VVER 1000 s reaktory V320 v současné době identifikována možnost chlazení TNR zvenku.

Možná řešení uchladit taveninu uvnitř kontejnmentu po protavení tlakové nádoy reaktoru

Po selhání TNR by došlo k přemístění trosek AZ do betonové šachty reaktoru nebo dalších částí KTMT.
Opatření pro zvládání havárií při ohrožení integrity kontejnmentu interakcí taveniny s betonem jsou popsána ve strategiích SAMG. Jako preventivní opatření při těžké havárii se doplňuje voda do kontejnmentu. Příslušná strategie v SAMG poskytuje návod pro zaplavení KTMT vodou až na maximální měřitelnou hladinu, při které je zabezpečena jednak ochrana betonu dna KTMT v případě úniku trosek AZ z TNR do kontejnmentu a jednak účinné vymývání štěpných produktů unikajících z taveniny.
Provedené analýzy ukázaly, že chlazení bazénu roztaveného materiálu v šachtě vodou může snížit rychlost rozkladu betonu a tím posunout selhání kontejnmentu do pozdní fáze havárie.
Zaplavení trosek AZ mimo TNR vodou by zajistilo odvod tepla z těchto trosek a snížilo rychlost napadání betonu. V průběhu těžké havárie jsou pro doplňování vody do kontejnmentu použity následující strategie:

- Doplňování ze zásobních nádrží vody pro výměnu paliva.
- Doplňování z nádrží nečistého kondenzátu.
- Doplňování pomocí požárních čerpadel.
- Přeplnění barbotážní nádrže.
- Pokud by došlo k poškození TNR, bude mít i doplňování I.O za následek výtok vody do betonové šachty reaktoru otvorem v TNR, čímž bude zajištěno chlazení trosek AZ nacházejících se v šachtě rektoru.

Snížením tloušťky vrstvy taveniny se zvyšuje pravděpodobnost uchlazení taveniny a zastavení rozkladu betonu roztaveným materiálem. Zpomalení degradace základové desky kontejnmentu oddálí, popř. úplně zastaví masivní únik radioaktivních látek do vnějšího prostředí po protavení dna kontejnmentu.

Pro zodolnění dna kontejnmentu v betonové šachtě reaktoru proti protavení uniklou taveninou po selhání TNR byla implementována modifikace spočívající v ucpání kanálů ex-core měření neutronového toku procházející dnem kontejnmentu. Kanály byly zaplněny vyjímatelnými ocelovými pouzdry vyplněnými žáruvzdorným materiálem. Toto řešení zabezpečuje vysokou odolnost proti pronikání taveniny a zároveň neovlivňuje instrumentaci měření neutronového toku.

Zlomové momenty týkající se časové prodlevy mezi odstavením reaktoru a roztavením aktivní zóny

Z analýz scénáře SBO, kdy dojde ke ztrátě odvodu tepla z I.O ze strany PG, vyplývá, že bez provádění alternativních činností, které jsou popsány v EOPs, existuje velice krátká časová rezerva na obnovu odvodu tepla z I.O. Teplota na výstupu AZ 650 °C by v nejnepříznivějším případě mohla být dosažena za cca 2,5 až 3,5 hod od vzniku SBO. Dosažení teploty na

výstupu z AZ větší než 650 °C, která je trvale rostoucí má charakter hraničních podmínek „cliff edge“ z hlediska vážného poškození paliva v AZ.
Při dlouhodobější ztrátě chlazení AZ by mohlo dojít k porušení integrity TNR působením taveniny AZ. Tato doba může být pro nejnepříznivější scénář za předpokladu, že všechny způsoby dodání chladiva do nádoby TNR selhaly, cca 4,5 hodin. Tento okamžik charakterizuje ukončení in-vessel fáze těžké havárie a začátek ex-vessel fáze.
Po přemístění taveniny z TNR na dno kontejnmentu začíná probíhat interakce taveniny s betonem. Výsledkem této interakce je rozklad betonu s intenzivní produkcí vodíku. V důsledku toho dojde k zeslabování dna kontejnmentu a v okamžiku zeslabení na hodnotu, při které by došlo k prolomení zbylého betonu tíhou taveniny, by tavenina unikla do spodní nehermetické části reaktorové budovy. K proniknutí taveniny do spodní nehermetické části budovy reaktoru by mohlo v nejnepříznivějším případě při selhání všech možností chlazení taveniny dojít po cca 24 hodinách od vzniku havárie.

III.6.3.6 Potřeba elektrického napájení (AC, DC) a stlačeného vzduchu pro zařízení používaná k zajištění celistvosti kontejnmentu

Projektová opatření

Integrita kontejnmentů ETE je projektově zabezpečena následujícími systémy:

- Systém izolace kontejnmentu – oddělovací armatury automaticky uzavírané při nárůstu tlaku v kontejnmentu, provozuschopnost podmíněna elektrickým napájením.
- Systém snížení tlaku v kontejnmentu - sprchová čerpadla a zásobní nádrže s chemickými regenty pro zachycení pohavarijního jódu - provozuschopnost podmíněna existencí elektrického napájení.
- Systém likvidace pohavarijního vodíku - pasivní autokatalytické rekombinátory, navržené pro projektem uvažované havárie – nepožaduje elektrické napájení.

Zajištění nezbytných energií pro funkčnost těchto systémů je uvedeno v kap. III.1.1.1.6 a III.1.1.1.7.

Provozní opatření

Většina strategií popsaných v SAMG (doplňování vody do kontejnmentu, odvod tepla, udržování tlaku v kontejnmentu) vyžaduje pro úspěšnou implementaci dostupnost elektrického napájení.

III.6.3.7 Měřící a řídící instrumentace potřebná pro zajištění celistvosti kontejnmentu

Základním měřením pro strategie při ohrožení integrity kontejnmentu vysokým tlakem je měření tlaku v kontejnmentu. Redundantní měření tlaku v kontejnmentu jsou realizována v PRPS a sdělována prostřednictvím PAMS. Systémy PRPS i PAMS jsou kvalifikovány na havarijní podmínky a podmínky po havárii a jsou napájeny z akubaterií SZN bezpečnostních systémů. I když jsou tyto systémy kvalifikovány na projektové havarijní a pohavarijní podmínky, byly při návrhu těchto systémů rovněž uvažovány v přiměřeném rozsahu i požadavky pro zvládání těžkých havárií (rozsah měření tlaku v kontejnmentu do 1,6 MPa). Pro ověření úspěšnosti strategie zmírnění vážného ohrožení vysokým tlakem jsou v SAMG identifikovány parametry, jejichž hodnoty jsou sdělovány prostřednictvím PAMS.

Kontejnmenty bloků ETE jsou vybaveny systémem pohavarijního měření koncentrace vodíku (PACHMS). Toto měření je součástí PAMS a jeho provozuschopnost je podmíněna

provozuschopností systému PAMS. V kontejnmentu je umístěno celkem 16 snímačů, které pokrývají všechny místnosti, ve kterých se může hromadit vodík. Systém PACHMS měří koncentraci vodíku v rozmezí 0 ÷ 10 %.

Od systému pohavarijního měření koncentrace vodíku nejsou odvozeny žádné aktivní funkce a rovněž systém likvidace pohavarijního vodíku pro projektové havárie spaluje vodík nezávisle na tomto měření. Výstupy ze systému pohavarijního měření koncentrace vodíku jsou využívány při zvládání havárií (diagnostika havarijního stavu, výběr strategie pro řízení hořlavosti vodíku, určení negativních dopadů v důsledku hoření vodíku atd.).

Systém PACHMS i samotný PAMS jsou kvalifikovány na havarijní podmínky a podmínky po havárii a jsou napájeny z akubaterií SZN bezpečnostních systémů. I když jsou tyto systémy kvalifikovány na projektové havarijní a pohavarijní podmínky, byly při návrhu těchto systémů rovněž uvažovány i požadavky pro zvládání těžkých havárií.

I když pohavarijní měření koncentrace vodíku v kontejnmentu poskytuje důležité vstupy pro zvládání havárií, lze s využitím výpočetních pomůcek v SAMG odhadnout množství vyprodukovaného vodíku na základě vývoje havarijní situace i bez znalosti měřených hodnot.

Pro vyhodnocení ztráty chlazení AZ se používá měření teploty na výstupu z AZ. Teplota na výstupu z AZ je měřena pomocí termočlánků a rozsah tohoto měření je do 1 300 °C. Měření je součástí PAMS a je kvalifikováno na havarijní a pohavarijní podmínky. Měření teploty na výstupu z AZ je dostatečně redundantní. Na výstupu z AZ je umístěno 95 termočlánků a další 3 termočlánky jsou umístěny pod víkem reaktoru. Teplota studených konců termočlánků je měřena redundantními odporovými teploměry.
Pro vyhodnocení poškození TNR a přemístění taveniny do kontejnmentu neexistuje přímé měření. V této fázi havárie lze probíhající jevy sledovat pouze nepřímo na základě hodnot parametrů prostředí v kontejnmentu. Úspěšnost strategie zaplavení kontejnmentu lze ověřit zejména na základě měření hladiny v kontejnmentu, kterou lze sledovat buď na základě měření hladiny v nečisté části jímky kontejnmentu nebo na základě měření hladiny v kontejnmentu. Pro ověření úspěšnosti strategie doplňování do kontejnmentu jsou v SAMG identifikovány parametry, jejichž hodnoty jsou sdělovány prostřednictvím PAMS.

Pro identifikaci interakce taveniny s betonem dna kontejnmentu neexistuje žádné přímé měření. V této fázi havárie lze probíhající jevy sledovat pouze nepřímo na základě hodnot parametrů prostředí v kontejnmentu, která jsou dostupná v PAMS. Těmito měřeními jsou měření tlaku, teploty, hladiny a koncentrace vodíku v kontejnmentu a měření tlaku v I.O. Pomocí hodnot z těchto měření lze podle příslušné výpočetní pomůcky v SAMG nepřímo odvodit, zda je interakce taveniny s betonem možná nebo je za daných podmínek nepravděpodobná.

Základním měřením při velkém úniku štěpných produktů jsou měření dávkových příkonů a aktivity. Pro měření dávkových příkonů a aktivity lze využít měření dávkových příkonů v kontejnmentu a vně kontejnmentu, dávkových příkonů a aktivity v komínech a měření z teledosimetrického systému umístěném na plotě elektrárny. Rozsahy všech těchto měření jsou navrženy jak pro provozní, tak pro havarijní a pohavarijní podmínky.

Radiační měření s rozsahy pro havarijní a pohavarijní podmínky jsou realizována v PAMS a všechna radiační měření jsou sdělována prostřednictvím PAMS. I když jsou tyto systémy kvalifikovány na projektové havarijní a pohavarijní podmínky, byly při návrhu těchto systémů rovněž uvažovány v přiměřeném rozsahu i požadavky pro zvládání těžkých havárií (např. rozsah měření dávkového příkonu v kontejnmentu do 10^5 Gy/h).

III.6.3.8 Schopnost zvládnout havárii v případě tavení zóny/poškození paliva na více blocích současně

Oba bloky ETE jsou technologicky vzájemně nezávislé a stavebně oddělené. Činnosti při zvládání havárií pro oba bloky JE jsou řízeny z HŘS (TPS a HŠ) a zásahy na jednotlivých blocích jsou prováděny provozním personálem příslušného bloku. Podle aktuální situace na

jednotlivých blocích lze kapacity operativně přesouvat z bloku na blok. Při vzniku havárie na jednom bloku má personál TPS k dispozici návod pro rozhodnutí o způsobu provozu a provedení nutných činností na sousedním bloku. V případě rozvoje události do těžké havárie na obou blocích by se používaly stejné návody SAMG pro oba bloky, nicméně situace na jednotlivých blocích by se vyhodnocovala odděleně a TPS a HŠ by prováděl nezbytnou koordinaci mezi činnostmi na obou blocích.

III.6.3.9 Závěry o adekvátnosti systému zvládání těžkých havárií pro zajištění celistvosti kontejnmentu

Pro zvládání nadprojektových a těžkých havárií jsou vždy využívány všechny dostupné technické prostředky, i ty které nejsou prioritně projektovány pro zvládání těžkých havárií. Použití těchto prostředků je popsáno v příslušných strategiích obsažených v EOPs a SAMG. Strategie jsou orientovány na úspěch, tj. jedním z vedlejších cílů SAMG je obnovení provozuschopnosti systémů a zařízení v co největším rozsahu, přičemž implementace dané strategie kterýmkoli popsaným způsobem vede k úspěchu. Úspěchem se zde rozumí splnění hlavních cílů SAMG, tj. uvedení bloku do kontrolovaného stabilního stavu a omezení úniku radioaktivních látek.

Pro implementaci každé strategie v SAMG existuje několik diverzních systémů. Analytická validace SAMG ukázala, že i když některé strategie nejsou plně podporovány odpovídajícími technickými prostředky, tak implementace navržených strategií pro odezvu na ohrožení způsobených jevy při těžkých haváriích pomocí existujících systémů a zařízení, které nejsou prioritně projektově určeny pro těžké havárie, vede k úspěšnému zvládání těžkých havárií.

Dlouhodobé pohavarijní činnosti z hlediska zvládání těžkých havárií spočívají v pokračování v činnostech po zajištění odvodu tepla a eliminace výskytu vysoce-energetických jevů (hoření nebo detonace vodíku apod.) v závislosti na stavu bloku. V tomto případě může být velmi problematické přesně definovat v jakém stavu se blok nachází a tím i definovat možné hrozby. Nicméně, po uvedení bloku do kontrolovaného stabilního stavu je splněn základní předpoklad pro ukončení SAMG. Před odchodem ze SAMG a pokračování v dlouhodobých pohavarijních činnostech je ještě v rámci SAMG popsáno, jakým způsobem co nejpřesněji identifikovat stav bloku, určit rozsah poškození a dlouhodobá rizika.

Dlouhodobé pohavarijní činnosti se posouvají z fáze hledání vhodného opatření do fáze zajištění dlouhodobé funkčnosti nalezených a aplikovaných úspěšných opatření, tj. např. zajištění, že nedojde k výpadku alternativního zdroje dodávky vody z jakéhokoliv důvodu (ztráta napájení, vyčerpání zásoby vody, selhání komponent). Souvisí to tedy i s hledáním alternativ k již úspěšně implementovaným opatřením, tj. hledání dalších opatření, které po jejich zajištění okamžitě nahrazují již aplikované nebo jsou v záloze pro případ ztráty aktuálně implementovaných opatření.
V rámci zhodnocení opatření pro ochranu integrity kontejnmentu byla pro některé nadprojektové, vysoce nepravděpodobné scénáře identifikována možnost úniku radioaktivních látek do okolí v důsledku ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem při těžké havárii a omezených možností pro zabránění ztrátě integrity kontejnmentu v důsledku protavení dna kontejnmentu.

III.6.3.10 Potenciální opatření k posílení schopnosti udržet celistvost kontejnmentu po těžkém poškození paliva

I přes značně robustní opatření pro zvládání havárií s cílem zabránit ztrátě integrity kontejnmentu obsažených v SAMG byly identifikovány příležitosti pro zvýšení schopnosti udržet integritu kontejnmentu po vážném poškození paliva spočívající v navržení a implementaci dalších prostředků pro zajištění integrity KTMT (tj. zabránění úniku štěpných produktů) při těžké havárii. Těmito prostředky mohou být zejména systém likvidace vodíku v kontejnmentu a opatření pro lokalizaci taveniny na dně kontejnmentu.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie, jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Některá z opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 38: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie (po těžkém poškození paliva) na ETE

Příležitost ke zlepšení	**Nápravné opatření**	**Termín (krátkodobý I / střednědobý II)**	**Poznámka**
Technické prostředky	Systém likvidace vodíku v kontejnmentu pro TH	II	Nález PSR ZKZ B462
Analýza	Lokalizace taveniny mimo TNR	II	Nález PSR Bude řešeno v koordinaci s ostatními provozovateli VVER1000

III.6.4 Opatření k odvrácení radioaktivních úniků

III.6.4.1 Radioaktivní úniky po ztrátě integrity kontejnmentu

Projektová opatření

K odvrácení velkých úniků štěpných produktů směřují strategie v SAMG. Při selhání všech strategií k odvrácení ztráty integrity kontejnmentu nastupují opatření havarijní připravenosti – viz kap. III.6.1.
Velký únik je definován jako únik, který přesáhne 100 mikroGy/h (kriterium pro vyhlášení radiační mimořádné události 3. stupně (General emergency dle Vnitřního havarijního plánu). Únik štěpných produktů na této úrovni ukazuje na porušení všech bariér včetně kontejnmentu (nebo jeho by-passu).
K únikům by mohlo dojít z jednoho nebo více zdrojů (kontejnment, PG, do nehermetických místností, TVD).
Při hodnocení dopadů úniků štěpných produktů by byly zvažovány biologické účinky ionizujícího záření. Stanovování mezních podmínek z hlediska biologických účinků úniků štěpných produktů je nad rámec tohoto hodnocení.

Provozní opatření

Při identifikaci velkého úniku štěpných produktů jsou hodnoceny všechny čtyři zdroje. Činnosti provedené ke snížení úniků z jednoho zdroje mohou ovlivnit úniky z jiného zdroje. Strategie se soustředí zejména na identifikaci místa úniku pro ujištění, že žádnou činností

provedenou podle tohoto návodu nebudou úniky zhoršeny.Zabránění úniku štěpných produktů do okolí spolu se zabráněním ztrátě integrity KTMT, jako poslední bariéry proti úniku štěpných produktů je hlavním cílem SAMG. Nicméně v SAMG jsou rovněž popsány strategie pro ukončení nebo alespoň snížení úniků štěpných produktů po ztrátě integrity KTMT, které využívají veškeré dostupné prostředky. Jestliže došlo k porušení KTMT a velký únik štěpných produktů trvá, potom bude okamžitě implementována strategie pro jejich zmírnění, protože jde o strategii s nejvyšší prioritou v rámci SAMG.

Opatření pro zvládání havárií po ztrátě integrity kontejnmentu jsou popsána ve strategiích SAMG. Strategie jsou implementovány směnovými pracovníky z BD nebo ND. V případě neobyvatelnosti BD i ND a velkého úniku z kontejnmentu může vzniknout problém s implementací strategií podle SAMG z důvodu neovladatelnosti komponent bezpečnostních systémů.

Úniky štěpných produktů jsou snižovány použitím sprchování KTMT nebo chladících vzduchotechnických systémů KTMT prostřednictvím jejich vymývání a snížením tlaku. Jako poslední možností pro snížení tlaku v KTMT a zmírnění úniku štěpných produktů je filtrovaný venting. Před jeho použitím musí být ověřeno, že v žádném případě nedojde ke zhoršení úniků.

Z hlediska ochrany personálu a obyvatelstva je v rámci POHO zřízena RMMS, která v postižených sektorech monitoruje a vyhodnocuje radiační situaci. Pro potřeby preventivních opatřeních vyhlašovaných pro ochranu obyvatelstva je k dispozici programový systém RTARC.

III.6.4.2 Zvládání havárie po obhalení horní částí paliva v bazénu paliva

BSVP je umístěn v kontejnmentech bloků ETE. Pokud je v BSVP uskladněno vyhořelé palivo musí v něm být udržována dostatečná zásoba chladiva a musí z něho být zabezpečen odvod vydělovaného tepla. Při provozu BSVP v režimu skladování paliva je požadováno udržovat hladinu větší než 792 cm. Při poklesu hladiny v BSVP pod 550 cm dojde k odhalení hlavic uložených palivových souborů.

Pro doplňování BSVP se v případě úplné ztráty normálního chlazení BSVP (ať už z důvodu poklesu hladiny nebo po přerušení odvodu tepla) je používán systém sprchování kontejnmentu s nastavením pro havarijní doplňování BSVP. Použitím tohoto systému se doplňuje BSVP a přepadem zabezpečuje odtok chladiva z BSVP na dno kontejnmentu a následně do jímky kontejnmentu, čímž je zabezpečen odvod tepla z vyhořelého paliva v BSVP náhradním způsobem přes chladič HSCHZ. Tento chladící okruh je nezávislý na systému chlazení BSVP a poskytuje alternativní způsob odvodu tepla z vyhořelého paliva uloženého v BSVP. Teplo z BSVP je odváděno i pouze odparem do kontejnmentu a odpar kompenzován doplňováním systémem sprchování kontejnmentu. V případě nemožnosti odvádět vydělené teplo z vyhořelého paliva v BSVP prostřednictvím TVD do koncového jímače tepla je tento způsob z dlouhodobého hlediska chlazení BSVP omezen pasivní tepelnou kapacitou KTMT.

Náhradním způsobem odvodu tepla z BSVP při ztrátě normálního chlazení je havarijní chlazení BSVP pomocí systému sprchování kontejnmentu.

Výpočty byla analyzována ztráta chlazení BSVP s uloženým vyhořelým palivem. Výsledkem výpočtů jsou maximální dosažené teploty v BSVP při skladování s chlazením, trendy náhřevu a časové rezervy do dosažení teploty sytosti a doby do odhalení hlavic uskladněných palivových souborů po ztrátě chlazení BSVP.

Výsledky výpočtů trendů náhřevu a časové rezervy do dosažení varu jsou závislé na mnoha skutečnostech, jako počet palivových souborů v jednotlivých sekcích BSVP (vydělovaný

tepelný výkon), doba po vyvezení palivových souborů z AZ, hladina v BSVP v okamžiku ztráty odvodu tepla, počáteční teploty v BSVP atd. Na základě provedených analýz lze konstatovat, že v závislosti na počátečních podmínkách je trend nárůstu teploty v BSVP po přerušení chlazení od několika jednotek °C/hod do několika desítek °C/hod a rezerva do varu je od několika jednotek hodin do několika desítek hodin. Při maximálním tepelném zatížení BSVP nedojde po ztrátě odvodu tepla z BSVP k poškození uložených palivových souborů dříve než v pozdní fázi havárie.

Doba do odhalení hlavic uložených palivových souborů má charakter hraničních podmínek „cliff edge“ z hlediska ohrožení chlazení uloženého vyhořelého paliva v BSVP.

Z hlediska doby na provedení činností pro obnovení chlazení vyhořelého paliva uloženého v BSVP je situace příznivější, než při ztrátě odvodu tepla z AZ, nicméně dlouhodobá ztráta odvodu tepla překračující několik desítek hodin bez doplňování vody náhradním způsobem by mohla vést k poškození uloženého vyhořelého paliva v BSVP.

Riziko hromadění vodíku

Pozdější fáze ztráty chlazení vyhořelého paliva v BSVP lze charakterizovat vyvařováním vody, odhalením uloženého paliva a paro-zirkoniovou reakcí v horní části paliva. Po odhalení paliva by došlo k přehřívání a oxidaci na vzduchu, která je spojena s významně vyšší tepelnou eskalací (uvolňované teplo je vyšší při oxidaci přímo kyslíkem než u páry), nitridací v horní části s nedostatkem kyslíku a následné oxidaci po spotřebování nezoxidovaného Zr v části spodní.

Tyto zdroje vodíku jsou lokalizovány v kontejnmentu. Únik vodíku z BSVP mimo kontejnment je za předpokladu izolace tras procházejících stěnou kontejnmentu prakticky vyloučený a tím je vyloučeno i ohrožení důležitých částí bloku mimo kontejnment hořením vodíku.

Zajištění odstínění záření

Pro zajištění odstínění záření z vyhořelých palivových souborů nesmí hladina poklesnout pod 783 cm. Umístění BSVP v kontejnmentu zabezpečuje, že i po snížení hladiny v BSVP pod hodnotu nutnou pro stínění záření z vyhořelého paliva nedojde k nežádoucímu ozáření osob. Za normálního provozu bloku v režimech 1 až 4 je kontejnment uzavřen a vstupuje se do něho řízeně na základě zvláštního povolení (obsahujícího i zhodnocení radiační situace).
Vzhledem k tomu, že v režimech 5 a 6 mohou být hermetické uzávěry kontejnmentu otevřeny a v kontejnmentu se mohou nacházet pracovníci provádějící práce spojené s odstávkou, došlo by v takovém případě k ohrožení zdraví těchto osob. Proto je jedním z požadavků, které se provádějí bezprostředně po zjištění havarijní situace v příslušných postupech, zajištění evakuace všech pracovníků nacházejících se v době události v kontejnmentu a uzavření hermetických uzávěrů.

Omezení úniků po těžkém poškození vyhořelého paliva v bazénu paliva

Technické prostředky pro zmírnění následků poškození paliva v BSVP jsou dostupné a strategie spočívají v pokračování doplňování vody a odvodu tepla do kontejnmentu a případné izolování úniku z BSVP podle předpisu EOPs. SAMG pro odstavené stavy pro havárie spojené s tavením paliva v BSVP dosud nejsou k vytvořeny.

Pro poškození vyhořelého paliva uloženého v BSVP nebyly prováděny žádné analýzy. Vzhledem k existenci alternativního způsobu doplňování BSVP pomocí systému sprchování kontejnmentu se nepředpokládá dlouhodobá ztráta odvodu tepla z BSVP bez současné ztráty odvodu tepla z AZ.

Při současné ztrátě odvodu tepla z BSVP a z AZ (vzhledem k umístění BSVP v KTMT) mají charakter hraničních podmínek „cliff edge“ omezení vyplývající ze ztráty odvodu tepla z AZ, protože z hlediska doby na provedení činností pro obnovení chlazení vyhořelého paliva uloženého v BSVP je situace příznivější, než při ztrátě odvodu tepla z AZ.

Instrumentace potřebná k monitorování stavu vyhořelého paliva a k zvládnutí havárie

Pro vyhodnocení ztráty odvodu tepla z uloženého vyhořelého paliva v BSVP je klíčovým parametrem hladina v BSVP. Dokud bude palivo zakryto vrstvou vody (i při varu), bude z paliva odváděno zbytkové teplo. V okamžiku, kdy dojde k vyvaření vody v BSVP a k odhalení uložených palivových souborů, začnou se palivové soubory přehřívat. Hladina v BSVP a několik dalších parametrů, jako je stav systémů TVD a průtok TVD do výměníku pro chlazení BSVP jsou sdělována prostřednictvím PAMS. V BSVP je rovněž měřena teplota.

Dostupnost a obyvatelnost blokové dozorny

Činnosti podle SAMG řídí TPS, které je umístěno v havarijním řídícím středisku pod budovou AB. Činnosti pro implementaci strategie provádí řídící operativní personál z BD nebo ND. Místní činnosti a případné opravy zařízení se provádí v příslušných místnostech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů.

Místnosti BD a ND jsou umístěny v čisté části obestavby reaktorové budovy. Tato část by mohla být zasažena radiací při velkých únicích štěpných produktů z kontejnmentu. Nicméně, BD i ND jsou vybaveny filtračními vzduchotechnickými systémy.

Radiační situace v místnostech BD a ND po protavení dna kontejnmentu dosud nebyla analyzována. Obyvatelnost či neobyvatelnost BD a ND by byla v případě takto závažného rozvoje těžké havárie vyhodnocena na základě měření radiační situace. Pokud by se jak BD, tak i ND stala neobyvatelnou, musel by být operativní řídící personál evakuován do krytu a případné místní zásahy (pokud by to aktuální radiační situace dovolila) by byly organizovány jako zásahové skupiny se stanovenými opatřeními z hlediska radiační ochrany.
Při nutnosti současné evakuace BD i ND je možno situaci řešit projektovými prostředky. V TPS jsou umístěny pracovní stanice, které jsou standardně konfigurovány pouze jako informační systém a nelze z nich provádět řídící zásahy. Nicméně, změnou konfigurace těchto pracovních stanic a přesunem řídícího operativního personálu do TPS je možné i v tomto případě v omezeném rozsahu zabezpečit implementaci strategií SAMG pomocí komponent nebezpečnostních systémů.

III.6.4.3 Závěry o adekvátnosti opatření k zamezení radioaktivních úniků

I když je zabránění ztráty integrity kontejnmentu, jako poslední bariéry proti úniku štěpných produktů do okolí spolu s omezením úniku štěpných produktů hlavním cílem SAMG, jsou v SAMG rovněž popsány strategie pro ukončení nebo snížení úniků štěpných produktů po ztrátě integrity kontejnmentu, které využívají veškeré dostupné prostředky.

Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie, jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

Některá z opatření (v poznámce označena jako „Nález PSR“) by byla realizována i bez tohoto cíleného hodnocení, které svými výstupy potvrdilo efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původního projektu.

Tabulka 39: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (k zamezení radioaktivních úniků) na ETE

PŘÍLEŽITOST KE ZLEPŠENÍ	**NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**	**TERMÍN (KRÁTKODOBÝ I / STŘEDNĚDOBÝ II)**	**POZNÁMKA**
Technické prostředky	Systém likvidace vodíku	II	Nález PSR ZKZ B462
Analýza	Lokalizace taveniny mimo TNR	II	Nález PSR Bude řešeno v koordinaci s ostatními provozovateli VVER1000

IV Závěry

IV.1 Obecný závěr

IV.1.1 Klíčová opatření posilující odolnost elektráren (již realizována)

IV.1.1.1 Hodnocení odolnosti vůči zemětřesení

IV.1.1.1.1 Lokalita EDU

V lokalitě EDU nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,06 g). Reálná odolnost SSK je vyšší, takže existuje bezpečnostní rezerva na zbývající 5 % neurčitost. V současnosti probíhá na všech blocích EDU zodolnění bezpečnostně významných zařízení a stavebních konstrukcí na hodnotu špičkového zrychlení podloží PGA = 0,1g (maximální výpočtové zemětřesení). Aktuálně již více než 90%, mj. veškerá technologie bezpečnostně významných zařízení má vyhovující kvalifikační dokumentaci prokazující seizmickou odolnost a na ostatních zařízení (část elektro a SKŘ) se práce na realizaci modifikací dokončují. Tyto modifikace budou na všech blocích dokončeny do r. 2017.

IV.1.1.1.2 Lokalita ETE

Výsledky ze sítě detailního seismického rajónování rovněž dokládají, že celkové seismické hodnocení lokality ETE je správné. Bloky JE Temelín jsou vybaveny seismickým monitorovacím systémem. V lokalitě ETE nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,08 g). SSK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné minimálně do hodnoty 7°MSK-64 (PGA_{hor} = 0,1 g), takže existuje dostatečná bezpečnostní rezerva na zbývajících 5 % neurčitost. Jak historická data tak i dlouhodobé monitorování ukazuje, že lokalita ETE je seismicky velmi klidná.

IV.1.1.2 Hodnocení odolnosti vůči záplavám

IV.1.1.2.1 Lokalita EDU

Lokalita EDU není ohrožena zatopením z přírodních povodní. Areál elektrárny se nachází na náhorní plošině v nadmořské výšce 383,5 - 389,10 m n. m., přičemž hlavní stavební objekty, ve kterých jsou umístěna bezpečnostně významná zařízení, leží na horní hranici tohoto intervalu. Nejblíže položená vodoteč je řeka Jihlava, využívaná i jako zdroj technologické přídavné vody pro elektrárnu. Soustava vodních nádrží Dalešice - Mohelno na řece Jihlava nemůže ohrozit bezpečnost EDU, ani při extrémních povodních, ani při protržení hrází obou vodních děl.

Proti proudu řeky umístěná vodní nádrž Dalešice (vzdálenost cca 4 km od elektrárny, výška hráze 88 m) má korunu hráze na kótě 384,00 m n. m., a maximální hladinu vody (při přelivu v důsledku povodní) na úrovni 381,50 m n. m. Cca 2 km směrem po proudu řeky je umístěna vodní nádrž Mohelno, s korunou hráze na kótě 307,15 m n. m. s maximální hladinou vody (při přelivu hráze) 303,30 m n. m., tzn. o cca 80 m níže než stavební objekty EDU.

Roční srážky jsou v dlouhodobém průměru charakterizovány nejvyššími úhrny srážek v letních měsících, s maximem v červnu (70 mm) a nejnižšími úhrny v měsících zimních s minimem v lednu (21 mm). Kanalizační síť je navržena jako větvená soustava, která zajišťuje odvod dešťové vody gravitačním způsobem z plochy cca 80 ha a před areálem EDU se napojuje do výsledného dešťového kanalizačního sběrače.

Reálné jednodenní úhrny přívalových dešťových srážek odpovídají vytvoření hladiny 77 mm na lokalitě EDU (100letý úhrn dešťových srážek). Stavební objekty EDU jsou přitom projektovány jako odolné proti zaplavení až do maximální výšky 115 mm (celkový úhrn dešťových srážek za 24 hodin při 10 000letém maximu). Rozdíl těchto hodnot dává dostatečnou bezpečnostní rezervu. Na lokalitě je navíc k dispozici mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena pro odčerpávání lokálních záplav nad hodnotami 10 000letých maxim.

IV.1.1.2.2 Lokalita ETE

Lokalita ETE nikdy nebyla a ani v současné době není ohrožena zátopami z vodních toků. Hlavní objekty ETE, ve kterých jsou umístěna zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti jsou na kótě 507,30 m n.m, což je 135 m nad hladinou vodního díla Hněvkovice na řece Vltavě. Pro ETE bylo provedeno ocenění bezpečnosti i s ohledem na potenciální protržení hrází vodních nádrží na horním toku Vltavy (Lipno I na Vltavě a Římov na Malši). V profilu Hněvkovice bude v případě poškození nádrže Lipno I průtok cca 10 000 leté vody, která způsobí zatopení převážné části čerpací stanice pro doplňování surové vody do ETE, což znemožní standardní provoz zásobování surovou vodou ETE a bude nutné odstavení obou bloků ETE. Na lokalitě jsou však dostatečné zásobní objemy vody pro vychlazení bloků do studeného stavu.

Zatopení objektů důležitých pro bezpečnost ze systému gravitační dešťové kanalizace není vzhledem k jeho pravidelné údržbě možné ani při výskytu extrémních srážek. ETE je z hlediska odtoku zastavěna kaskádovitě, kde objekty důležité z hlediska jaderné bezpečnosti jsou umístěny na nejvyšší kótě s klesající tendencí k okraji lokality, která umožňuje přirozený gravitační odtok i při výpadku dešťové kanalizace. Stavební objekty ETE jsou projektovány jako odolné proti zaplavení i při maximálním jednodenním srážkovém úhrnu, při kterém se vystaví hladina maximální výšky 88,1 mm při 10 000 leté srážce v případě, že kanalizační systém je zcela vyřazen z činnosti. Na lokalitě je navíc k dispozici mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena pro odčerpávání lokálních záplav nad hodnotami 10 000 letých maxim.

IV.1.1.3 Hodnocení odolnosti vůči extremním klimatickým podmínkám

IV.1.1.3.1 Lokalita EDU

Parametry klimatických jevů pro lokalitu EDU vychází ze statistického zpracování ročních extrémů hodnot relevantních meteorologických veličin, naměřených v období alespoň 30 let v lokalitě EDU nebo na meteorologických stanicích v okolním regionu. V případě projektového zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jevu jednou za 100 let. Pro extrémní výpočtové zatížení klimatickými účinky je uvažována opakovatelnost výskytu jednou za 10 000 let. Účinku extrémního výpočtového zatížení musí odolat objekty 1. seismické kategorie takovým způsobem, aby neohrozily funkci systémů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti. Ostatní objekty jsou zatěžovány projektovou úrovní.

Konkrétní hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek v lokalitě EDU, včetně příslušných hodnot projektového a extrémního zatížení budov jsou uvedeny v části II.4.1.1 této zprávy.

Některé dílčí odchylky reálné odolnosti vybraných budov od požadovaných hodnot odolnosti při extrémním zatížení (které však nemohou ohrozit zajištění bezpečnostních funkcí) řeší v současné době dokončovaný projekt seismického zodolnění bezpečnostně významných zařízení a stavebních konstrukcí. Toto zodolnění zvýší současně odolonost těchto budov proti extrémním klimatickým podmínkám.

IV.1.1.3.2 Lokalita ETE

Zatížení přírodními jevy vychází ze statistického zpracování datových řad minimálně 30-ti letého období měření těchto událostí v oblasti ETE nebo v oblasti s obdobným rázem krajiny.

Konkrétní hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek v lokalitě ETE, včetně příslušných hodnot projektového a extrémního zatížení budov jsou uvedeny v části III.4.1.1 této zprávy.

Reálné odolnosti objektů 1. seismické kategorie jsou vyšší než vypočítané hodnoty odolnosti pro extrémní zatížení v důsledku extrémních klimatických podmínek.

IV.1.1.4 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě elektrického napájení

IV.1.1.4.1 Elektrárna EDU

Zdroje elektrického napájení EDU zajišťují dostatečnou projektovou robustnost i míru zajištění bezpečnosti při vnější ztrátě elektrického napájení. Jsou projektově řešeny s vysokou mírou nezávislosti, vzájemného zálohování i redundance (viz pracovní a rezervní zdroje vlastní spotřeby, a dále nouzové zdroje střídavého i stejnosměrného napájení, tzv. systémy zajištěného napájení – SZN, které napájí bezpečnostně významné systémy a komponenty).

Při provozu bloku na výkonu existuje vyšší projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení, než při odstávce na výměnu paliva. Nejméně příznivým případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na všech blocích současně.

Na lokalitě je k dispozici celkem 12 nouzových zdrojů střídavého napájení (DG). V režimu ztráty vnějšího napájení mohou být bloky EDU dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu nebo dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky (je zajištěno napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ), při startu alespoň jednoho z těchto DG na každém bloku. Pro každý z DG je k dispozici zásoba nafty na 6 až 7 dnů bez nutnosti vnějšího doplňování paliva.

Při úplné ztrátě střídavého napájení (SBO) zůstávají k dispozici pro napájení bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s bezpečností nouzové zdroje nepřerušovaného stejnoměrného napájení (akubaterie). Bez provozu příslušného DG nejsou akubaterie dobíjeny a doba do jejich vybití je v řádu jednotek až desítek hodin v závislosti na aktuálním zatížení. Tato doba je dostatečná k obnově napájení VS bloků EDU z blízkých vodních elektráren Dalešice nebo Vranov.

IV.1.1.4.2 Elektrárna ETE

Zdroje elektrického napájení ETE zajišťují dostatečnou projektovou robustnost i míru zajištění bezpečnosti při vnější ztrátě elektrického napájení. Jsou projektově řešeny s vysokou mírou vzájemné nezávislosti pracovních a rezervních zdrojů vlastní spotřeby, dále pak redundancí systémů zajištěného napájení, které napájí bezpečnostně významné systémy a komponenty a disponují vlastními nouzovými zdroji (DG a akubaterie). Napájení vlastní spotřeby je řešeno blokově, čímž je uvnitř ETE zabráněno šíření elektrických poruch.

Při provozu bloku na výkonu existuje vyšší projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení, než při odstávce na výměnu paliva. Nejhorším případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na obou blocích současně.

Na lokalitě je k dispozici celkem 8 nouzových zdrojů střídavého napájení (3 bezpečnostní DG pro každý blok a 2 společné DG pro oba bloky). V režimu ztráty vnějšího napájení mohou být bloky ETE dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu nebo dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky (je zajištěno napájení všech nezbytných strojních systémů i systémů SKŘ) při startu alespoň jednoho z těchto DG na každém bloku. Pro každý z DG je k dispozici zásoba nafty na více než 2 až 3 dny bez nutnosti vnějšího

doplňování paliva. Na lokalitě je k dispozici dodatečná zásoba nafty, k dalšímu prodloužení provozu DG.

Doba do vybití akubaterií bezpečnostních systémů bez dobíjení je v závislosti na zatížení v řádu jednotek hodin. Podstatné prodloužení vybíjecí doby je možné zabezpečit řízeným odlehčováním zatížení akubaterií, postupným využíváním jednotlivých divizí a využitím akubaterií systémů souvisejících s bezpečností, které mají vysokou kapacitu. Tato doba je dostatečná k obnově napájení VS bloků ETU z vodní elektrárny Lipno.

Alternativně by bylo možné pro dlouhodobé dobíjení akubaterií použít další zdroje střídavého napájení, které jsou na ETE k dispozici. Toto je navržena jako opatření k dalšímu zodolnění elektrárny vůči ztrátě elektrického napájení.

IV.1.1.5 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě odvodu tepla do koncového jímače

IV.1.1.5.1 Elektrárna EDU

Koncový jímač tepla tvoří u bloků EDU okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla - atmosféry - odvádět několika způsoby. Přenos tepla mezi zdroji tepla a atmosférou zajišťuje systém TVD.

Na lokalitě je k dispozici zásoba vody postačující pro cca 39 dnů provozu systému TVD pro odvod zbytkového tepla z odstavených reaktorů EDU, bez externího doplňování vody do systému TVD. Na jeden HVB (2 reaktory) je k dispozici celkem 12 čerpadel TVD. Ke ztrátě všech čerpadel TVD by mohla vést současná ztráta elektrického napájení na obou blocích daného HVB.

Robustnost EDU při případné ztrátě všech TVD odpovídá scénáři po vzniku SBO. Pokud by ztráta systému TVD nebyla kombinována s SBO, je možné použít alternativní způsob akumulace tepla z BSVP do nádrží systému SAOZ, případně doplňování odpařeného chladiva z BSVP ze žlabů barbotážní věže. Akumulační schopnosti při plně zaplněných nádržích SAOZ jsou na cca 4 dny, zásoba chladiva ve žlabech barbotážní věže na doplňování vyvařeného chladiva je cca 13 dní. Alternativní možností je použití požární techniky na doplňování vyvařeného chladiva a udržování teploty paliva v BSVP.

IV.1.1.5.2 Elektrárna ETE

Koncový jímač tepla tvoří u bloků ETE okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla – atmosféry odvádět několika způsoby. Přenos tepla mezi zdroji tepla důležitými z hlediska bezpečnosti a atmosférou zabezpečuje systém TVD prostřednictvím CHNR.

Na ETE je k dispozici zásoba vody v CHNR, postačující pro cca 30 dnů provozu systému TVD pro odvod zbytkového tepla z odstavených reaktorů bez externího doplňování vody do systému TVD. Na jeden blok je k dispozici celkem 6 čerpadel TVD. Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovozuschopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná. I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí.

IV.1.1.6 Hodnocení opatření pro zvládání těžkých havárií

IV.1.1.6.1 Elektrárny EDU a ETE

Obě elektrárny EDU mají implementován praktický identický systém zvládání havárií pro zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky a systém havarijní připravenosti pro zabezpečení

5. úrovně ochrany do hloubky. Fungující a provázaný systém zvládání havárií a havarijní připravenosti je na obou elektrárnách zabezpečen robustním souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru.

V personální oblasti se jedná o existenci organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí s využitím kapacit technických podpůrných středisek a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií. Provádění zásahů při vzniku mimořádné události je zabezpečováno v první (preventivní) fázi rozvoje události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu. V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, začíná druhá fáze (zmírnění následků), kdy je aktivována organizace havarijní odezvy. V tomto případě přebírá odpovědnost za řízení zásahů havarijní štáb EDU s podporou technického podpůrného střediska.

Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku mimořádné události byly řízeny a prováděny z chráněných míst. TPS a HŠ, které řídí strategie podle SAMG, je umístěno v HŘS, které je zabezpečené pracoviště s možností obyvatelnosti i v případě úniku aktivity do ovzduší. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl směnový personál z BD nebo ND. Na EDU se projekt obyvatelnosti těchto řídících center dokončuje. Místní činnosti a případné opravy zařízení v příslušných částech reaktorovny, strojovny nebo vnějších objektů by byly zajišťovány zásahovými skupinami umístěnými na provozním podpůrném středisku.

Koncepce zvládání technologických havárií na EDU a ETE je založena na symptomatickém přístupu. Pro řešení technologických havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v EOPs, jejichž hlavní prioritou je obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva). Pro zmírňování následků těžkých havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v SAMG, jejichž hlavní prioritou je zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. Pravidelně je prováděna aktualizace EOPs a SAMG zahrnující jednak poznatky z procvičování jejich použití na simulátoru resp. při havarijních cvičeních a jednak externí poznatky.

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny je implementován systém havarijní připravenosti. Při vyhlášení některého stupně mimořádné události (Alert, Site emergency, General emergency) je aktivována organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost.

Pro výběr směnových pracovníků i pro výběr pracovníků do POHO je zaveden systém požadavků na kvalifikaci a jsou brána do úvahy i další kritéria zohledňující jejich znalosti a odbornost. Připravenost směnového a technického personálu ke zvládání technologických havárií se pravidelně ověřuje při výcviku na plnorozsahovém simulátoru za účasti personálu TPS a v průběhu havarijních cvičení.

Organizační způsob zvládání mimořádných událostí (včetně těžkých havárií) je na obou elektrárnách stanoven ve vnitřních havarijních plánech schválených SUJB.

Po vzniku havarijních podmínek (projektové i nadprojektové události bez poškození paliva) se pro splnění požadavků EOPs použijí veškeré aktuálně dostupné technické prostředky v rámci jejich projektového určení. SAMG předpokládají provedení požadovaných činností s využitím všech dostupných systémů a zařízení, resp. všech dostupných technických prostředků i v mimoprojektovém určení.

Na obou lokalitách je k dispozici jednotka hasičského HZSp, která disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu v kterémkoliv místě lokality. Čerpací technika HZSp patří mezi hlavní mobilní netechnologické prostředky využitelné pro dopravu a čerpání medií.

Program zvládání havárií na EDU a ETE je analyticky podporován. Analytická podpora je založena na pravděpodobnostně - deterministickém přístupu, který spočívá ve výběru nepravděpodobnějších havarijních scénářů vedoucích k těžkým haváriím a následně jejich deterministické analýze pomocí integrálních výpočetních kódů. Výsledkem analytické podpory je souhrn poznatků, spočívající v porozumění jevům při těžkých haváriích a jejich časování, identifikaci možných slabých stránek projektu, určení činností pro zmírnění následků těžkých havárií, validaci činností pro odezvu na těžké havárie a určení zdrojového členu pro vyhodnocení možných radiologických následků. K dispozici je rovněž simulační nástroj pro zobrazování jevů při konkrétních scénářích těžkých havárií.

IV.1.1.7 Specifika kontejnmentu reaktorů VVER 440/213

Reaktory VVER 440/213, které jsou v provozu na JE Dukovany se vyznačují specifickou konstrukcí ochranné obálky vybavenou pasivním kondenzačním systém (barbotážní systém), jehož základní funkcí je snížení tlaku směsi vzduch – vodní pára v hermetické zóně reaktoru po maximální projektové nehodě (gilotinové prasknutí primárního potrubí o průměru 500 mm) kondenzací vodní páry ve speciálních žlabech naplněných roztokem H_3BO_3 s následnou izolací nezkondenzovaných plynů v hermetických lapačích se zpětnými klapkami. Vytvořením podtlaku vůči okolní atmosféře systém současně minimalizuje případné úniky radioaktivity mimo hermetické prostory. Systém je navržen tak, aby udržel svou integritu v tlakových a teplotních podmínkách, které vzniknou v hermetické zóně po maximální projektové nehodě.

Termydynamický princip, na němž je funkce barbotážního systému založena, je identický s funkcí kontejnmentu s potlačením tlaku západních varných reaktorů (BWR). Vzhledem k omezeným informacím o experimentálním ověření systému od původních autorů projektu a k potřebě rozšířit znalosti a schopnost modelovat integrální chování systému a dílčí fyzikální jevy v podmínkách velkých a malých LOCA havárií byla v 90-létech organizována řada mezinárodních projektů a studií, na kterých se podílely společně jak země provozující tyto typy reaktorů, tak i významné západní instituce jako SIEMENS/KWU, EdF Empresarios Agrupados, GRS, IRSN, aj. První série studií vznikla v rámci tzv. Extrabudgetary Programme, organizovaného Mezinárodní agenturou pro atomovou energii:

- Ranking of Safety Issues for WWER 440 Model 213 Nuclear Power Plants IAEA-Report WWER-SC-108 1995-02-21
- Strength Analysis of the Bubbler Condenser Structure of WWER-440 Model 213 Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-803, Vienna 1995
- Report of a Consultants' Meeting on the Review of Bubbler Condenser Structure Integrity Calculations, IAEA/ TA-2485 TC Project RER/9/035 12-16 June 1995.

Zásadní experimentální ověření funkceschopnosti a strukturálně pevnostních charakteristik barbotážního systému se realizovalo v rámci PHARE a TACIS programů Evropské komise. Pro ověření integrálního chování barbotážního systému a získání věrohodných experimentálních dat vhodných k validaci výpočtových programů byl v rámci projektu PHARE/TACIS 2.13/95 „Bubler Condenser Experimnetal Qualification - BCEQ“ vybudován experimentální stend ve Výzkumném středisku EREC v Elektrogorsku v Ruské Federaci. Toto experimentální zařízení společně s menšími modely částí barbotážního systému ve výzumných ústavech VUEZ Tlmače (Slovensko) a SVUSS Běchovice (ČR) umožnily:

- provedení experimentů simulujících integrální termohydraulickou a hydrodynamickou interakci vodní páry s konstrukcí barbotážní věže (pod vedením Siemens/KWU)
- realizaci statických testů k ověření pevnostních charakteristik konstrukce barbotážního systému ve VUEZ Tlmače (pod vedením: Empresarios Agrupados).
- provedení maloměřítkových experimentů ke studiu dilčích termohydraulických jevů a k ověření instrumentace v SVUSS Běchovice (pod vedením: Electricité de France).

Experimentální práce v rámci projektu byly paralelně doprovázeny analytickými studiemi na kterých se podílel rovněž výzkumný ústav VEIKI, Budapešť (Maďarsko). Výsledky projektu byly shrnuty do série výzkumných zpráv, mimo jiné:

- Final Project Report, K.Kühlwein *et al.*,/BC-D-SI-EC-0535/, December 1999
- Final Thermal-hydraulic Test Report, D.Osokin *et al.*, /BC-D-SI-EC-0028/, November 1999
- Parallel Thermal-Hydraulic Test Analyses, M.Suchanek *et al.*, /BC-D-SV-EF-0011/
- Experimental Qualification of Measurement Techniques (visualization, strain
- gauges) I.Batalik *et al.*
- Small Scale Test Final Report; J.Batalik, J.Murani *et al.*December 1999, /BC-D-EA-EC-0015/
- Static Structural Tests Final Report, Rev.1, December 1999.

Projekt poskytl jednoznačný, faktický a objektivní průkaz o tom, že barbotážní systém je kvalifikován na podmínky maximální projektové havárie reaktorů VVER 440/213, a že v těchto podmínkách splní svou bezpečnostní funkci – udržení integrity hermetické zóny reaktoru a zamezení úniku radioaktivníc hlátek do životního prostředí.

Projekt BCEQ nebyl poslední projekt, který byl na ověření funkceschopnosti barborážního systému organizován. V létech 2001-2002 byl pod gescí mezinárodního výboru CSNI OECD/NEA zahájen projekt “Answers to Remaining Questions on Bubbler-Condenser“, jehož cílem bylo zodpovědět některé dodatečné otázky týkající se konzervativnosti výsledků BCEQ projektu, měřítek experimentů, nehomogenit v proudovém a teplotním poli v objemu barbotážní věže a zejména ověření funkceschopnosti barbotážního systému v podmínkách dlouhotrvající malé LOCA havárie.

Projekt byl iniciován dozornými orgány ČR, SR a Maďarska a financován elektrárenskými společnostmi těchto zemí. Řídící skupina projektu se skládala z jednoho zástupce každého z výše uvedených dozorných orgánů, jakož i z odborníků z německé GRS, francouzského IRSN, US DOE a EU. Součástí projektu bylo provedení dodatečných tří experimentů na experimentálním stendu EREC, jmenovitě:

- prasknutí hlavního parního potrubí
- střední LOCA (prasknutí potrubí o průměru 200 mm)
- malá LOCA (prasknutí potrubí 90 mm).

Závěry těchto testů a konečná pozice Řídícího výboru k vzneseným otázkám jsou shrnuty ve zprávě *„Answers to Remaining Questions on Bubbler-Condenser“, Activity Report of the OECD NEA Bubbler-Condenser Steering Group, NEA/CSNI/R(2003)12, January 2003.* Řídící výbor projektu ve zprávě uzavřel projekt konstatováním, že dodatečné experimenty prokázaly, že zatížení, kterými je barbotážní systém vystaven v podmínkách projektových nehod neohrožují integritu barbotážního systému. Tento závěr projektu byl přijat i výborem CSNI OECD Nuclear Energy Agency (OECD/NEA).

Závěry zátěžových testů potvrzují, že barbotážní systém může vedle své klasické bezpečnostní funkce v podmínkách projektových nehod sehrát významnou roli i v případě těžké havárie neboť jeho objem, množství vody s odstavnou koncentrací kyseliny borité a v neposlední řadě i plocha vnitřních stavebních a technologických konstrukcí významně omezují riziko kritičnosti, exploze vodíku a potenciální únik radioaktivních látek mimo hermetickou zónu reaktoru.

IV.1.2 Bezpečnostní problémy

Výsledky hodnocení zátěžových zkoušek potvrdily existenci bezpečnostních a časových rezerv a vysokou odolnost obou jaderných elektráren proti extrémním vnějším vlivům. Zejména ve vztahu k seismickému riziku se potvrdila správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke zodolnění původních projektů elektráren. Na žádné elektrárně nebyl indikován problém, který je nutné bez prodlení řešit. Obě elektrárny jsou schopny bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení jejího okolí. Přes výše uvedené konstatování zátěžové zkoušky identifikovaly možnosti dalšího zlepšení odolnosti obou elektráren vůči extrémním vnějším vlivům.

IV.1.3 Možná bezpečnostní zlepšení a další předpokládané práce

Možnosti dalšího zvýšení bezpečnosti jsou jak organizačního, tak i technického rázu. Tato potenciální opatření budou předmětem dalších analýz z hlediska efektivnosti. Opatření technického rázu dotýkající úprav stávajících projektů elektráren budou dál podrobena studiím realizovatelnosti včetně návrhů konkrétních projektových změn, které budou muset být před jejich realizací schváleny SÚJB.

Podrobnější zdůvodnění navržených změn je v příslušných částech zprávy včetně zařazení do kategorie krátkodobá – dlouhodobá z hlediska výhledu jejich realizace. Opatření, která jsou v realizaci jsou výsledkem periodického hodnocená bezpečnosti.

IV.1.3.1.1 Bezpečnostní zlepšení v oblasti zemětřesení

JE EDU:

- Seismická odolnost SKK
- Seismická odolnost neseismického zařízení
- Zpracovat provozní předpis na zemětřesení
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Schopnost fungování OHO mimo HŘS
- Odolnost budovy HZSp na seismicitu
- Alternativní prostředky pro komunikaci po seismické události
- Analýza ohrožení krytů při seismické události
- Zajištění dostatku personálu po seizmické události
- Přístup k objektům, dostupnost těžké techniky

JE ETE:

- Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Schopnost fungování OHO mimo HŘS
- Odolnost budovy HZSp na seismicitu
- Alternativní prostředky pro komunikaci po seismické události
- Analýza ohrožení krytů při seismické události
- Zajištění personálu po seizmické události
- Přístup k objektům, dostupnost těžké techniky

IV.1.3.1.2 Bezpečnostní zlepšení v oblasti záplav

JE EDU:

- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Analýza ohrožení krytů při záplavách

JE ETE:

- Zodolnění objektu DG proti vnější záplavě
- Schopnost fungování OHO mimo HŘS
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Analýza ohrožení krytů při záplavách

IV.1.3.1.3 Bezpečnostní zlepšení v oblasti extrémních meteorologických podmínek

JE EDU:

- Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)
- Zpracovat provozní předpis na extrémní události (vítr, teplota, sníh)
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Zajištění dostatku personálu po extrémních událostech
- Odolnost objektů (HZSp, CČS, HVB atd.) na extremní podmínky
- Zpracování metodiky hodnocení externích vlivů, verifikace provedených analýz, případná technická opatření

JE ETE:

- Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG
- Zajištění personálu při extrémních událostech
- Zpracování metodiky hodnocení externích vlivů, verifikace provedených analýz, případná technická opatření

IV.1.3.1.4 Bezpečnostní zlepšení v oblasti ztráty elektrického napájení a konečného odvodu tepla

JE EDU:

- Zajistit dodatečný zdroj napájení systémů ZN I. kat. a vybraných spotřebičů ZN II. kat.
- Zajistit dodatečný zdroj pro doplňování PG
- Analyzovat možnost alternativního doplňování reaktoru pomocí čerpadla a nové potrubní trasy
- Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)
- Vypracovat postup na obnovu napájení po SBO všech bloků
- Vypracovat postup na ztrátu UHS a systémů TVD na všech 4 blocích
- Vypracovat postup na plnění PG všech čtyř bloků hasičskou technikou
- Plnění otevřeného reaktoru a BSVP samospádem ze žlabů XL
- Odvod tepla z chladiva v BSVP pomocí doplňování chladiva a jeho akumulace v TH nádržích
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Analýza vybíjecí doby akubaterií při uplatnění řízeného odlehčování zátěže, doplnění PP, změna zapojení a provozování nouzového osvětlení
- Zajistit alternativní zdroj pro elektrické napájení krytů a telefonních ústředen
- Zajistit alternativní zdroj elektrické energie pro napájení TSFO

- Zajištění dostatku personálu při dlouhodobém SBO
- Schopnost fungování OHO mimo HŘS

JE ETE:

- Realizovat opatření pro diverzní prostředek koncového jímače tepla (k CHV)
- Vypracovat postup na ztrátu UHS a systémů TVD na všech 4 blocích
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Alternativní doplňování vody do PG/BSVP/I.O (při roztěsněném I.O)
- Alternativní zdroj pro dobíjení akubaterií a napájení vybraných spotřebičů
- Alternativní doplňování nafty z cisterny pro dlouhodobý provoz DG
- Analýzy odvodu tepla ze systémů SKŘ po ztrátě TVD
- Přepojení armatur izolace kontejnmentu VZT systémů na akubaterie
- Využití bezpečnostních DG sousedního bloku při SBO
- Analýza vybíjecí doby akubaterií při uplatnění řízeného odlehčování zátěže, doplnění postupů
- Postup pro izolaci kontejnmentu v odstavených stavech
- Odvod tepla z BSVP bez doplňování
- Postup na obnovu napájení po SBO všech bloků
- Zajištění dostatku personálu při dlouhodobém SBO
- Analýzy možností směnového personálu při SBO na obou blocích
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Alternativní zdroje a prostředky pro komunikaci po seismické události
- Vypracovat postup pro provoz bloků při dlouhodobém napájení z nouzových zdrojů

IV.1.3.1.5 Bezpečnostní zlepšení v oblasti zvládání těžkých havárií

JE EDU:

- Zajištění obyvatelnosti BD
- Kyslíková regenerace v krytech
- Zvýšení kapacity systému likvidace havarijního vodíku
- Chlazení taveniny z vnějšku TNR
- Doplnění měření o ra situaci a stavu BSVP
- Zpracovat „shutdown SAMG“ pro odstávku / TH v BSVP
- Zajistit alternativní prostředky pro varování a vyrozumění personálu EDU a obyvatel v ZHP
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Vybudovat havarijní řídící středisko mimo lokalitu ED
- Zdokonalit školení a výcvik TPS v oblasti TH
- Připravit dohody s externími složkami (IZS, armáda) a blízkými JE

JE ETE:

- Alternativní doplňování vody do jímky kontejnmentu
- Realizace systému likvidace vodíku v kontejnmentu pro TH
- Lokalizace taveniny mimo TNR
- Ověření funkce zařízení v mimoprojektových provozních stavech
- Analýzy radiační situace na BD/ND při TH
- Zpracovat „shutdown SAMG“ (poškození paliva při otevřeném reaktoru / v BSVP)
- Návody EDMG pro použití alternativních prostředků
- Obsazení OHO kvalifikovaným a vycvičeným personálem
- Schopnost fungování OHO mimo HŘS
- Připravit dohody s externími složkami (IZS, armáda) a blízkými JE.

Vedle výše uvedených opatření navržených oběma elektrárnami zvažuje SÚJB navrhnout JE ETE analyzovat možnost a varianty úprav a doplnění projektu s cílem zavedení **ventilovaného** kontejnmentu pro případ těžkých havárií (typ II). Toto řešení bylo již aplikováno na řadě západních JE v různých řešeních. Postup by měl být koordinován s ostatním provozovateli a dozornými orgány zemí provozujících reaktory VVER – 1000.

SÚJB dále navrhne ČEZ a.s. zvážit vytvoření společného centra provozovatelů reaktorů VVER pro vzájemnou pomoc v případě těžkých havárií (Dukovany, Bohunice, Mochovce, Pakš) vzhledem k jejich vzájemné blízkosti. Společné centrum pro těžké havárie by umožnilo efektivně řešit problém nákupu finančně nákladných mobilních dieselgenerátorů, těžké techniky a dalších zařízení, jež s největší pravděpodobnosti nebudou nikdy využity.

IV.2 Shrnutí závěru

Hodnocení bezpečnostních rezerv EDU a ETE při extrémních přírodních podmínkách, při ztrátě elektrického napájení, při ztrátě odvodu tepla do koncového jímače a schopnosti zvládnout situaci při rozvoji scénáře do oblasti těžké havárie ve většině havarijních scénářů potvrdilo existenci rezerv a dostatečnou robustnost barier pro zabezpečení úrovní ochrany do hloubky jak v oblasti projektu, tak v oblasti personálního, administrativního a technického zabezpečení zvládání havárií.

I přes značnou robustnost barier lze na základě výsledků hodnocení bezpečnostních rezerv pro iniciační události, ztrátu bezpečnostních funkcí a opatření pro zvládání nadprojektových a těžkých havárií EDU a ETE konstatovat, že pro vysoce nepravděpodobné nadprojektové situace byly identifikovány příležitosti pro další zvýšení bezpečnosti.

Pro každý identifikovaný potenciál byla určena jeho významnost z hlediska velikosti bezpečnostních rezerv, tj. odolnosti proti možné ztrátě schopnosti plnění základních bezpečnostních funkcí a připravenosti zvládat vzniklou situaci. Při hodnocení významnosti rizika byl zohledněn počet úrovní ochrany do hloubky, které by musely selhat před vznikem dané situace a doba, po kterou je blok schopen odolávat s existujícími bezpečnostními rezervami. Do této doby je nutné mít k dispozici dodatečné prostředky pro zabezpečení požadovaných funkcí, nebo přijmout následná ochranná opatření pro omezení ozáření a ochranu osob.

Hodnocení vnějších rizik a analýza bezpečnostních rezerv vůči nim potvrdily ve většině havarijních scénářů, že stávající provedení obou elektráren poskytuje dostatečné rezervy v parametrech a v časech na reakci personálu k odvrácení těžkých havárie. K silným stránkám obou elektráren z pohledu vnějších rizik patří zejména:

- robustnost a konzervativnost projektu připraveného zvládat náročné podmínky
- projekt, jež prochází stálou kontrolou a prověřováním s aktuálními bezpečnostním požadavky
- trvalý proces zapracování nových bezpečnostních požadavků,
- lokality s minimálním seizmickým rizikem (v EDU probíhající zodolnění na PGA 0,1g)
- lokality prakticky vylučující vnější záplavy
- dvě velké vodní nádrže na surovou vodu pro obě elektrárny
- velká zásoby chladící vody uvnitř elektráren
- kompaktní bazény VJP zajišťující podkritičnost paliva i při zaplavení čistou vodou
- u EDU zejména velký objem hermetických prostor (barbotážní systém) a relativně menší zdrojový člen (menší výkonové parametry reaktoru).
- u ETE umístění bazénu VJP uvnitř plnotlakého kontejnmentu, aj.

Z logiky a cílů hodnocení zátěžových testů českých jaderných elektráren je nutné v závěru opětovně vyzvednout zejména skutečnost, že území České republiky není vystaveno extrémním podmínkám přírodních jevů, jako jsou zemětřesení, záplavy, extrémní klimatické

podmínky apod., které by mohly ohrozit bezpečnost jaderných elektráren Dukovany a Temelín.

Seznam obrázků

Obr. 1: Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín....25
Obr. 2: Technologické schéma EDU....29
Obr. 3: Principielní schéma havarijních systémů EDU....33
Obr. 4: Systém dochlazování EDU....36
Obr. 5: Havarijní napájení PG EDU....37
Obr. 6: Hlavní parní kolektor EDU....38
Obr. 7: Systém superhavarijního napájení PG EDU....40
Obr. 8: Bazény výměny a skladování vyhořelého paliva EDU....44
Obr. 9: Schéma systému chlazení BSVP EDU....45
Obr. 10: Řez reaktorovnou JE s VVER-440/V213....47
Obr. 11: Pasivní systém potlačení tlaku – barbotážní systém EDU....49
Obr. 12: Zjednodušené schéma systému napájení VS – 2.RB EDU....55
Obr. 13: Základní elektrické schéma EDU 1. a 2.blok – Rozvodna Slavětice....56
Obr. 14: Schéma zajištěného napájení I. a II. kategorie na EDU....58
Obr. 15: Vývoj výsledků PSA Level 1 (CDF) pro výkonový provoz EDU (R1) a pro nevýkonové režimy/odstávky (R2-R7), vnitřní iniciační události + pád letadel....63
Obr. 16: Tvary makroseismických polí zdrojových oblastí v regionu JE Dukovany....65
Obr. 17: Zóna havarijního plánování na EDU....116
Obr. 18: Zajištění vnější havarijní připravenosti EDU....118
Obr. 19: Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU na EDU....121
Obr. 20: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání Manuálů pro TPS na EDU....122
Obr. 21: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG na EDU....124
Obr. 22: Uspořádání objektů JE Temelín....154
Obr. 23: Uspořádání objektů v jaderném zařízení JE Temelín....155
Obr. 24: Technologické schéma ETE....157
Obr. 25: Zásobování ETE vodou....158
Obr. 26: Celkový přehled systémů napájení PG vodou....165
Obr. 27: Systém pomocného kondenzátoru....166
Obr. 28: Systém havarijního napájení PG....167
Obr. 29: Parovody, PV PG, PSA....167
Obr. 30: Principielní systémů havarijního chlazení na ETE....170
Obr. 31: Systém chlazení BSVP....175
Obr. 32: Základní schéma vlastní spotřeby ETE - Kočín....185
Obr. 33: Dispoziční schéma ETE – uspořádání a rozmístění zdrojů a SZN....186
Obr. 34: Zdroje napájení vlastní spotřeby ETE....187
Obr. 35: Vývoj výsledků CDF (vnitřní události) na ETE....195
Obr. 36: Základní strukturní schéma střední Evropy....197
Obr. 37: Základní strukturní jednotky Východních Alp a Karpat....197
Obr. 38: Mapa zdrojových oblastí ve střední Evropě....199
Obr. 39: Pozice ohnisek vybraných zemětřesení v alpské oblasti....201
Obr. 40: Mapa stanic sítě DSR ETE....205
Obr. 41: Seismický monitorovací systém....205
Obr. 42: Síť dešťové kanalizace na ETE (na obr. označeno zeleně)....211
Obr. 43: Vodní díla v okolí ETE....212
Obr. 44: Zóna havarijního plánování ETE....243
Obr. 46: Zajištění vnější havarijní připravenosti ETE....245
Obr. 47: Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU na ETE....247

Obr. 48: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání Návodů pro TPS na ETE 249
Obr. 49: Schéma komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG na ETE 250

Seznam tabulek

Tabulka 1: Pro jaderný blok VVER-440 typ 213 se rozlišuje 7 režimů bloku. 34
Tabulka 2: Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE EDU 50
Tabulka 3: Vybíjecí doby akubaterií dle projektu na EDU 61
Tabulka 4: Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO na EDU....61
Tabulka 5: Systém dělení zlomů do tříd na EDU 66
Tabulka 6: Stavební objekty EDU zařazené v kategorii S s požadavkem seismické odolnosti 68
Tabulka 7: Seznam vybraných strojních systémů na EDU....69
Tabulka 8: Seznam vybraných systémů elektro na EDU 69
Tabulka 9: Seznam vybraných systémů SKŘ na EDU....70
Tabulka 10: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při zemětřesení na EDU 75
Tabulka 11: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při záplavách na EDU....82
Tabulka 12: Parametry pro 100leté a 10 000leté zatížení od účinků přírodních jevů na EDU 84
Tabulka 13: Seizmické kategorie bezpečnostně významných objektů na EDU....84
Tabulka 14: Rizikové kombinace extrémních klimatických jevů v lokalitě EDU 86
Tabulka 15: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při extrémních přírodních jevech na EDU 90
Tabulka 16: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě elektrického napájení na EDU....101
Tabulka 17: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky v případě ztráty konečného jímače tepla na EDU....107
Tabulka 18: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s úplnou ztrátou vnějšího napájení (SBO) na EDU....111
Tabulka 19: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti UHS na EDU 112
Tabulka 20: Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření na EDU 128
Tabulka 21: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při havarijních událostech na EDU....136
Tabulka 22: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (po těžkém poškození paliva) na EDU....148
Tabulka 23: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (ohrožení integrity kontejnmentu vodíkem) na EDU....153
Tabulka 24: Pro jaderné bloky VVER1000 na JE Temelín se rozlišují tyto režimy bloku:....163
Tabulka 25: Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE ETE 179
Tabulka 26: Vybíjecí doby akubaterií v projektových režimech na ETE 192
Tabulka 27: Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO na ETE 193
Tabulka 28: Závazné projektové hodnoty zrychlení na ETE 196
Tabulka 29: Systém dělení zlomů do tříd a jejich číselné kódování na ETE....200
Tabulka 30: Parametry odolnosti (“Fragility”) vybraného typového zařízení na ETE 204
Tabulka 31: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti zemětřesení na ETE....209
Tabulka 32: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při záplavách na ETE 217
Tabulka 33: Hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek pro projektovou úroveň a extrémní výpočtové zatížení (s výjimkou dešťových srážek) na ETE....221
Tabulka 34: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti extrémním povětrnostním podmínkám na ETE 221

Tabulka 35: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky proti ztrátě koncového jímače tepla kombinované s SBO na ETE.....238
Tabulka 36: Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření na ETE.....253
Tabulka 37: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při havarijních událostech na ETE.....261
Tabulka 38: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech, jejichž důsledkem může být vznik těžké havárie (po těžkém poškození paliva) na ETE.....273
Tabulka 39: Příležitosti ke zlepšení ochrany do hloubky při událostech s možným důsledkem vzniku těžké havárie (k zamezení radioaktivních úniků) na ETE.....277

Reference

EDU

Dokumenty ověřené v rámci licenčního procesu

1. PpBZ EDU, kap. 3.12.6
2. PpBZ EDU, kapitola 15.10 Závěry z PSA (2010)
3. PpBZ EDU, kapitola 3.4 Posouzení odolnosti vůči záplavám.
4. PpBZ EDU, kapitola 3.12.2 Posouzení rizika ztráty koncového jímače tepla (ČS Jihlava, CCHV, TVD).
5. PpBZ EDU, kapitola 3.3 Zatížení od extrémních klimatických podmínek.
6. PpBZ EDU, kapitola 3.12.6.3 Poruchy v bazénu skladování paliva
7. PpBZ EDU, kapitola 3.5 Ochrana proti letícím předmětům, revize 2010
8. PpBZ EDU, kapitola 3.12.6.3 Poruchy v bazénu skladování paliva

Dokumenty řízené v rámci programu zajištění jakosti

9. Metodologie pro hodnocení seizmické odolnosti EDU –Blok č.1-4, aplikace metod SMA a GIP vč. Určení referenčního zemětřesení, Stevenson and associates, Zpráva č. rep05-95.edu revize 5
10. IAEA Safety Guide 50-SG-D15 Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants. IAEA, Vienna, 1992
11. Podlažní seizmická spektra odezvy v HVB, původní nezodolněná konstrukce, seizmické zadání 12/95, zpr. č.087-006 DAVID Praha 1996"
12. Seizmické zadání pro nově dodávané a inovované zařízení JE Dukovany, Stevenson and associates, zpráva č. rep73-00inv, revize 1
13. DAVID, proj.,inženýrská a konzultační kancelář: Posouzení seismických účinků na OK SO 530 - Dieselgenerátorová stanice 1 a 2 blok, Arch.č. 0222-1, č. 0222-2, č. 0222-3, Praha, 1998
14. DAVID, Hodnocení seismické odolnosti objektů DGS na 3. a 4. bloku EDU arch č.03-068
15. DAVID&PARTNER 02-033 Seismické hodnocení stavebních konstrukcí na hranici hermetické zóny v podmínkách havárie malé a střední LOCA.
16. DAVID&PARTNER 04-093 Projekt seismické kvalifikace EDU - posouzení seismické odolnosti nosné konstrukce ventilačního komína II. HVB
17. SEDYC R044-2005-06.edu Seizmické hodnocení stavebních objektů SO 593/01-01,02 budovy SHN JE Dukovany
18. SEDYC R014-2007-04.sall Hodnocení stavebních objektů SO 593/01-01,02 budovy SHN
19. EGP 4403-F-020107 Posouzení seizmických účinků včetně analýzy seismické interakce pláště věže s vnitřní vestavbou chladicího systému.
20. SEDYC R057-2005-08.edu Seizmické hodnocení stavebních objektů SO 584/1-01,02 EDU
21. DAVID&PARTNER 02-033-4 Hodnocení seismické odolnosti kabelových a potrubních kanálů SO 350/1-01, 350/1-02, 401/1-01, 401/1-02
22. ÚAM Brno, 4405/08, Zhodnocení oprav a úprav pro zajištění seizmické odolnosti vnějších kabelových kanálů a rýh SO 350/1-01, 350/1-02
23. Stevenson and associates, zpráva č. rep114-01. inv, 2001 Hodnocení seizmické odolnosti zděných nenosných stěn a příček v HVB EDU-blok1
24. SEDYC R116-2010-11.egpi, Hodnocení seizmické odolnosti příček PROMONTA

v podélné etažérce JE Dukovany 1. blok
25. Holý, Husťák, Jaroš, Kolář, Kubíček, Sedlák, Štván: Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti jaderné elektrárny Dukovany. Dokumentace PSA, knihy I - IV. ÚJV Z 2467T. ÚJV Řež a.s., leden 2007.
26. Husťák, Adamec: Vnitřní záplavy, revize 2, ÚJV řež, srpen 1995.
27. Husťák: Analýza vnitřních záplav pro nízkovýkonové a nevýkonové stavy, revize 1. ÚJV Řež, říjen 1999.
28. Provozní předpis P002z Záplavy.
29. Raisigl a kolektiv: Rozbor výpadků technické vody důležité, cirkulační chladicí vody, čerpací stanice Jihlava. EGP Praha, zpráva EGP 4910-T-000300, 03/2001.
30. Kolář: PSA pro vnější události způsobené přírodou. Dokumentace PSA, kniha I, kapitola 4.1 Přírodní události, ÚJV Řež, 2008.
31. DAVID: Posouzení účinků extrémních meteorologických vlivů na konstrukce chladicích věží, 2000.
32. Provozní předpis LAS P002i Výpadky technologických médií, kap. 6.4 Destrukce chladicích věží a elektrického vedení 400kV a 110 kV.
33. PIN AE-5.6 Normy projektování JE, Ministerstvo Jaderné energetiky SSSR, 1986.
34. Novotný, Bredykhin, Klug: Analýza technických podmínek připojení čerpadel ČSJ (typu VD400) na DG, TES, zpráva TES-Z-09-114, 2009
35. Sellers, Vymazal, Willes: Verifikace postupu řešení „TPo_5983 EDU Řešení následků vnějších událostí extrémní vítr“ pro Jadernou elektrárnu Dukovany (EDU), říjen 2010.
36. Blaha, Deliergyev: Bilanční T-H analýzy pro ověření možnosti dochlazení výrobních bloků EDU při události extrémní vítr, TES, zpráva TES-Z-09-123, 2009, revize 1
37. Malý: Analýza ohrožení skladu vyhořelého paliva pádem chladicích věží, EGP Praha, 6/2001
38. Gottvald: Posouzení chladících věží EDU na projektový a maximální vítr. Zpráva ÚAM Brno 4551/09, 10/2009.
39. Hladký, Mladý: Aktualizace vnější události „extrémní vítr“, Living PSA 2009, ČEZ, JE Dukovany, 12/2009.
40. Sellers, Vymazal, Willes: Verifikace postupu řešení „TPo_5983 EDU Řešení následků vnějších událostí extrémní vítr“ pro Jadernou elektrárnu Dukovany (EDU), říjen 2010.
41. Štěpánek, Zahradníček: Poskytnutí meteorologických dat a zpracování odborného stanoviska pro účely předpovědi extrémního nárazového větru v lokalitě Dukovany, ČHMÚ Brno, 2010.
42. Štěpánek, ČHMÚ Brno: E-mailová zpráva z 3.2.2011 + příloha (data nárazového větru ze stanice Dukovany z let 1983-87 a 2010).
43. Holý: Přehled výsledků výpočtů extrémních rychlostí větru, ÚJV Řež, 2010.
44. Lukavec: Stanovení mezní odolnosti chladících věží při zatížení extrémním větrem, M.L.E.&C., 12/2010
45. Lukavec: Stanovení mezní odolnosti konstrukcí bezpečnostně významných budov JE Dukovany na účinky větru, M.L.E.&C., 12/2010
46. Štěpánek a kol.: 5239 Seismické zodolnění nosných konstrukcí HVB I a HVB II. přepočet objektů strojoven SO 490/1-01 a 02 s úpravami dle projektu 5766 na zatíýení při všech extrémních klimatických jevech. Bestex 08/2010, zpráva pro EGPI Uherský Brod.
47. Provozní předpis P002b Napájení VS EDU při nehodě typu Black out.
48. BCO Provoz 3. a 4. RB bez možnosti dlouhodobého napájení VS z TG zregulovaného na VS, 34EDU/2011/BCO-01, revize 0, kapitola Pravděpodobnostní hodnocení.
49. Bízek, Husťák: Souhrnná zpráva Living PSA 2009, revize 1, ÚJV Z 2708T, 12/2009.
50. Blaha: Vyhodnocení měření průtočné charakteristiky mobilního požárního čerpadla NH55 dle OP 142/10, zpráva TES-Z-10-140, 11/2010.
51. Pelán, Frélich, Heralecký: Nouzové chlazení bazénu skladování vyhořelého paliva JE Dukovany, zpráva TES ZT05093, 10/2005.
52. Provozní předpis P002c: Likvidace poruchových stavů v režimech 4 až 7.

53. Provozní předpis P002b: Napájení VS při nehodě typu black out.
54. Posouzení odolnosti JE Dukovany vůči extrémně vysokým venkovním teplotám, ÚJV Řež, a.s., divize Energoprojekt Praha, arch.č. EGP 5090-T-002003, prosinec 2003
55. Revize posouzení odolnosti JE Dukovany vůči extrémně vysokým venkovním teplotám, ÚJV Řež, a.s., divize Energoprojekt Praha, arch.č. EGP 5010-F-08099, prosinec 2008
56. Jaroš: Pády letadel. Dokumentace PSA, kniha I, kapitola 4.4 Analýza pádu letadla, ÚJV Řež, revize 2010.
57. Novotný, Bredykhin, Klug: Analýza technických podmínek připojení čerpadel ČSJ (typu VD400) na DG, TES, zpráva TES-Z-09-114, 2009.
58. Blaha, Deliergyev: Bilanční T-H analýzy pro ověření možnosti dochlazení výrobních bloků EDU při události extrémní vítr, TES, zpráva Obsah, revize, 12009.
59. Sellers, Vymazal, Willes: Verifikace postupu řešení „TPo_5983 EDU Řešení následků vnějších událostí extrémní vítr“ pro Jadernou elektrárnu Dukovany (AMEC s.r.o., Analýza C938-10-0, říjen 2010).
60. Král P.: Analýzy odstavených stavů JE Dukovany - ztráta odvodu tepla z důvodu ztráty proudění v II.O. ÚJV Z 3004 T, prosinec 2010.
61. Raisigl a kolektiv: Rozbor výpadků technické vody důležité, cirkulační chladicí vody, čerpací stanice Jihlava. EGP Praha, zpráva EGP 4910-T-000300, 03/2001PpBZ JE Dukovany, kapitola 3.12.2 Posouzení rizika ztráty koncového jímače tepla (ČS Jihlava, CCHV, TVD).
62. Provozní předpis LAS P002i: Výpadky technologických médií, kap. 6.4 Destrukce chladicích věží a elektrického vedení 400kV a 110 kV.Lahovský: Analýzy vybraných nadprojektových událostí v JE Dukovany - Velké LOCA bez NTČ; ztráta koncového jímače tepla; ÚJV Z 1854 T, březen 2007
63. Lahovský: Analýzy nadprojektových událostí - úplná ztráta napájení JE střídavým proudem (blackout) - ÚJV Z 3006 T, prosinec 2010.
64. Vranka, Bachratý: Analýza vychladzovania primárneho okruhu pomocou SHNČ v Režime 6, IVS Trnava, september 2006.
65. Posouzení odolnosti JE Dukovany vůči extrémně vysokým venkovním teplotám, ÚJV-Řež, a.s., divize Energoprojekt Praha, arch.č. EGP 5090-T-002003, prosinec 2003
66. Revize posouzení odolnosti JE Dukovany vůči extrémně vysokým venkovním teplotám, ÚJV-Řež, a.s., divize Energoprojekt Praha, arch.č. EGP 5010-F-08099, prosinec 2008
67. Provozní předpis P002c: Likvidace poruchových stavů v režimech 4 až 7.
68. Blaha: Vyhodnocení měření průtočné charakteristiky mobilního požárního čerpadla NH55 dle OP 142/10, zpráva TES-Z-10-140, 11/2010.
69. Pelán, Frélich, Heralecký: Nouzové chlazení bazénu skladování vyhořelého paliva JE Dukovany, zpráva TES ZT05093, 10/2005.
70. Kodl, Konečná, Hep: Poruchy v bazénu skladování paliva EDU pro palivo Gd-2M a zvýšený výkon, zpráva Škoda JS, Ae12556_r0.doc, duben 2008.
71. J. Dienstbier: Analýza rizika detonace vodíku v kontejnmentu JE Dukovany pro scénář typu “blackout” bez zásahu obsluhy. Revize 1. Zpráva ÚJV Z-1782-T R1, červen 2007.
72. J. Dienstbier: Analýza rizika detonace vodíku v kontejnmentu JE Dukovany pro scénář typu “blackout” se zásahy dle EOP a SAMG. Zpráva ÚJV Z-1974-T, listopad 2007.
73. International standard ISO 10645. Nuclear energy – Light water reactors – Calculation of the decay heat power in nuclear fuels. 1992.
74. P. Vokáč, J. Dienstbier: Vyhodnocení radiačního ohrožení dozoren EDU při těžké havárii. ÚJV Z-485-T, listopad 1999.
75. J. Dienstbier: Analýza rizika detonace vodíku v kontejnmentu JE Dukovany pro scénář typu “transient” bez zásahu obsluhy. Revize 1. Zpráva ÚJV Z-1879-T, červen 2007.

76. J. Dienstbier: Návrh systému likvidace vodíku pro JE Dukovany. Zpráva ÚJV Z-2760-T, červen 2010.
77. B. Kujal: Aplikace návodů SAMG při těžké havárii iniciované úplným výpadkem napájení střídavým elektrickým proudem na bloku VVER-440/213. Zpráva ÚJV Z-1227-T, září 2004.
78. J. Dienstbier: Steam generator tube/collector rupture scenarios with flooded SG secondary side. 5th EU FW programme SGTR, report SAM-SGTR-D017, February 2002.
79. J. Dienstbier: Vyhodnocení strategií SAMG pro JE Dukovany VVER-440/213. ÚJV Z-1120-T, prosinec 2003.
80. J. Dienstbier: Validace SAMG bloku VVER-440/213 JE Dukovany. Souhrnná zpráva ÚJV Z-1252-T, říjen 2004.
81. J. Dienstbier: PSA 2. úrovně pro blok 1 JE Dukovany. Revize 3. ÚJV Z-1484-T R1, leden 2006.
82. T. Kanzleiter: Hydrogen Recombiner Tests HR-1 to HR-5, HR-27 and HR-28. Tests without steam using AREVA PAR. OECD/NEA THAI Project Report 150 1326-HR-QLR-1.
83. T. Kanzleiter: Hydrogen Recombiner Tests HR-6 to HR-13, HR-29 and HR-30. Tests with steam using AREVA PAR. OECD/NEA THAI Project Report 150 1326-HR-QLR-2.
84. R. Prior et. al.: VVER-440/213 (Bohunice V2) Analysis of BDBA and Severe Accidents without Operator Actions. WENX-97-24. PHARE 4.2.7.a/93. September 1997

Dokumenty ostatní

85. IAEA Safety Guide NS-G-3.3 Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants
86. [3] IAEA Safety Guide 50-SG-S1 Earthquakes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting (Revision 1). IAEA, Vienna, 1991
87. Safety Guide NS-G-3.4: Meteorological events in site evaluation for Nuclear power Plants, IAEA 2003.
88. ČSN 73 0036 Seismická zatížení staveb. Praha, 1975
89. Vyhláška SÚJB č. 215/97 Sb. “O kritériích na umísťování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření”. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, 1997.

ETE:

Dokumenty ověřené v rámci licenčního procesu

1. PpBZ, kap. 2.4, Hydrologie
2. PpBZ, kap. 3.3, Zatížení větrem a ostatními klimatickými účinky
3. PpBZ, kap. 3.5, Ochrana před letícími předměty
4. PpBZ, kap. 2.5, Geologie, seismologie a geotechnika
5. PpBZ, kap. 3.8, Stavební konstrukce 1. kategorie seismické odolnosti
6. PpBZ, díl 6, Bezpečnostní systémy
7. PpBZ, díl 8, Elektrické systémy
8. PpBZ, díl 15, Bezpečnostní rozbory
9. PP TC111, Neutronově fyzikální charakteristiky AZ
10. H03, Vnitřní havarijní plán JE Temelín

Dokumenty řízené v rámci programu zajištění jakosti

11. AUDIT 12A, Stanovení postupu pro činnosti v případě Blackoutu elektrárny a zhodnocení schopnosti projektu jej plnit, Technická zpráva arch. č. 4302-6-960423, EGP
12. Vodíkové riziko při těžkých haváriích jaderných elektráren VVER a jeho zmírnění – souhrnná zpráva, ÚJV-Z-2028-T, listopad 2007
13. Vyhodnocení reziduálních rizik těžké havárie na bloku VVER-1000/320 na JE Temelín. Část 4: Vyhodnocení výsledků výpočtových analýz a stanovení reziduálního rizika, ÚJV-Z–2829-T, Kujal B, prosinec 2010
14. Ladění a výpočtová analýzy sekvence typu IIA kódem MELCOR, ÚJV Řež, Listopad 1997, Ev. č. ÚJV Z-233-T
15. Analýza zásahu operativního personálu za podmínek nedostatečného chlazení AZ, ÚJV Řež, prosinec 1996, v rámci projektu "Hodnocení bezpečnosti bloků VVER-1000", SOD D/6049/205/94
16. Výpočtová analýza sekvence typu I-A kódem MELCOR, Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s., ÚJV Z-239-T, listopad 1997
17. Analýza sekvence TLCD kódem MELCOR, ÚJV Řež a.s., ÚJV Z-143-T, prosinec 1996
18. Ladění a výpočtová analýza sekvence typu V kódem MELCOR. ÚJV Řež a.s., ÚJV Z-319-T, říjen 1998
19. Ověření strategie omezení úniků štěpných produktů, Část 1: Výběr a výpočet základního scénáře, ÚJV Řež a.s., Zpráva ÚJV Z-1606-T, březen 2006
20. Analýza výpadku chlazení bazénů skladování vyhořelého paliva pro JE Temelín, TES s.r.o., Zpráva ZT04156, září 2004
21. Výpočty zdrojů tepla, ověření radiační ochrany a TH analýzy chlazení bazénu vyhořelého paliva ETE, ŠKODA JS a.s., Zpráva Ae12525/Dok, Červen 2008
22. Dodatek ÚP - II. etapa dÚP č.406 - „Režimy a činnost po seizmické události, rozbor technologických systémů˝, arch.č. EGP 4101-6-950063, Energoprojekt Praha, 1995
23. OP 392 - ,,Aktualizace seznamu zařízení zařazených do kategorie seismické odolnosti“, arch.č. EGP 4101-6-950063b, Energoprojekt Praha, 1999
24. PP TC006, Činnosti při poruchách
25. PP TC007 TC008, Činnosti při haváriích - Soubor havarijních provozních postupů
26. PP TS171 – Provozní předpis pro systém provozní diagnostiky I.O
27. Zvláštní povodně na Vltavské kaskádě VD Lipno I – pokračování po profil hráze VD Orlík, DHI Hydroinform a.s. Praha
28. Posouzení účinku extrémních srážek s dobou opakování N=100, 1000 a 10 000 let na povrchový odtok v areálu ETE, prof.Ing.František Hrádek, DrSc
29. Audit 17F, Analýza zaplavování reaktorovny a dalších objektů z různých příčin, arch. č. 4100-6-970007, EGP Praha 1997
30. Audit 17B "Analýza konečného odvodu tepla", EGP 4201-6-950191, listopad 1995
31. PP 0TC030, Návody pro řízení těžkých havárií
32. 0TAP022, Návod na použití havarijních provozních postupů
33. Audit 12B, Rozbor systému akumulátorových baterií, EGP, březen 1996
34. PP 0TC007/1, Činnosti při haváriích, obecné informace
35. PpBZ, kap. 2.2, Blízké průmyslové, dopravní a vojenské objekty
36. PP 0TAP006, Vstup personálu do kontejnmentu při provozu bloku
37. PP 1,2TC014. Kontroly dle LaP
38. PP 1,2TC015. Kontroly mimo LaP
39. ČEZ_ME_0684, Revizní řád silnoproudého elektrozařízení ve správě ČEZ a. s., Divize Výroba, lokalita ETE
40. PP 1,2TC016, Činnosti pro odezvu na alarmy
41. ČEZ_ME_0231, Provádění kontrol zařízení provozním personálem ETE
42. ZI-25, Zásahová instrukce pro posuzování závažnosti vzniklých událostí
43. ČEZ_ST_0041, Řízení havárií na JE
44. ZI-33, Přechod řídícího operativního personálu z BD na ND
45. PP 0TS419, Postupy pro řešení SBO

46. Ověření strategie zaplavení parogenerátorů Část 1: Výběr a výpočet základního scénáře, zpráva ÚJV Z-1123-T, březen 2004
47. Ověření strategie zaplavení parogenerátorů Část 2: Výpočty variantních scénářů a zhodnocení strategie, zpráva ÚJV Z-1150-T, březen 2004
48. Validace návodu SCG-2 pro blok VVER-1000 na JE Temelín, Část 1: Analýza základního scénáře, zpráva ÚJV Z-1482-T, prosinec 2005
49. Validace návodu SCG-2 pro blok VVER-1000 na JE Temelín, Část 2: Analýza zásahu protipožárních a ventilačních systémů, zpráva ÚJV Z-1483-T, prosinec 2005
50. Analýza rizika seismických událostí na ETE
51. Seismic Fragility Analysis of Temelin NPP, EQE International, Inc., December 1995
52. Souhrnné vyhodnocení seismické bezpečnosti ETE, AV ČR, Ústav struktury a mechaniky hornin, 1999
53. Hodnocení rizika vodíkového požáru pro reaktor VVER-1000 na JE Temelín v průběhu scénáře TBCS, ÚJV Řež a.s., Zpráva ÚJV Z-1825-T, březen 2007
54. Odborná pomoc AUDIT č. 10 B, Detailní posouzení projektu jímky kontejnmentu a připojených systémů, Technická zpráva, EGP Praha 04/1995, Archivní č. 4101-6-950002
55. Analytické a experimentální zhodnocení stávajícího řešení mříží a sítových konstrukcí nádrže GA201 z pohledu jejich zanášení strhnutým izolačním materiálem typu JERZIL – Standard v podmínkách maximální projektové havárie na JE Temelín, VÚEZ Levice, 1998, Archivní č. A-ŠT-OTS-1126
56. Analýzy pravděpodobnostního hodnocení rizika (PSA) ETE (vnější záplavy)
57. Validace SAMG pro blok VVER-1000 na JE Temelín. Výběr scénářů těžkých havárií pro validaci, ÚJV Z-1115-T, prosinec 2003
58. Výpočty limitního zatížení kontejnmentu, EGP a.s, 4503-6-930184, Duben 1993,
59. Výpočty odstavených stavů reaktoru JE Temelín, ÚJV Z 472 T, Září 1999
60. ČEZ_ST_040 - Ochrana integrity fyzických bariér JE proti úniku aktivity
61. PP TC004 –Provoz bloku při odstávce

Dokumenty ostatní

62. IAEA Safety Guide NS-G-1.8
63. Abstrakt výpočtového programu RTARC
64. Postup pro namanipulování trasy z ELI do RNVS ETE přes linky V9001 nebo V9002 pro dispečink 110 kV E.ON
65. Postup pro blackstart, připojení TG do vyčleněné trasy a obnovení parametrů v této trase pro ELI
66. TECDOC – 343, IAEA, 1985
67. Dopis od AEP 20TE-800-1423 ze 7. 7. 2011
68. Upřesnění časových poměrů při blackoutu (SBO) na ETE v závislosti na výchozím výkonu reaktoru a dalších předpokladech - úvodní výpočty RELAP 5, P. Král, ÚJV Řež
69. ICE9/ZE01594/TD/OP/rev00, Certifikační zpráva „Ostrovní provoz TG ETE, 08/2008