

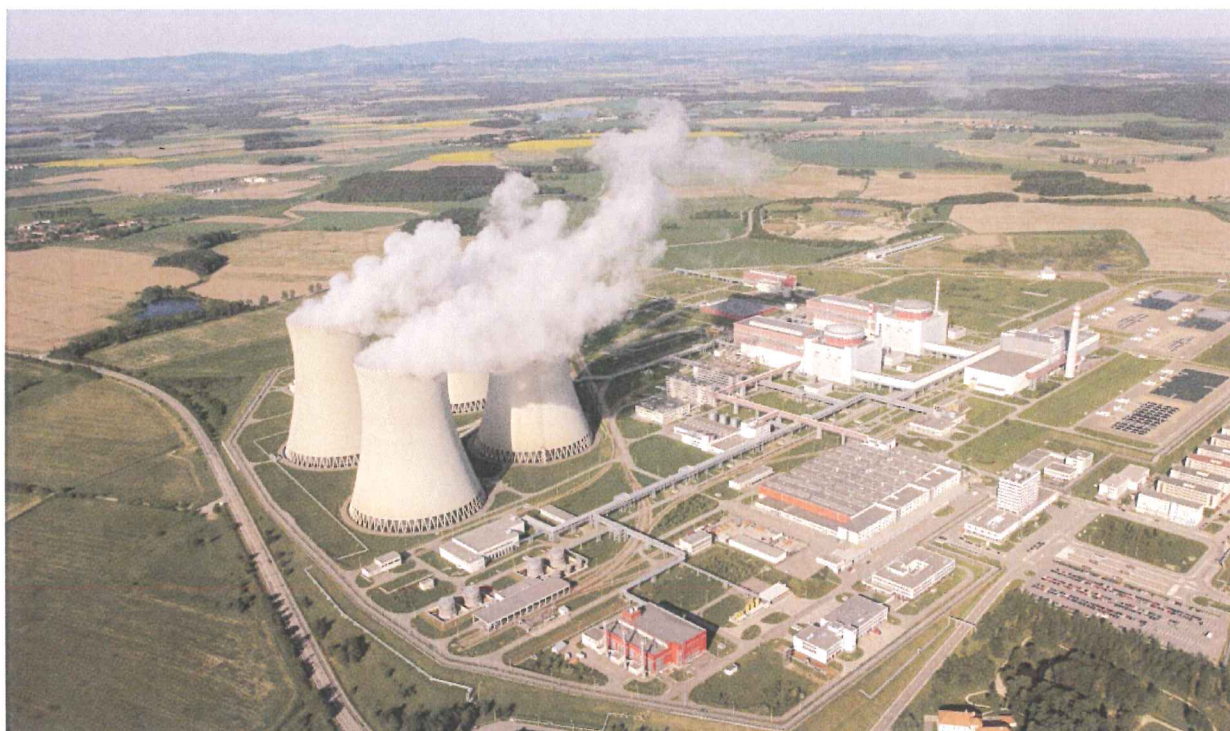


Zátěžové testy JE – ČEZ, a.s.

Ocenění bezpečnosti a bezpečnostních rezerv

JE Temelín

(z pohledu skutečností havárie na JE Fukushima)



Evidenční číslo: **ČEZ_ETE_001r00**

Evidenční číslo: ČEZ_ETE_001r00		Datum:	Podpis:
DOPORUČUJE:	ředitel útvaru Bezpečnost DV	19.12.2011	
	ředitel útvaru Centrální Inženýring	20.12.2011	
	ředitel útvaru Asset Management	20.12.2011	
PŘEDKLÁDÁ	ředitel Jaderné elektrárny Temelín	21.12.2011	
SCHVÁLIL:	ředitel divize Výroba	22.12.2011	

ANOTACE

Zátěžové testy jaderných elektráren požadované Evropskou radou jsou definovány jako cílené hodnocení bezpečnostních rezerv a odolnosti JE, na pozadí skutečností, ke kterým došlo v Japonsku na JE Fukushima-Daiichi, po zemětřesení a následné vlně tsunami dne 11.3.2011. Zadání požaduje analyzovat kombinace extrémních situací, které vedou k těžké havárii jaderného zařízení, bez ohledu na jejich nízkou pravděpodobnost. Toto je třeba mít při čtení a studiu popisovaných událostí stále na zřeteli.

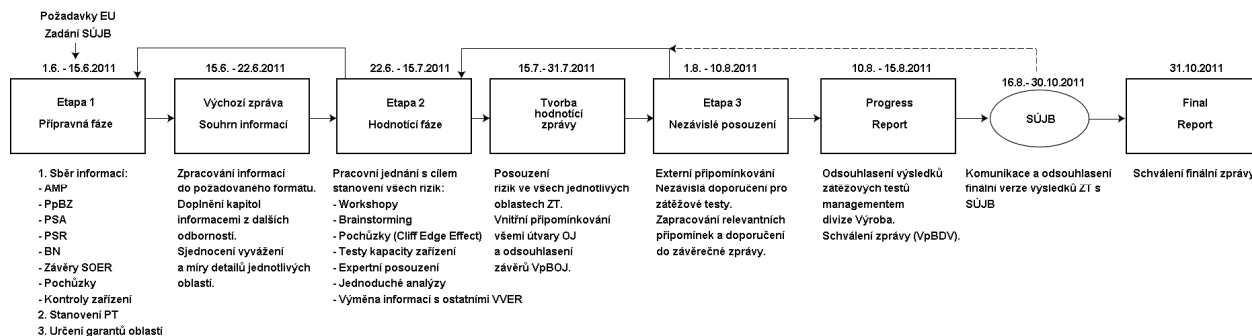
Na základě skutečností o havárii v JE Fukushima-Daiichi byla mezinárodními jadernými institucemi vydána řada závěrů a ponaučení pro jaderný průmysl a národní jaderné dozory, které jsou aplikovatelné pro všechny typy reaktorů. Předkládaná zpráva obsahuje výsledky zátěžových testů, specifikovaných deklarací ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group) ze dne 13. března 2011 „EU Stress Tests Specifications“. Zátěžové testy jsou součástí komplexního hodnocení bezpečnosti JE, které navazuje na mezinárodní dokumenty publikované k dané události, např.:

- WANO SOER 2011-2, Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Caused by Earthquake and Tsunami, March 2011
- SOER 2011-3, Fukushima Daiichi Nuclear Station Spent Fuel Pool/Pond Loss of Cooling and Makeup, August 2011
- INPO Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Station, November 2011
- IAEA International fact finding expert mission of the Fukushima-Daiichi NPP accident following the great east Japan earthquake and tsunami, 16. červen 2011
- US NRC Recommendation for enhancing reactor safety in the 21th century, 12. červenec 2011

O provedení zátěžových testů byl ČEZ,a.s. požádán dopisem SÚJB ze dne 25. 5. 2011. Provedení zátěžových testů bylo upraveno příkazem ředitele Divize výroba ČEZ,a.s., který specifikoval jejich rozsah a způsob provedení.

Hodnocení bylo provedeno specialisty z oborů jaderné bezpečnosti, projektování jaderných zařízení, managementu havárií, havarijní připravenosti a výzkumu fenomenologie těžkých havárií, plně kvalifikovanými pro tuto činnost. Hodnotitelé postupovali v souladu s deterministickým přístupem předpokládaného postupného selhání všech preventivních opatření při hodnocení extrémních scénářů.

Vzhledem ke krátké době, ve které musely být zátěžové testy provedeny byl jmenován pracovní tým, stanoven pevný harmonogram a definovány výstupy z jednotlivých etap jejich zpracování. K termínu 15.8. byl SÚJB informován o aktuálním stavu a postupu hodnocení formou tzv. Progress reportu.



V průběhu zpracování hodnocení proběhlo několik pracovních setkání se zpracovateli zátěžových testů ostatních JE typu VVER v rámci tzv. klubu VVER (EDU, Paks, Loviisa, Bohunice, Mochove) a JE Kozloduj. V rámci WANO MC probíhají 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 Westinghouse.

Hodnocení popisuje charakteristiku projektu JE Temelín a její lokality na základě znalostí, které vyplývají z bezpečnostních studií, analýz, průzkumů a inženýrského odhadu, a týkají se současného výskytu několika neočekávaných (nadprojektových) a nepravděpodobných situací a poruch, kombinací kterých dochází k hypotetickému havarijnímu stavu bloku s předpokládanou četností výskytu jedenkrát za 1 000 000 let provozu JE nebo ještě menší.

Hodnocení zahrnuje:

- 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 těmito 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

V hodnocení jsou postiženy všechny provozní režimy a stavy jaderných bloků. Konkrétně se zabývá dopady událostí jako je zemětřesení, záplavy, extrémní přírodní vlivy, ztráta vnějších zdrojů el. napájení, úplná ztráta el. napájení a ztráta koncového jímače tepla. Významnou část zprávy tvoří rovněž kapitola „těžké havárie“, jež popisuje procesy a strategie pro jejich zvládnutí v různých fázích. Tato zpráva je hodnotí a popisuje výrazně nad rámec licenčních požadavků stanovených platnou legislativou (Zákon č. 18/1997 Sb.).

Výsledky hodnocení potvrzují skutečnost, že robustnost JE Temelín poskytuje značné rezervy k odvrácení těžkých havárií. K silným stránkám z pohledu vnějších rizik patří zejména:

- robustnost a konzervativnost projektu připraveného zvládat náročné podmínky,
- projekt, jež prochází stálou kontrolou a prověřováním s aktuálními bezpečnostními požadavky,
- trvalý proces zapracování nových bezpečnostních požadavků,
- lokalita s minimálním seismickým rizikem,
- lokalita prakticky vylučující vnější záplavy,
- velká vodní nádrž na doplňování surové vody,
- velká zásoba chladicí vody uvnitř elektrárny,
- kompaktní bazény použitého jaderného paliva zajišťující podkritičnost paliva i při zaplavení čistou vodou,
- umístění bazénu použitého jaderného paliva uvnitř plnotlakého kontejmentu.

Bezpečnost JE Temelín byla v minulosti potvrzena celou řadou mezinárodních misí posuzujících úroveň zajištění jaderné bezpečnosti, s uvážením zkušeností západních JE. Jednalo se zejména o následující mise:

- Site Safety Review, Design Review, NUS Halliburton (1990): hodnocení lokality, bezpečnostních systémů, projektu aktivní zóny a bezpečnostních analýz,
- Pre-Operational Safety Review (Pre-OSART), IAEA (1990): hodnocení výstavby elektrárny a přípravy provozu,
- Pre-Operational Safety Review Follow up, IAEA (1992): hodnocení plnění doporučení z roku 1990,
- Quality Assurance Review IAEA (QARAT) (1993): prověrka oblasti zabezpečování jakosti,
- Leak Before Break Application Review, IAEA (1993 – 1995): aplikovatelnost metody LBB v souladu se světovou praxí,

- Fire Safety IAEA (1996): soulad s mezinárodními trendy v oblasti protipožární ochrany,
- International Peer Review Service – PSA 1, PSA 2, IAEA (IPERS), (1995 – 1996): hodnocení míry osvojení metodologie PSA,
- Safety issues of WWER 1000 Resolution Review, IAEA (1996): posouzení bezpečnostních nálezů identifikovaných IAEA pro jaderné elektrárny s reaktory typu VVER1000/320,
- Physical Protection Assurance – IPPAS, IAEA (1998): koncepce způsobu zajištění fyzické ochrany a zajištění fyzické ochrany v období výstavby,
- Operational Preparedness and Plant Commissioning Review, IAEA (2000): posouzení oblastí Management, Organizace a Řízení, Provoz, Údržba a Spouštění,
- Operational Safety Review (OSART) IAEA (2001): hodnocení provozní bezpečnosti JE,
- Safety Issues of WWER 1000 Resolution Review Follow up, IAEA (2001): kontrola stavu řešení bezpečnostních nálezů obsažených v dokumentu IAEA-EBP-VVER-05,
- International Physical Protection Advisory Service (IPPAS), IAEA (2002): hodnocení konečného stavu zajištění fyzické ochrany JE,
- Site Seismic Hazard Assessment – expert mission, IAEA (2003): návaznost na misi z roku 1990, hodnocení výsledků místní seismické monitorovací stě v okolí JE (potvrzena dostatečná hodnota zrychlení 0,1 g pro seismickou úroveň (SL2),
- International Probabilistic Safety Assessment Review, IAEA (IPSART) (2003): hodnocení nově aktualizovaných modelů PSA pro vnitřní iniciační události,
- Operational Safety Review Follow-up (OSART FU), IAEA (2003): posouzení reakcí elektrárny na doporučení z roku 2001.
- Peer Review, WANO (2004): prověrka oblastí provozní bezpečnosti JE ostatními provozovateli jaderných elektráren,
- Peer Review Follow-up, WANO (2006): ověření plnění doporučení v oblastech Organizace a řízení, Údržba, Technika a Chemie.
- WANO Peer Review (2011): opakovaná prověrka řízení oblastí JE od ostatních provozovatelů jaderných elektráren

Z pohledu zátěžových testů je významné zejména pozitivní hodnocení lokality. Přestože území České republiky není rizikové z pohledu extrémními klimatických jevů, byla při výběru lokality pro umístění JE Temelín plně respektována oficiální kritéria IAEA, stanovená od r. 1979 obecně závazným předpisem, který specifikoval umístění budoucích JE právě s ohledem na minimalizaci rizik ve vztahu k vnějším vlivům.

Z tohoto důvodu je možné hodnotit lokalitu JE Temelín jako vysoce stabilní ve vztahu k vnějším přírodním jevům, včetně seismicity. Konečným médiem (jímačem koncového tepla) je atmosféra a chlazení je zajištěno odparem v chladicích věžích nebo bazénech s rozstřikem. Surovou vodu pro JE zajišťují vodní nádrže, které jsou umístěny výrazně níže pod úrovní JE, proto ani jejich poškození (např. v případě extrémních záplav, zemětřesení apod.) elektrárnu neohrozí.

Hodnocení bezpečnostních rezerv vychází především z výpočtových analýz a případně z kvalifikovaného inženýrského odhadu. Zpráva analyzuje možný dopad kombinované neprovozuschopnosti systémů důležitých pro bezpečnost JE, např. při úplné ztrátě elektrického napájení (station black-out), ztrátě systémů zajišťujících odvod tepla do koncového jímače nebo při ztrátě vnějšího elektrického napájení (např. při rozpadu energetické sítě).

I přes vysokou úroveň bezpečnosti provozu a robustnost JE Temelín byly, na základě provedených rozborů, identifikovány následující možnosti dalšího zvýšení bezpečnosti a odolnosti JE Temelín, uplatňující se v preventivní i následné fázi rozvoje extrémních stavů:

- doplnění dalších mobilních zdrojů elektrického napájení a mobilních zařízení pro čerpání medií, nezávislých a plně oddělených od stávajících projektových systémů (napájením, dislokací, apod.),
- optimalizace organizace a školení personálu pro řízení extrémních situací (např. při zasažení obou bloků JE, při ztrátě řídicích center, systémů komunikace, apod.),
- rozšíření kapacity zařízení pro likvidaci vodíku při těžkých haváriích.

V letech 2008 a 2009 bylo provedeno komplexní hodnocení bezpečnosti po 10 letech provozu JE Temelín (tzv. PSR – Periodické hodnocení bezpečnosti pro všech 14 oblastí dle návodu IAEA NS-G-2.10.). 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, INSAG). Komplexní hodnocení v rámci PSR přitom identifikovalo obdobné příležitosti ke zvýšení bezpečnosti jaké jsou uvedeny v této zprávě. Některé z nich (zvýšení odolnosti projektu ETE na následky těžkých havárií, jehož součástí je zvýšení kapacity systému likvidace vodíku pro těžké havárie) jsou již dnes ve fázi přípravy na implementaci a byly by realizovány i bez ohledu na toto nové hodnocení. PSR přitom předpokládá implementaci většiny opatření do roku 2015, v některých odůvodněných případech do příštího PSR (2018).

Výsledky cíleného hodnocení bezpečnostních rezerv a odolnosti JE, požadovaného Evropskou radou, potvrzují efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci

opatření ke z odolnění původního projektu. Nebyl nalezen stav, který je nutné bez prodlení řešit. Elektrárna je schopna bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení jejího okolí.

Obsah

1	GENERAL DATA ABOUT THE SITES AND NUCLEAR POWER PLANTS	21
1.1	Brief description of the sites characteristics	21
1.1.1	Charakteristika lokality	21
1.2	Main characteristics of the units	23
1.2.1	General unit description	23
1.2.2	Main Safety Modifications	27
1.3	Systems for providing or supporting main safety function	28
1.3.1	Reactivity control	34
1.3.1.1	Podkritičnost aktivní zóny	34
1.3.1.2	Podkritičnost bazénu skladování vyhořelého paliva	37
1.3.2	Heat transfer from reactor to the ultimate heat sink	38
1.3.2.1	Existing heat transfer means	39
1.3.2.2	Lay out information on the heat transfer chains	40
1.3.2.3	Time constraints for availability of different heat transfer chains	47
1.3.2.4	AC power sources and batteries	49
1.3.2.5	Need and method of cooling equipment	49
1.3.3	Heat transfer from spent fuel pools to the ultimate heat sink	50
1.3.3.1	Existing heat transfer means	51
1.3.3.2	Layout information on the heat transfer means	51
1.3.4	Heat transfer from the containment to the ultimate heat sink	53
1.3.4.1	Existing heat transfer means	54
1.3.4.2	Layout information on the heat transfer means	55
1.3.5	AC power supply	58
1.3.5.1	Off-site power supply	59
1.3.5.2	Power distribution inside the plant	64
1.3.5.3	Main ordinary on-site source for back-up power supply	66
1.3.5.4	Diverse permanently installed on-site sources for back-up power supply	74
1.3.5.5	Other power sources that are planned and kept in preparedness	76
1.3.6	Batteries for DC power supply	77
1.3.6.1	Description of separate battery banks	77
1.3.6.2	Consumers served by each battery bank	80
1.3.6.3	Physical location and separation of battery banks	80
1.3.6.4	Alternative possibilities for recharging each battery bank	81
1.4	Significant differences between units	81
1.5	Scope and main results of Probabilistic Safety Assessments	81
2	EARTHQUAKES	84
2.1	Design basis	84
2.1.1	Earthquake against which the plant is designed	84
2.1.1.1	Characteristics of the design basis earthquake (DBE)	84
2.1.1.2	Methodology used to evaluate the design basis earthquake	85
2.1.1.3	Conclusion on the adequacy of the design basis for the earthquake	91
2.1.2	Provisions to protect the plant against the design basis earthquake	93
2.1.2.1	Identification of SSC that are required for achieving safe shutdown state	93
2.1.2.2	Evaluation of SSC robustness in connection with DBE and assessment of potential safety margin	93
2.1.2.3	Main operating provisions to achieve safe shutdown state	94
2.1.2.4	Protection against indirect effects of the earthquake	97
2.1.3	Compliance of the plant with its current licensing basis	98
2.1.3.1	Licensee's processes to ensure that SSC needed for achieving safe shutdown after earthquake remain in operable condition	98
2.1.3.2	Licensee's processes to ensure that mobile equipment and supplies are in continuous preparedness to be used	99

2.1.3.3	Potential deviations from licensing basis and actions to address those deviations	99
2.2	Evaluation of safety margins	99
2.2.1	Range of earthquake leading to severe fuel damage.....	99
2.2.2	Range of earthquake leading to loss of containment integrity.....	100
2.2.3	Earthquake exceeding DBE and consequent flooding.....	100
2.2.4	Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against earthquakes	101
3	FLOODING.....	103
3.1	Design basis	103
3.1.1	Flooding against which the plant is designed	103
3.1.1.1	Characteristics of the design basis flood (DBF)	103
3.1.1.2	Methodology used to evaluate the design basis flood.....	103
3.1.1.3	Conclusion on the adequacy of protection against external flooding.....	108
3.1.2	Provisions to protect the plant against the design basis flood.....	109
3.1.2.1	Identification of SSC that are required for achieving safe shutdown state.....	109
3.1.2.2	Main design and construction provisions to prevent flood impact to the plant...	109
3.1.2.3	Main operating provisions to prevent flood impact to the plant	110
3.1.2.4	Situation outside the plant, including preventing or delaying access of personnel and equipment to the site.....	110
3.1.3	Plant compliance with its current licensing basis	111
3.1.3.1	Licensee's processes to ensure that SSC needed for achieving safe shutdown state after flood remain in operable condition	111
3.1.3.2	Licensee's processes to ensure that mobile equipment and supplies are in continuous preparedness to be used.....	111
3.1.3.3	Potential deviations from licensing basis and actions to address those deviations.....	112
3.2	Evaluation of safety margins	112
3.2.1	Estimation of safety margin against flooding	112
3.2.2	Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against flooding	113
4	EXTREME WEATHER CONDITIONS	115
4.1	Design basis	115
4.1.1	Reassessment of weather conditions used as design basis	115
4.1.1.1	High winds	115
4.1.1.2	Heavy snowfall and ice.....	116
4.1.1.3	Maximum and minimum temperature	117
4.1.1.4	Consideration of potential combination of weather conditions	119
4.2	Evaluation of safety margins	119
4.2.1	Estimation of safety margin against extreme weather conditions.....	119
4.2.2	Conclusion on the adequacy of protection against extreme weather conditions.....	121
4.2.3	Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against extreme weather conditions	121
5	LOSS OF ELECTRICAL POWER AND LOSS OF ULTIMATE HEAT SINK	123
5.1	Nuclear power reactors	123
5.1.1	Loss of electrical power	123
5.1.1.1	Loss of off-site power	124
5.1.1.2	Loss of off-site power and loss of the ordinary back-up AC power source	128
5.1.1.3	Loss of off-site power and loss of the ordinary back-up AC power sources, and loss of permanently installed diverse back-up AC power sources.....	129
5.1.1.4	Conclusion on the adequacy of protection against loss of electrical power.....	134

5.1.1.5	Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of electrical power.....	135
5.1.2	Loss of the ultimate heat sink	136
5.1.2.1	Design provisions to prevent the loss of the primary UHS	136
5.1.2.2	Loss of the primary ultimate heat sink	139
5.1.2.3	Loss of the primary ultimate heat sink and the alternate heat sink.....	141
5.1.2.4	Conclusion on the adequacy of protection against loss of ultimate heat sink....	142
5.1.2.5	Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of ultimate heat sink.....	143
5.1.3	Loss of the primary ultimate heat sink, combined with station black out	144
5.1.3.1	Time of autonomy of the site before loss of normal reactor core cooling condition.....	144
5.1.3.2	External actions foreseen to prevent fuel degradation	145
5.1.3.3	Measures, which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of primary ultimate heat sink, combined with station black out	145
5.2	Spent fuel pool storage pools	147
6	SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT	149
6.1	Organization and arrangements of the licensee to manage accidents.....	149
6.1.1	Organisation of the licensee to manage the accident	149
6.1.1.1	Organizace havarijní odezvy provozovatele	150
6.1.1.2	Staffing and shift management in normal operation.....	153
6.1.1.3	Measures taken to enable optimum intervention by personnel	155
6.1.1.4	Use of off-site technical support for accident management.....	161
6.1.1.5	Procedures, training and exercises	164
6.1.1.6	Dependence on the functions of other reactors on the same site	172
6.1.2	Possibility to use existing equipment	173
6.1.2.1	Provisions to use mobile devices (availability of such devices, time to bring them on site and put them in operation)	173
6.1.2.2	Provisions for and management of supplies (fuel for diesel generators, water, etc.)	174
6.1.2.3	Management of radioactive releases, provisions to limit them	175
6.1.2.4	Communication and information systems (internal and external).....	176
6.1.3	Evaluation of factors that may impede accident management and respective contingencies	177
6.1.3.1	Extensive destruction of infrastructure or flooding around the installation that hinders access to the site	177
6.1.3.2	Loss of communication facilities / systems	178
6.1.3.3	Impairment of work performance due to high local dose rates, radioactive contamination and destruction of some facilities on site	178
6.1.3.4	Impact on the accessibility and habitability of the main and secondary control rooms, measures to be taken to avoid or manage this situation.....	179
6.1.3.5	Impact on the different premises used by the crisis teams or for which access would be necessary for management of the accident	180
6.1.3.6	Feasibility and effectiveness of accident management measures under the conditions of external hazards (earthquakes, floods).....	180
6.1.3.7	Unavailability of power supply	181
6.1.3.8	Potential failure of instrumentation	182
6.1.3.9	Potential effects from the other neighbouring installations at site, including considerations of restricted availability of trained staff to deal with multi-unit, extended accidents	183
6.1.4	Conclusion on the adequacy of organisational issues for accident management	183
6.1.5	Measures which can be envisaged to enhance accident management capabilities	185

6.2	Accident management measures in place at the various stages of a scenario of loss of the core cooling function	188
6.2.1	Before occurrence of fuel damage in the reactor pressure vessel (including last resorts to prevent fuel damage)	188
6.2.2	After occurrence of fuel damage in the reactor pressure vessel	189
6.2.3	After failure of the reactor pressure vessel	190
6.3	Maintaining the containment integrity after occurrence of significant fuel damage (up to core meltdown) in the reactor core	191
6.3.1	Elimination of fuel damage / meltdown in high pressure	191
6.3.1.1	Design provisions	191
6.3.1.2	Operational provisions	192
6.3.2	Management of hydrogen risks inside the containment	192
6.3.2.1	Design provisions, including consideration of adequacy in view of hydrogen production rate and amount	192
6.3.2.2	Operational provisions	193
6.3.3	Prevention of overpressure of the containment	193
6.3.3.1	Design provisions, including means to restrict radioactive releases if prevention of overpressure requires steam / gas relief from containment	193
6.3.3.2	Operational and organisational provisions	194
6.3.4	Prevention of re-criticality	195
6.3.4.1	Design provisions	195
6.3.4.2	Operational provisions	196
6.3.5	Prevention of basemat melt through	196
6.3.5.1	Potential design arrangements for retention of the corium in the pressure vessel	196
6.3.5.2	Potential arrangements to cool the corium inside the containment after reactor pressure vessel rupture	196
6.3.5.3	Cliff edge effects related to time delay between reactor shutdown and core meltdown	197
6.3.6	Need for and supply of electrical AC and DC power and compressed air to equipment used for protecting containment integrity	198
6.3.6.1	Design provisions	198
6.3.6.2	Operational provisions	198
6.3.7	Measuring and control instrumentation needed for protecting containment integrity	198
6.3.8	Capability for severe accident management in case of simultaneous core melt/fuel damage accidents at different units on the same site	200
6.3.9	Conclusion on the adequacy of severe accident management systems for protection of containment integrity	200
6.3.10	Measures which can be envisaged to enhance capability to maintain containment integrity after occurrence of severe fuel damage	202
6.4	Accident management measures to restrict the radioactive releases	203
6.4.1	Radioactive releases after loss of containment integrity	203
6.4.1.1	Design provisions	203
6.4.1.2	Operational provisions	203
6.4.2	Accident management after uncovering of the top of fuel in the fuel pool	204
6.4.2.1	Hydrogen management	205
6.4.2.2	Providing adequate shielding against radiation	205
6.4.2.3	Restricting releases after severe damage of spent fuel in the fuel storage pools	206
6.4.2.4	Instrumentation needed to monitor the spent fuel state and to manage the accident	206
6.4.3	Availability and habitability of the control room	207
6.4.4	Conclusion on the adequacy of measures to restrict the radioactive releases	207

7	GENERAL CONCLUSION	209
7.1	Key provisions enhancing robustness (already implemented)	209
7.1.1	Robustnost vůči zemětřesení	209
7.1.2	Robustnost vůči záplavám.....	210
7.1.3	Robustnost vůči ostatním klimatickým podmínkám	211
7.1.4	Robustnost vůči ztrátě elektrického napájení	211
7.1.5	Robustnost vůči ztrátě odvodu tepla do koncového jímače	212
7.1.6	Robustnost opatření pro zvládání těžkých havárií	213
7.2	Safety issues.....	215
8	REFERENCES	216
	PŘÍLOHA.....	220

Příloha Popis navrhovaných nápravných opatření

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1.1.1-1	Umístění JE Temelín	21
Obr. 1.1.1-2	Uspořádání objektů JE Temelín.....	22
Obr. 1.2.1-1	Hlavní objekty a zařízení	24
Obr. 1.2.1-2	Technologické schéma JE Temelín	25
Obr. 1.2.1-3	Zásobování JE vodou	26
Obr. 1.3-1	Schéma rozdělení SSK do jednotlivých kategorií.....	30
Obr. 1.3.1-1	Systém normálního doplňování I.O.....	36
Tab. 1.3.2-1	Provozní režimy bloku	38
Obr. 1.3.2-2	Systém napájení PG.....	41
Obr. 1.3.2-3	Pomocný kondenzátor	41
Obr. 1.3.2-4	Systém odvodu zbytkového tepla	42
Obr. 1.3.2-5	Systém havarijního napájení PG	43
Obr. 1.3.2-6	Systémy odvodu páry z PG	44
Obr. 1.3.2-7	Aktivní a pasivní HSCHZ a sprchový systém kontejnmentu	46
Obr. 1.3.3-1	Chlazení BSVP.....	52
Obr. 1.3.4-1	Protipožární systém.....	57
Tab. 1.3.5-1	Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE	58
Obr. 1.3.5-2	Začlenění JE do elektrizační soustavy ČR.....	60
Tab. 1.3.5-3	Významné poruchy v elektročásti JE	61
Obr. 1.3.5-4	Základní schéma vlastní spotřeby JE	67
Obr. 1.3.5-5	Uspořádání a rozmístění zdrojů a sítí	70
Obr. 1.3.5-6	Ideové schéma zdrojů vlastní spotřeby JE.....	71
Obr. 1.3.5-7	Zdroje napájení vlastní spotřeby.....	72
Tab. 1.3.6-1	Vybíjecí doby akubaterií v projektových režimech	78
Tab. 1.3.6-2	Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO	79
Obr. 1.5-1	Vývoj výsledků CDF (vnitřní události)	82
Tab. 2.1.1-1	Závazné projektové hodnoty zrychlení	84
Obr. 2.1.1-2	Základní strukturní schéma střední Evropy.....	85
Obr. 2.1.1-3	Základní strukturní jednotky Východních Alp a Karpat.....	86
Obr. 2.1.1-4	Mapa zdrojových oblastí ve střední Evropě	88
Tab. 2.1.1-5	Systém dělení zlomů do tříd a jejich číselné kódování.....	90
Obr. 2.1.1-6	Pozice ohnisek vybraných zemětřesení v alpské oblasti.....	91
Tab. 2.1.2-1	Parametry odolnosti ("Fragility") vybraného typového zařízení	94
Obr. 2.1.2-2	Mapa stanic sítě DSR ETE	95

Obr. 2.1.2-3	Seismický monitorovací systém.....	96
Obr. 3.1.1-1	Síť dešťové kanalizace na ETE (na obr. označeno zeleně)	104
Obr. 3.1.1-2	Vodní díla v okolí JE	105
Obr. 3.1.1-3	Vodní dílo Hněvkovice s čerpací stanicí surové vody pro JE	106
Obr. 3.1.1-4	Vodní dílo Kořensko	107
Obr. 3.1.1-5	Proudění podzemních vod v lokalitě JE	108
Obr. 4.1.1-1	Maximální okamžité rychlosti větru	116
Obr. 4.1.1-2	Vodní hodnota sněhu.....	117
Obr. 4.1.1-3	Maximální teploty vzduchu	118
Obr. 4.1.1-4	Minimální teploty vzduchu	118
Tab. 4.2.2-1	Hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek.....	121
Obr. 6.1.1-1	Vztah mezi fyzickými bariérami a úrovněmi ochrany do hloubky.....	150
Obr. 6.1.1-2	Struktura OHO s uvedením vzájemných vazeb a toku informací	151
Obr. 6.1.1-3	Vyrozumění vnějších orgánů při vzniku MU	152
Obr. 6.1.1-4	Zóna havarijního plánování.....	153
Obr. 6.1.1-5	Bloková dozorna.....	154
Obr. 6.1.1-6	Postup při posuzování typu vzniklé mimořádné události	157
Obr. 6.1.1-7	Havarijní řídicí středisko – místnost havarijního štábu	159
Obr. 6.1.1-8	Havarijní řídicí středisko – místnost TPS	160
Obr. 6.1.1-9	Zajištění vnější havarijní připravenosti JE.....	163
Obr. 6.1.1-10	Vazby na zdravotnické složky a na externí zdravotnická zařízení.....	164
Obr. 6.1.1-11	Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU.....	165
Obr. 6.1.1-12	Způsob odezvy operativního personálu	166
Obr. 6.1.1-13	Koncepce řízení bloku v havarijních podmínkách	167
Obr. 6.1.1-14	Vztah mezi bezpečnostními funkcemi.....	168
Obr. 6.1.1-15	Komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání EOPs	169
Obr. 6.1.1-16	Vazby mezi EOPs a SAMG	170
Obr. 6.1.1-17	Komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG	171
Tab. 6.1.2-1	Ochranná opatření personál JE.....	176

Seznam zkratek

Zkratka	Popis
AAC	Diverzifikovaný zdroj střídavého napájení (Alternative Alternate Current)
AC	Střídavé napájení (Alternate Current)
APS	Automatika postupného spouštění
ATWS	Událost spojená s neodstavením reaktoru při požadavku na jeho odstavení (Anticipated Transient Without Scram)
AZ	Aktivní zóna
AZR	Automatický záskok rezervy
BF	Bezpečnostní funkce
BD	Bloková dozorna
BS	Bezpečnostní systém
BSVP	Bazén skladování vyhořelého paliva
CDF	Frekvence poškození AZ (Core Damage Frequency)
DC	Stejnoseměrné napájení (Direct Current)
DSR	Detailní seismické rajónování
ČEPS	Česká přenosová soustava
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČRo	Český rozhlas
ČS	Čerpací stanice
ČT	Česká televize
DG	Diesलगenerátor
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)

Zkratka	Popis
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 médiem (High Energy Line Break)
HO	Havarijní odstavení
HP	Havarijní plán
HPME	Vypuzení taveniny pod vysokým tlakem (High Pressure Melt Ejection)
HŘS	Havarijní řídicí středisko
HSCHZ	Systém havarijního chlazení AZ
HŠ	Havarijní štáb
HU	Hermetický uzávěr
HZS	Hasičský záchranný sbor
HZSp	Hasičský záchranný sbor podniku
CHNR	Chladicí nádrže z rozstříkem
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii (International Atomic Energy Agency)
INPO	(Institute for Nuclear Power Operators
I.O	Primární okruh
II.O	Sekundární okruh
IOHO	Interní organizace havarijní odezvy
IPSART	Prověrka PSA (International PSA Review Team)
IZS	Integrovaný záchranný systém
JB	Jaderná bezpečnost

Zkratka	Popis
JČ	Jižní Čechy
JE	Jaderná elektrárna
KBF	Kritická bezpečnostní funkce
KKC	Krizové koordinační centrum
KO	Kompenzátor objemu
KOPIS	Krajské operační informační středisko
KTMT	Kontejnment
KÚ	Krajský úřad
LBB	Únik před prasknutím JE (Leak Before Break)
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)
LsPP	Lékařská služba první pomoci
MCCI	Interakce taveniny s betonem (Molten Core Concrete Interaction)
MSK-64	Mezinárodní stupnice pro hodnocení zemětřesení
MU	Mimořádná událost
MVE	Malá vodní elektrárna
MVZ	Maximální výpočtové zemětřesení
N/A	Nepoužito (Not Applicable)
ND	Nouzová dozorna
NPL	Neprogramovatelná logika
NT	Nízkotlaký
OHO	Organizace havarijní odezvy
OPIS	Operační informační středisko
OPO	Operátor primárního okruhu

Zkratka	Popis
OSART	Prověrka provozní bezpečnosti (Operational Safety Review Team)
OSO	Operátor sekundárního okruhu
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)
POHO	Pohotovostní organizace havarijní odezvy
PP	Provozní předpis
PpBZ	Předprovozní bezpečnostní zpráva
PRPS	Primární ochranný systém reaktoru (Primary Reactor Protection System)
PSA	Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti (Probabilistic Safety Assessment)
PSR	Periodické hodnocení bezpečnosti (Periodic Safety Review)
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

Zkratka	Popis
SKŘ	Systém kontroly a řízení
SMS	Seismický monitorovací systém
SNB	Systém nedůležitý z hlediska bezpečnosti
SO	Stavební objekt
SSAMG	Návody na řízení těžkých havárií pro odstavené stavy (Shutdown Severe Accident Management Guidelines)
SSB	Systém související s bezpečností
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
TD	Technický dispečink
TG	Turbogenerátor
TH	Těžká havárie
TNR	Tlaková nádoba reaktoru
TPS	Technické podpůrné středisko
TSFO	Technický systém fyzické ochrany
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)
IS NRC	Státní dozor USA (United States Nuclear Regulatory Commission)
VBD	Vedoucí blokové dozorny
VD	Vodní dílo

Zkratka	Popis
VE	Vodní elektrárna
VRB	Vedoucí reaktorového bloku
VS	Vlastní spotřeba
VT	Vysokotlaký
WANO	Sdružení provozovatelů JE (World Association of Nuclear Operators)
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
ZHP	Zóna havarijního plánování
ZKZ	Změna konfigurace zařízení

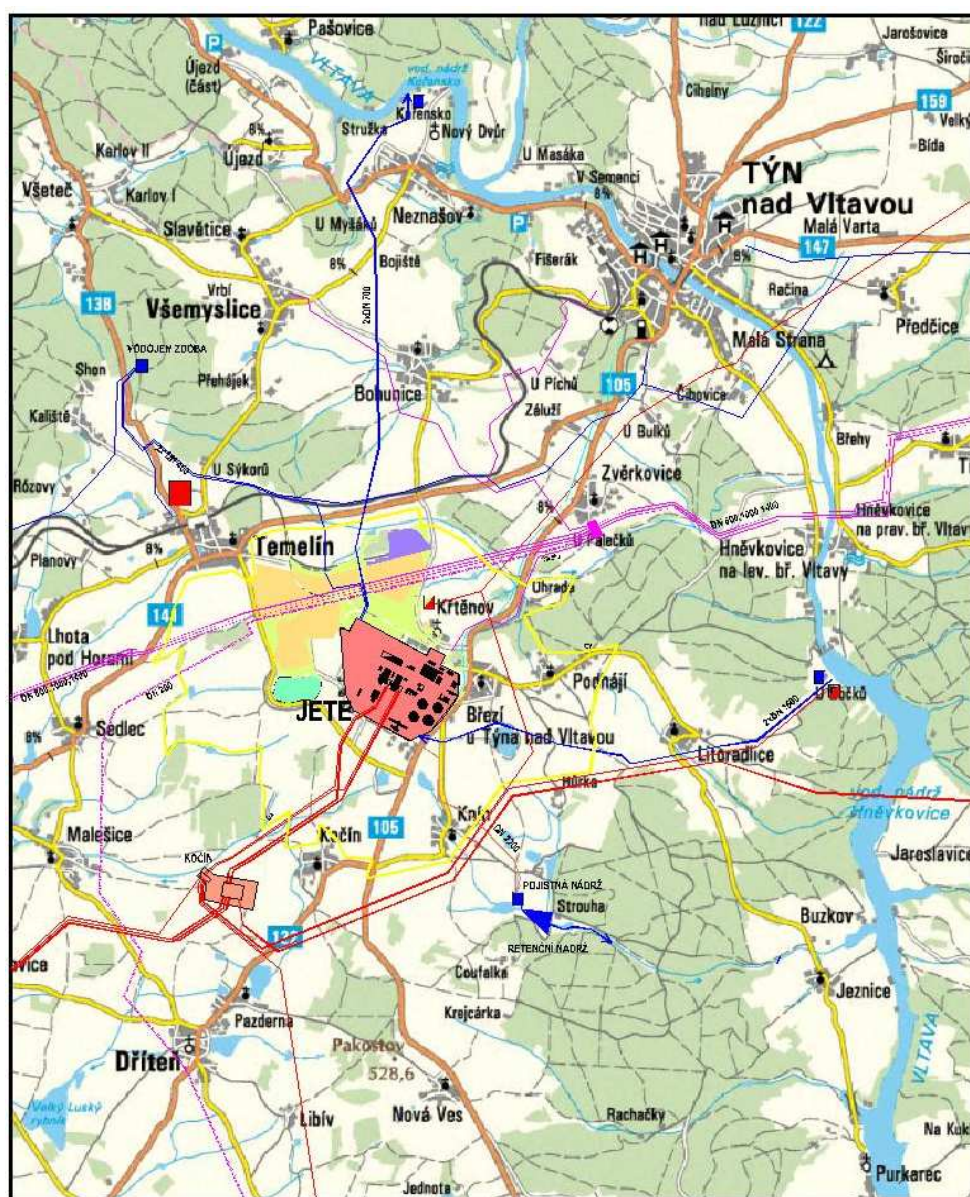
1 General data about the sites and nuclear power plants

1.1 Brief description of the sites characteristics

1.1.1 Charakteristika lokality

Jaderná elektrárna Temelín (ETE) je umístěna v jižních Čechách asi 25 km severně od Českých Budějovic v nadmořské výšce 510 m n.m.

Obr. 1.1.1-1 Umístění JE Temelín

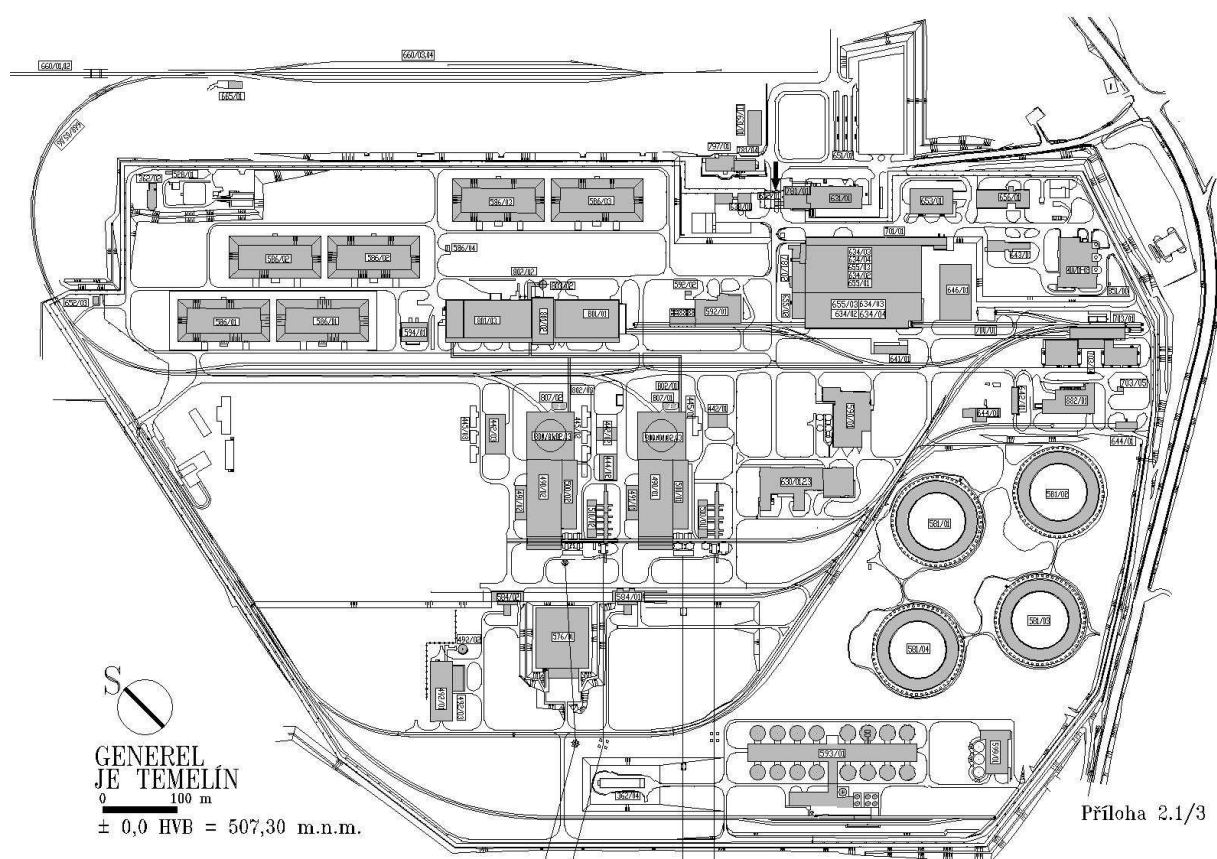


Jaderná elektrárna je tvořena dvěma jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory. Nejbližším městem je Týn nad Vltavou ležící 5 km severovýchodně od elektrárny. Elektrárna

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. 1.1.1-2 Uspořádání objektů JE Temelín



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 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 na 10 roků.

1.2 Main characteristics of the units

1.2.1 General unit description

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.

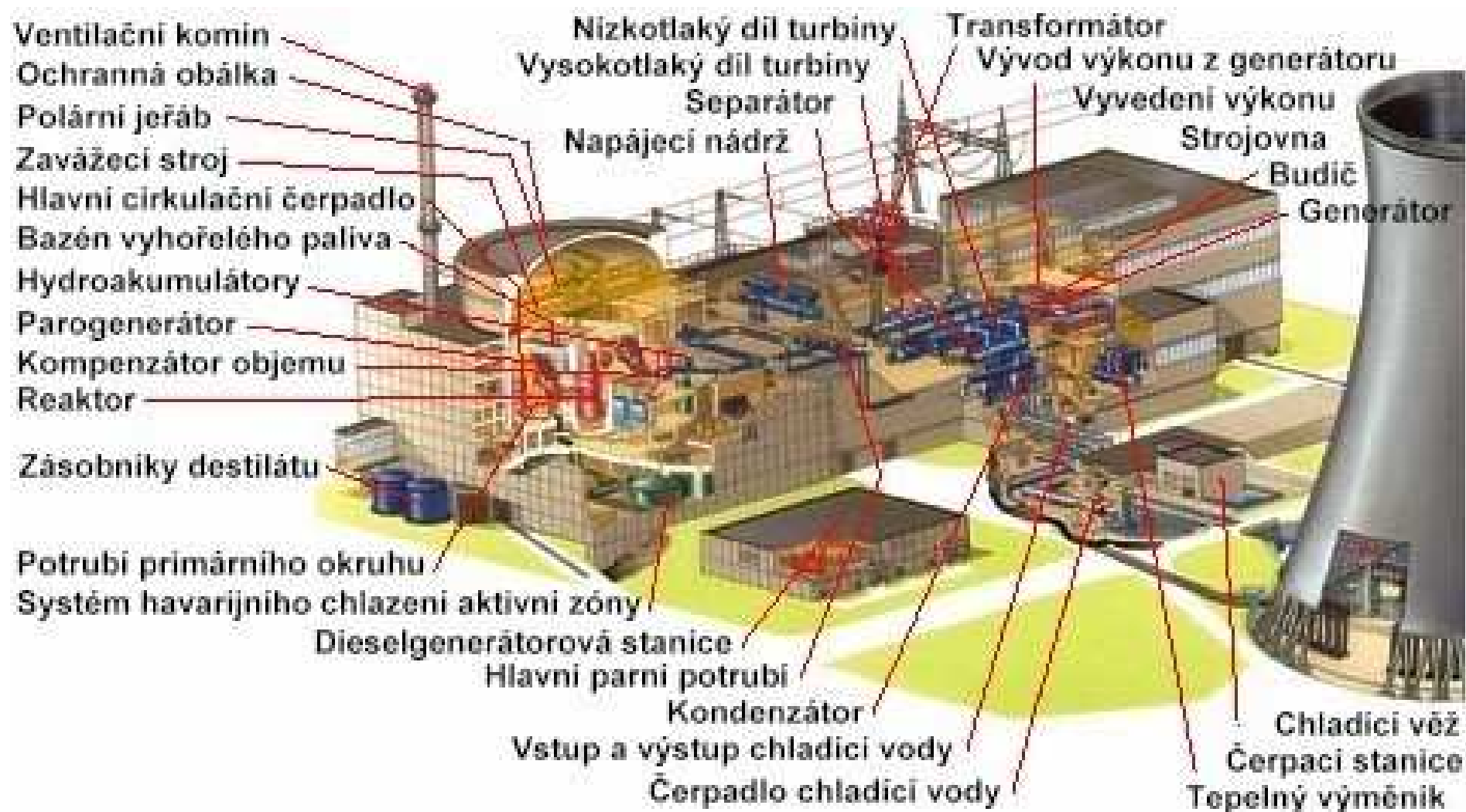
Zařízení primárního okruhu je umístěno v hermetické obálce (kontejnmentu) z předpjatého betonu. Ochranná obálka se skládá z válcové konstrukce o vnitřním průměru 45 m, uzavřené polokulovým vrchlíkem. Vnitřní povrch ochranné obálky je pokryt hermeticky těsnou ocelovou vystýlkou. Uvnitř kontejnmentu jsou 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 kompenzátozem objemu.

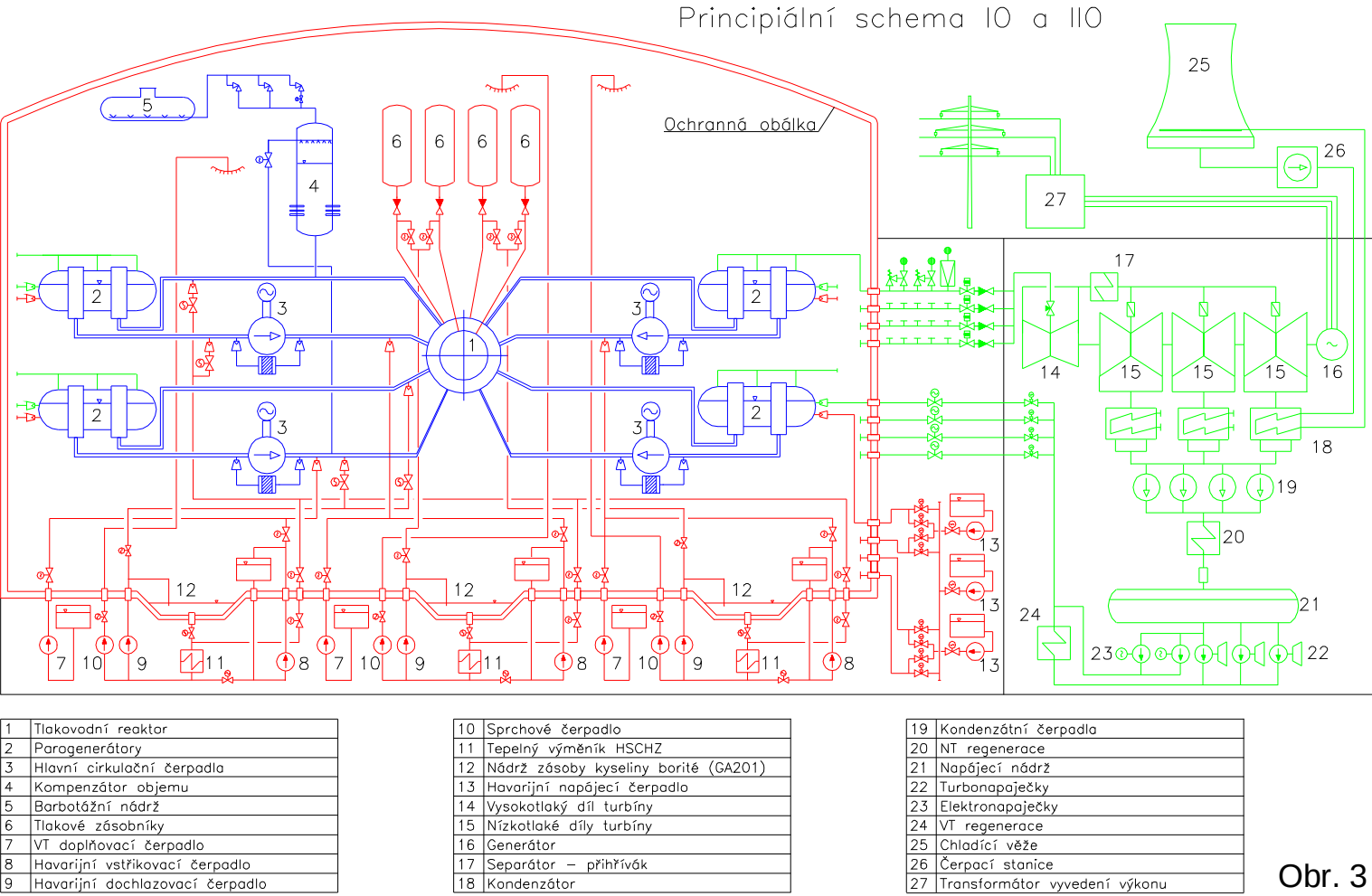
Sekundární okruh se skládá ze zařízení na výrobu páry (sekundární strana PG), systému napájecí vody, z jednoho turbogenerátoru s nominálním elektrickým výkonem 1000 MWe a systému regenerace.

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 tří základních bezpečnostních funkcí 1) zajištění odstavení reaktoru (podkritičnost), 2) odvod tepla (dochlazení) a 3) zamezení únikům (bariéry a izolace kontejnmentu) – viz kap. 1.3.

Obr. 1.2.1-1 Hlavní objekty a zařízení

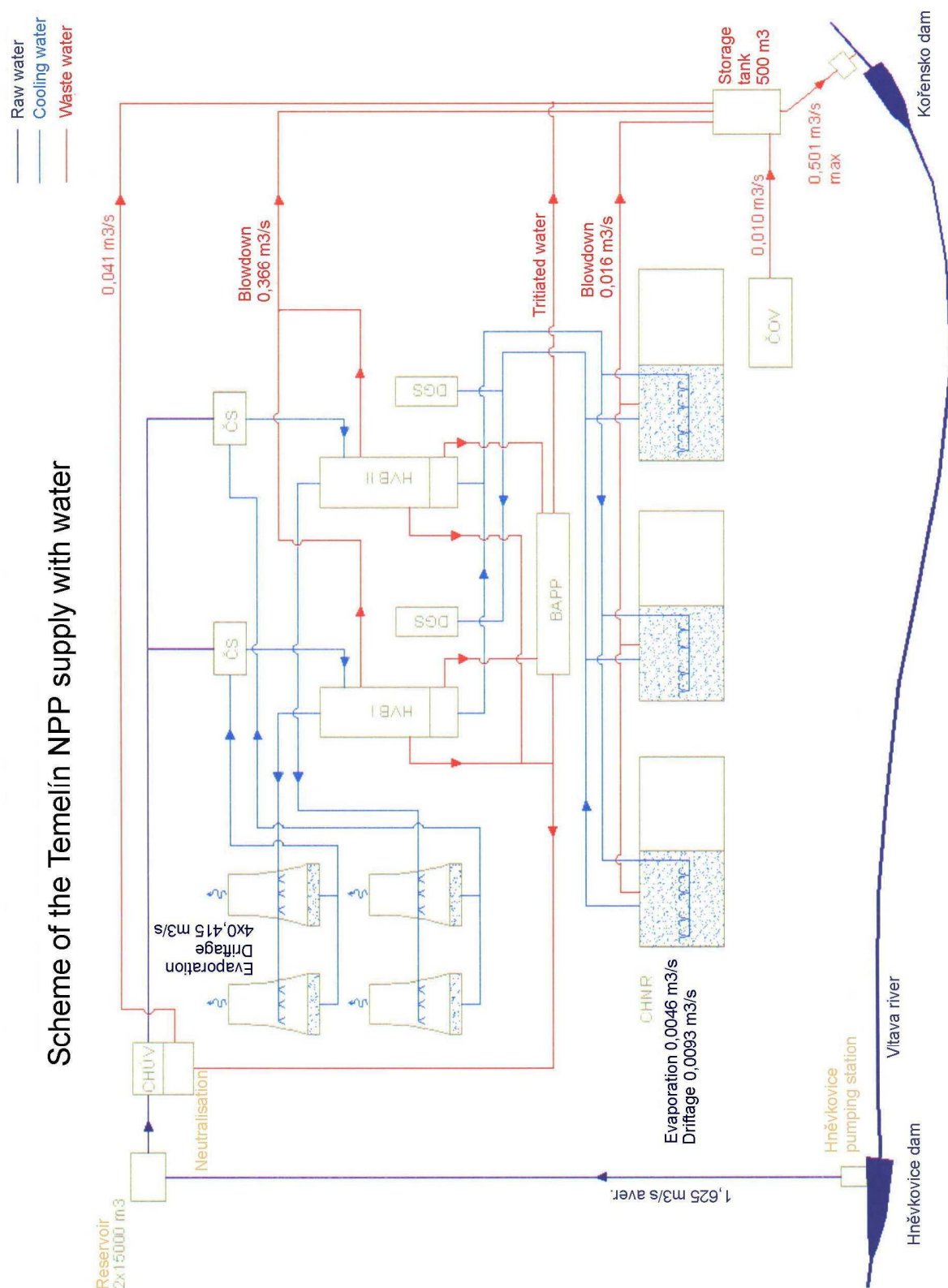


Obr. 1.2.1-2 Technologické schéma JE Temelín



Obr. 3

Obr. 1.2.1-3 Zásobování JE 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 chladicí nádrže s rozstřikem.

S vnější elektrickou sítí je lokalita spojena dvěma linkami 400 kV a dvěma linkami 110 kV přes rozvodnu Kočín.

Řízená štěpná reakce (kritický stav) byla na prvním bloku poprvé dosažena dne 11. 10. 2000, na druhém bloku poprvé dne 31. 5. 2002.

1.2.2 Main Safety Modifications

Na základě výsledků nezávislých mezinárodních misí, expertíz a auditů, návrhů českých specialistů a požadavků SÚJB, byla navržena celá řada technických modifikací úvodního projektu, které zaručují plnění standardů západních JE. Mezi významné bezpečnostní modifikace patří:

- Záměna systému kontroly a řízení, včetně nového projektu (Westinghouse).
- Záměna jaderného paliva, včetně projektu aktivní zóny (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.
- Opětovná změna dodavatele jaderného paliva (TVEL).
- Ochrana proti přetlakování I.O za studena.

Periodic Safety Review:

Na JE Temelín bylo provedeno PSR v období 9/2008 – 9/2009. Proces zpracování PSR ETE byl řízen tak, aby byl zachován obecný soulad s návodem IAEA NS-G-2.10 a principy WENRA pro PSR definovanými v dokumentu „Reactor Safety Reference Levels“. PSR EDU bylo realizováno v rozhodující míře pracovníky ČEZ, a. s., což je v souladu s uvedeným návodem IAEA NS-G-2.10.

Účelem PSR dle návodu IAEA NS-G-2.10 bylo pomocí důkladného posouzení stavu klíčových oblastí ovlivňujících bezpečnost:

- Určit, do jaké míry elektrárna splňuje současné mezinárodně uznávané bezpečnostní standardy a praxe.
- Ověřit platnost licenční dokumentace.
- Určit, zda se uplatňují odpovídající opatření k udržení bezpečnosti elektrárny až do příštího PSR.
- Určit zlepšení v oblasti bezpečnosti, které by měly být provedeny, aby byly vyřešeny identifikované bezpečnostní odchylky.

Pro provedení PSR byla v předstihu připravena dokumentace zahrnující zejména Metodiky a Kritéria, které vychází z legislativních dokumentů ČR 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.

Komplexní hodnocení v rámci PSR přitom 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).

1.3 Systems for providing or supporting main safety function

Bezpečnost JE Temelín je zajišťována schopností splnit základní bezpečnostní funkce:

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.

Splnění těchto všeobecných bezpečnostních kritérií se dosahuje pomocí principů:

- Ochrana do hloubky
- Plnění bezpečnostních funkcí

Ochrana do hloubky

Ochrana do hloubky má dva zásadní úkoly:

- Prevence nehod
- Zmírnění následků nehod (havárií)

Plnění úkolů hloubkové ochrany v projektu JE se dosahuje prostřednictvím následujících opatření:

- Pět úrovní hloubkové ochrany
- Tři ochranné bariéry proti úniku Ra látek do okolí (palivo a jeho pokrytí, tlaková hranice primárního okruhu, kontejnment)

Cíle pěti úrovní hloubkové ochrany:

1. Zabránit odchylkám od normálního provozu a poruchám systémů.
2. Zjistit a odstranit odchylky od normálního provozu, aby bylo zabráněno přerůstání předpokládaných provozních stavů do havarijních podmínek.
3. Zabránit v případě vzniku havarijních podmínek pomocí bezpečnostních systémů rozvoji poruch a nehod do nadprojektových nehod a zadržet radioaktivní látky v ochranné obálce.
4. Udržet celistvost ochranné obálky.
5. Zmírnit radiologické následky úniku radioaktivních látek do vnějšího okolí.

Selže-li jedna úroveň hloubkové ochrany, začíná působit následující úroveň.

Plnění bezpečnostních funkcí

Funkce, a to jak provozní, tak i ochranné a bezpečnostní, plní technologické systémy, konstrukce a komponenty (SSK). Všechny SSK jsou klasifikovány podle standardů IAEA jako bezpečnostní (BS), související s bezpečností (SSB) a nedůležitou z hlediska bezpečnosti (SNB).

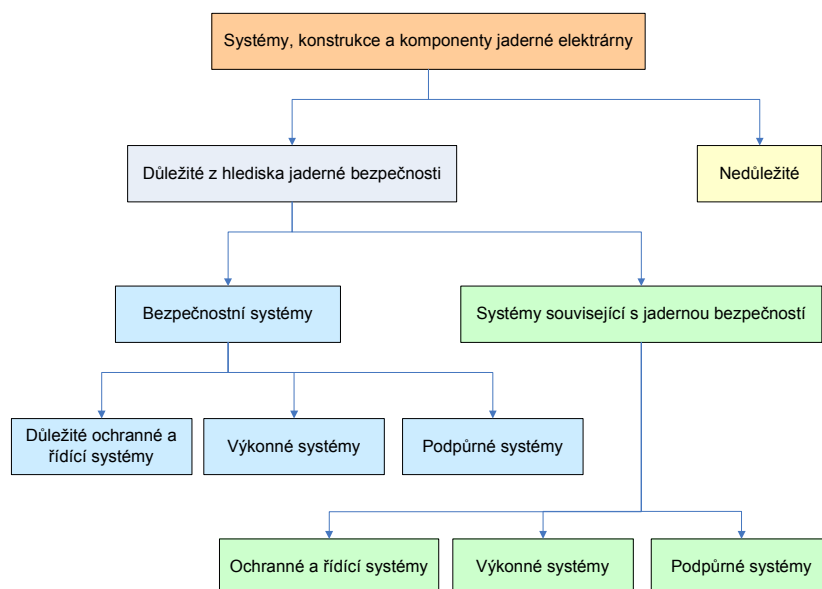
Z hlediska zajištění jaderné bezpečnosti jsou tedy SSK JE Temelín rozděleny na:

- Důležité z hlediska jaderné bezpečnosti (safety important – podílí se na plnění bezpečnostních funkcí).
- Nedůležité z hlediska jaderné bezpečnosti (neplní žádnou bezpečnostní funkci).

Systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti jsou podle jejich funkce a významu pro jadernou bezpečnost dále rozděleny na:

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

Obr. 1.3-1 Schéma rozdělení SSK do jednotlivých kategorií



Bezpečnostní systémy představují množinu systémů zahrnující:

- Důležité ochranné a důležité řídicí systémy (přístrojové vybavení pro měření, resp. monitorování bezpečnostně důležitých proměnných veličin nebo stavů a pro automatické spuštění odpovídajících systémů s cílem zajistit a udržet blok v bezpečném stavu).
- Výkonné bezpečnostní systémy (systémy, které iniciací ochranných systémů vykonávají příslušné bezpečnostní funkce).
- Podpůrné systémy (systémy zajišťující funkce ochranných a výkonných systémů jako je např. el. napájení, chlazení a pod.).

Systémy související s jadernou bezpečností představují množinu systémů zahrnující:

- Ochranné a řídicí systémy.

- Výkonné systémy a konstrukce.
- Podpůrné systémy (el. napájení, chlazení a pod.).

Nedůležité systémy neplní žádnou bezpečnostní funkci, mohou však být (pokud jsou k dispozici) použity i v případě havarijních situací.

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 rozdělena 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.

Bezpečnostní systémy podléhají procesu kvalifikace.

Aktivní bezpečnostní systémy jsou uspořádány do 3 divizí bezpečnostních systémů, které se zálohují jako celek (koncepce s redundancí 3x100 %. V souladu s touto koncepcí je v každé divizi vytvořen systém zajištěného napájení, který slouží jako podpůrný bezpečnostní systém pro napájení spotřebičů této divize. Pro zajištění potřebné míry redundance jsou bezpečnostní systémy nezávislé a vzájemně oddělené fyzicky (stavebně, požárně), elektricky i z pohledu řídicího systému. Každý ze systémů má vlastní nouzové zdroje (DG, akubaterie) i elektrické rozvody. Vzhledem k principu nezávislosti a vzájemného oddělení nenaruší jednoduchá porucha v jednom systému funkceschopnost zbývajících dvou divizí.

Pasivní bezpečnostní systémy vychází z předpokladu možnosti selhání funkce některého zařízení pasivního systému a proto je tento systém zálohován principem 100+100 %. Tvoří jej dva nezávislé, funkčně identické a fyzicky oddělené podsystémy.

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 bezpečnostní 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 turbíny zajišťuje odvod tepla do koncového jímače (atmosféry) cirkulační okruh chladicí vody s chladicími 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 rozstříkem, 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 000m³) 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 rozstříkem.

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

Compliance of the plant with the current licensing basis

Legislativní požadavky na projekt jaderného zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti jsou obsaženy ve Vyhlášce SÚJB č. 195/1999. Projekt ETE vyhovuje požadavkům citované vyhlášky a analýzami je prokázáno, že při všech očekávaných stavech normálního provozu, abnormálního provozu i za havarijních podmínek nejsou překračovány mezní parametry paliva a že při projektem předpokládaných nehodách nedojde k ozáření kritické skupiny obyvatelstva, které by se přiblížilo vylučujícím kritériím

vyhlášky č. 215/1997 Sb. a pro něž by nebylo realizovatelné včasné zavedení a úplné uskutečnění všech neodkladných opatření pro ochranu obyvatelstva.

Neporušení paliva pro všechny projektové nehody je prokázáno splněním bezpečnostních kritérií, které sledují různé mechanismy porušení palivových proutků a stanovují limitní hodnoty kritériálních parametrů odpovídajících těmto mechanismům (parametrů, podle kterých se ověřuje splnění kritérií přijatelnosti), při jejichž nepřekročení je garantováno, že nedojde k porušení palivových proutků.

Pro účely prokázání splnění bezpečnostních kritérií jsou iniciační události rozděleny do 4 kategorií:

Kategorie I - normální provoz, provoz s přípustnými odchylkami a provozní přechodové procesy

Události Kategorie I jsou ty, které jsou očekávány často nebo pravidelně v průběhu provozu na výkonu, během výměny paliva, během údržby a v průběhu plánovaných změn výkonu elektrárny. Jako takové jsou události Kategorie I zvládnuty s rezervou mezi jakýmkoliv parametrem elektrárny a hodnotou tohoto parametru, která by vyžadovala ochranný zásah.

Kategorie II - nehody (události) s mírnou četností výskytu (narušení normálního provozu)

Tyto nehody vedou v nejhorším případě k rychlému odstavení reaktoru s tím, že elektrárna je v každém případě, po události Kategorie II, schopna návratu do normálního provozu.

Kategorie III - nehody (události) s řídkou četností výskytu (projektové nehody)

Podle definice jsou události Kategorie III nehody, které se mohou vyskytnout velmi zřídka během životnosti elektrárny.

V souladu s definicí patří do Kategorie III události, které se mohou za životnost elektrárny vyskytnout zřídka, s pravděpodobností nepřevyšující 10^{-2} /reaktorrok.

Kategorie IV - limitující (projektové) nehody (události)

Události Kategorie IV jsou takové nehody, u kterých se neočekává, že nastanou, ale jsou postulovány proto, že jejich důsledky by zahrnovaly potenciální možnost vypouštění značného množství radioaktivního materiálu. Jsou to nejdrastičtější nehody, vůči nimž musí být zařízení projektováno, a reprezentují limitující projektové případy.

Bezpečnostními analýzami je prokázáno, že u událostí **Kategorie II** je zajištěno nepřekročení limitů bezpečného provozu palivových proutků a z hlediska radiační bezpečnosti nepřekročení limitu bezpečného provozu z hlediska počtu a velikosti defektů palivových proutků.

U událostí **Kategorie III + IV** je prokázáno splnění požadavků bezpečnosti palivového systému, v souladu s nimiž:

- je zajištěna chladitelnost a pohavarijní vyvezení aktivní zóny,
- palivový systém není poškozen natolik, aby bránil normálnímu fungování regulačních svazků,
- vždy je zajištěn odvod tepla od palivového systému do koncového jímače,
- počet porušených palivových proutků je pro hodnocení radiologických důsledků vyhodnocen konzervativně.

1.3.1 Reactivity control

1.3.1.1 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 chladiči I.O. Za účelem snížení koncentrace kyseliny borité v I.O se část chladiče 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 koncentráту bóru na sání doplňovacích čerpadel. Ohřev doplňovací vody v odplyňovačích je zajišťován topnou párou přiváděnou ze strojovny. Systém zároveň zajišťuje odvod a ochlazení chladiče z I.O na přečištění a návrat přečištěného chladiče zpět do I.O přes odplyňovač doplňování. Systém rovněž zajišťuje zahlcování ucpávek HCČ.

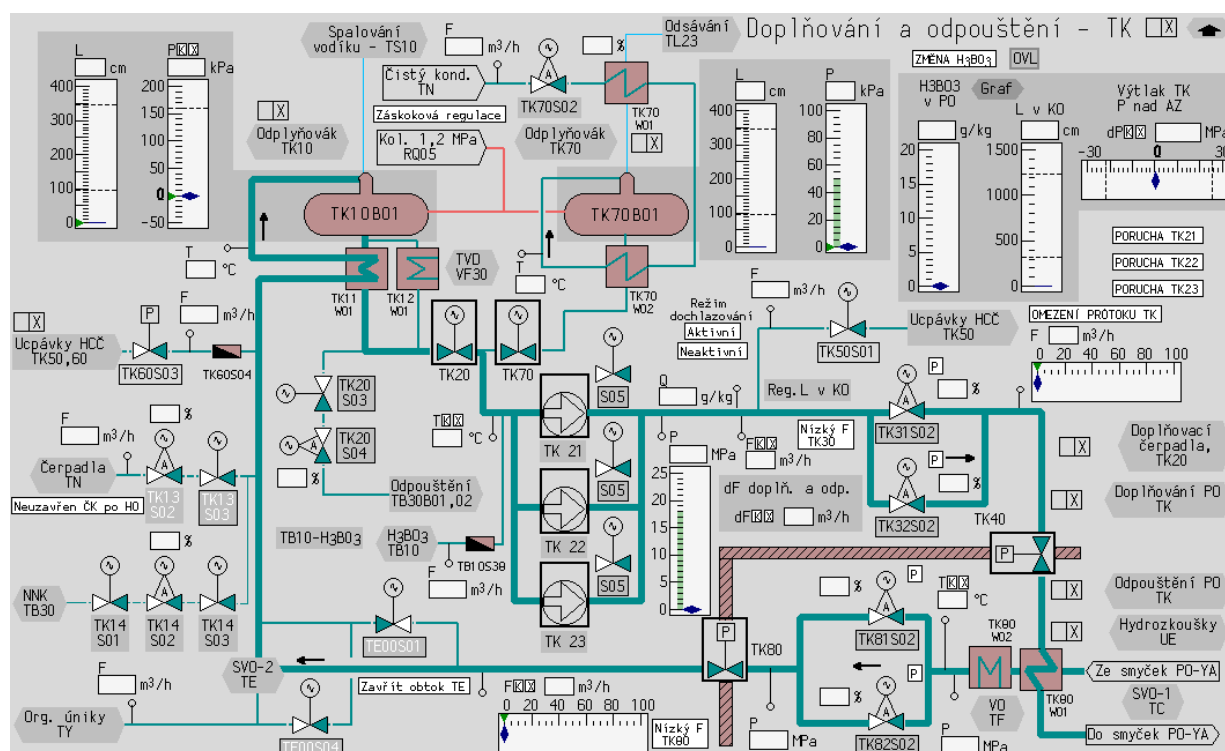
Systém odpouštění a doplňování tvoří jeden technologický okruh. Doplňovací agregáty jsou řešeny redundantně s principem 3x100 %, dva z nich jsou napájeny ze systému zajištěného napájení (každý z jiného společného DG).

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 spojnici 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.

Obr. 1.3.1-1 Systém normálního doplňování I.O



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 přípravy 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 koncentráту 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 zařazené 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 nepřipustným 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.

1.3.1.2 Podkritičnost bazénu skladování vyhořelého paliva

Podkritičnost vyhořelých palivových souborů uložených v BSVP je zajištěna dvěma nezávislými způsoby:

- Geometrií a materiálovým provedením skladovacích mříží umístěných v BSVP.

- Koncentrací kyseliny borité v objemu bazénu.

Podkritičnost je zajištěna i v případě zaplnění bazénu skladování vyhořelého paliva čistým kondenzátem.

1.3.2 Heat transfer from reactor to the ultimate heat sink

Pro jaderné bloky VVER1000 na JE Temelín se rozlišuje 6 provozních režimů bloku.

Tab. 1.3.2-1 Provozní režimy bloku

Režim	Název	Tepelný výkon	Střední teplota v I.O	k_{ef}
1	Výkonový provoz	$\geq 2 \% N_{NOM}$	$> 260\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 0,99$
2	Nevýkonový stav	$< 2 \% N_{NOM}$	$> 260\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 0,99$
3	Horký stav	Zbytkový	$> 260\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< 0,99$
4	Polohorký stav	Zbytkový	$260\text{ }^{\circ}\text{C} > T_{stř} \geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< 0,99$
5	Studený stav	Zbytkový	$150\text{ }^{\circ}\text{C} > T_{stř} \geq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< 0,99$
6	Odstávka	Zbytkový	$< 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< 0,98$

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 řídicího 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, pre-job-briefing před drenáží I.O, trvalá přítomnost vybraných pracovníků na BD atd.).

Snížení hladiny v reaktoru na osu studených nátrubků s palivem v reaktoru se provádí nejdříve za 7 dní po odstavení reaktoru a tento stav trvá cca 2 dny. Ve srovnání s délkou provozu v ostatních provozních režimech je tato doba velice krátká.

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.

1.3.2.1 Existing heat transfer means

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 chladicí vodou do chladících věží s přirozeným tahem. Kondenzát je z kondenzátoru vrácen pomocnými nebo hlavními kondenzátními čerpadly do napájecí nádrže, odkud je voda dodávána do PG pomocnými nebo turbonapájecími 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 chladiwa 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 and 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 and 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 6 Severe Accident Management.

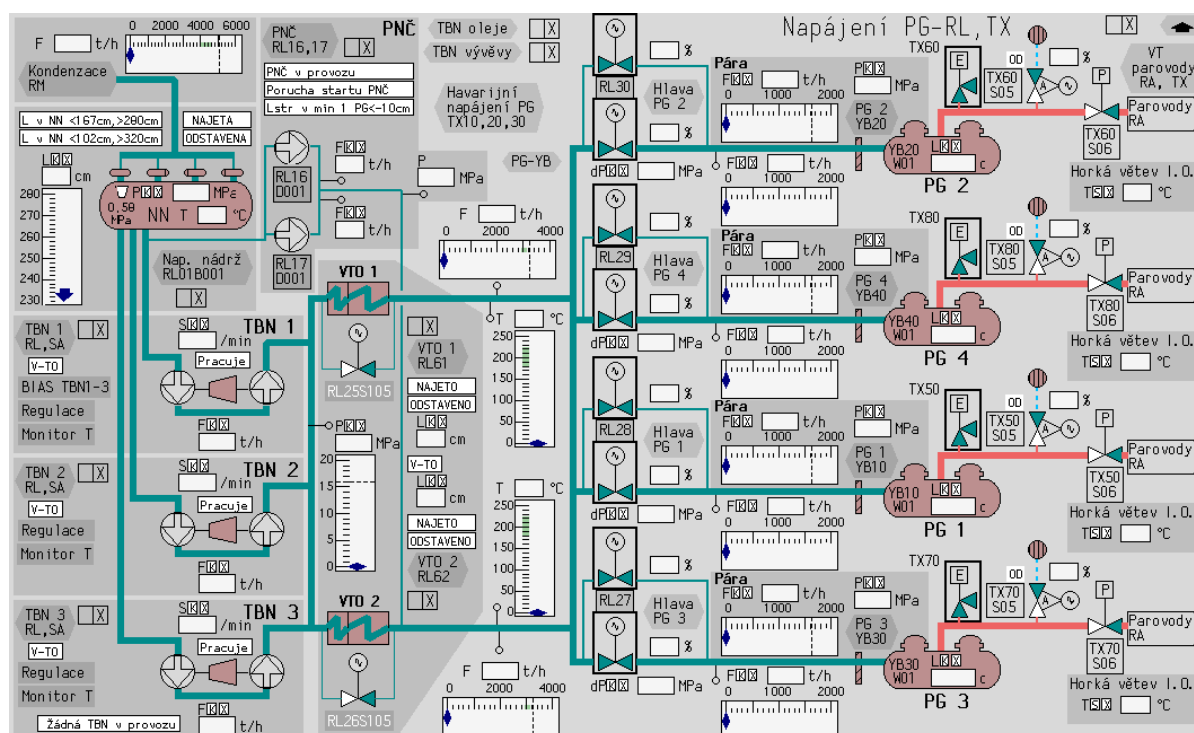
1.3.2.2 Lay out information on the heat transfer chains

Provozní systémy

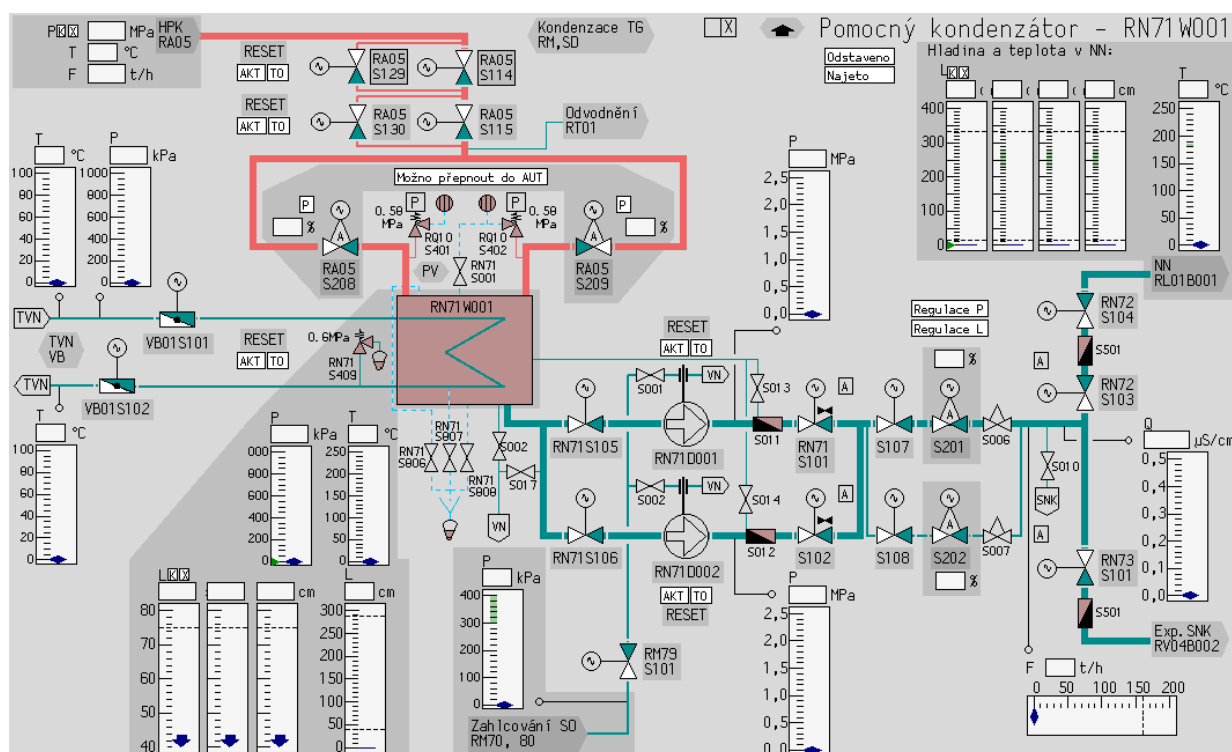
Systém pomocných napájecích čerpadel je určen k napájení parogenerátoru při najíždění a odstavování bloku. Je tvořen dvěma elektricky poháněnými napájecími čerpadly, která sají vodu z napájecí nádrže a výtlač je zaveden do společného napájecího kolektoru PG za VT ohřívače napájecí vody. Čerpadla a armatury 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.

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 chladicí věže a kondenzát čerpán zpět do napájecí nádrže. Pomocný kondenzátor je umístěn ve strojovně na podlaží $\pm 0,00$ m.

Obr. 1.3.2-2 Systém napájení PG



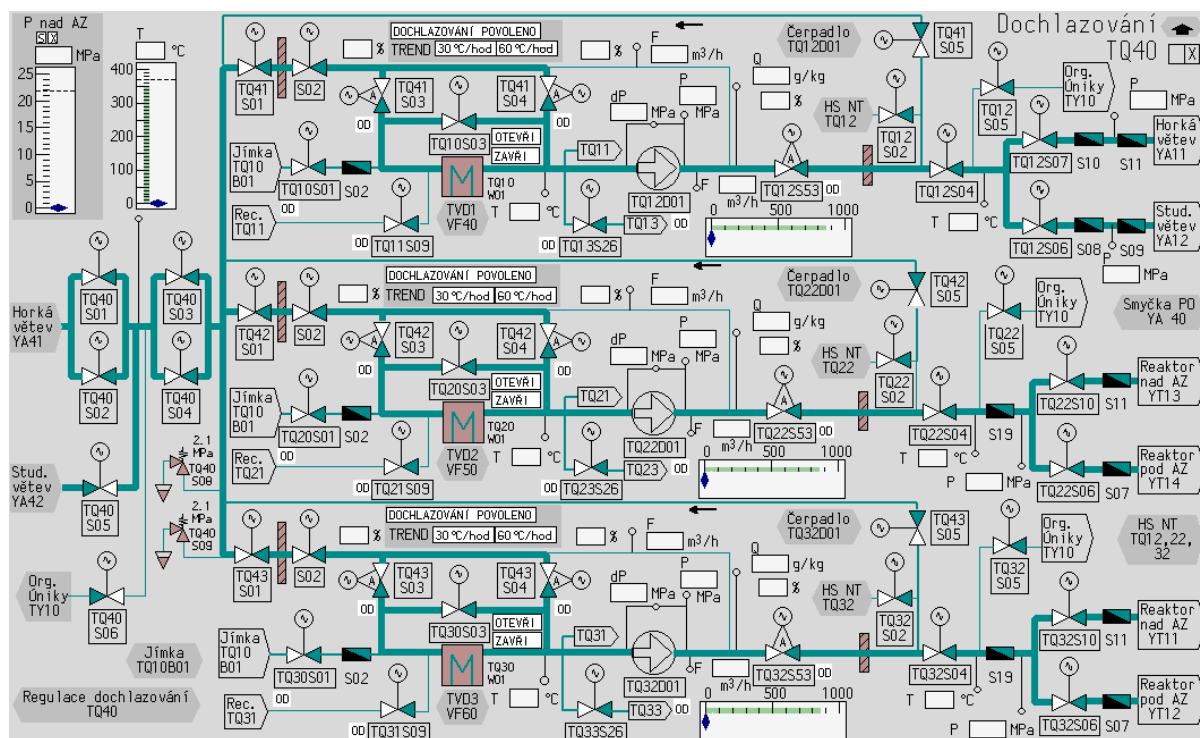
Obr. 1.3.2-3 Pomocný kondenzátor



Systém odvodu zbytkového tepla se používá při plánovaném dochlazování se používá 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 z bytkového 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.

Obr. 1.3.2-4 Systém odvodu zbytkového tepla



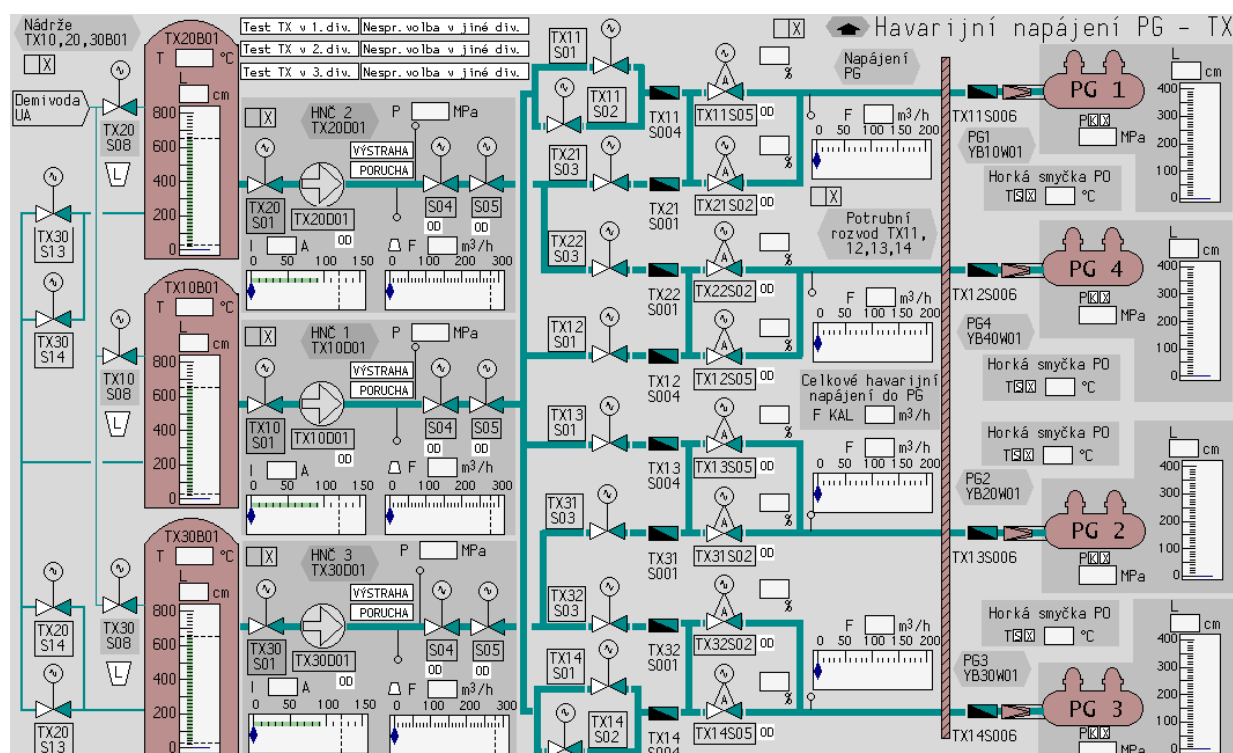
Bezpečnostní systémy

Systém havarijního napájení PG je určen k zabezpečení napájení PG v případě nepřipustného 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 m³ 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.

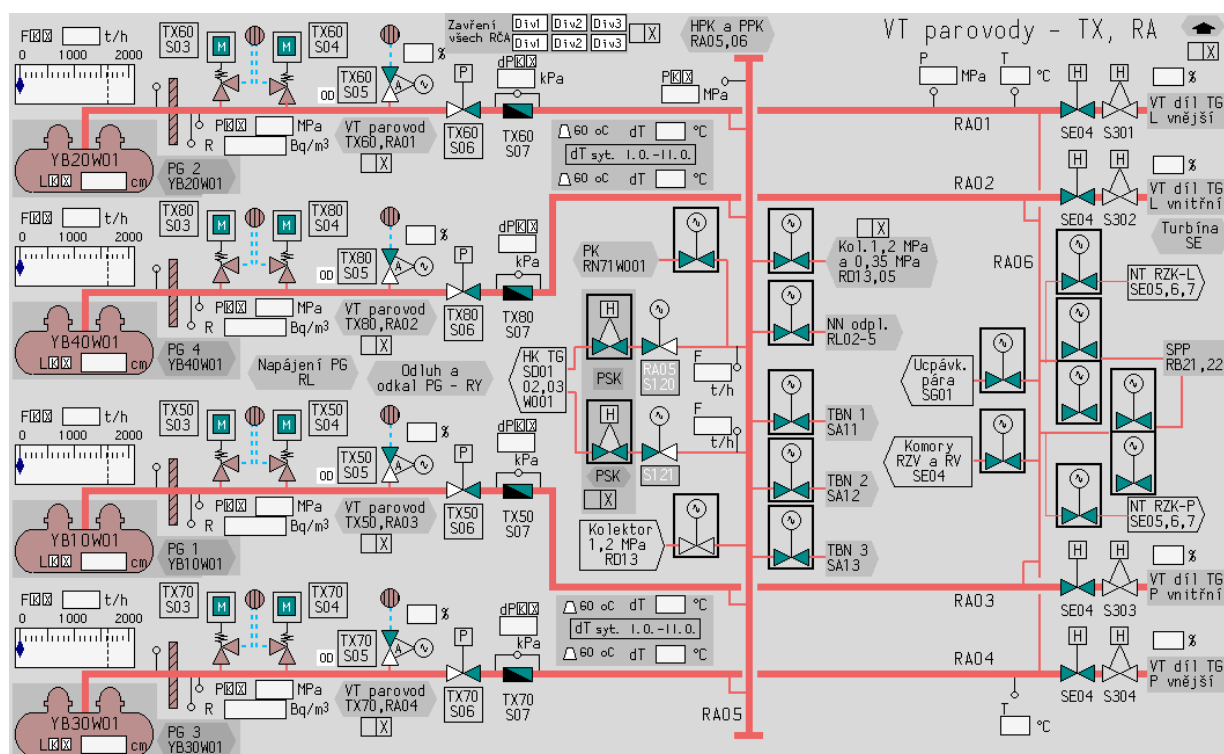
Přepouštěcí stanice do atmosféry zajišťují bezpečnostní funkci odvodu tepla z PG výfukem páry do atmosféry při haváriích bez netěsnosti PG v případě, že nelze využít přepouštěcí stanice do kondenzátoru TG, tj. při ztrátě napětí v síti vlastní spotřeby nebo když výkon přepouštěcí stanice do kondenzátoru 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 páry v PG. Po snížení tlaku dojde k uzavření přepouštěcí stanice.

Obr. 1.3.2-5 Systém havarijního napájení PG



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.

Obr. 1.3.2-6 Systémy odvodu páry z PG



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:

- Doplnění IO 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.
- Udrží 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 reaktorově 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.

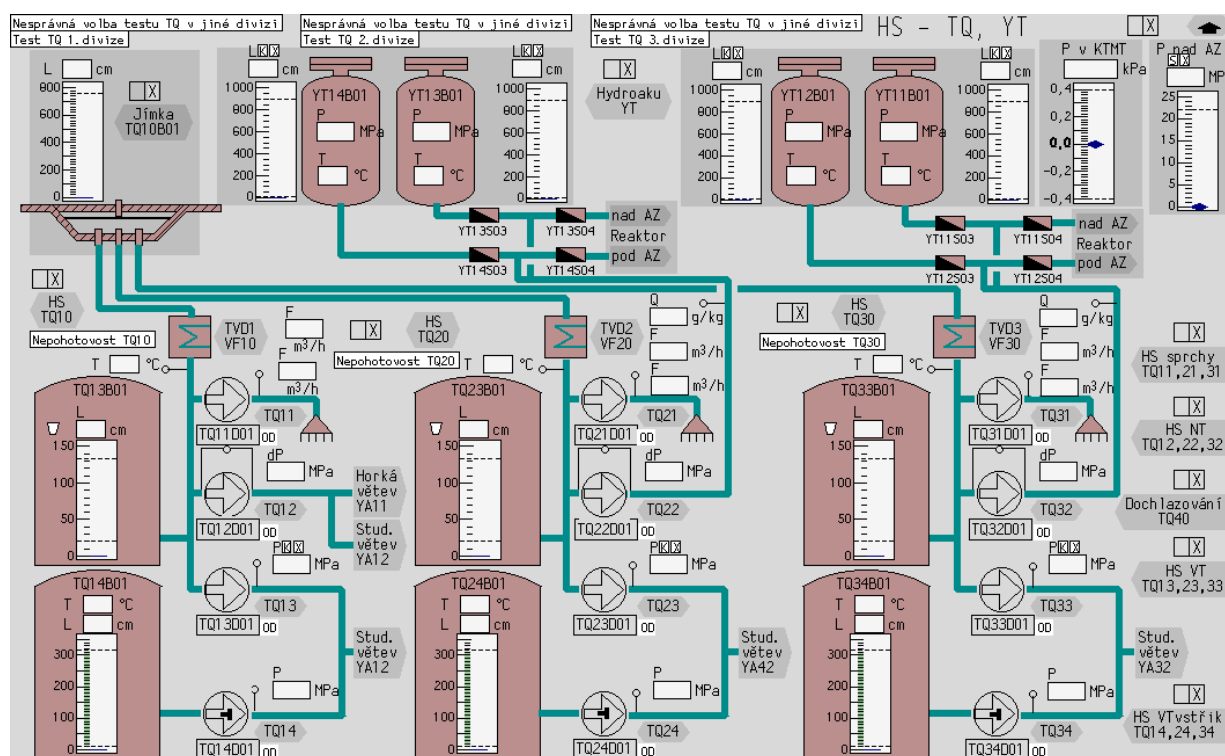
Pasivní systém havarijního chlazení AZ (systém hydroakumulátorů) slouží k rychlému zaplavení aktivní zóny reaktoru při poklesu tlaku v I.O v havarijních situacích spojených s poklesem tlaku v I.O při havárii spojené s velkým únikem chladiva z reaktoru. Součástí systému jsou čtyři hydroakumulátory, které 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 spojovací

potrubím. Hnací silou 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 podsystemy, 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. 1.3.2-7 Aktivní a pasivní HSCHZ a sprchový systém kontejnmentu



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 and 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.

1.3.2.3 Time constraints for availability of different heat transfer chains

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 m³. Dále je možné doplňovat napájecí nádrž z kondenzátoru TG, kde je zásoba vody o objemu cca 250 m³. Rovněž je možné doplňovat napájecí nádrž ze zásobních nádrží demivody o objemu 2 x 770 m³, 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 na teplotě. K tomuto účelu existuje dostatečná zásoba chladiva s odpovídající koncentrací kyseliny borité v zásobních nádržích jak v provozních, tak i bezpečnostních systémech 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 and bleed“). Při doplňování demivody do PG jsou k dispozici zásobní nádrže $3 \times 500 \text{ m}^3$ systému havarijního napájení PG pro každý blok a dále nádrže $2 \times 770 \text{ m}^3$ 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 and bleed“. V tomto režimu se řízeně odvádí chladivo z I.O (systémem havarijního odvodu 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 jímáče systémem TVD) doplňováno 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 and bleed“ neexistují žádná časová omezení.

Ostatní systémy

Při doplňování PG pomocí kondenzátních čerpadel je k dispozici zásoba demivody v zásobních nádržích $2 \times 770 \text{ m}^3$ 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 cca 3 hodiny pro provedení dalších činností pro zabezpečení odvodu tepla z AZ jinými prostředky.

1.3.2.4 AC power sources and batteries

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 automaticky 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 1.3.5 a 1.3.6.

1.3.2.5 Need and method of cooling equipment

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 (do snížení teploty v I.O na cca 110 °C) nebo odvodem páry do kondenzátoru TG (do snížení teploty v I.O pod 100 °C) a dále prostřednictvím chladicí vody do chladících věží. Ve druhé fázi (po snížení teploty v I.O pod hodnotu 150 °C) se zbytkové teplo z AZ a akumulované teplo odvádí pomocí systému odvodu zbytkového tepla 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 a systém odvodu zbytkového tepla lze použít až po snížení teploty v I.O pod hodnotu 150 °C.

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.

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.

1.3.3 Heat transfer from spent fuel pools to the ultimate heat sink

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 m³ a v sekci 02 cca 104 m³ (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.

1.3.3.1 Existing heat transfer means

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 rozstříkem. 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 chladicího 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 chladicího 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.

1.3.3.2 Layout information on the heat transfer means

Provozní systémy odvodu tepla z BSVP

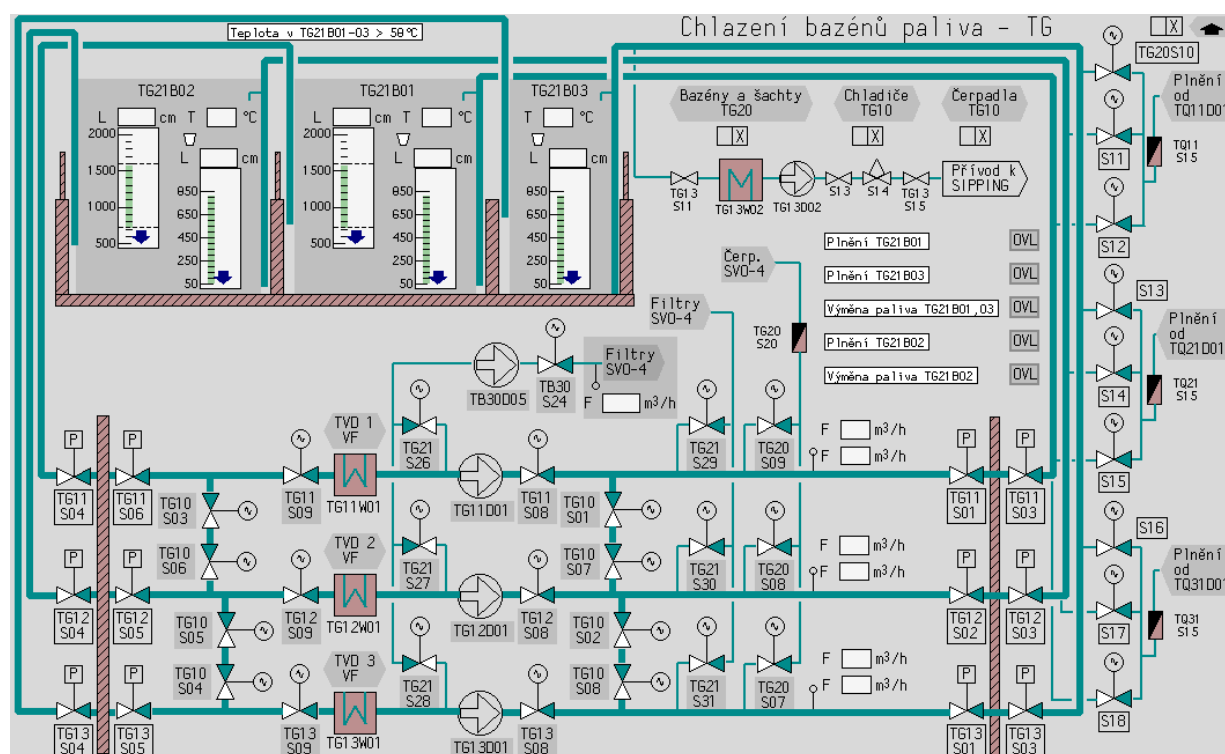
Za normálních provozních podmínek je odvod tepla zajišťován jedním ze tří okruhů systému chlazení BSVP, který je zařazen mezi systémy související s bezpečností a je řešen s koncepcí redundance 3x100 %. Chladivem je roztok kyseliny borité, i když BSVP může být

teoreticky zaplněn i čistým kondenzátem. Okruh chlazení je seismicky odolný. Kapacita chladicího 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 kontejneru, samotný BSVP je umístěn uvnitř kontejneru.

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.

Obr. 1.3.3-1 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 kontejneru 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 chladič 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 tří chladičích okruhů chlazení BSVP a tím i do libovolné ze tří sekcí samotného BSVP. V jímce kontejnmentu je dostupný objem cca 580 m³ 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 m³ 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.

Při 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.

1.3.4 Heat transfer from the containment to the ultimate heat sink

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 °C
Maximální tlak	0,49 MPa
Dávkový příkon	10 ³ Gy/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.

1.3.4.1 Existing heat transfer means

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 rozstříkem. 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 rozstříkovat požární vodu v kontejnmentu s obdobným efektem jaký má normální sprchování kontejnmentu.

1.3.4.2 Layout information on the heat transfer means

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) vrácen 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 umístěny 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 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 kontejnmentu 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).

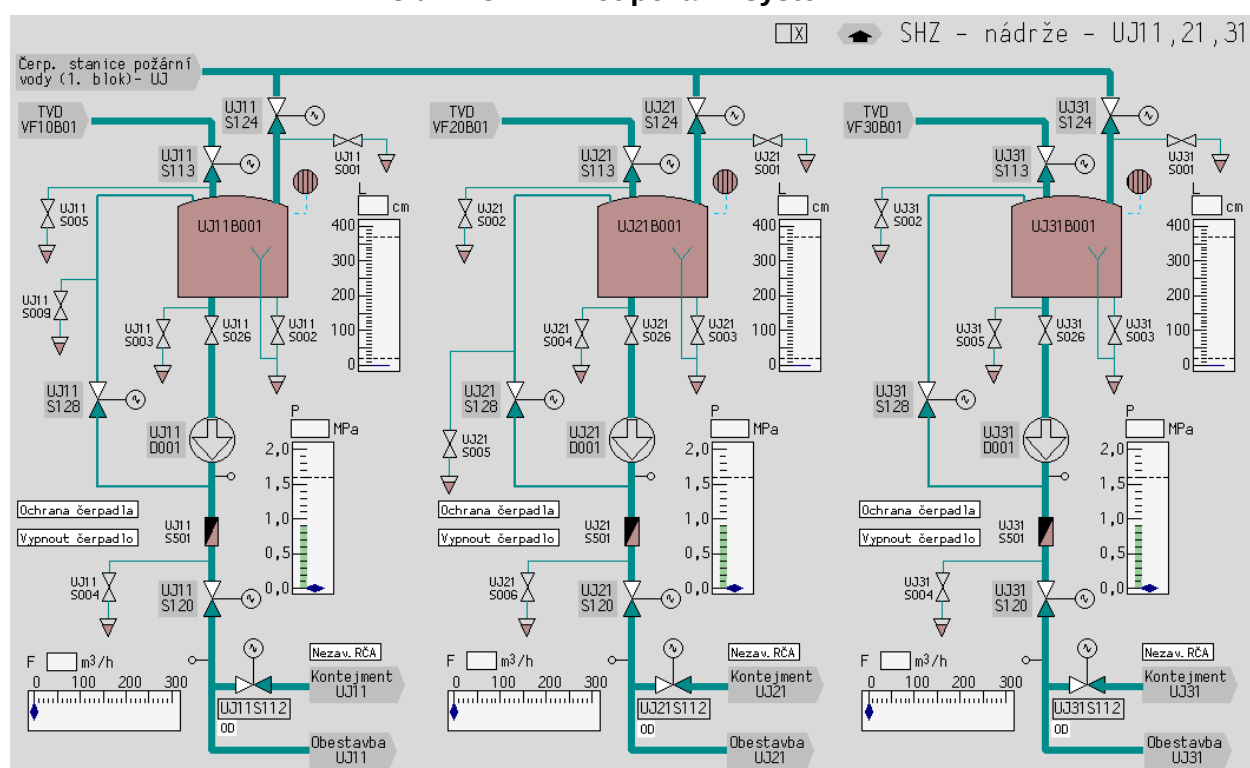
Sprchový systém umožňuje v případě potřeby havarijní doplňování BSVP.

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.

Obr. 1.3.4-1 Protipožární systém



Čerpadla protipožárního systému sají vodu ze zásobních nádrží o objemu $3 \times 70 \text{ m}^3$ a přes trysky pro hašení motorů HCČ ji doplňují do kontejnmentu.

Protipožární systém je řešen s koncepcí redundance $3 \times 100 \%$ 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.

1.3.5 AC power supply

V elektrických systémech JE Temelín je v návaznosti na řešení strojní a jaderné části aplikován následující princip „hloubkové ochrany elektrických systémů“:

Tab. 1.3.5-1 Úrovně ochrany do hloubky v elektročásti JE

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 na VS • AZR na rezervní napájení	
3	Zásahy (opatření) vedoucí k odvrácení rozvoje, nebo ke zvládnutí 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 TH • (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.

1.3.5.1 Off-site power supply

Jaderná elektrárna Temelín je umístěna v jižní části České republiky, skládá se ze dvou bloků VVER 1000 MWe. Schéma vyvedení výkonu i schéma napájení vlastní spotřeby (pracovního, rezervního) je v souladu s touto základní koncepcí řešeno blokově. Výkon se vyvádí do přenosové soustavy 400kV. Rezervní napájení je zajištěno z distribuční sítě 110kV.

Connections of the plant with external power grids

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.

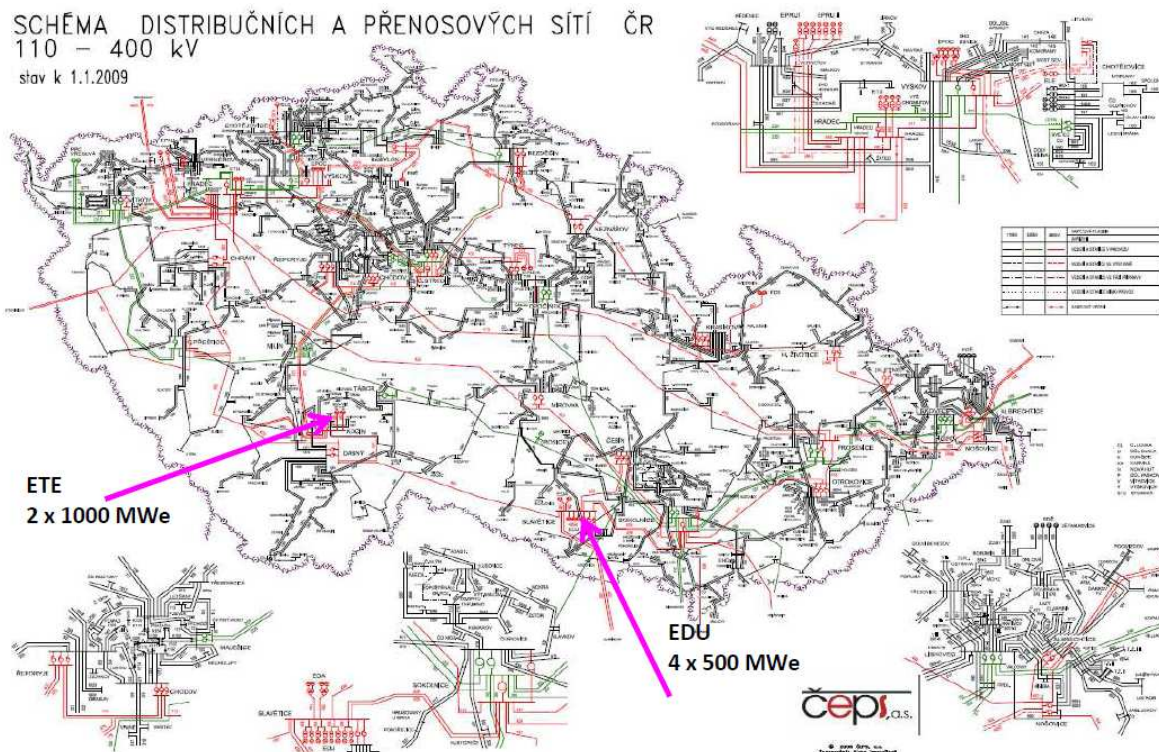
Rozvodna 400kV Kočín je spojena s přenosovou soustavou 5 linkami, které rozvádějí výkon do různých dispozičně vzdálených částí ČR (oblast středních Čech, oblast západních Čech, oblast jižních Čech). Tím je vytvořena geografická diverzifikace zapojení 400kV. Část linek je jednoduchých, část linek je dvojitých. Přenosová soustava ČR jako celek je navržena a provozována v souladu s kritériem N-1. Vyvedení výkonu z rozvodny Kočín dále do sítě je ale navrženo podle přísnějšího kritéria 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 přípojníc 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 přípojníc.

Schéma rozveden 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.

Obr. 1.3.5-2 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 220/110kV 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 řídicího 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.

Information on reliability of off-site power supply

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 ochranných. Tyto události souvisely hlavně s uváděním bloků do provozu a naladěním jednotlivých systémů. Je možno uvést tyto poruchové události:

Tab. 1.3.5-3 Významné poruchy v elektročásti JE

01/2002	Prokluzu generátoru 1. bloku ETE v důsledku nesprávné funkce budicího systému při zkouškách při uvádění do provozu. Příčinou byla nesprávná funkce a nastavení systému buzení. Příčina byla nalezena a odstraněna.
---------	--

05/2004	Výpadek pracovního napájení 2. bloku při zapnutí blokového transformátoru 1. bloku. Na 2. Bloku správně zafungoval automatický záskok na rezervní napájení. Příčina byla analyzována a stanovena jako nadměrný ráz magnetizačního proudu při zapnutí blokové transformátoru. Vyřešeno úpravou systému blokování elektrických ochran citlivých na magnetizační ráz.
2004 - 2010	Několik poruch elektrických zařízení (řetězce izolátorů linky 400kV, nadbytečné zapůsobení zábleskových ochran, nesprávné působení technologických ochran transformátorů po provedení periodické údržby atd.) Příčiny těchto poruchových událostí byly identifikovány a odstraněny.

Výše uvedené poruchy, ke kterým došlo během uvádění bloků do provozu a zkušebnímu chodu byly podrobně analyzovány a byla přijata a implementována odpovídající nápravná opatření. Při rozsáhlé poruše v síti UCTE v 11/2006 proto prokázaly bloky ETE vysokou odolnost proti poruchám v síti.

2006	Bloky ETE úspěšně zvládly velké systémové poruchy (rozpad sítě UCTE 11/2006, závažná porucha v přenosové soustavě ČR 08/2006) a svojí odolností proti odchylkám napětí a frekvence a regulační schopnosti přispěly ke stabilizaci poměrů v přenosové soustavě. 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. 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.
------	--

Spolehlivost zapojení ETE do vnějších elektrických sítí 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 přípojníc, selektivní systém ochran) omezuje i přenos

poruch mezi bloky a přenosovou soustavou. Vyvedení výkonu ETE do sítě je navrženo podle spolehlivostního kritéria 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 působení 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.

1.3.5.2 Power distribution inside the plant

Main cable routings and power distribution switchboards

Napájení elektrických spotřebičů vlastní spotřeby je rozděleno na více rozveden, 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 kritérium (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 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 nepřerušného 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 řízení 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 ($U < 0,25U_n$ po dobu 2s, zálohované logikou od vypnutého stavu vypínačů v pracovním a rezervním přívodu blokové rozvodny 6kV). Odchytky frekvence jsou řešeny síťovou frekvenční ochranou, která vyhodnocuje pokles frekvence v síti 400kV, viz odstavec 1.3.5.1.2. 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.

Lay-out, location, and physical protection against internal and external hazards

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 rozveden 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 rozveden 6 kV.

Z blokových rozveden 6 kV jsou napájeny i motory 6kV (např. HČČ), rozvodny 6kV zajištěného napájení a transformátory 6/0.4kV pro spotřebiče reaktorovny. Tato rozvodná zařízení jsou umístěna v obestavbě reaktorovny.

Z blokových rozveden 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.).

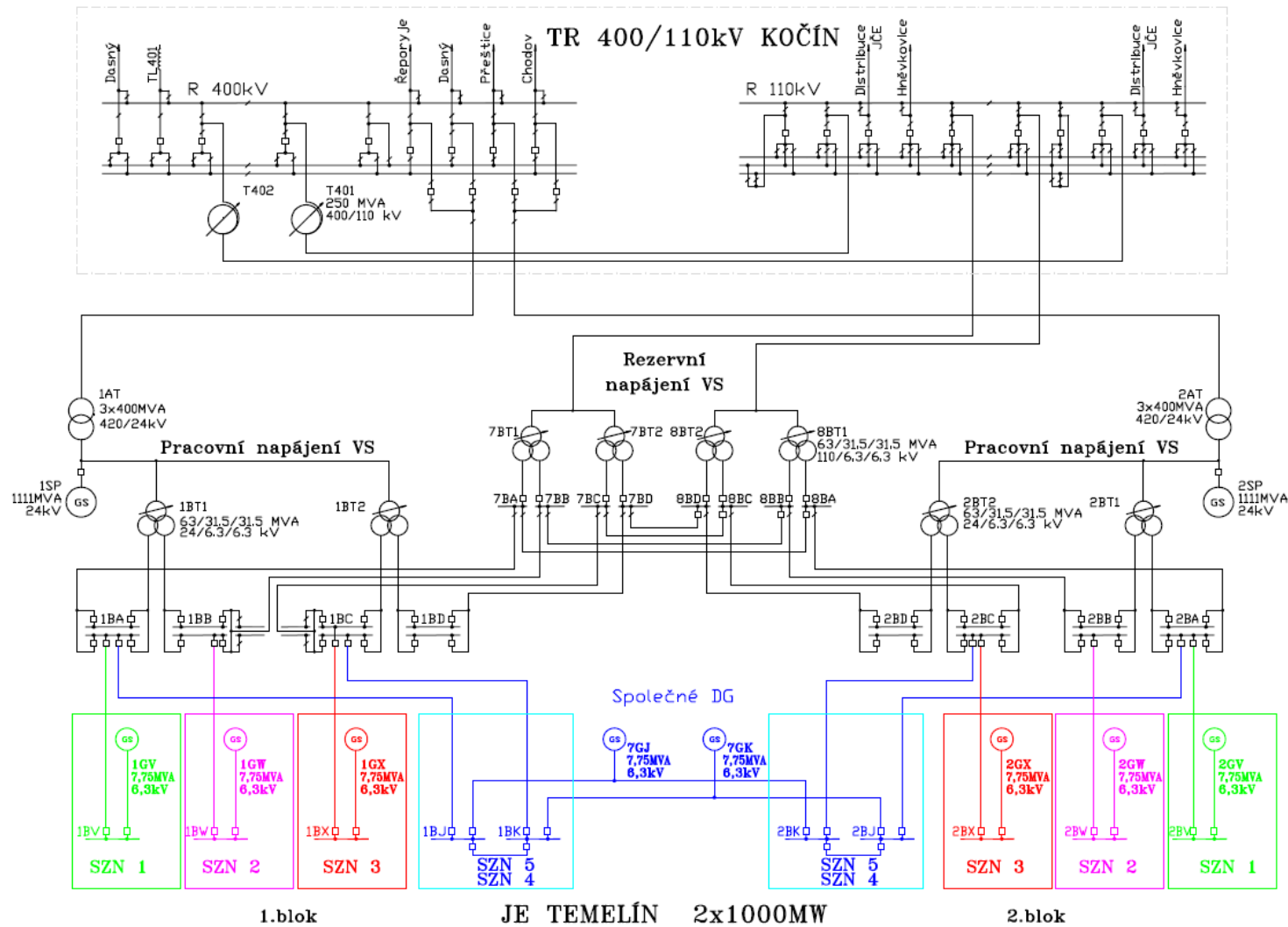
1.3.5.3 Main ordinary on-site source for back-up power supply

On-site sources that serve as first back-up if offsite power is lost

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.

Obr. 1.3.5-4 Základní schéma vlastní spotřeby JE



Obr. 1.3.5-1

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 SZN1,2,3 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 přerušování 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.

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 blokády 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 $T_{l.o} < 70\text{ °C}$, pak je zatěžování DG řízeno programem APS-S. Pokud je $T_{l.o} > 70\text{ °C}$, 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 blokády a automatik normálního provozu části spotřebičů, pro vybrané spotřebiče zůstávají aktivní blokady ručního zapnutí v závislosti na výkonu DG.

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).

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

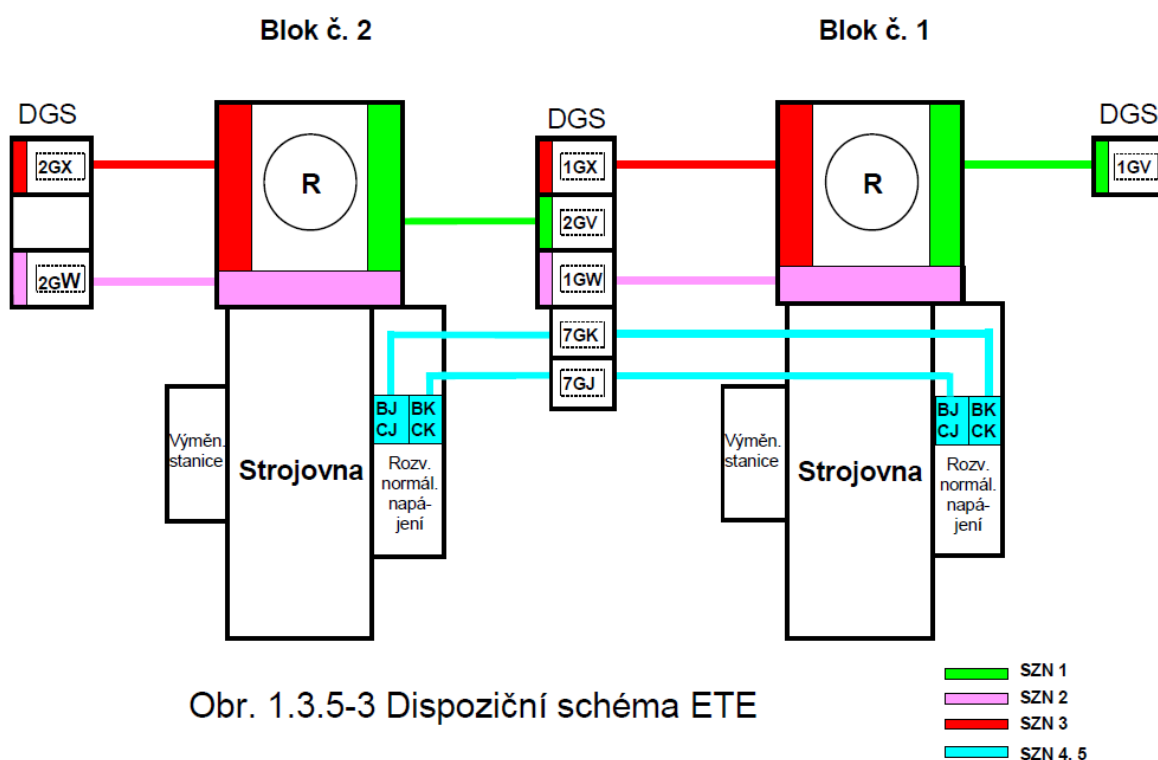
zapojením v elektrickém schématu, dále i řešení řídicích automatik) od DG na SZN 1, 2, 3. Společné DG jsou připojitelné manipulací existujících rozvodů 6kV k rozvodnám SZN 1 a 2

Redundancy, separation of redundant sources by structures or distance, and their physical protection against internal and external hazards

SZN 1,2,3 (včetně DG) jsou tvořeny seizmicky odolnými zařízeními, umístěnými v seizmicky odolných budovách.

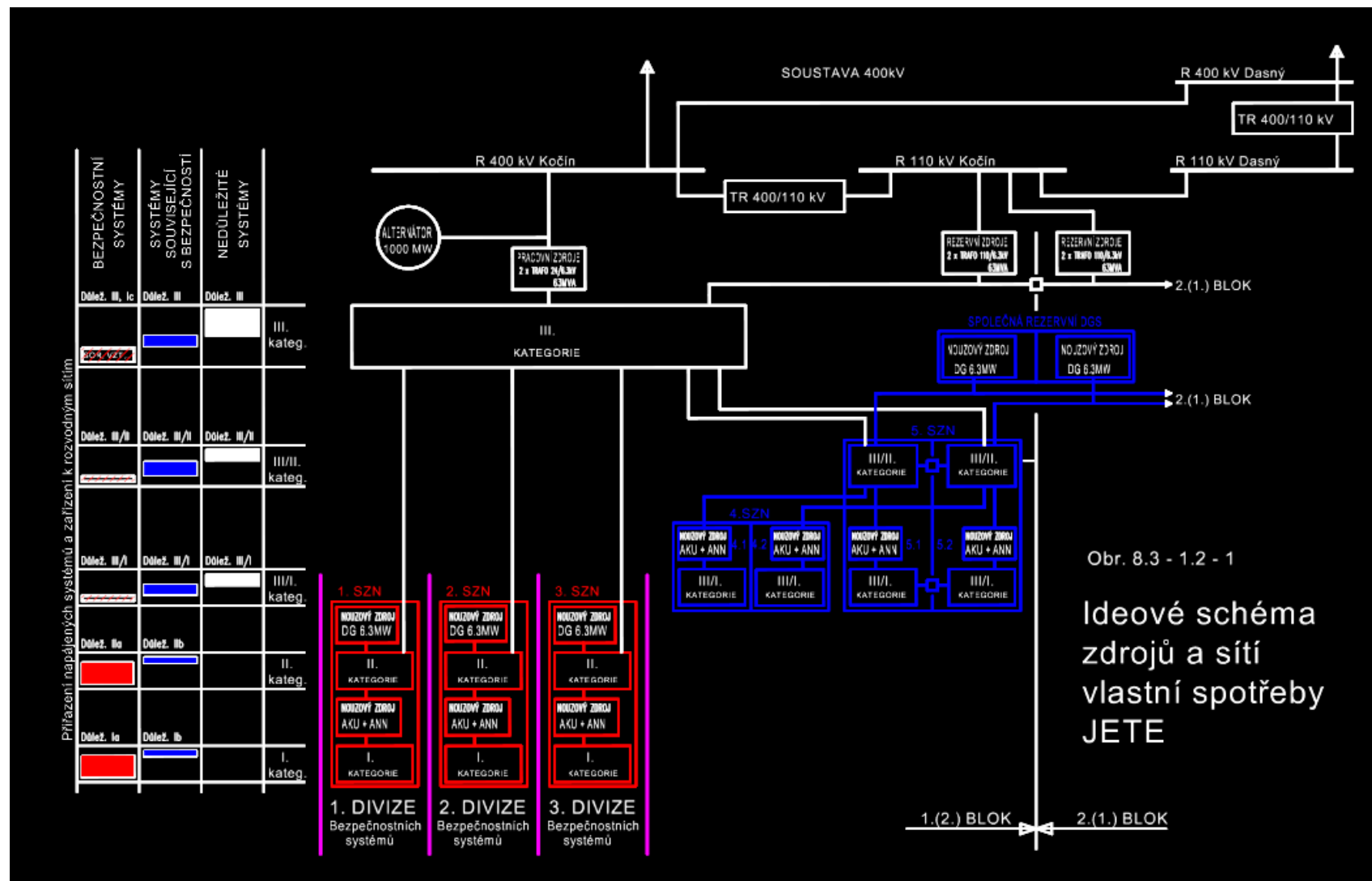
Objekty DG stanic pro SZN 1,2,3 jsou robustní železobetonové objekty, chráněné proti současnému vyřazení z funkce externími riziky i šachovnicovým dispozičním umístěním. DGS pro SZN 1 je umístěna na opačné straně reaktorovny, než DGS pro SZN 2 a 3. Mezi buňky DGS 2 a 3 bloku ETE1 je vložena buňka DGS1 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. 1.3.5-5 Uspořádání a rozmístění zdrojů a sítí

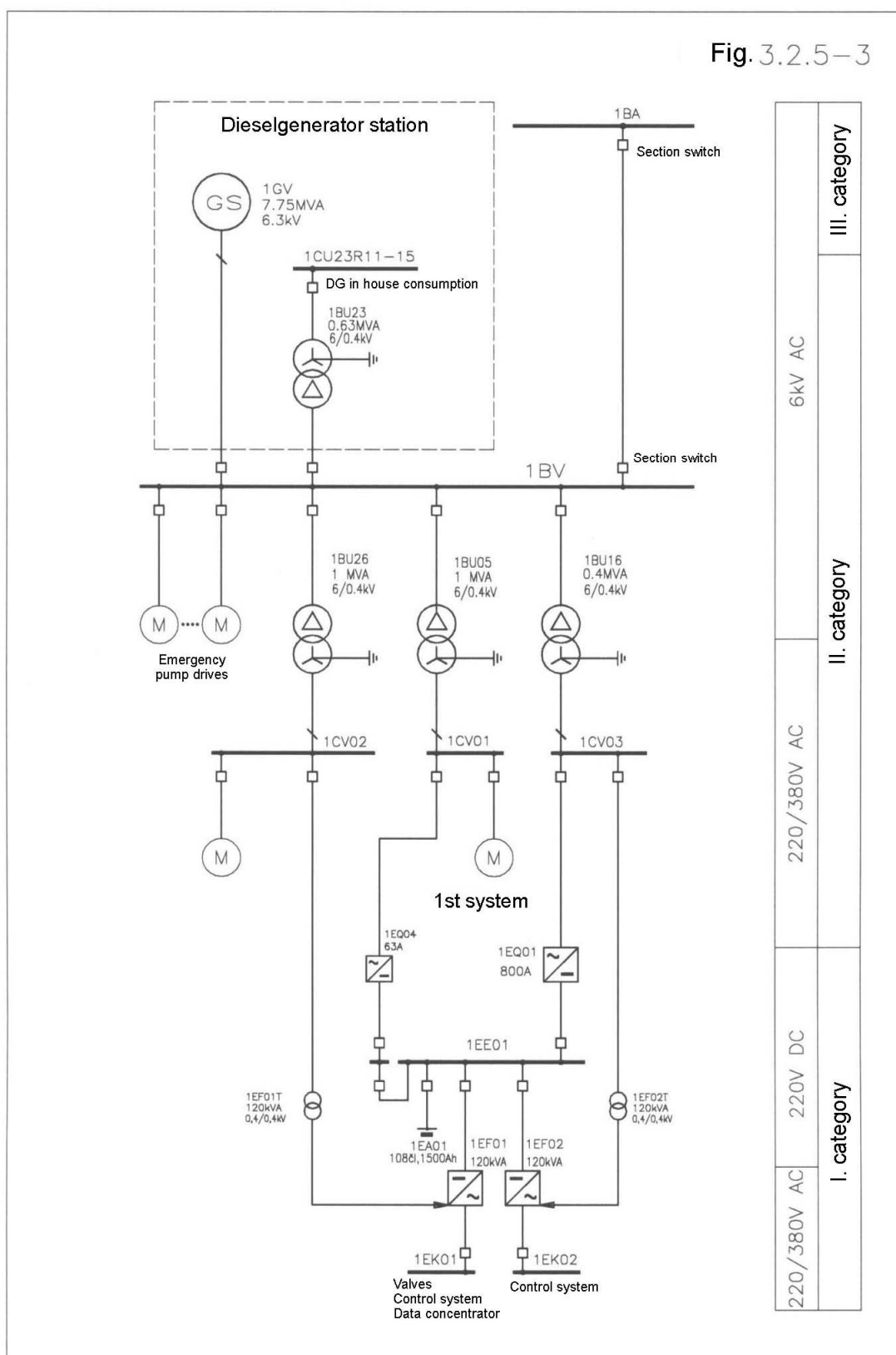


Obr. 1.3.5-3 Dispoziční schéma ETE

Obr. 1.3.5-6 Ideové schéma zdrojů vlastní spotřeby JE



Obr. 1.3.5-7 Zdroje napájení vlastní spotřeby



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 chladicí okruh, plnicí 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 48 h) je v lokalitě ETE k dispozici naftové hospodářství, kde může být uloženo dalších až 2 400 m³ nafty. V případě potřeby je možné při dlouhodobé ztrátě normálního napájení zajistit doplňování nafty do nádrží DG mobilními prostředky.

Time constraints for availability of these sources

Diesलगенераторы 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 seizmicky 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 uvažováním 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 $2,5 \div 3$ 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 umístěno minimálně dalších 300 m³ 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 více než 1000 m³, po dobu více než 10 dní).

1.3.5.4 Diverse permanently installed on-site sources for back-up power supply

Location, physical protection and time constraints

Vzhledem k tomu, že neexistují žádné trvale instalované vnitřní zdroje projektově určené pro zvládnutí SBO, byla pro JE Temelín 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. Řešení SBO spočívá v obnovení střídavého napájení v alespoň jedno redundantním systému zajištěného napájení.

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 seismická, 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 odvětrávání 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)

Diverse sources that can be used for the same tasks as the main back-up sources

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 činností 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.

1.3.5.5 Other power sources that are planned and kept in preparedness

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 rozveden 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 turbíny (výkon 200 kW).
- DG pro datové centrum (výkon 1 MW).

1.3.6 Batteries for DC power supply

Každý ze SZN je vybaven zdroji a rozvody, které zajišťují nepřerušené napájení citlivých spotřebičů. Nouzovým zdrojem jsou olovené 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 dobítí baterií za méně než 8h.

1.3.6.1 Description of separate battery banks

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 nejdůležitějších řídicích, monitorovacích a ochranných systémů a armatur své divize BS. Významným 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 přírůdky 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 přírůdky 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 nepřerušované napájení monitoringu pádu řídicích tyčí do dolní polohy.

Tab. 1.3.6-1 Vybíjecí doby akubaterií v projektových režimech

SZN	Baterie	Charakteristiky baterie	Vybíjecí doba [minuty] ^{2) 3)}	
			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 redukována na 72% C_{10} , čímž je respektován vliv stárnutí (0,8) a vliv minimální teploty v akumulátorovně (0,9).

V koncepčním projektu JE Temelín se při dimenzování baterií vycházelo z požadavku IAEA 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.

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**.

Tab. 1.3.6-2 Vybíjecí doby akubaterií v nadprojektovém režimu SBO

SZN	Označení baterie	Charakteristiky baterie	Vybíjecí doba [minuty] ^{1) 2) 3)}
1,2,3	EA01,02,03	108čl. Vb2415, 1600Ah	>130 / 260⁴⁾
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 redukována 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:

- a) Jsou připojitelné ke zdroji AAC, který zajistí napájení zátěže a dobíjení akubaterií prostřednictvím usměrňovačů.
- b) Vybíjecí doby akubaterií jsou delší než doba, za kterou je nutno obnovit napájení technologie ze zdroje AAC. To platí i na konci životnosti akubaterie.

1.3.6.2 Consumers served by each battery bank

Stejnoseměrné napájení je důležité pro zabezpečení funkcí systémů SKŘ (řízení a monitorování 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

1.3.6.3 Physical location and separation of battery banks

Bateriové systémy SZN 1,2,3 a příslušné usměrňovače a střídače jsou umístěny v obestavbě reaktorovny. Jedná se o seizmicky odolná zařízení umístěná v seizmicky 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.

1.3.6.4 Alternative possibilities for recharging each battery bank

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 neprovoznosti hlavního usměrňovače 800 A.

V režimu SBO se uvažuje dobíjení baterií z dostupných diverzifikovaných zdrojů AAC.

1.4 Significant differences between units

Oba bloky jaderné elektrárny Temelín jsou stejného typu a nejsou mezi nimi žádné bezpečnostně významné rozdíly.

1.5 Scope and main results of Probabilistic Safety Assessments

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. 1.2.2). 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.

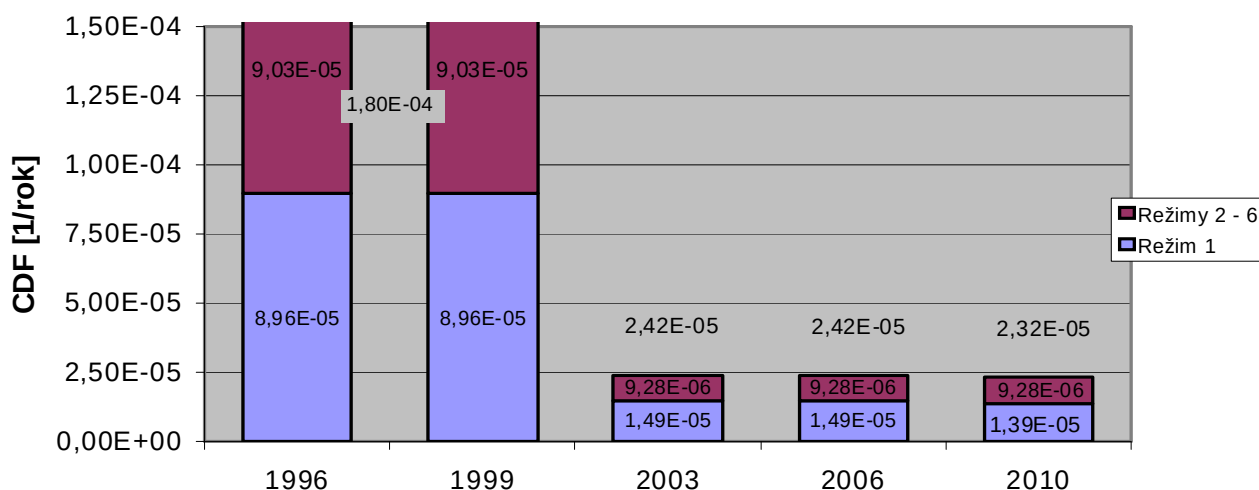
PSA pro JE Temelín byla předmětem kontrolních misí IPERS IAEA v roce 1995 (PSA 1. úrovně, vnitřní iniciační události) a v roce 1996 (požáry, záplavy externí události a PSA 2. úrovně). Další mise IPSART se uskutečnila v roce 2003 po aktualizaci této analýzy. Rovněž bylo provedeno nezávislé hodnocení uvedené 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. 1.5-1 Vývoj výsledků CDF (vnitřní události)



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 $1E-7/\text{rok}$
- Příspěvek ostatních externích iniciačních událostí k riziku je zanedbatelný (CDF je v řádu $1,0E-7/\text{rok}$)
- Příspěvek havarijních sekvencí vedoucích k SBO z interních příčin, tedy po LOSP je v řádu $1E-6/\text{rok}$.

Z uvedených výsledků PSA Level 1 vyplývá, že hodnota CDF pro skutečný stav projektu po všech realizovaných bezpečnostních vylepšeních klesla pro nevýkonové stavy o více než půl řádu a pro výkonové stavy bloku téměř o celý řád.

2 Earthquakes

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly 1.3, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

2.1 Design basis

2.1.1 Earthquake against which the plant is designed

2.1.1.1 Characteristics of the design basis earthquake (DBE)

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, jemuž v americké terminologii odpovídá SSE – Safe Shutdown Earthquake).
- 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, jemuž v americké terminologii odpovídá OBE - Operating Basis Earthquake).

Tab. 2.1.1-1 Závazné projektové hodnoty zrychlení

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)

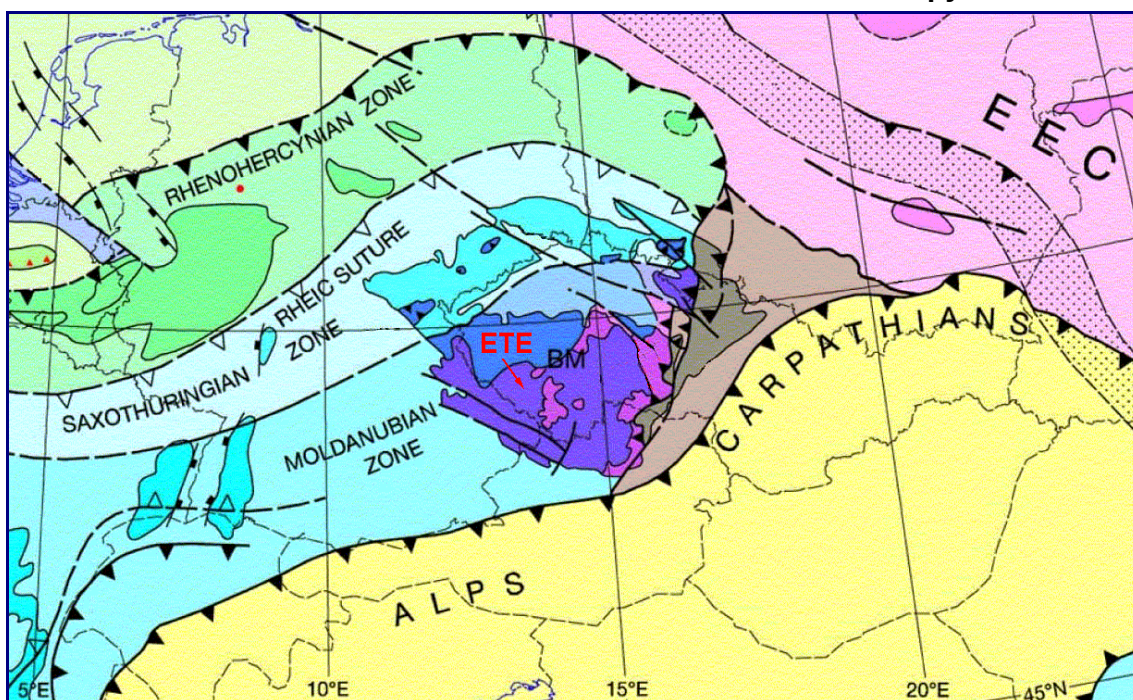
Četnost výskytu MVZ se předpokládá jednou za 10 000 let, zatímco v případě PZ jednou za 100 let.

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 $PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$.

2.1.1.2 Methodology used to evaluate the design basis earthquake

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.

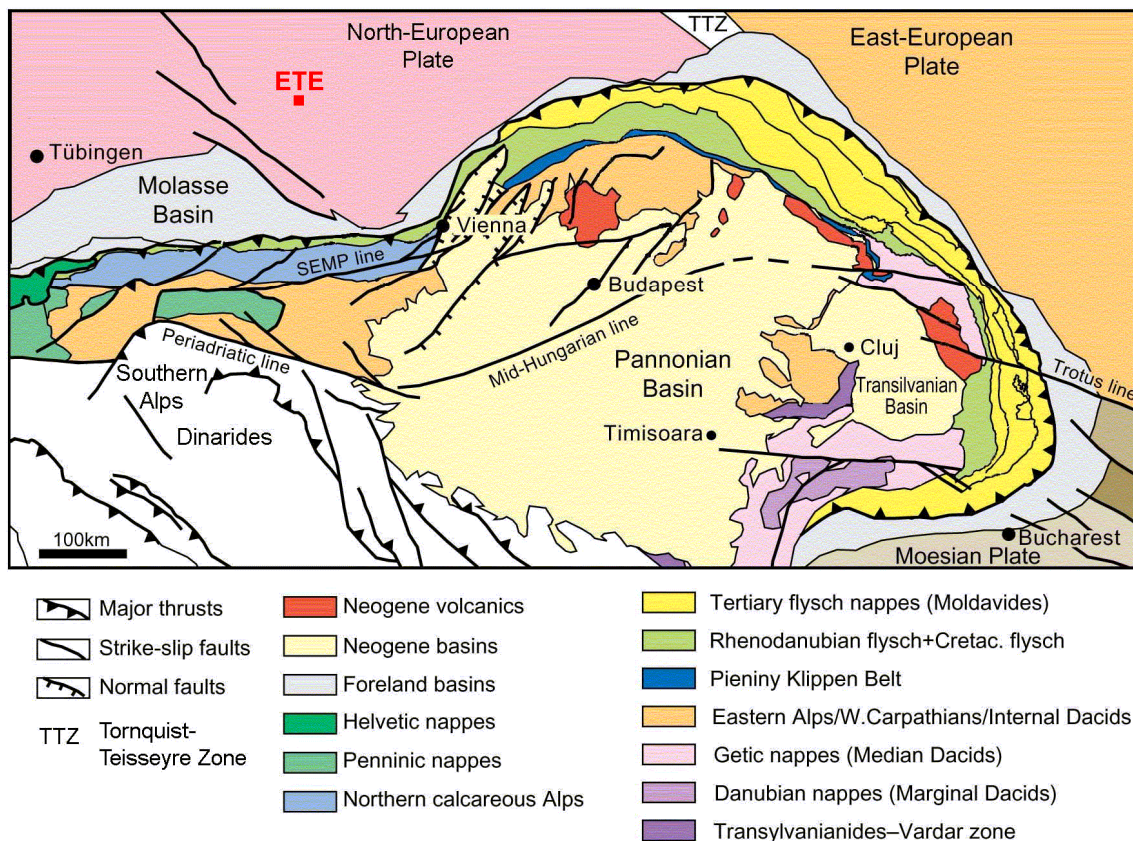
Obr. 2.1.1-2 Základní strukturní schéma střední Evropy



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 alpská fronta nebo alpsko - karpatská předhlubeň. 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. 2.1.1-3 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 $PGA_{hor} = 0,06 \text{ g}$

PZ = 5^{MSK-64} s hodnotou zrychlení $PGA_{hor} = 0,025 \text{ g}$

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. 2.1.1.1.

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.

Seismostatistický přístup – 1. metoda

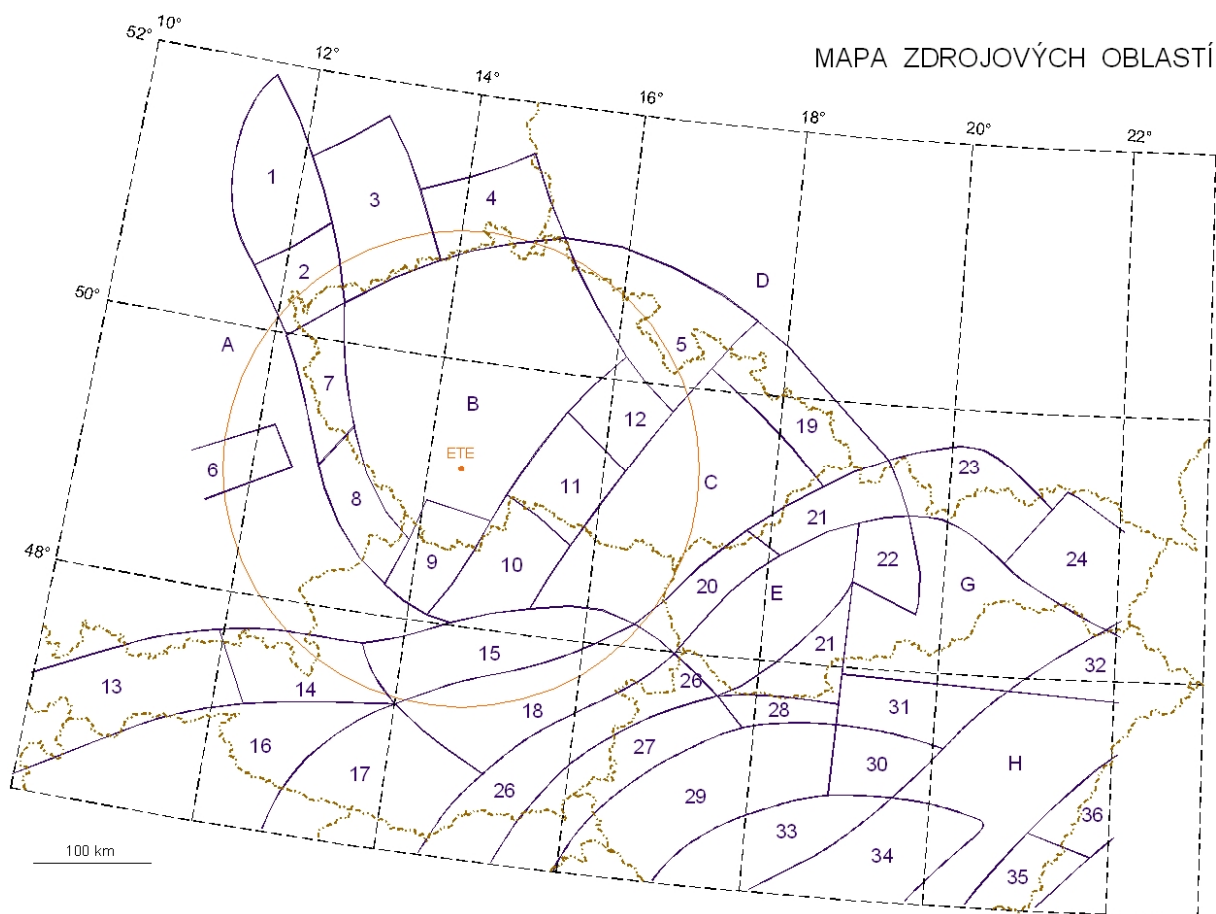
Při stanovení seismického rizika se předpokládá stabilita tektonických i seismogenerujících procesů, tzn., předpokládá se, že dosud pozorovaný trend seismické činnosti zůstane zachován i v budoucnu. Při výpočtech se předpokládá, že zemětřesení může vzniknout v libovolném bodě každé oblasti nebo aktivního 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. 2.1.1-4 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

Seismostatistický přístup – 2. metoda

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 seismického 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 magnitudy ($M_{\max}$), které jsou potenciálně schopné generovat. Potenciál zlomů je diferencovaně hodnocen pro jednotlivé strukturní bloky – regionální geologické jednotky.

Tab. 2.1.1-5 Systém dělení zlomů do tříd a jejich číselné kódování

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 seismotektonická 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 soulase 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 ohrazení, 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

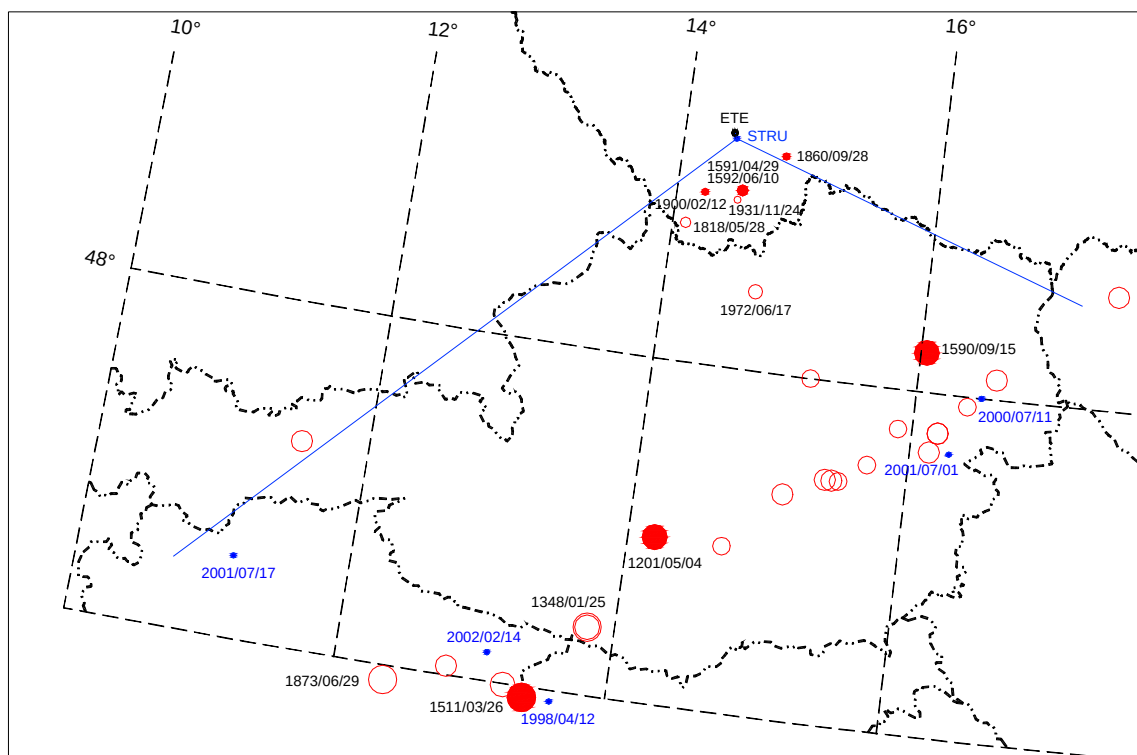
šíření seismických vln v Českém masívu. V prvním přiblížení mohou být tyto účinky charakterizovány hodnotou pikového zrychlení v horizontálních složkách, které jsou vyvolány zemětřesením.

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 $PGA_{HOR} \geq 10 \text{ cm.s}^{-2}$.

Obr. 2.1.1-6 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.

2.1.1.3 Conclusion on the adequacy of the design basis for the earthquake

Hodnota špičkového zrychlení podloží $PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$ a $PGA_{ver} = 0,07 \text{ g}$ pro maximální výpočtové zemětřesení a $PGA_{hor} = 0,05 \text{ g}$ a $PGA_{ver} = 0,035 \text{ g}$ 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 ($PGA_{hor} = 0,08 \text{ g}$). Výsledek hodnocení ukazuje, že pro lokalitu ETE je výskyt vyššího zemětřesení než 6,5 MSK-64 velmi nepravděpodobný a projektová hodnota maximálního výpočtového zemětřesení ($PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$) je pro ETE adekvátní.

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 ($PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$) stanovenou pro MVZ (viz kap. 2.1.2.2).

SSK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné minimálně do hodnoty 7 MSK-64 ($PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$), takže existuje bezpečnostní rezerva na zbývajících 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.

2.1.2 Provisions to protect the plant against the design basis earthquake

2.1.2.1 Identification of SSC that are required for achieving safe shutdown state

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.

2.1.2.2 Evaluation of SSC robustness in connection with DBE and assessment of potential safety margin

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 odolnost odpovídající zatížení dle hodnot MVZ.

Tab. 2.1.2-1 Parametry odolnosti ("Fragility") vybraného typového zařízení

Typové zařízení	HCLPF
Izolátory venkovních rozvodů 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
Chladicí 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.

2.1.2.3 Main operating provisions to achieve safe shutdown state

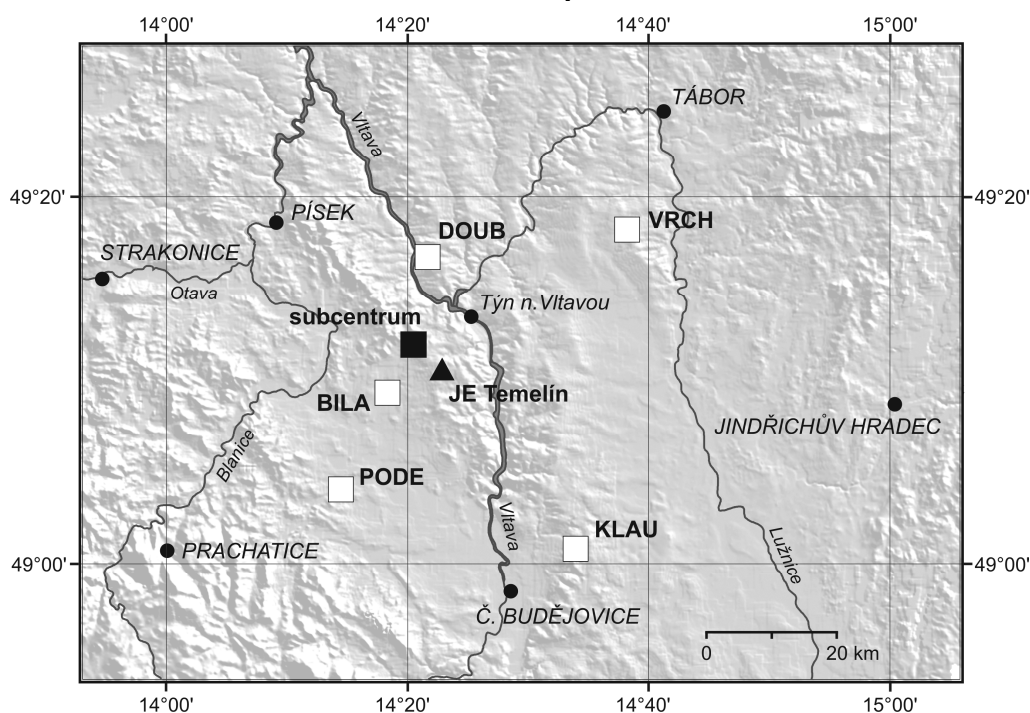
Na podporu výsledků hodnocení seismického ohrožení lokality ETE je využíváno měření stanic lokální seismologické sítě detailního seismického rajónování (DSR) ETE.

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 sítě stanic registrovány též indukované důlní otřesy a průmyslové odpaly.

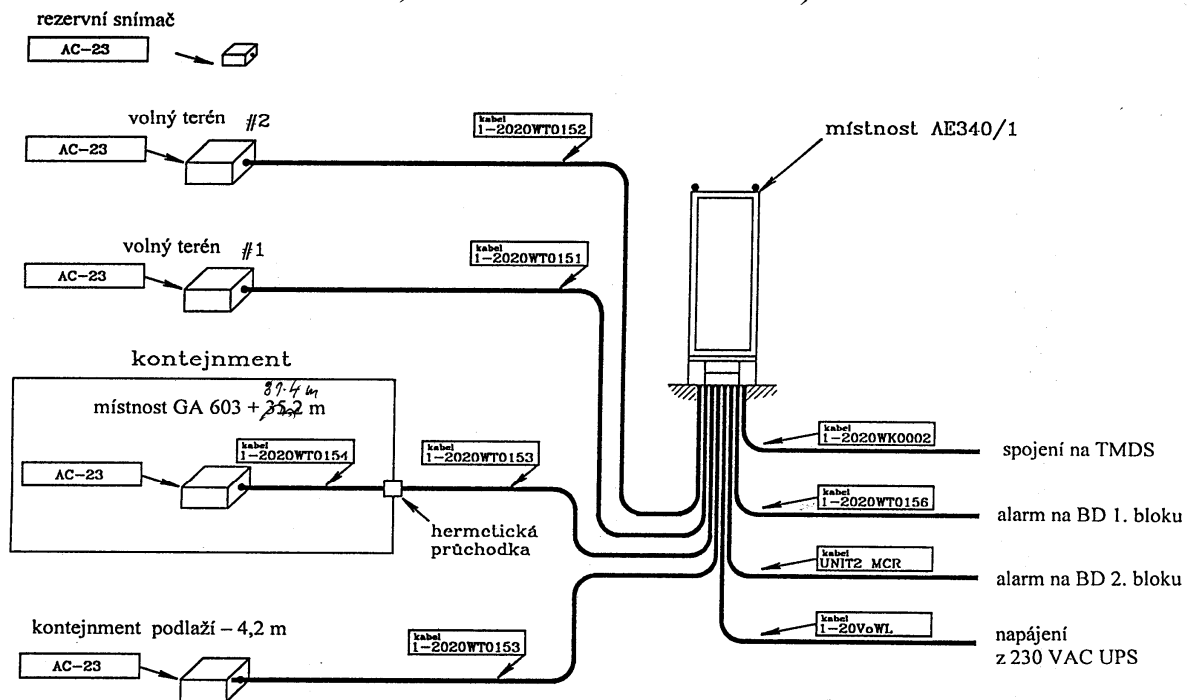
Síť detailního seismického rajónování v okolí ETE, vybudovaná a provozovaná podle doporučení IAEA, je v nepřetržitém provozu od 1. 9. 1991. Seismické jevy jsou registrovány ve 4 kategoriích: teleseismické jevy vzdálené více než 2 000 km, regionální jevy (200 – 2 000 km), blízké jevy (50 – 200 km) a lokální jevy (< 50 km). Kromě tektonických zemětřesení jsou sítě stanic registrovány též indukované důlní otřesy a průmyslové odpaly.

Obr. 2.1.2-2 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 kontejneru). Spolu s tím jsou aktivovány i odpovídající alarmy na BD. S aktivací SMS ani s alarmy o zemětřesení nejsou spojeny žádné iniciační signály do řídicích 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. 2.1.2-3 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:

- Řízení reaktivity
- Odvod tepla z jaderného paliva
- 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 and bleed“ doplňováním vody do PG prostřednictvím systému havarijního napájení PG a řízeným odvodem páry do atmosféry až do teploty v I.O 150 °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 and 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.

2.1.2.4 Protection against indirect effects of the earthquake

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 ztráta 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 odvodu 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 (obhlídka 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 řídicího střediska a krytů havarijní připravenosti. V tomto případě by bylo možné použít záložní vjezd/vstup do areálu a aktivaci havarijního řídicího 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.

2.1.3 Compliance of the plant with its current licensing basis

2.1.3.1 Licensee's processes to ensure that SSC needed for achieving safe shutdown after earthquake remain in operable condition

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

2.1.3.2 Licensee's processes to ensure that mobile equipment and supplies are in continuous preparedness to be used

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.

2.1.3.3 Potential deviations from licensing basis and actions to address those deviations

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.

2.2 Evaluation of safety margins

2.2.1 Range of earthquake leading to severe fuel damage

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. 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 výtlačku 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. 1.3.3.

2.2.2 Range of earthquake leading to loss of containment integrity

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 o odolnost výrazně převyšující možná zemětřesení, která by se mohla vyskytnout v dané lokalitě.

2.2.3 Earthquake exceeding DBE and consequent flooding

Lokalita tedy není v žádném případě ohrožena povodněmi jako následku zemětřesení. Podrobněji je ohrožení lokality ETE povodněmi řešeno v kap. 3.2.1.

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 nádrží 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 prokázáno, že zásoba vody na lokalitě je dostatečná pro zajištění odvodu tepla z reaktorů i bazénů vyhořelého paliva po dobu minimálně $3 \times 12,5$ dní.

2.2.4 Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against earthquakes

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, bude nutné externě doplňovat naftu pro provoz DG.

Činnosti po seismické události by mohla komplikovat ztráta prostředků komunikace mezi řídicími centry a zasahujícími osobami, včetně komunikace s vnějšími řídicími centry a orgány státní správy v důsledku poškození infrastruktury v okolí JE.

Cílem navrhovaných opatření je další posílení úrovně 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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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	

Příležitost ke zlepšení	Nápravné opatření	Termín (krátkodobý I / střednědobý II)	Poznámka
Personál	Analýza ohrožení krytů při seismické události	II	
Personál	Zajištění personálu po seismické události	I	
Analýzy, technika	Přístup k objektům, dostupnost těžké techniky	II	

3 Flooding

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly 1.3, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

3.1 Design basis

3.1.1 Flooding against which the plant is designed

3.1.1.1 Characteristics of the design basis flood (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.

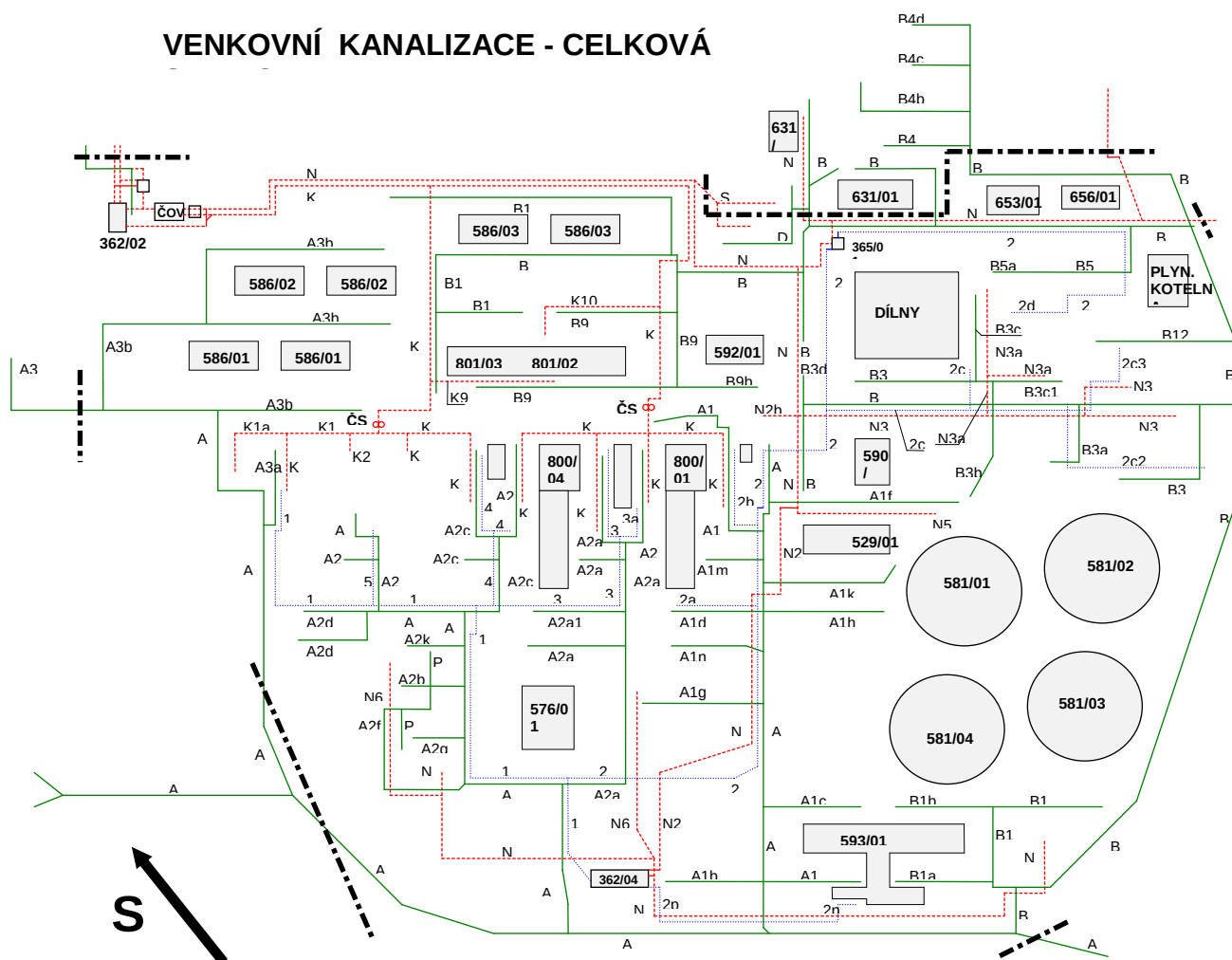
3.1.1.2 Methodology used to evaluate the design basis flood

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 převážně

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 chladicím systému a v neposlední řadě je možnost doplňování okruhu technické vody důležité z přírodních 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.

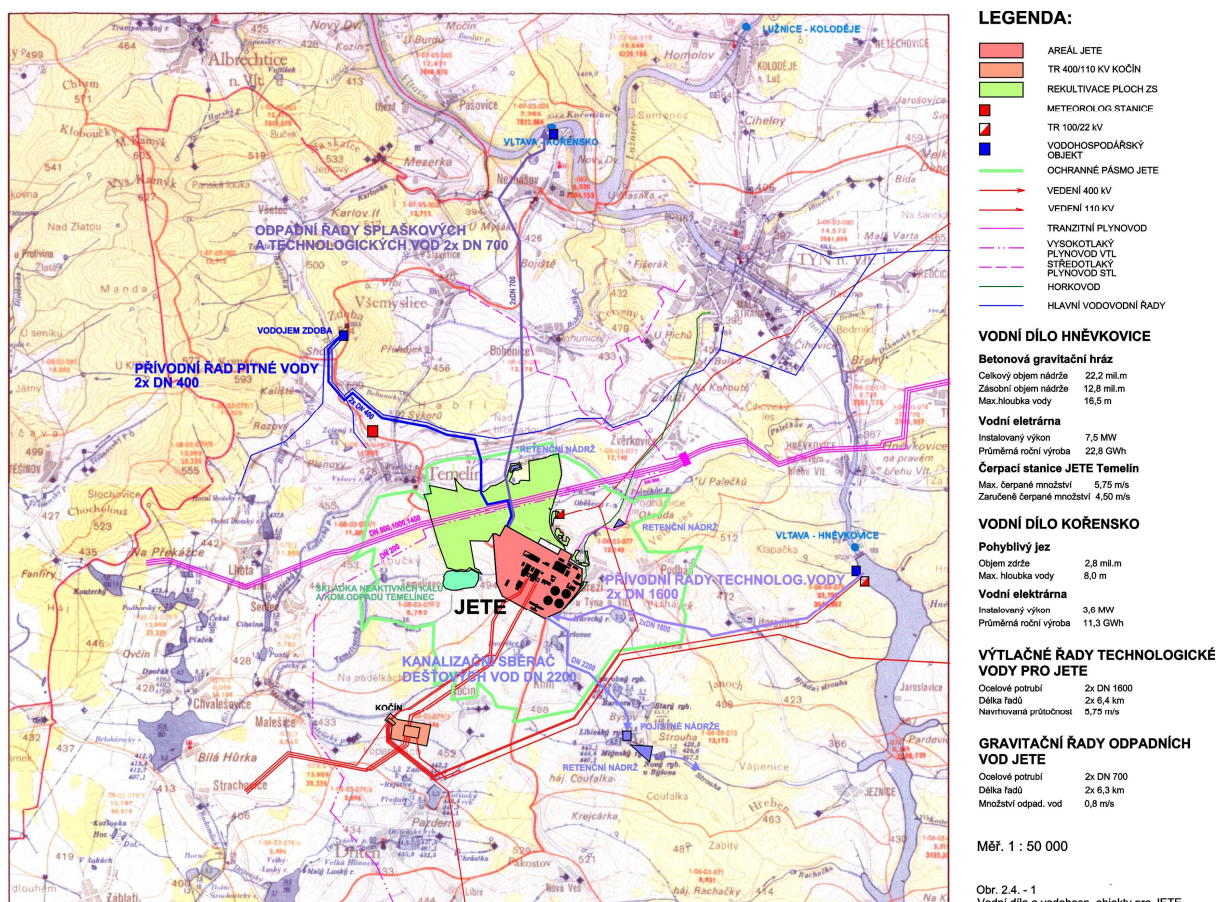
Obr. 3.1.1-1 Sít' dešťové kanalizace na ETE (na obr. označeno zeleně)



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.m³ 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.m³. 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. 3.1.1-2 Vodní díla v okolí JE



Obr. 3.1.1-3 Vodní dílo Hněvkovice s čerpací stanicí surové vody pro JE



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 m³.

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. Doplnujícím 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 diverzifikovaných 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 vzduť, tj. 353,0 m n.m. je obsah jezové zdrže 2,8 mil.m³.

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.

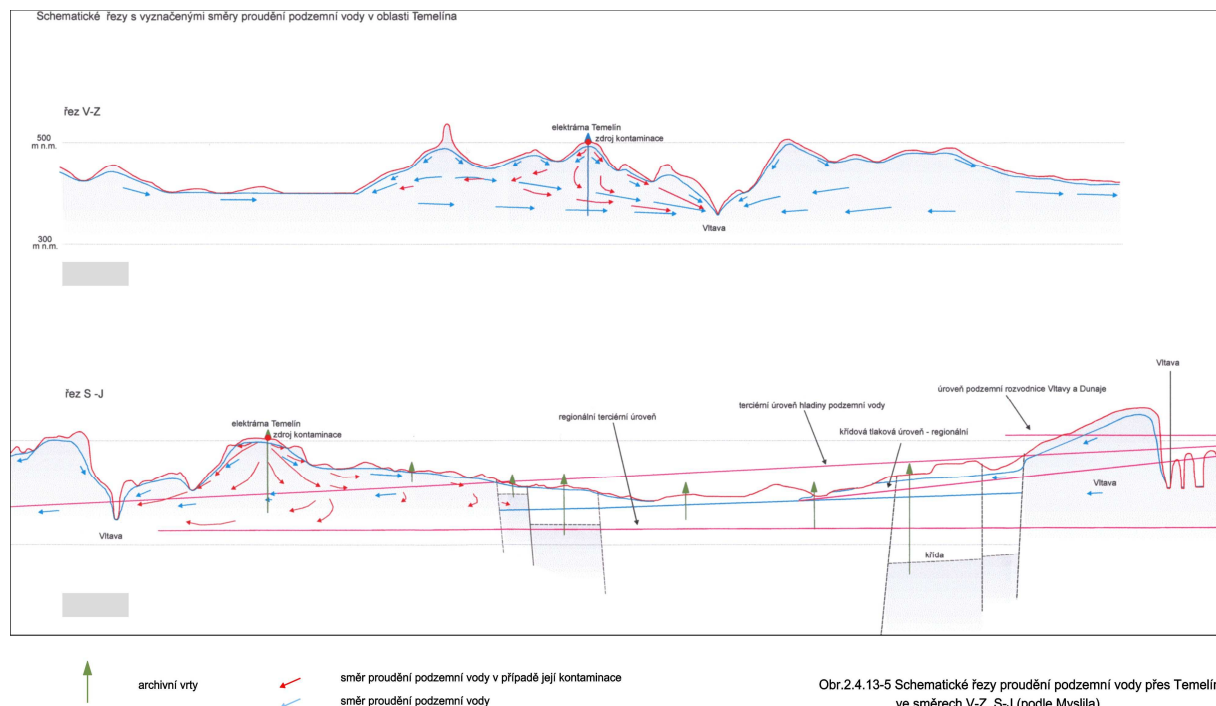
Obr. 3.1.1-4 Vodní dílo Kořensko



V okolí JE Temelín jsou rovněž malé potoky Rachačka, Strouha, Hradní strouha, Palečkův potok, Bohunický potok, Karlovka a Temelínský 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.

Obr. 3.1.1-5 Proudění podzemních vod v lokalitě JE



3.1.1.3 Conclusion on the adequacy of protection against external flooding

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.

3.1.2 Provisions to protect the plant against the design basis flood

3.1.2.1 Identification of SSC that are required for achieving safe shutdown state

SSK nezbytné pro zajištění bezpečného odstavení bloků je popsáno v kap. 3. Vzhledem k opatřením, která zabezpečují, že akumulovaná voda nemůže natéci do objektů, ve kterých je toto SSK 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 SSK, 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).

3.1.2.2 Main design and construction provisions to prevent flood impact to the plant

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).

3.1.2.3 Main operating provisions to prevent flood impact to the plant

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 and 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 °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.

3.1.2.4 Situation outside the plant, including preventing or delaying access of personnel and equipment to the site.

V případě nedostupnosti lokality z důvodu regionálních záplav by činnosti související s odstavením reaktorů a jejich udržováním 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.).

3.1.3 Plant compliance with its current licensing basis

3.1.3.1 Licensee's processes to ensure that SSC needed for achieving safe shutdown state after flood remain in operable condition

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).

3.1.3.2 Licensee's processes to ensure that mobile equipment and supplies are in continuous preparedness to be used.

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.

3.1.3.3 Potential deviations from licensing basis and actions to address those deviations.

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.

3.2 Evaluation of safety margins

3.2.1 Estimation of safety margin against flooding

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.

3.2.2 Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against flooding

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. 5).

Cílem navržených opatření je další posílení úrovně 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 z odolnění původního projektu. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

Příležitost ke zlepšení	Nápravné opatření	Termín (krátkodobý I/ střednědobý II)	Poznámka
Technické prostředky	Zodolnění objektu DG proti vnější záplavě	I	Nález PSR SOER 2011-1
Havarijní připravenost	Schopnost fungování OHO mimo HŘS	I	

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	

4 Extreme weather conditions

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly 1.3, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

4.1 Design basis

4.1.1 Reassessment of weather conditions used as design basis

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

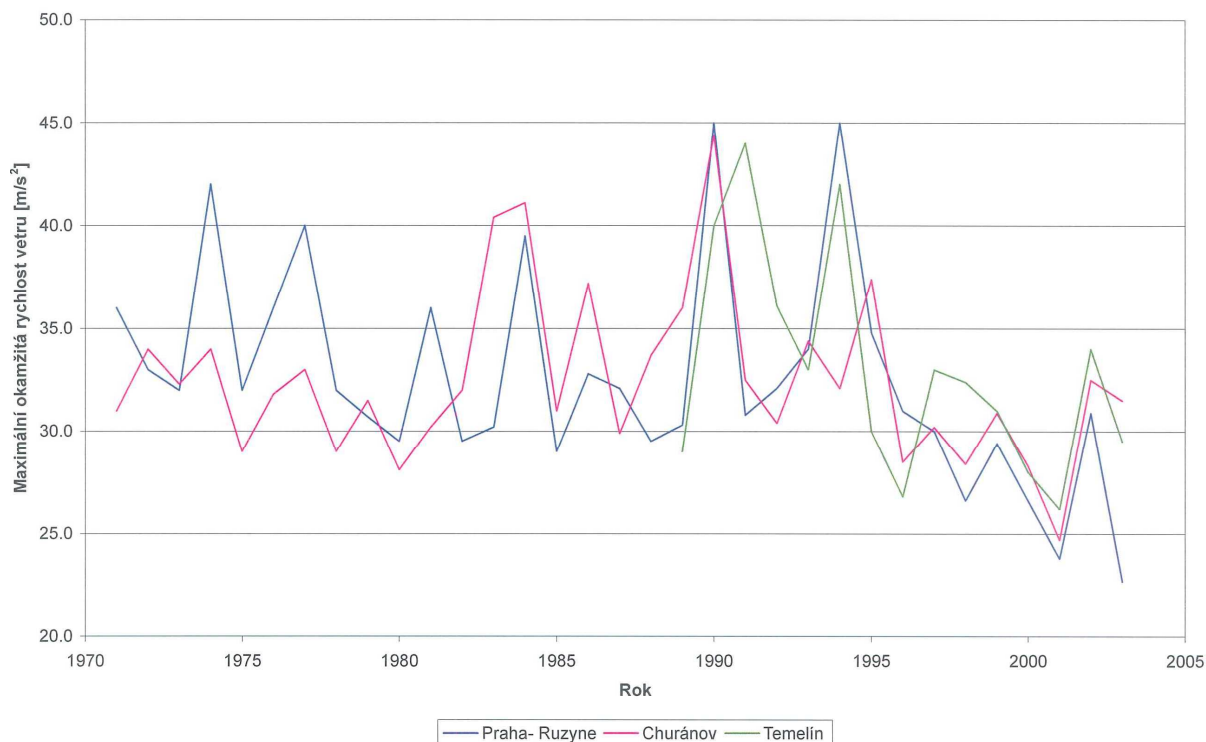
4.1.1.1 High winds

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.

Obr. 4.1.1-1 Maximální okamžité rychlosti větru



4.1.1.2 Heavy snowfall and ice

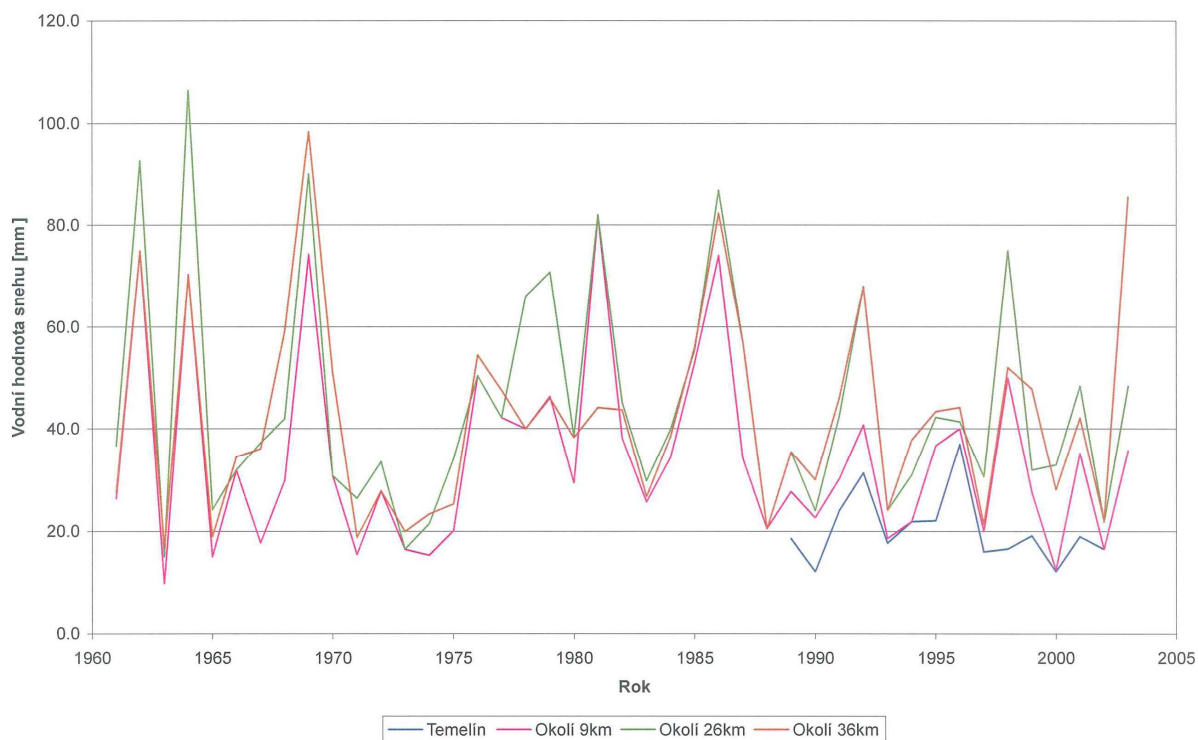
Zatížení sněhem je vyjádřeno vodní hodnotou sněhu, tj. odpovídající velikostí náhradního vodního sloupce v mm. Jako vstupní hodnota pro stanovení zatížení sněhem a vodními srážkami je použita hodnota 92 mm pro návratnost 100 let a hodnota 157 mm pro návratnost 10 000 let.

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.

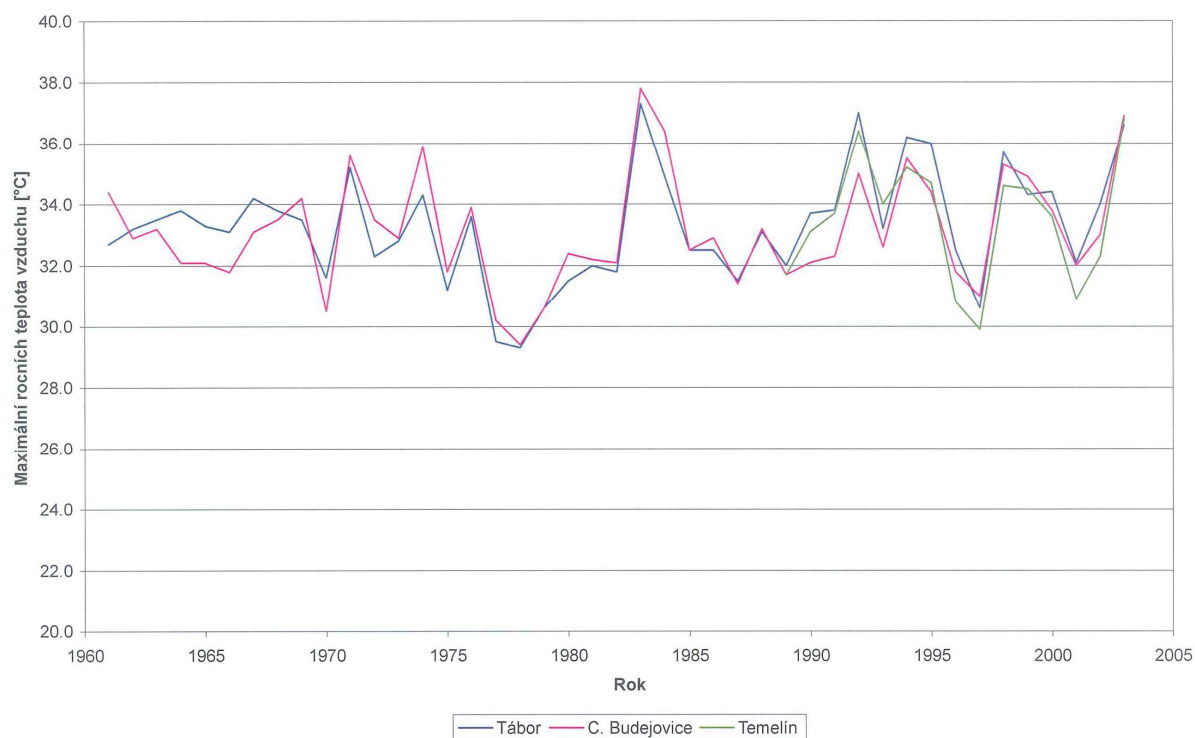
Obr. 4.1.1-2 Vodní hodnota sněhu



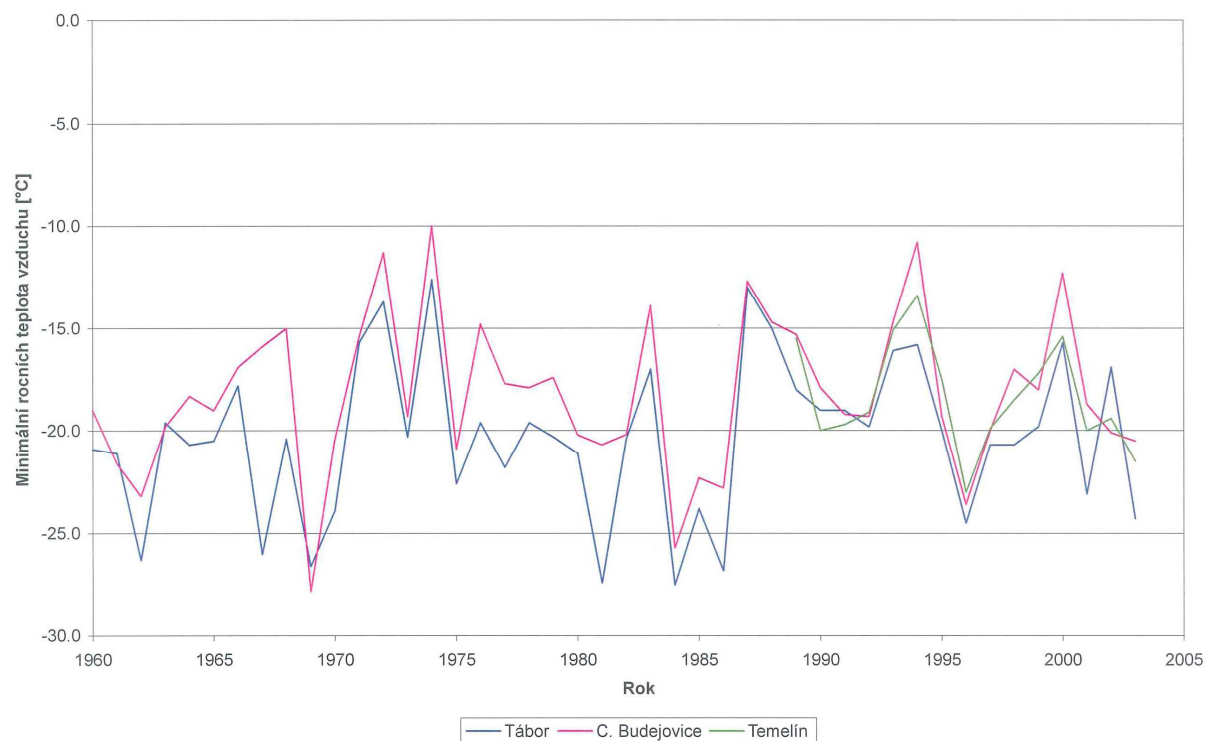
4.1.1.3 Maximum and minimum temperature

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).

Obr. 4.1.1-3 Maximální teploty vzduchu



Obr. 4.1.1-4 Minimální teploty vzduchu



4.1.1.4 Consideration of potential combination of weather conditions

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.

4.2 Evaluation of safety margins

4.2.1 Estimation of safety margin against extreme weather conditions

Bezpečnostní rezervy vůči působení extrémních podmínek jsou dány rozdílem mezi hodnotami projektového a extrémního zatížení (viz kap. 4.2.2). 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 zamrznutí provozních medií. V případě extrémních mrazů lze uvažovat s možností zamrznutí vody pouze v chladících věžích a CHNR. Chladicí 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 (zamrznutí 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).

4.2.2 Conclusion on the adequacy of protection against extreme weather conditions

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.

Tab. 4.2.2-1 Hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek

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

4.2.3 Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant against extreme weather conditions

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 úrovně 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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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	

5 Loss of electrical power and loss of ultimate heat sink

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly 1.3, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

5.1 Nuclear power reactors

5.1.1 Loss of electrical power

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. 1.3.5.

Odbočkové transformátory napájí blokové rozvodny 6 kV nezajištěného napájení. Z těchto rozvodů 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.

5.1.1.1 Loss of off-site power

Design provisions

Ztráta vnějšího napájení (např. při rozpadu sítě doprovázeném současnou ztrátou rozvodů 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 nespouštějí, 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 rozvodu 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 rozvodu 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 neprovozoschopné při pravidelné preventivní údržbě.

Podrobný popis projektového řešení elektrického napájení je uveden v kap. 1.3.5 a 1.3.6.

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 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. Doplnění vody do PG je zabezpečeno pomocí dvou pomocných napájecích čerpadel, čerpajících vodu z napájecí nádrže, jejíž doplnění je zabezpečeno pomocnými kondenzátními čerpadly buď z kondenzátoru turbíny nebo ze zásobních nádrží demivody 2x800 m³. Alternativně je možné doplnění vody do PG čerpadly havarijního napájení PG, která by čerpala vodu z nádrží 3x500 m³ 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 chlazená 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.

Autonomy of the on-site power sources and provisions taken to prolong the time of on-site AC power supply

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 řídicího 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 uvažováním 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 uvažování činností podle EOPs, kde je vždy v provozu pouze to zařízení, které je aktuálně nutné pro bezpečný provoz bloku) bude zatížení DG cca $2,5 \div 3$ 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 umístěno minimálně dalších 300 m³ nafty. Vzhledem k tomu, že čerpadla naftového hospodářství jsou napájena z rozvodu 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 více než 1000 m³, po dobu více než 10 dní).

Všechny pomocné systémy motoru a generátoru DG (přívod paliva do motoru, mazací olej, vnitřní chladicí okruh, plnicí 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. Provozní schopnost DG a jeho pomocných systémů je pravidelně ověřována. Kvalita nafty je kontrolována pravidelně 1x za měsíc a je udržována v souladu s příslušnými požadavky.

Podrobný popis projektového řešení elektrického napájení je uveden v kap. 1.3.5 a 1.3.6.

5.1.1.2 Loss of off-site power and loss of the ordinary back-up AC power source

Design provisions

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 turbíny (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.

Battery capacity, duration and possibilities to recharge batteries

Kapacita akubaterií SNZ 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 nepoužití pro dobíjení akubaterií náhradních zdrojů, je kapacita akubaterií časově omezená.

Podrobný popis projektového řešení elektrického napájení včetně časových omezení při vybíjení akubaterií je uveden v kap. 1.3.5 a 1.3.6.

5.1.1.3 Loss of off-site power and loss of the ordinary back-up AC power sources, and loss of permanently installed diverse back-up AC power sources

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)

Battery capacity, duration and possibilities to recharge batteries in this situation

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. 1.3.6.1.

Actions foreseen to arrange exceptional AC power supply from transportable or dedicated off-site source

Na lokalitě nejsou k dispozici vnitřní diverzifikované nebo mobilní zdroje střídavého napájení, které jsou projektově 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.

Competence of shift staff to make necessary electrical connections

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 přípojníc 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 přípojníc se musí především provést činnosti, zabráňující 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 Návoděch pro TPS je řešena filosofie možného odlehčování přípojníc stejnosměrného napájení a tím prodloužení vybíjecí doby akumulátorů a zbývá dopracovat podrobné postupy pro odlehčení přípojníc 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 zátěž po dobu více než 4 hodiny (viz kap 1.3.6.1). 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.

Time available to provide AC power and to restore core cooling before fuel damage

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 °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 časně 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.

5.1.1.4 Conclusion on the adequacy of protection against loss of electrical power

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. Tato doba je dostatečná k obnově napájení bloků ETE z blízké vodní elektrárny Lipno. Alternativně by bylo možné pro dlouhodobé dobíjení akubaterií použít další zdroje střídavého napájení, které jsou na ETE k dispozici.

5.1.1.5 Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of electrical power

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 úrovně 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 diverzifikovaných zdrojů do stávajícího rozvodu napájení a jejich odzkoušení.

Cílem navržených opatření je posílení úrovně 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 diverzifikované 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. 5.1.3.3. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

5.1.2 Loss of the ultimate heat sink

5.1.2.1 Design provisions to prevent the loss of the primary UHS

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 chladicí 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 °C).

- Alternativní metodu „feed and 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 chladicí 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 °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 rozstříkované 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 and 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 and 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 $1,3-4,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s tím, že množství ve výši $4,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je schopna zajistit ve všech zařízeních a vybaveních při provozu 1-4 čerpadel (kapacita navržena na původní odběr pro $4 \times 1000 \text{ MW}$). Další dvě čerpadla tvoří 50 % rezervu. V čerpací stanici je tedy instalováno 6 vertikálních čerpacích soustrojí.

Voda z čerpací stanice je dopravována do vodojemu $2 \times 15.000 \text{ m}^3$ na elektrárně dvěma výtlačnými řadami z ocelových trub DN 1600 mm uložených v zemi o délce cca 6,2 km. Kapacita obou řadů je $4,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v případě poruchy jednoho řadu je druhý schopen převést zaručené množství ve výši $3,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 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. 1.3.

5.1.2.2 Loss of the primary ultimate heat sink

Availability of an alternate heat sink

Výpočty je prokázáno, že jedna CHNR je schopna i v nejnepríznivějším případě dlouhodobě odvádět veškeré teplo z bloku s odstaveným reaktorem bez doplňování, aniž by přitom teplota TVD výrazně překročila maximální projektovou hodnotu. Nejnepríznivějším 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 neprovozních 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 neprovozností všech čerpadel TVD (celkem 6 čerpadel). Vzhledem k prostorové separaci systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpůrných systémů je současná neprovoznost 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 neprovozních 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.

Possible time constraints for availability of alternate heat sink and possibilities to increase the available time

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 and 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 dojde 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.

5.1.2.3 Loss of the primary ultimate heat sink and the alternate heat sink

External actions foreseen to prevent fuel degradation

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.

Time available to recover one of the lost heat sinks or to initiate external actions and to restore core cooling before fuel damage

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 and 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 m³ a v sekci 02 cca 104 m³ (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.

5.1.2.4 Conclusion on the adequacy of protection against loss of ultimate heat sink

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 neprovoznost 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 tepelné ztráty od zařízení SKŘ.

5.1.2.5 Measures which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of ultimate heat sink

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

5.1.3 Loss of the primary ultimate heat sink, combined with station black out

5.1.3.1 Time of autonomy of the site before loss of normal reactor core cooling condition

Loss of the primary ultimate heat sink, combined with station black out

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 současně 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.

5.1.3.2 External actions foreseen to prevent fuel degradation

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.

5.1.3.3 Measures, which can be envisaged to increase robustness of the plant in case of loss of primary ultimate heat sink, combined with station black out

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. 5.1.1.5 a pro případ ztráty UHS v kap. 5.1.2.5.

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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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	Diverzifikovaný 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	

Příležitost ke zlepšení	Nápravné opatření	Termín (krátkodobý I / střednědobý II)	Poznámka
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	

5.2 Spent fuel pool storage pools

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. 5.1.

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 úrovně 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. 5.1.3.3. Tabulka obsahuje i oblasti, ve kterých je potřebné vypracovat doplňující analýzy, protože v čase provádění hodnocení nebyly k dispozici.

6 Severe accident management

Pro správné porozumění následujícímu textu je nezbytná znalost obsahu kapitoly 1.3, popisující technologické systémy k zajištění plnění hlavních i podpůrných bezpečnostních funkcí JE Temelín.

6.1 Organization and arrangements of the licensee to manage accidents

6.1.1 Organisation of the licensee to manage the accident

Základním cílem bezpečnosti JE je zabránit nekontrolovaným únikům radioaktivních materiálů, především těch, které jsou vytvářeny v AZ reaktoru. Pro zajištění tohoto cíle je projekt založen na koncepci tzv. "ochrany do hloubky", která spočívá na principu využití vícenásobných fyzických bariér bránících úniku radioaktivních materiálů. Cílem zvládnutí těžkých havárií je zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky (zmírňovat následky po vzniku těžké havárie), po selhání 3. úrovně ochrany do hloubky (tj. neúspěchu při prevenci poškození paliva při řízení projektových a nadprojektových událostí). Na zvládnutí havárií navazuje systém havarijní připravenosti, jehož hlavním cílem je zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky (zmírňovat radiační následky významných úniků Ra látek).

Fungující systém zvládnutí 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.

Obr. 6.1.1-1 Vztah mezi fyzickými bariérami a úrovněmi ochrany do hloubky

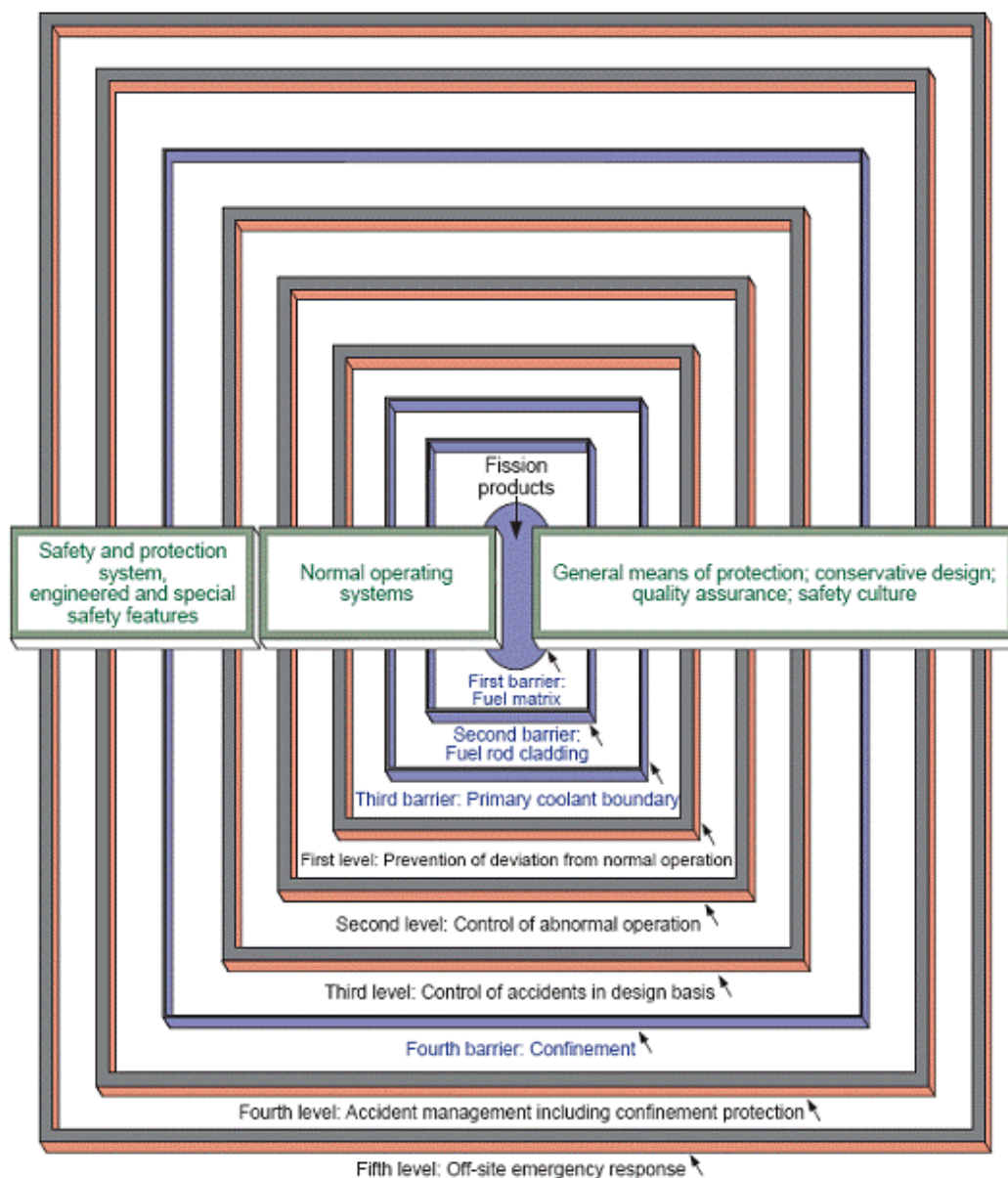


FIG. 4. The relation between physical barriers and levels of protection in defence in depth.

6.1.1.1 Organizace havarijní odezvy provozovatele

Systém havarijního plánování je implementován v souladu s požadavky a metodikami IAEA a zároveň jsou zapracovány všechny legislativní požadavky ČR. Havarijní plánování patří mezi základní atributy jaderných elektráren v ČR. Cílem HP na JE je zabezpečit technickou, personální a dokumentační připravenost zaměstnanců elektrárny a externích organizací podílejících se na řešení mimořádných událostí s důrazem na:

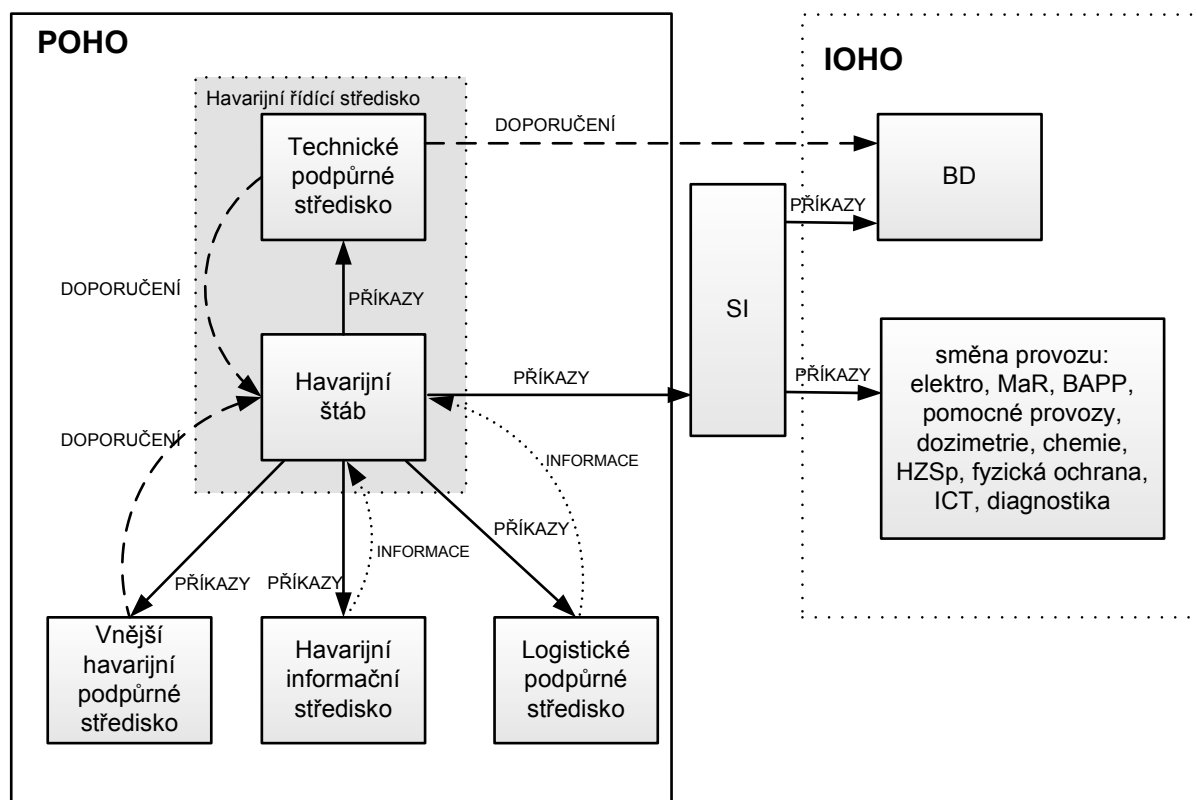
- Snížení rizika vzniku mimořádné události, nebo zmírnění následků mimořádné události v lokalitě JE a v ZHP.
- Předcházení vážných zdravotních poškození při mimořádné události

Strategické cíle společnosti ČEZ jsou transformovaná do stanovených dlouhodobých cílů a úkolů v oblasti HP v souladu s politikou bezpečnosti.

Strategie HP vychází z logického vývoje jakékoliv události na JE. 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).

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.

Obr. 6.1.1-2 Struktura OHO s uvedením vzájemných vazeb a toku informací

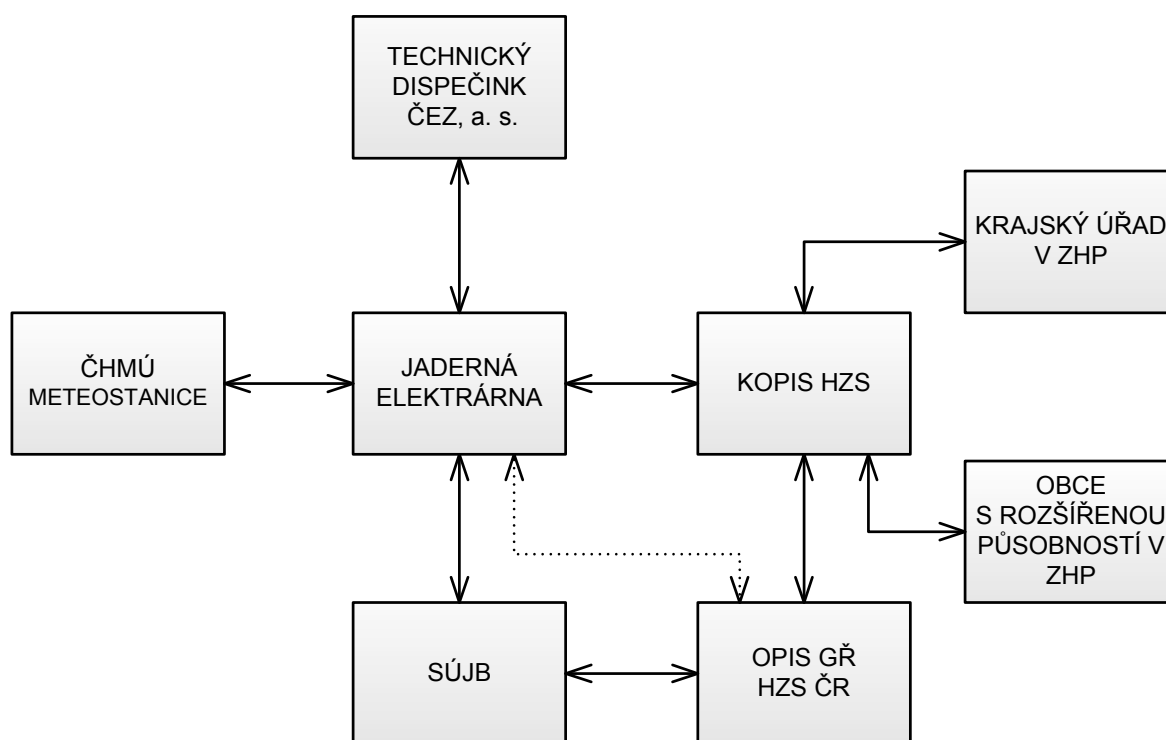


V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, je IOHO doplněna zaměstnanci držícími pohotovost v rámci organizace havarijní odezvy (POHO – pohotovostní organizace havarijní odezvy). V tomto případě jsou aktivovány havarijní podpůrná střediska: 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 Velitel HŠ.

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 přes OPIS GŘ HZS ČR, která je na obrázku znázorněna čárkovaně. Principiální znázornění vyrozumění orgánů je znázorněno na obrázku.

Obr. 6.1.1-3 Vyrozumění vnějších orgánů při vzniku MU



Pro potřeby plánování zajištění ochrany obyvatelstva v okolí jaderné elektrárny pro případ vzniku radiální 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. 6.1.1-4 Zóna havarijního plánování



6.1.1.2 Staffing and shift management in normal operation

Personál nepřetržitého směnového provozu obou bloků ETE (směnový personál) je zařazen do směn. Počet personálu na každé směně a jeho kvalifikace zabezpečuje zvládnutí všech provozních stavů bloků za normálních, abnormálních i havarijních provozních podmínek. Směny jsou pravidelně střídány po osmi hodinách 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.

Obr. 6.1.1-5 Bloková dozorna



Operativní řízení celé JE je zabezpečeno Směnovým inženýrem (SI).

Směnový inženýr ETE je odpovědný za provedení klasifikace, vyhlášení MU a provedení aktivace potřebné části organizace havarijní odezvy ETE. V případě potřeby je oprávněn aktivovat část organizace havarijní odezvy i dříve, než jsou naplněna kritéria pro její aktivaci. Během rozvoje MU může SI na základě dalších upřesňujících informací provést změnu klasifikace dle aktuálního stavu.

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.

6.1.1.3 Measures taken to enable optimum intervention by personnel

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

MU 1. stupně (Alert),

MU 2. stupně (Site emergency),

MU 3. stupně (General emergency),

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). 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.

Hodnocení odchylek od normálního provozu podle klasifikačního systému podléhá na jaderné elektrárně každá událost významná z hlediska bezpečnosti, která pokud není řešena může vést ke vzniku mimořádné události. Klasifikace závažnosti mimořádných událostí vychází z požadavků vyhlášky SÚJB č. 318/2002 Sb. v platném znění, s přihlédnutím k doporučením IAEA v dokumentu TECDOC-955 „Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident“. Účelem klasifikace mimořádných událostí je zejména zajištění včasné aktivace organizace havarijní odezvy a volba vhodné a účinné odezvy.

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.

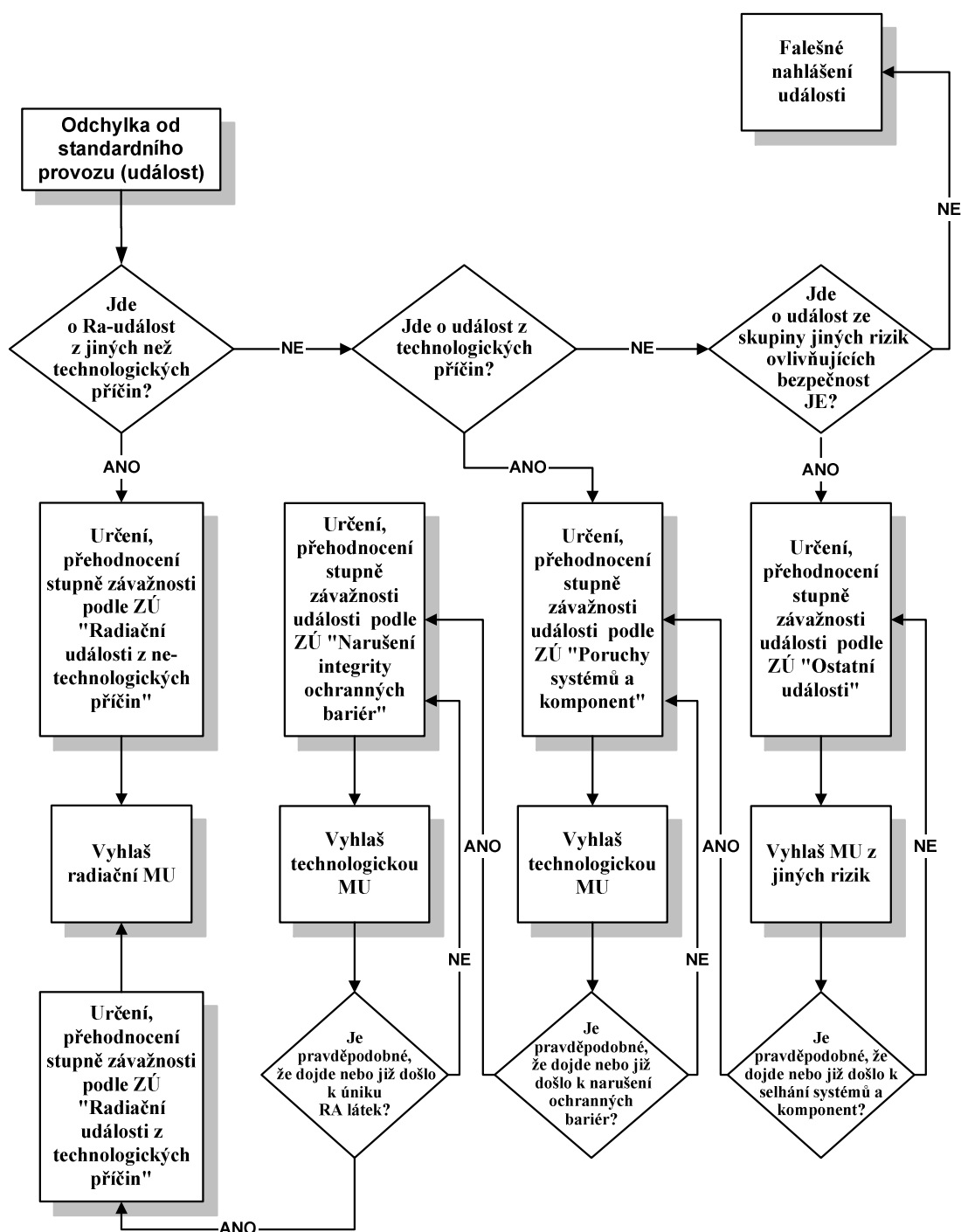
V případě nahlášení mimořádné události provede SI nejdříve ověření zda se jedná o radiační mimořádnou událost z netechnologických příčin. Pokud tuto možnost vyloučí ověřuje, zda došlo k události z technologických příčin, která může vést k poškození ochranných bariér, eventuálně k následnému úniku radioaktivních látek, tj. radiační události z technologických příčin.

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). Do doby jeho aktivace řídí činnosti směnový inženýr ETE a směnový personál postupuje podle příslušných provozních předpisů.

Pracovištěm TPS i HŠ je Havarijní řídicí středisko (HŘS), které je umístěno v areálu ETE. Při vyhlášení MU 2. a 3. stupně se rovněž aktivují tzv. logistické podpůrné středisko (soustředění, stravování a ubytování potřebných specialistů pro řešení havarijní situace, havarijní informační středisko (zajištění styku s novináři a informování veřejnosti) a vnější havarijní podpůrné středisko (zajištění radiačního monitorování v ZHP) v Českých Budějovicích. Všechna tato střediska jsou řízena havarijním štábem.

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

Obr. 6.1.1-6 Postup při posuzování typu vzniklé mimořádné události



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 řízení 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 řízení havarijních situacích převzatého od Westinghouse.

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.

Směnový inženýr v případě vzniku MU je odpovědný za řízení 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 vyznění a varování personálu JE a varování v ZHP, vyznění vedení JE a příslušných orgánů a organizací o vzniku MU, rozhodnutí o aktivaci POHO, rozhodnutí o ochranných opatřeních pro personál JE. Odpovědnost za technologii dále zůstává v kompetenci SI.

Personál nepřetržitého směnového provozu (kromě řídicího personálu směny na BD) v případě vyhlášení mimořádné události v závislosti na stupni závažnosti buď nadále vykonává činnosti podle příslušných zásahových instrukcí a pokynů řídicího 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.

- **Havarijní štáb**

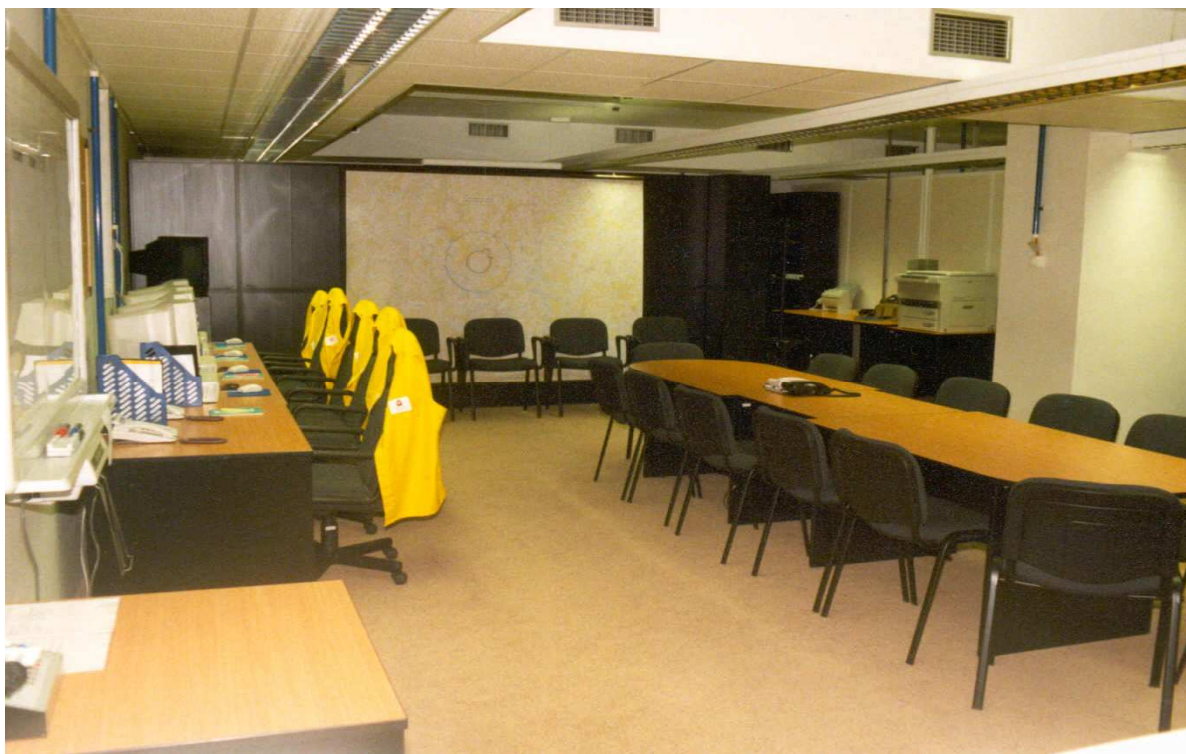
Havarijní štáb je hlavním řídicím pracovištěm organizace havarijní odezvy JE. Po své aktivaci zabezpečuje vyhlášení ochranných opatření pro zaměstnance a další osoby nacházející se v areálu JE v době vzniku mimořádné události, řízení činností všech

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 řídicí činnost havarijního štábu. V případě požadavku směnového inženýra nebo velitele havarijního štábu může být vyžádána podpora pro personál technického podpůrného střediska dalšími specialisty.

Obr. 6.1.1-7 Havarijní řídicí středisko – místnost havarijního štábu



Obr. 6.1.1-8 Havarijní řídicí středisko – místnost TPS



- 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.

6.1.1.4 Use of off-site technical support for accident management

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. 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 vyhlášení a realizaci ochranných opatření na dotčeném území obce s rozšířenou působností. Při řízení těchto činností vychází z Vnějšího havarijního plánu. Ochranná opatření vyhláší 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 vyhlášených 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.

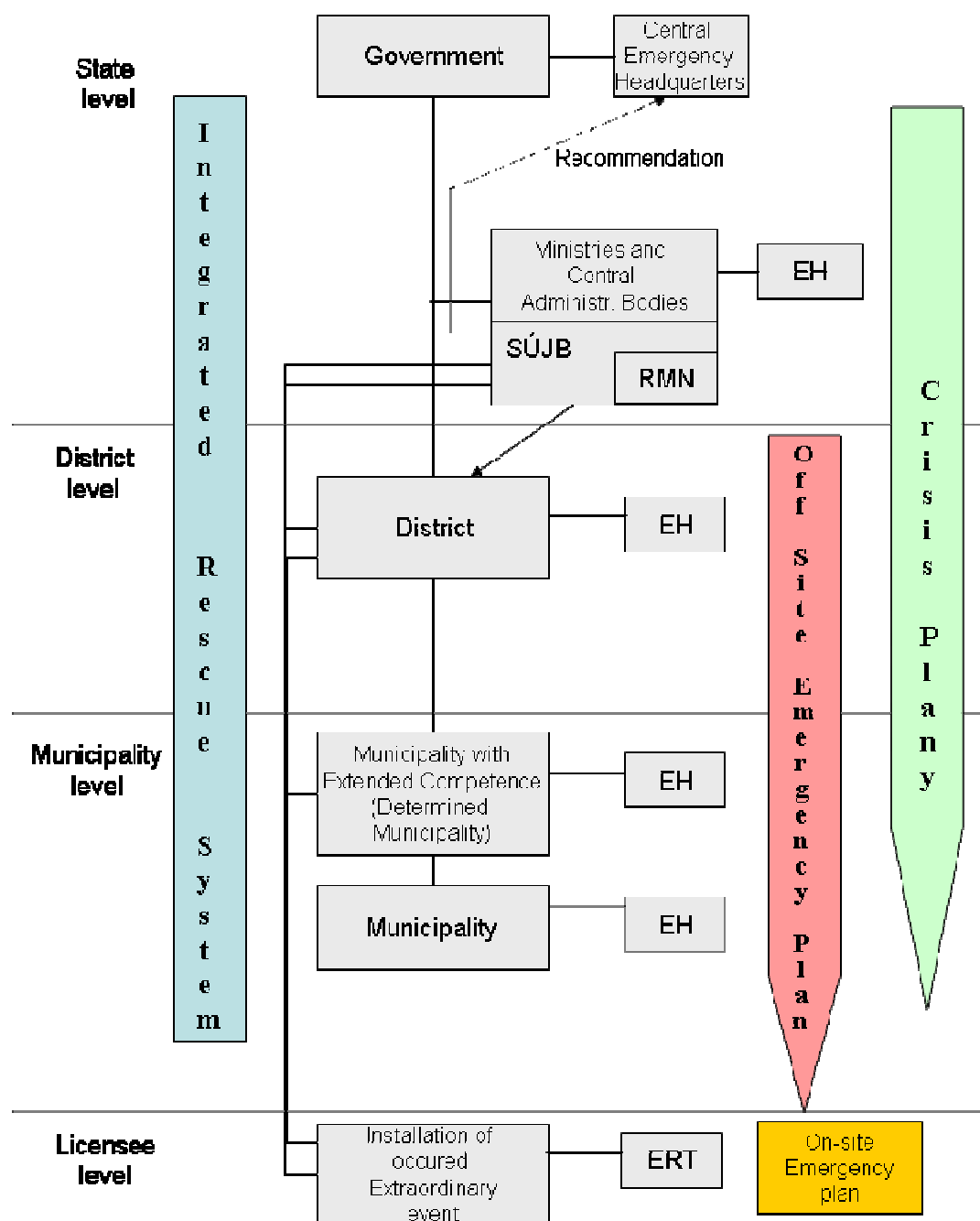
- Policie a bezpečnostní služba

Policie a bezpečnostní služba spolupracují při vyrozumění obyvatelstva v ZHP, organizaci evakuace, dopravní situace, střežení objektů atd.

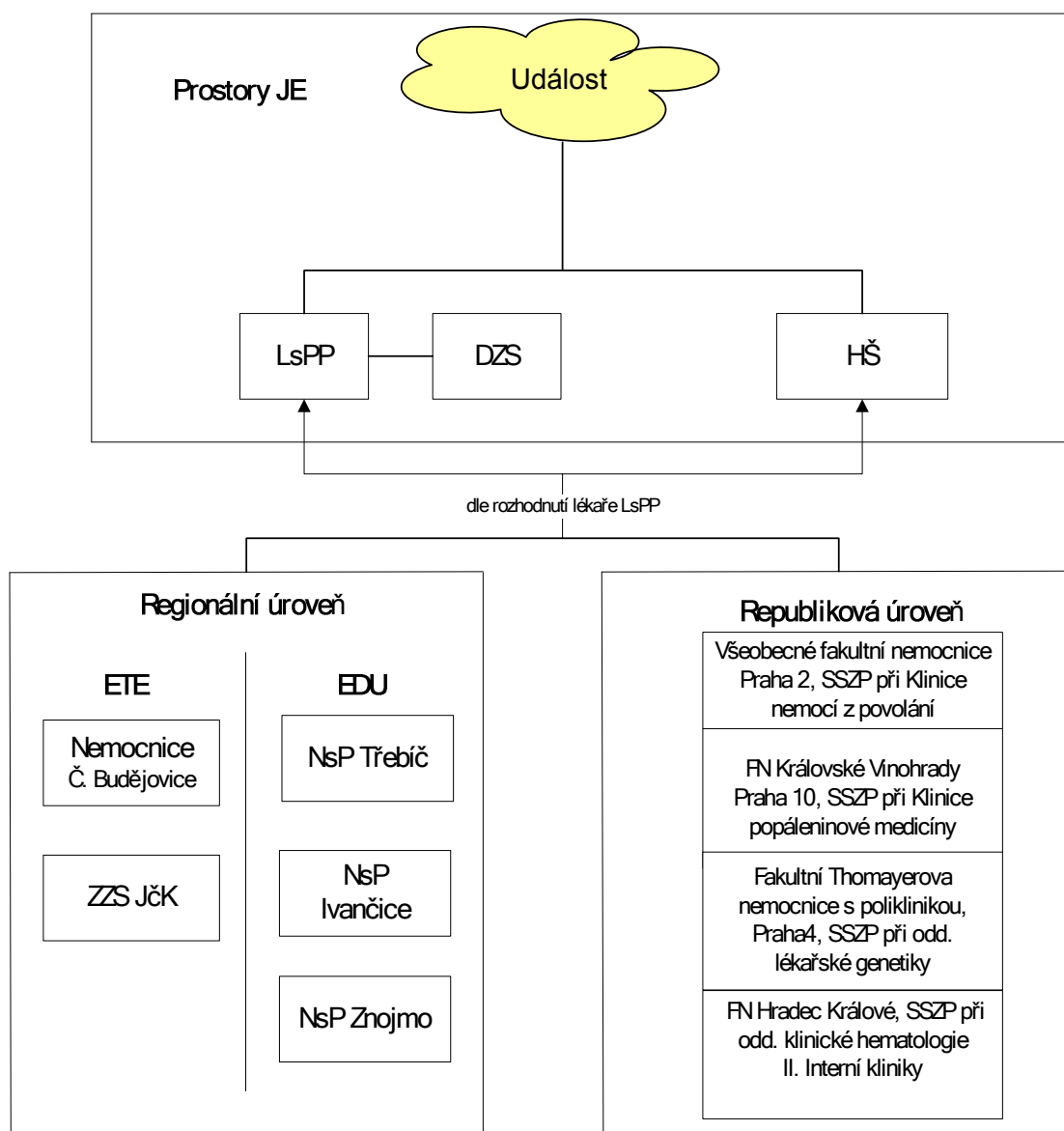
- Záchraná zdravotní služba (Traumatologický plán)

V prostorách ETE je na základě smlouvy zřízena lékařská služba první pomoci (dále jen LsPP) s nepřetržitou pohotovostí, která je odpovědná za výkon lékařské služby. V pracovní době je zajišťována závodním lékařem a zdravotní sestrou. LsPP je nepřetržitě obsazena pohotovostním lékařem, zdravotní sestrou a řidičem dopravní zdravotní služby.

Obr. 6.1.1-9 Zajištění vnější havarijní připravenosti JE



Obr. 6.1.1-10 Vazby na zdravotnické složky a na externí zdravotnická zařízení



6.1.1.5 Procedures, training and exercises

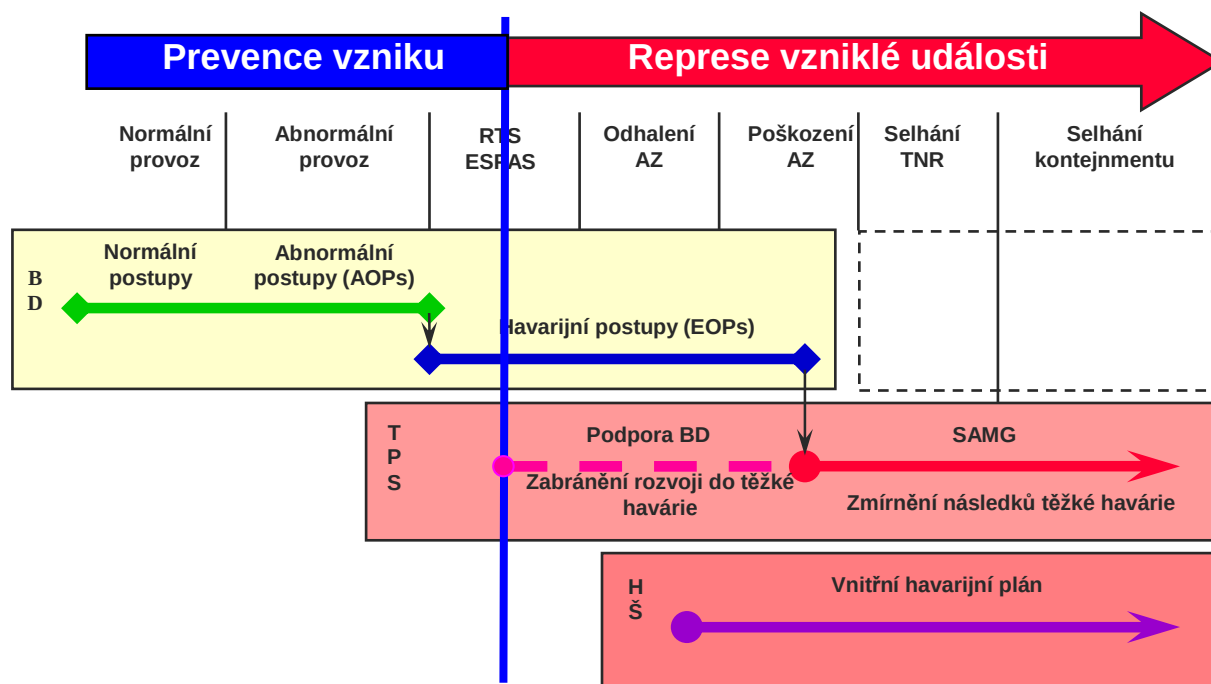
Koncepce zvládání technologických havárií na ETE je založena na symptomatickém přístupu. Je zpracována následující dokumentace pro řešení projektových, nadprojektových a těžkých havárií:

- 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).
- Návod pro rozhodování TPS.

- Návod 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).

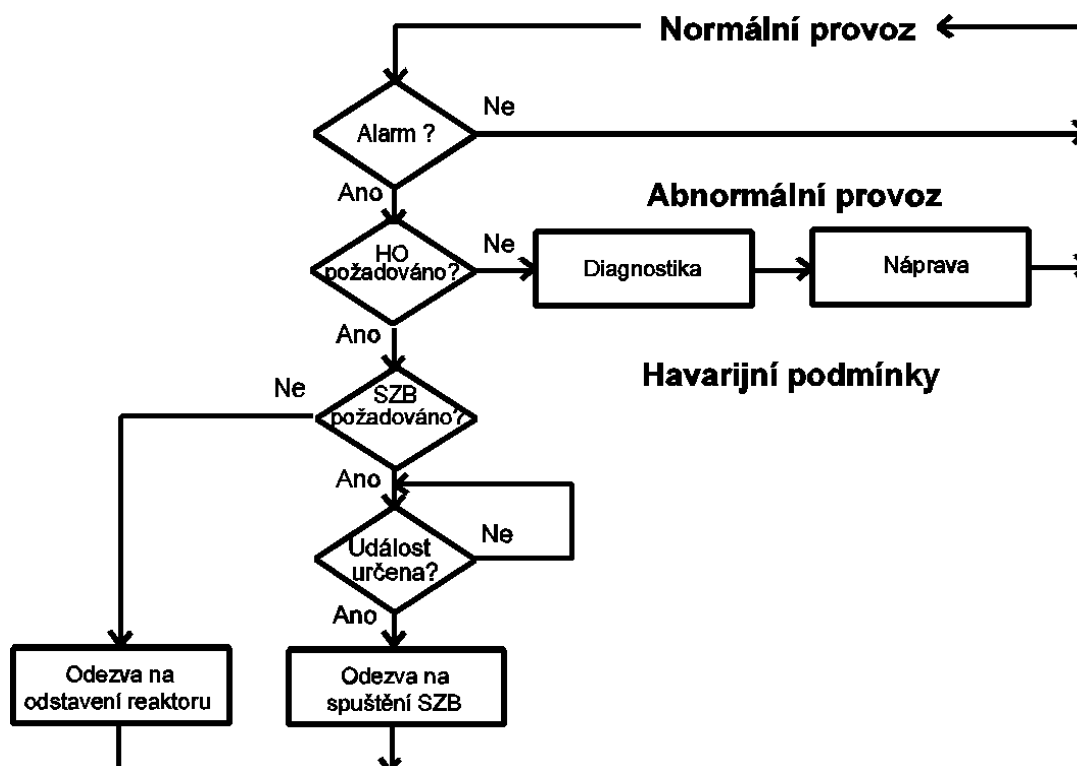
Obr. 6.1.1-11 Vazba mezi stavem bloku, používanou provozní dokumentací a MU



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 uchlazené 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.

Obr. 6.1.1-12 Způsob odezvy operativního personálu

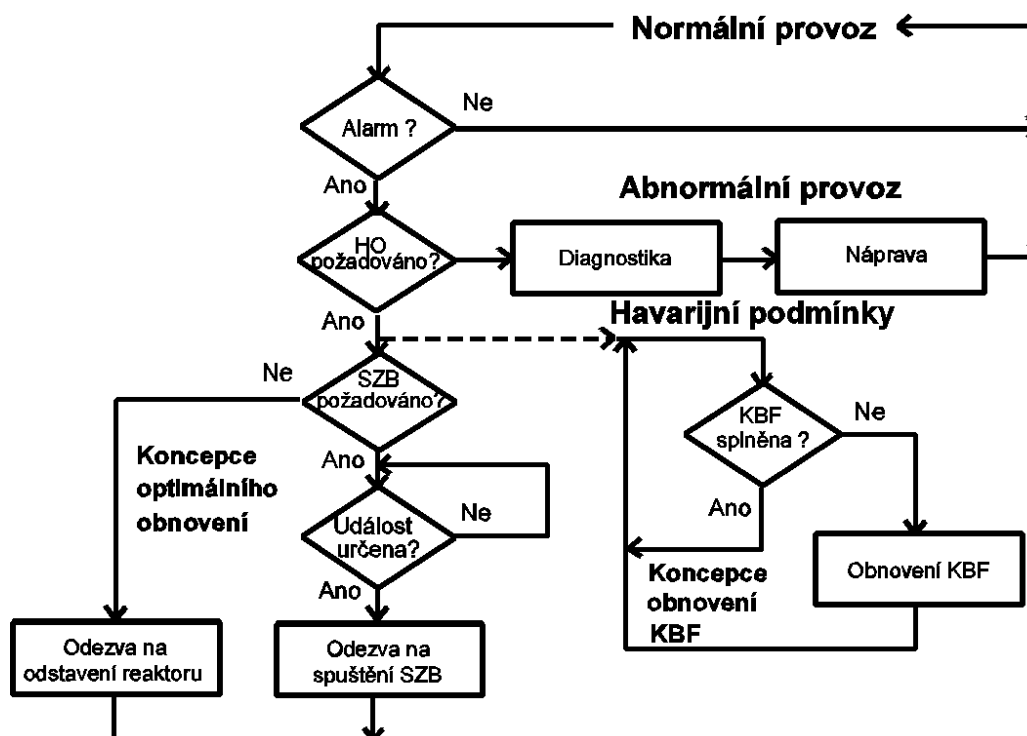


Cílem zásahů popsaných v rámci EOPs, které bude operativní personál BD používat pro řešení projektových i nadprojektových havarijních událostí, je zabezpečit dostatečné chlazení AZ a zabránit tak nevratnému poškození AZ a dále minimalizovat důsledky eventuálního úniku radioaktivních látek mimo elektrárnu. 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 bezpečnostní funkce úzce souvisí s fyzickými bariérami, které brání úniku radioaktivity do okolního prostředí.

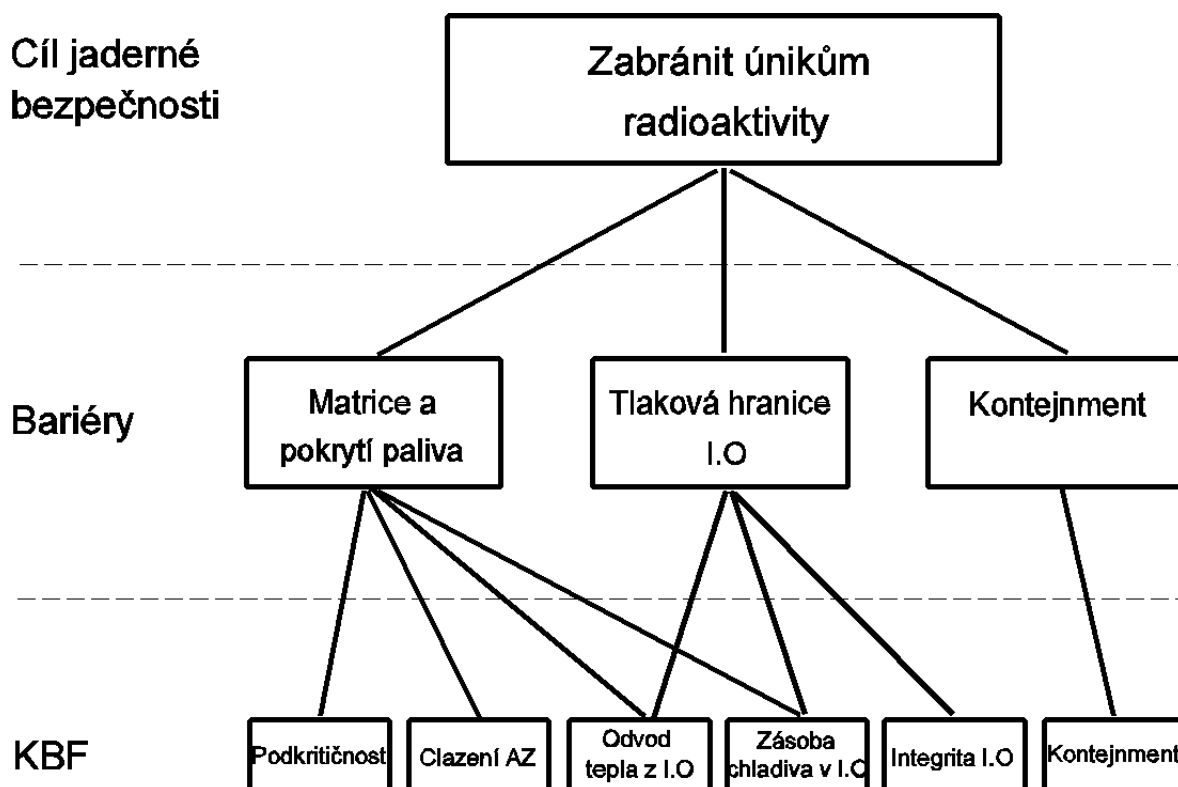
Obr. 6.1.1-13 Koncepte řízení bloku v havarijních podmínkách



Pro každou z výše uvedených fyzických bariér existuje soubor bezpečnostních funkcí, které musí být splněny, aby byla zajištěna její neporušenost. Pokud je tento soubor bezpečnostních funkcí splněn, je zaručena plná ochrana obyvatelstva před možnými následky provozu jaderné elektrárny.

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.

Obr. 6.1.1-14 Vztah mezi bezpečnostními funkcemi



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.

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:

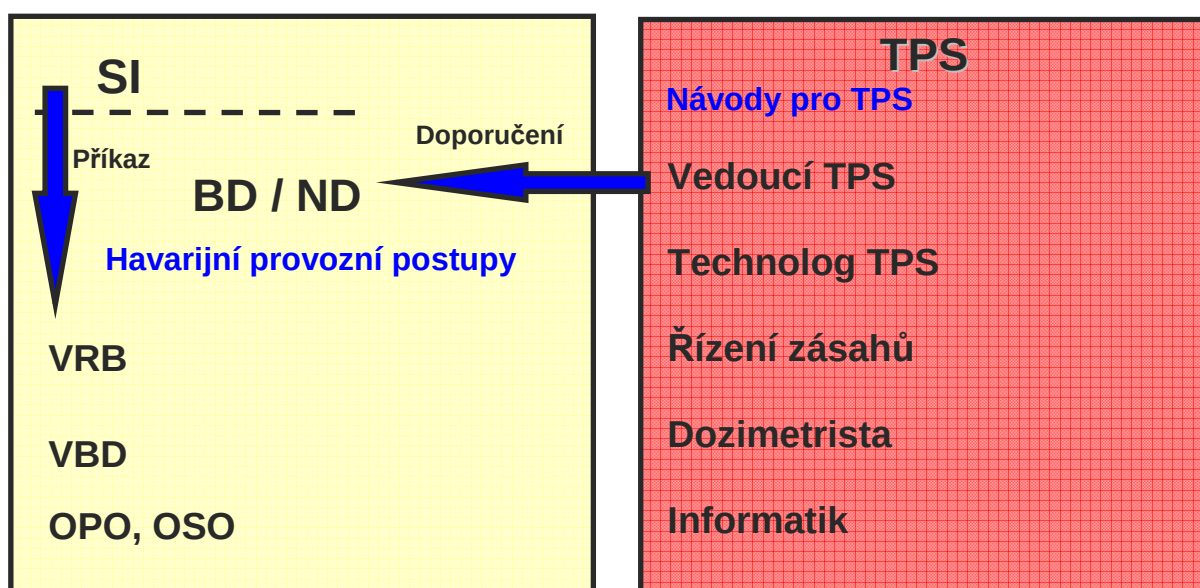
FR-C.1 Odezva na nedostatečné chlazení AZ

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.

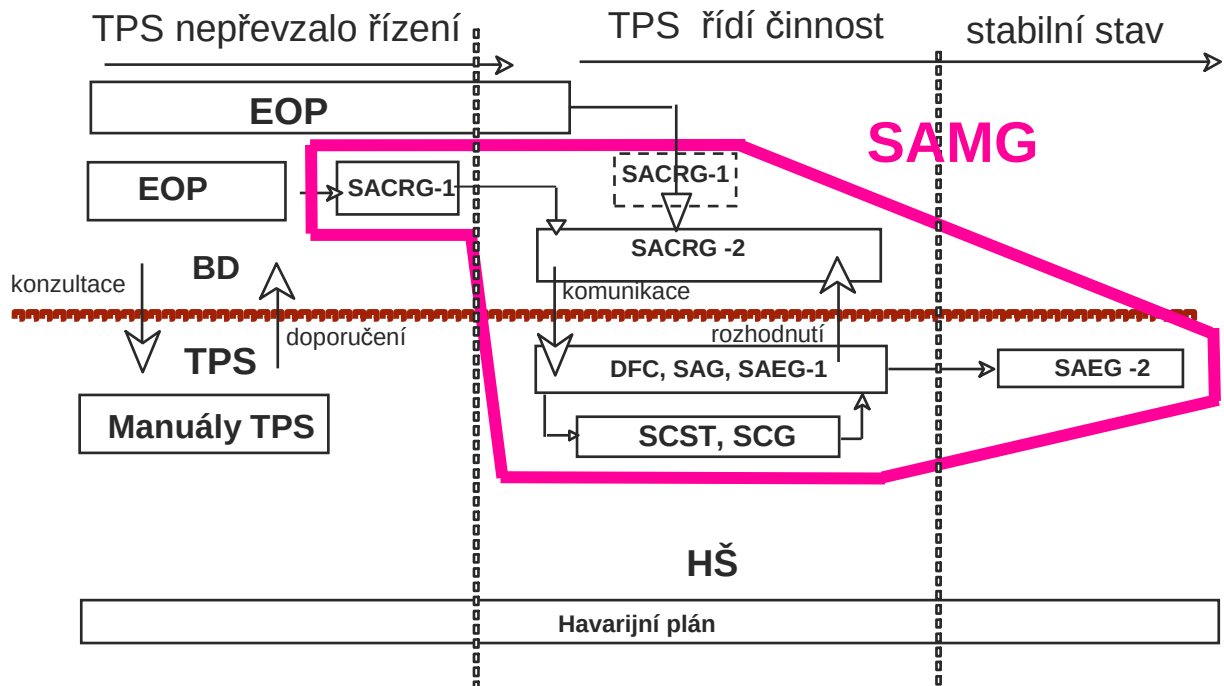
Obr. 6.1.1-15 Komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání EOPs



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 stav kontejnmentu
- Ukončit únik RA látek do okolí
- Zajistit co největší provozuschopnost zařízení při plnění primárních cílů

Obr. 6.1.1-16 Vazby mezi EOPs a SAMG

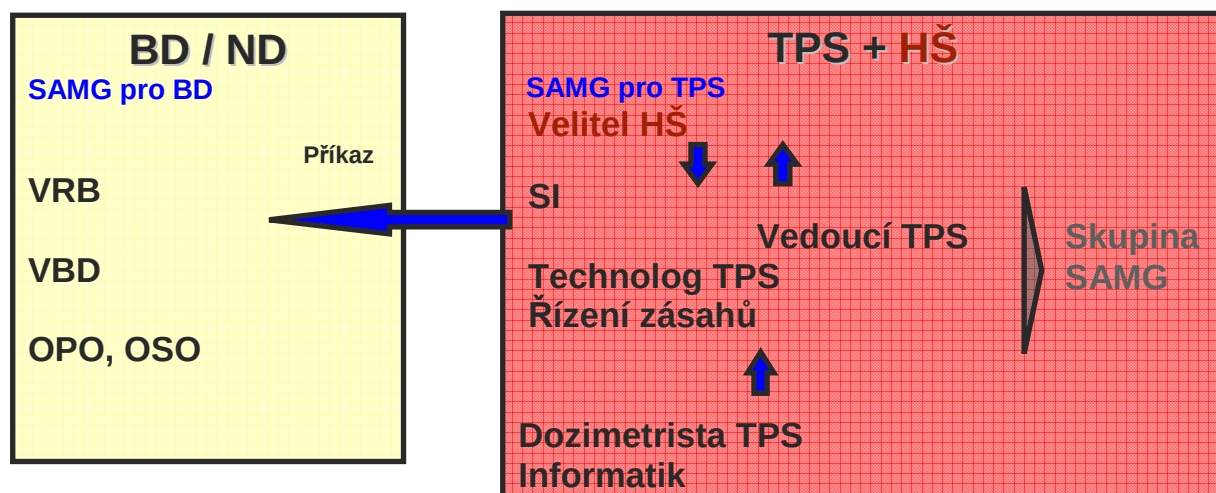


Hlavní obsah strategií SAMG spočívá v systematickém přístupu při hodnocení aktuálního stavu a hledání zásahu pro řešení daného stavu:

- 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.

Obr. 6.1.1-17 Komunikace mezi TPS a provozním personálem při používání SAMG



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 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.

6.1.1.6 Dependence on the functions of other reactors on the same site

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 s 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 m³, 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 kontejneru a naopak.

6.1.2 Possibility to use existing equipment

6.1.2.1 Provisions to use mobile devices (availability of such devices, time to bring them on site and put them in operation)

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.

6.1.2.2 Provisions for and management of supplies (fuel for diesel generators, water, etc.)

V lokalitě je k dispozici naftové hospodářství, 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 chladicí okruh, plnicí 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 podsystemy, 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 $3 \times 500 \text{ m}^3$ systému havarijního napájení PG pro každý blok a dále nádrže $2 \times 770 \text{ m}^3$ 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 nejnepríznivějším případě dlouhodobě odvádět veškeré teplo z bloku s odstaveným reaktorem bez doplňování, aniž by přitom teplota TVD výrazně překročila maximální projektovou hodnotu. Nejnepríznivějším 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 neprovozních systémů TVD přečerpávána mobilními prostředky do CHNR provozuschopného systému TVD.

6.1.2.3 Management of radioactive releases, provisions to limit them

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 vyhlášována 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.

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 vyšší obdržené dávky.

Tab. 6.1.2-1 Ochranná opatření personál JE

KATEGORIE OSOB	OCHRANNÉ OPATŘENÍ		
	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.

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).

6.1.2.4 Communication and information systems (internal and external).

Přehled vnitřních komunikačních prostředků:

- Systém varování a vyrozumění personálu (objektové sirény a závodní rozhlas)
- Telefonní ústředna
- Dispečerské hovorové zařízení;
- Rádiové síť
- 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 řídicí 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 oběma 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 řídicí personál.

6.1.3 Evaluation of factors that may impede accident management and respective contingencies

6.1.3.1 Extensive destruction of infrastructure or flooding around the installation that hinders access to the site

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.

6.1.3.2 Loss of communication facilities / systems

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 ústředěn 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 řídicími centry a zasahujícími osobami, stejně jako komunikace s vnějšími řídicími centry orgánů státní správy (KKC SÚJB, Krizový štáb kraje, IZS, apod.).

6.1.3.3 Impairment of work performance due to high local dose rates, radioactive contamination and destruction of some facilities on site

V případě rozsáhlého poškození infrastruktury na lokalitě i v jejím okolí by mohlo dojít k ohrožení nebo ztrátě havarijního řídicího 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 personálu nepodílejícího se na řešení havarijní situace 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 chladio, 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 odklizení trosk 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.

6.1.3.4 Impact on the accessibility and habitability of the main and secondary control rooms, measures to be taken to avoid or manage this situation

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 řídicí 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.).

6.1.3.5 Impact on the different premises used by the crisis teams or for which access would be necessary for management of the accident

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 řídicím středisku. Dálkové činnosti pro implementaci strategií by prováděl řídicí 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 řídicí 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. Prostor v HŘS je monitorováno dozimetrickými přístroji a v případě převýšení stanovených hodnot je nastaven režim izolace.

6.1.3.6 Feasibility and effectiveness of accident management measures under the conditions of external hazards (earthquakes, floods)

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 řízení 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 zvládnutí 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 personálu nepodílejícího se na řešení mimořádné události mimo lokalitu.

6.1.3.7 Unavailability of power supply

Posouzení nedostupnosti elektrického napájení je uvedeno v kapitole 5.1.

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 monitorování 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.

6.1.3.8 Potential failure of instrumentation

Všechny požadované informace o stavu komponent a hodnotách parametrů potřebných pro zvládnutí 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 zvládnutí 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 budou 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.

6.1.3.9 Potential effects from the other neighbouring installations at site, including considerations of restricted availability of trained staff to deal with multi-unit, extended accidents

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 měřicími sondami, umístěnými ve speciálně upravených měřicích 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.

6.1.4 Conclusion on the adequacy of organisational issues for accident management

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 určeny 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. Zejména pro zdokonalení výběru pracovníků s nejlepšími znalostmi v oblasti zvládání těžkých havárií je nutné přijmout další opatření.

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.

6.1.5 Measures which can be envisaged to enhance accident management capabilities

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 Návod 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 řídicích 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. Doplnující 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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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	

Příležitost ke zlepšení	Nápravné opatření	Termín (krátkodobý I / střednědobý II)	Poznámka
Havarijní připravenost	Přípravit dohody s externími složkami (IZS, armáda) a blízkými JE. Organizační opatření.	II	

6.2 Accident management measures in place at the various stages of a scenario of loss of the core cooling function

6.2.1 Before occurrence of fuel damage in the reactor pressure vessel (including last resorts to prevent fuel damage)

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 bariéry 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 - vyrovnaní 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.

6.2.2 After occurrence of fuel damage in the reactor pressure vessel

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 vážném poškození paliva se obnovuje pomocí činností popsaných v SAMG. Pro obnovení chlazení AZ jsou definovány následující strategie.

- Doplnění vody do horké, vysušené AZ, které vždy ovlivní pozitivně průběh havárie. Způsob obnovení doplňování I.O je stanoven optimálním způsobem 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 odvodu I.O, odlehčovací ventil KO, normální vstřík do KO, odtlakování PG atd.).

6.2.3 After failure of the reactor pressure vessel

Po selhání TNR dojde k přemístění trosk 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 zvládnutí 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 trosk AZ mimo TNR vodou zajistí odvod tepla z těchto trosk 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 nejnepríznivější 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.

6.3 Maintaining the containment integrity after occurrence of significant fuel damage (up to core meltdown) in the reactor core

6.3.1 Elimination of fuel damage / meltdown in high pressure

6.3.1.1 Design provisions

Základním projektovými nástroji pro zajištění odtlakování I.O jsou systém havarijního odvodu 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 obsahuje 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.

6.3.1.2 Operational provisions

Snížování tlaku v I.O představuje jednu z nejvyšších priorit zvládání těžkých havárií. Je definováno několik způsobů odtlakování I.O:

- Použití systému havarijního odvodu I.O.
- Odlehčovací ventil KO.
- Normální vstřík do KO.
- Odtlakování PG.

Snížování tlaku v I.O během těžké havárie je spojeno s několika pozitivními dopady:

- Snížení možnosti vypuzení taveniny pod vysokým tlakem (HPME)
- Snížení možnosti kríového poškození trubek PG a primárních kolektorů PG (snížení možnosti úniků mimo kontejnment)
- Umožnění doplňování I.O z více zdrojů (zejména nízkotlakých)

6.3.2 Management of hydrogen risks inside the containment

6.3.2.1 Design provisions, including consideration of adequacy in view of hydrogen production rate and amount

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 určenými systémy. Tato možnost zatím nebyla analyzována.

6.3.2.2 Operational provisions

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.

6.3.3 Prevention of overpressure of the containment

6.3.3.1 Design provisions, including means to restrict radioactive releases if prevention of overpressure requires steam / gas relief from containment

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 tlaku 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 reagenty 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 kontejnmentu 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.

6.3.3.2 Operational and organisational provisions

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.

6.3.4 Prevention of re-criticality

6.3.4.1 Design provisions

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 neznámá 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.

6.3.4.2 Operational provisions

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 ke vzniku kritického stavu ve větším objemu AZ.

6.3.5 Prevention of basemat melt through

6.3.5.1 Potential design arrangements for retention of the corium in the pressure vessel

Vzhledem k tepelnému výkonu reaktoru a projektovému řešení betonové šachty reaktoru není pro bloky VVER 1000 s reaktory V320 identifikována možnost chlazení TNR zvenku.

6.3.5.2 Potential arrangements to cool the corium inside the containment after reactor pressure vessel rupture

Po selhání TNR by došlo k přemístění trosek AZ do betonové šachty reaktoru nebo dalších částí KTMT.

Opatření pro zvládnutí 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 potenciální 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 reaktoru.

Snížení tloušťky vrstvy taveniny 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 z odolnění 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.

6.3.5.3 Cliff edge effects related to time delay between reactor shutdown and core meltdown

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 nejnejpříznivějším případě při selhání všech možností chlazení taveniny dojít po cca 24 hodinách od vzniku havárie.

6.3.6 Need for and supply of electrical AC and DC power and compressed air to equipment used for protecting containment integrity

6.3.6.1 Design provisions

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 reagenty 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. 1.3.5, 1.3.6.

6.3.6.2 Operational provisions

Většina strategií popsaných v SAMG (doplňování vody do kontejnmentu, odvod tepla, udržování tlaku v kontejnmentu) vyžaduje pro úspěšnou implementaci dostupnost elektrického napájení.

6.3.7 Measuring and control instrumentation needed for protecting containment integrity

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 $0 \div 10 \%$.

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 $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 nepřímě 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 komínkách 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 zvládnutí těžkých havárií (např. rozsah měření dávkového příkonu v kontejnmentu do 10^5 Gy/h).

6.3.8 Capability for severe accident management in case of simultaneous core melt/fuel damage accidents at different units on the same site

Oba bloky ETE jsou technologicky vzájemně nezávislé a stavebně oddělené. Činnosti při zvládnutí 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.

6.3.9 Conclusion on the adequacy of severe accident management systems for protection of containment integrity

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.

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 možnostech pro zabránění ztrátě integrity kontejnmentu v důsledku protavení dna kontejnmentu.

6.3.10 Measures which can be envisaged to enhance capability to maintain containment integrity after occurrence of severe fuel damage

I přes značně robustní opatření pro zvládnutí 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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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

6.4 Accident management measures to restrict the radioactive releases

6.4.1 Radioactive releases after loss of containment integrity

6.4.1.1 Design provisions

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. 6.1.2.3.

Velký únik je definován jako únik, který přesáhne 100 mikroGy/h (kritérium 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.

6.4.1.2 Operational provisions

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 možnost 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 opatření vyhlášených pro ochranu obyvatelstva je k dispozici programový systém RTARC.

6.4.2 Accident management after uncovering of the top of fuel in the fuel pool

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 chladicí 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.

6.4.2.1 Hydrogen management

Pozdější fáze ztráty chlazení vyhořelého paliva v BSVP lze charakterizovat vyvažováním 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 spojená s významně vyšší tepelnou eskalací (uvolňované teplo je vyšší při oxidaci přímo kyslíkem než u páry), nitridaci 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.

6.4.2.2 Providing adequate shielding against radiation

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 uzavřený 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 otevřené 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.

6.4.2.3 Restricting releases after severe damage of spent fuel in the fuel storage pools

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.

6.4.2.4 Instrumentation needed to monitor the spent fuel state and to manage the accident

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.

6.4.3 Availability and habitability of the control room

Činnosti podle SAMG řídí TPS, které je umístěno v havarijním řídicím středisku pod budovou AB. Činnosti pro implementaci strategie provádí řídicí 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 řídicí 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 sice standardně konfigurovány pouze jako informační systém a nelze z nich provádět řídicí zásahy. Nicméně, změnou konfigurace těchto pracovních stanic a přesunem řídicího operativního personálu do TPS je možné i v tomto případě v omezeném rozsahu zabezpečit implementaci strategií SAMG pomocí komponent nebezpečnostních systémů.

6.4.4 Conclusion on the adequacy of measures to restrict the radioactive releases

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 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. Podrobnější popis nápravných opatření je uveden v Příloze.

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

7 General conclusion

7.1 Key provisions enhancing robustness (already implemented)

Cílem ocenění bezpečnosti v předcházejících kapitolách bylo ocenit míru odolnosti (robustnosti) a dostatečnosti bezpečnostních rezerv ETE při extrémních přírodních podmínkách (z pohledu skutečností havárie na JE Fukushima), při ztrátě elektrického napájení, při ztrátě odvodu tepla do koncového jímače a při rozvoji události do oblasti těžké havárie. Bylo provedeno detailní deterministické zhodnocení úrovně ochrany do hloubky a schopnosti plnění základních bezpečnostních funkcí při jednotlivých iniciačních událostech i nadprojektových událostech, bez ohledu na extrémně nízkou pravděpodobnost jejich výskytu. Hodnocení bylo provedeno pro všechny provozní režimy a stavy bloků, včetně současného zasažení obou bloků ETE.

7.1.1 Robustnost vůči zemětřesení

Na území ČR se nenachází žádné tektonické struktury, které by umožňovaly vznik silných zemětřesení. V lokalitě ETE nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5^{MSK-64} ($PGA_{hor} = 0,08 \text{ g}$). SSK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné minimálně do hodnoty 7^{MSK-64} ($PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$), takže existuje bezpečnostní rezerva na zbývajících 5 % neurčitost. Výsledek výpočtu ukazuje, že pro lokalitu ETE je výskyt vyššího zemětřesení než 6,5^{MSK-64} velmi nepravděpodobný a projektová hodnota maximálního výpočtového zemětřesení ($PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$) je pro ETE adekvátní.

Pro ETE byla provedena analýza rizika seismických událostí, v rámci které byla provedena analýza seismické odolnosti objektů a vybraného zařízení ETE. Z výsledků analýzy seismické odolnosti objektů a vybraného zařízení ETE vyplývá, že odolnost všech bezpečnostně významných zařízení i stavebních objektů v nichž jsou umístěna výrazně překračuje hodnotu $PGA_{hor} = 0,1 \text{ g}$ stanovenou pro MVZ. 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.

Vyhodnocení historických dat i dlouhodobé monitorování ukazuje, že lokalita ETE je seismicky velmi klidná. Výsledky ze sítě detailního seismického rájónování rovněž dokládají správnost celkového seismického hodnocení lokality ETE a dostatečnou odolnost a rezervy vůči následkům projektových i nadprojektových seismických událostí.

7.1.2 Robustnost vůči 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 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. 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 čerpací stanici pro ETE ani na vodním díle nebyly zjištěny žádné výrazné škody.

Zatopení objektů důležitých pro bezpečnost ze systému gravitační dešťové kanalizace při jeho pravidelné údržbě 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 88,1 mm při 10 000 leté srážce v případě, že kanalizační systém je zcela vyřazen z činnosti.

Pro lokalitu ETE je inherentně vyloučena zátopa z vodních toků a stavební objekty ETE jsou vyprojektovány jako odolné proti zaplavení i při extrémní dešťové srážce. Na lokalitě je navíc k dispozici mobilní technika HZSp, která je uzpůsobena pro odčerpávání lokálních záplav nad hodnotami 10 000 letých maxim.

7.1.3 Robustnost vůči ostatním klimatickým podmínkám

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 neohrožily funkci systémů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti. Ostatní objekty jsou zatěžovány projektovou úrovní. Reálné odolnosti objektů 1. seismické kategorie jsou vyšší než vypočítané hodnoty odolnosti při extrémním zatížení.

Konkrétní hodnoty odvozených extrémů klimatických podmínek v lokalitě ETE pro projektovou úroveň a extrémní výpočtové zatížení (s výjimkou dešťových srážek) jsou uvedeny v následující tabulce:

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⁾ Zahnuje i tornáda stupně F2

Lokalita ETE není ohrožena účinky extrémních klimatických podmínek.

7.1.4 Robustnost vůči ztrátě elektrického napájení

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 (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 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 bloků ETE z blízké vodní elektrárny Lipno. Alternativně by bylo možné pro dlouhodobé dobíjení akubaterií použít další zdroje střídavého napájení, které jsou na ETE k dispozici, i když možnost připojení těchto zdrojů do stávajícího rozvodu napájení není projektově řešena ani odzkoušena.

Proti úplné ztrátě elektrického napájení existuje robustní systém úrovní ochrany do hloubky. I přesto jsou identifikovány příležitosti pro zvýšení odolnosti proti SBO, pokud by současně selhaly všechny úrovně ochrany do hloubky systémů elektrického napájení.

7.1.5 Robustnost vůči ztrátě odvodu tepla do koncového jímače

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.

Proti ztrátě odvodu tepla do koncového jímače existuje robustní systém úrovní ochrany do hloubky. I přesto jsou identifikovány příležitosti pro zvýšení odolnosti proti ztrátě UHS, pokud by současně selhaly všechny úrovně ochrany do hloubky systémů pro UHS.

7.1.6 Robustnost opatření pro zvládání těžkých 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.

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.

Systém zvládání havárií a havarijní připravenosti obsahuje robustní soubor opatření personálního, administrativního a technického charakteru. I přesto jsou identifikovány příležitosti pro zvýšení účinnosti těchto opatření pro zvládání těžkých havárií, které patří mezi nadprojektové, vysoce nepravděpodobné události.

7.2 Safety issues

Hodnocení bezpečnostních rezerv 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 bariér pro zabezpečení úrovně ochrany do hloubky jak v oblasti projektu, tak v oblasti personálního, administrativního a technického zabezpečení zvládání havárií.

I přes značnou robustnost bariér lze na základě výsledků hodnocení bezpečnostních rezerv pro iniciační události, ztrátu bezpečnostních funkcí a opatření pro zvládání nadprojektových a těžkých havárií 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 byl zohledněn počet úrovně 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.

8 References

References validated in the licensing process

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 rozbor
9. PP TC111, Neutronově fyzikální charakteristiky AZ
10. H03, Vnitřní havarijní plán JE Temelín

References included in quality assurance program

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 OTC030, Návod pro řízení těžkých havárií
32. OTAP022, Návod na použití havarijních provozních postupů
33. Audit 12B, Rozbor systému akumulátorových baterií, EGP, březen 1996
34. PP OTC007/1, Činnosti při haváriích, obecné informace
35. PpBZ, kap. 2.2, Blízké průmyslové, dopravní a vojenské objekty
36. PP OTAP006, 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, Přejedání řídicího operativního personálu z BD na ND
45. PP OTS419, 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 síťových 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

Other reference

- 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

Popis navrhovaných nápravných opatření

V Příloze je uveden stručný popis navrhovaných nápravných opatření pro všechny oblasti hodnocené v rámci Zátěžových testů. U každého nápravného opatření jsou uvedeny následující informace:

Funkce

Bezpečnostní funkce, kterou uvedené nápravné opatření řeší.

Způsob řešení

Stručný popis způsobu řešení s uvedením navržených možných variant.

Rizika

Rizika, která jsou řešena implementací navrženého nápravného opatření.

Další krok

Stručný návrh způsobu implementace navrženého nápravného opatření.

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
ALTERNATIVNÍ TECHNICKÉ PROSTŘEDKY	1. Odvod tepla z AZ přes I.O	Doplňování vody alternativním způsobem do (a) PG/BSVP z nádrží TX (při možnosti sek. odvodu tepla z I.O), (b) I.O/BSVP (při roztěsněném I.O) z nádrží s obsahem H ₃ BO ₃ (TB30) pomocí: i) stabilního motorčerpadla vně bloku (čerpací výkon max. cca 140 kW) (jedno na blok, transportovatelné) ii) požárního vozu Zřízení přípojných míst a přísl. rozvodů (příruby, prostupy, armatury, možnost instalace „flexibilních“ propojů) do stávajících potrubních tras (systémů TX10, TQ, TG). Možnost alternativního zdroje vody po vyčerpání určených nádrží.	záplavy UHS SBO	Jedná se o diversní (nezávislé) prostředky napojené do elektrorozvodů / potrubních tras stávajících BS, tj. řešení ovlivňující projekt stávajících BS. OKAMŽITĚ: koordinace s ostatními provozovateli VVER / WANO / projektantem VVER – upřesnění koncepce řešení 2012: studie proveditelnosti
	2. Odvod tepla z AZ přes II.O.		záplavy UHS SBO	
	3. Čerpání médií pro BSVP (včetně plnění BSVP)		záplavy UHS SBO	
	4. Zajištění napájení I.kategorie	DGS 400 kW (0,4 kV / 50 Hz) pro zajištění napětí pro ZN I.kategorie + napětí pro vybrané spotřebiče 0,4 kV II. kat. (UV55 (BD), UV01(ND), vybrané armatury, popř. i divizní UJ). (Kontejnerový DG (jeden na blok, transportovatelný), připojení kabelovým vedením na zvolenou (libovolnou) divizi ZN (ÚR 0,4 kV Cx03 + kabel. propoj na Cx02). Možnost externího doplňování PHM.) Pozn. k chlazení SKŘ: Odstavit vybrané skříně, otevřít dveře ... zřejmě nejsou nutné žádné speciální prostředky	SBO	
	5. Obyvatelnost BD/ND		SBO	
	6. Zabezpečení odvodu tepla z prostředků SKŘ		SBO UHS	

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
TECHNICKÉ PROSTŘEDKY - PROJEKTOVÉ	Dlouhodobá provozuschopnost havarijních systémů zdrojů II. Kategorie (DGS) při všech extrémních podmínkách	Zodolnění objektu DGS proti vnější záplavě – ZKZ D041 (doplnění těsnění, zábran, izolačního krytí). (Riziko zaplavení nádrže 100m³ a čerpadel pro čerpání nafty do provozní nádrže, aj. ...) Zřídít přípojku k zásobní nádrži a doprava cisternou s vlastním čerpadlem k nádrži DG – řešeno v PP 0TS276/2 společná část. Cisternu pro návoz PHM zajistit externě. (<i>Nutné po cca 70 hod. provozu DG ...</i>)	Zemětřesení Záplavy Extrémy LOOP	Implementace ZKZ D041
	Zajištění izolace KTMT	Elektricky ovládané armatury izolace KTMT napájené z II. kat. ZN – pokyny pro ruční uzavření nebo přepojení na I. kat. (týká se RČA na systémech TL22/42 přímo spojených s atmosférou kontejnmentu).	SBO	
	Řízení bloku v případě zaplavení ND vodou (vnitřní záplava).	Opatření pro zabránění vniknutí vody na ND - rekonstrukce vstupních dveří na ND (těsnění). <i>Pozn.: V případě zaplavení ND při prasknutí potrubí TVD VF20 nedojde k falešnému vygenerování povelů a negativnímu ovlivnění SKŘ (... architektura, kódování ovladačů).</i>		Iniciace ZKZ
	Zásoba chladiva v KTMT využitelná pro havarijní doplňování	i) Doplňování standardně z TM – instalace / záměna čerpadel (TM) s vyšší výtlačnou výškou. ii) Alternativní doplňování GA201 z nádrží TB30 nebo TB10 nově instalovanými čerpadly a potrubními trasami.	AMP	Koncepční projekt, Iniciace ZKZ
	Infrastruktura – možnost provedení zásahů, přístup k SO, ...	i) Ověření odolnosti vybraných budov při seismické události SO 656/01 (Požární stanice), SO 643/01 (Hospodářství technických plynů), SO 410/03 (Budova kotelny), AB, mosty, kryty ii) Analýzu přístupu k vybraným SO	Zemětřesení	Analýza

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
TECHNICKÉ PROSTŘEDKY - TH	Systém likvidace vodíku	Rekombinátory vodíku - doplnit PAR na počet, který zvládne nadprojektové nehody – ZKZ B462	AMP	Implementace B462
	Analýzy zařízení pro použití v SAMG	Ověření funkcí zařízení v mimoprojektových provozních stavech podle požadavků SAMG (posouzení specifikovaných operací SAMG z pohledu zařízení – možnosti ovládání, parametry, aj.).	AMP	Analýza
	Lokalizace taveniny mimo TNR	Provést analýzu otevírání dveří a instalace bariér pro lokalizaci taveniny.	AMP	----
	Zajištění obyvatelnost BD a ND po přechodu TH do ex-vessel fáze	Analýza radiační situace na BD a ND po proniknutí taveniny z TNR do KTMT a poškození KTMT, analýzy radiační situace při průniku radiace přes VZT.	AMP	

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
PŘEDPISY	Kvalifikovaný diverzifikovaný zdroj pro řešení SBO jednoho HVB - podání napětí z DGS sousedního bloku na jednu z divizních rozvodů BV,BW,BX	Doplnění stávajících PP pro SBO o variantu se systémovým DG sousedního bloku jako diverzifikovaným zdrojem.	SBO	2012: Provést analýzu, doplnit PP
	Prodloužení vybíjecí doby akubaterií ZN I. kat. při SBO	Analýza vybíjecí doby akubaterií při uplatnění variant řízeného snižování odběru (odpínání spotřebičů). Doplnění PP pro režim SBO o instrukce pro odlehčování zátěže ZN I. kat.	SBO	
	Doplnění provozní dokumentace – stav dlouhodobého napájení z DG	Doplnění PP.	LOOP	
	Uzavření KTMT	Opatření pro včasné uzavření KTMT při haváriích v odstávkových režimech - doplnění PP. (Řešení v rámci SOER na bezpečnost při odstávkách.)	SBO UHS	
	SAMG pro odstávku / TH v BSVP	Zpracovat „shutdown SAMGs“.	AMP	2012: Zahájit
	Návody/EDMG pro náhradní prostředky	Vytvořit návody typu EDMG.	AMP	Ve vazbě na řešení alternativ. tech. prostř.
	Chlazení BSVP	Analýza/výpočet doby odvodu tepla z BSVP bez doplňování – pro využití v PP (vytvoření pomůcky pro TPS – aktuální tepelný výkon bazénů vs. doba do odhalení PS).	SBO	Analýza

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
PERSONÁL	Obsazení OHO Výcvik personálu OHO	Kritéria obsazení OHO (zaměstnanci s nejvyšší odborností) - prověření. Přehodnotit / definovat koncepci výcviku personálu v oblasti TH.	AMP	2012: Řešení / implementace opatření.
	Zajištění dostatku personálu	i) Opatření pro střídání směnového personálu při ztížené dostupnosti lokality. ii) Analýza možností směnového personálu při vzniku havárie na obou blocích (dostatek lidí pro implementaci strategií, jejich ukrytí). iii) (Po vzniku EDMG – analýzy podmínek a možností / dostatku personálu pro implementaci zásahů dle EDMG.) <i>Pozn.: Urychlená evakuace osob z ETE (které se nepodílejí na likvidaci havárie) při neprovozoschopnosti krytů – opatření HP.</i>	zemětřesení záplavy extrémy SBO AMP	
	Použitelnost HŘS – schopnost fungování OHO mimo HŘS	Aktivace TPS a HŠ mimo HŘS (LRKO, BD, ND, včetně předávání informací a komunikace) – prověřit možnosti, zapracovat do dokumentace.	zemětřesení záplavy	

	FUNKCE	NO - ZPŮSOB ŘEŠENÍ	RIZIKA	DALŠÍ KROK
KOMUNIKACE	Zajištění dlouhodobé komunikace mezi zasahujícími osobami a komunikace s vnějšími orgány	<u>Varování a vyrozumění v ETE a v ZHP</u> Definovat náhradní organizační řešení (ve spolupráci s orgány státní správy a IZS) při nefunkčnosti rozhlasu a sirén (popř. ovládací infrastruktury pro jejich spuštění) v důsledku extrémních přírodních jevů (vybavení mobilními prostředky - mechanické sirény, pneumatické sirény, megafony na vozidlech, sirény na vozidlech) vč. způsobu použití a zpracování do dokumentace havarijního plánování. <u>Komunikace mezi zasahujícími osobami a vně</u> (a) Uvnitř elektrárny (BD – TPS – zasahující personál ...) i) Telefonní ústředny nebo radiová síť - alternativní napájení telefonních ústředí (AB, ÚED, HVBI,II, BAPP) z mobilních přenosných DGS (do 10 kW). Stejný zdroj bude alternativně možné použít i pro nouzové napájení prvků infrastruktury radiové sítě (sdružovače, zesilovače) (podle volby v aktuálním stavu). (Pozn.: stávající zálohování ústředí při výpadku napájení je z vlastních akubaterií po dobu cca 8 hod., u prvků radiové sítě cca 6 hod.) ii) Stanovit koncepci pro komunikaci při rozpadu komunikační sítě v důsledku seismické události <i>(veškerá stávající komunikační infrastruktura (telefony, radiostanice) je závislá na decentralizovaných prvcích v neseismických objektech, neseismických kabelových kanálech, apod. – v současnosti máme redundanci možnosti komunikace (pevné telefony, MT, radiostanice), avšak bez záruky plné funkčnosti po PZ/MVZ) ...</i> ve spolupráci s ostatními provozovateli. (b) Mezi elektrárnou a vnějšími orgány Viz. ii) výše. Prověření možností komunikace klíčových pracovišť (elektrárny, orgány státní správy) satelitními telefony.	Zemětřesení SBO	2012: Koordinace s orgány státní správy a IZS ohl. možností alternativního varování, vyrozumění a komunikace při poškození stávající infrastruktury. Úprava dokumentace havarijního plánování. Koordinace s ostatními provozovateli v oblasti řešení komunikace. Možná analýza odolnosti prvků při PZ – předpoklad potvrzení alesp. omezeného zachování funkčnosti.