

NÁRODNÍ HODNOTÍCÍ ZPRÁVA ČESKÉ REPUBLIKY

pro účely Topical Peer-Review „Řízené stárnutí“
dle Směrnice o jaderné bezpečnosti 2014/87/EURATOM

Praha 2017



NÁRODNÍ ZPRÁVA ČESKÉ REPUBLIKY pro účely pro účely Topical Peer-Review „Řízené stárnutí“ dle Směrnice o jaderné bezpečnosti 2014/87/EURATOM

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, prosinec 2017
Účelová publikace bez jazykové úpravy

© 2017, Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

<http://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/narodni-zpravy/>

Obsah

OBSAH	3
ÚVOD	7
SEZNAM ZKRATEK.....	9
1. OBECNÉ INFORMACE.....	13
1.1 Identifikace jaderných zařízení.....	13
1.1.1 Popis jaderných zařízení, jež byly zařazeny do rámce hodnocení	14
1.2 Proces zpracování národní hodnotící zprávy.....	19
2. POŽADAVKY NA ZASTŘEŠUJÍCÍ PROGRAM ŘÍZENÉHO STÁRNUTÍ A JEJICH IMPLEMENTACE ...	20
2.1 Národní legislativní a dozorný rámec.....	20
2.2 Mezinárodní standardy	22
2.2.1 Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín	22
2.2.2 Výzkumný reaktor LVR-15.....	23
2.3 Popis zastřešujícího programu řízeného stárnutí.....	23
2.3.1 Rozsah zastřešujícího programu řízeného stárnutí	23
2.3.2 Hodnocení stárnutí systémů, konstrukcí a komponent.....	31
2.3.3 Monitorování, testování, vzorkování a kontrolní činnosti.....	37
2.3.4 Preventivní a nápravná opatření	41
2.4 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí	42
2.4.1 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín	42
2.4.2 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15.....	47
2.5 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí.....	48
2.5.1 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín	48
2.5.2 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15	48
2.6 Proces dohledu dozorného orgánu	49
2.6.1 Proces dohledu dozorného orgánu nad jadernými elektrárnami Dukovany a Temelín.....	49
2.6.2 Proces dohledu dozorného orgánu nad výzkumným reaktorem LVR-15	49
2.7 Hodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí dozorným orgánem, závěry.....	49
2.7.1 Zhodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín.....	49

2.7.2	Zhodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15	50
3.	ELEKTRICKÉ KABELY	51
3.1	Popis programu řízeného stárnutí elektrických kabelů.....	51
3.1.1	Rozsah řízeného stárnutí kabelů.....	51
3.1.2	Hodnocení stárnutí elektrických kabelů	59
3.1.3	Monitorování, zkoušení, odebrání vzorků a kontroly elektrických kabelů.....	64
3.1.4	Preventivní a nápravná opatření pro elektrické kabely.....	70
3.2	Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí kabelů.....	71
3.2.1	Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programu řízeného stárnutí kabelů	71
3.2.2	Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí kabelů	72
3.3	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů	72
3.3.1	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů jaderných elektráren Dukovany a Temelín	72
3.3.2	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů výzkumného reaktoru LVR-15	73
4.	SKRYTÁ POTRUBÍ	74
4.1	Popis programu řízeného stárnutí skrytých potrubí	74
4.1.1	Rozsah řízeného stárnutí skrytých potrubí	74
4.1.2	Hodnocení stárnutí skrytých potrubí.....	77
4.1.3	Monitorování, zkoušení, odebrání vzorků a kontroly skrytých potrubí	79
4.1.4	Preventivní a nápravná opatření pro skrytá potrubí	81
4.2	Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí .	81
4.2.1	Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí.....	81
4.2.2	Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí.....	81
4.3	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí	82
4.3.1	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín.....	82
4.3.2	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí výzkumného reaktoru LVR-15	82
5.	TLAKOVÁ NÁDOBA REAKTORU.....	83
5.1	Popis programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů	83
5.1.1	Rozsah řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů.....	83
5.1.2	Hodnocení stárnutí tlakových nádob reaktoru.....	90

5.1.3	Monitorování, zkoušení, odebrání vzorků a kontroly tlakových nádob reaktorů	97
5.1.4	Preventivní a nápravná opatření pro tlakové nádoby reaktoru	101
5.2	Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů	103
5.2.1	Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín	103
5.2.2	Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí nádoby reaktoru	104
5.3	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů Dukovany a Temelín	104
5.3.1	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín	104
5.3.2	Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí nádoby výzkumného reaktoru LVR-15.....	105
6.	HORIZONTÁLNÍ TLAKOVÉ KANÁLY (CANDU)	106
7.	KONSTRUKCE ŽELEZOBETONOVÝCH KONTEJNMENTŮ	107
7.1	Popis programu řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů.....	107
7.1.1	Rozsah programu řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů	107
7.1.2	Hodnocení stárnutí železobetonových kontejnmentů	115
7.1.3	Sledování, zkoušení, odběry vzorků a kontrolní činnost pro železobetonové kontejnmenty	120
7.1.4	Preventivní a nápravná opatření pro železobetonové kontejnmenty.....	128
7.2	Zkušenosti provozovatele s implementací programů řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů.....	129
7.2.1	Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programů řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů	129
7.2.2	Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru s řízeným stárnutím stavebních konstrukcí výzkumného reaktoru LVR-15.....	134
7.3	Závěry regulátora a jeho posouzení programů řízeného stárnutí kontejnmentů.....	135
7.3.1	Závěry regulátora a jeho posouzení řízení stárnutí kontejnmentů jaderných elektráren Dukovany a Temelín	135
7.3.2	Závěry regulátora a jeho posouzení řízení stárnutí konstrukce objektu výzkumného reaktoru LVR-15.....	137
8.	PŘEDEPJATÁ BETONOVÁ TLAKOVÁ NÁDOBA (AGR)	138
9.	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A ZÁVĚRY.....	139
10.	REFERENCE	143

PŘÍLOHA A: OBRÁZKY	148
PŘÍLOHA B:	167

Úvod

Tato zpráva vznikla pro účely prvního tematického partnerského hodnocení (Topical Peer-Review "TPR"), jehož provedení vyplývá ze Směrnice o jaderné bezpečnosti 2014/87/EURATOM Evropské Unie. Interval pro provádění TPR dle této směrnice je 1 x 6 let s počátkem v roce 2017. Tématem prvního TPR bylo zvoleno "Řízení stárnutí" (Ageing Management). Cílem tohoto Peer-Review je vzájemné partnerské přezkoumání zavedené praxe v oblasti řízení stárnutí, identifikování silných a slabých stránek zavedených postupů a definování oblastí vyžadujících případné zlepšení, sdílení provozních zkušeností a rovněž poskytnutí transparentního a otevřeného rámce pro vypracování a zavedení vhodných následných opatření k řešení oblastí, jež z hodnocení vzejdou jako oblasti ke zlepšení. Do TPR byly povinně zařazeny všechny jaderné elektrárny a výzkumné reaktory s tepelným výkonem rovným nebo vyšším než 1 MW_t, které budou v provozu k 31. 12. 2017 nebo ve výstavbě k 31. 12. 2016. Výzkumné reaktory s výkonem nižším než výše uvedeným mohly být do hodnocení zařazeny dobrovolně.

Jako příklady implementace zastřešujícího programu řízeného stárnutí pak byly určeny skupiny komponent, z nichž do rámce pro TPR za Českou republiku spadají následující: elektrické kabely, skrytá (nepřístupná) potrubí, tlakové nádoby reaktorů a betonové konstrukce kontejnmentů.

Prvním úkolem partnerského hodnocení bylo vypracování této národní hodnotící zprávy. Následovat bude vzájemné přezkoumání národních zpráv jednotlivých členských zemí formou otázek a odpovědí k informacím uvedeným v jednotlivých zprávách. Celý proces bude dokončen peer-review workshopem, publikací zprávy z tohoto workshopu a stanovení implementačního plánu nápravných opatření vzešlých z celého hodnocení.

Zpráva je vypracována v souladu s Technickými specifikacemi pro národní hodnotící zprávy [1], jež byly formulovány RHWG WENRA a následně potvrzeny asociací dozorů WENRA i skupinou evropských dozorních orgánů ENSREG. Technické specifikace určují požadovanou osnovu a obsah národních hodnotících zpráv.

Hlavním cílem národní hodnotící zprávy je shromáždění informací ke zvolenému tématu, na základě kterých může být partnerské porovnání provedeno. Konkrétně se jedná o popis tzv. vrcholového („zastřešujícího“) programu řízeného stárnutí se zaměřením na programové aspekty procesu řízeného stárnutí, implementace tohoto vrcholového programu řízeného stárnutí a zkušenosti s aplikací řízeného stárnutí. Na popisnou část navazuje vyhodnocení naplnění národních i mezinárodních požadavků, identifikace silných a slabých stránek procesu a definování oblastí vyžadujících zlepšení. Účelem je poskytnutí dostatečně podrobných informací, které umožní smysluplné partnerské hodnocení všech zúčastněných zemí.

Ve zprávě nejsou obsaženy žádné citlivé informace podléhající kontrole vývozu položek dvojího použití.

Hodnocení, na základě kterého byla zpráva zpracována, bylo provedeno k datu 30. 6. 2017. V případě změn některých skutečností uvedených ve zprávě od tohoto data do data publikování zprávy, budou tyto rozdíly uvedeny v národní prezentaci v rámci peer-review workshopu.

Seznam zkratek

A.S.I.	Asociace strojních inženýrů ČR
ACI	American concrete institute
AGR	Advanced Gas Cooled Reactor
AMR	Ageing Management Review
ASR	Alkalicko-křemičitá reakce (Alkali–silica reaction)
AZ	Aktivní zóna
BDO	Bazén s dvojitým obkladem
BN	Bezpečnostní návod
BPIG	Buried Pipe Integrity Group
BPIRD	Buried Pipe Inspection Results Database
BS	Bezpečnostní systémy
BSVP	Bazén skladování vyhořelého paliva
BT	Bezpečnostní třída
BVK	Bezpečnostně významná kabeláž
CČS	Centrální čerpací stanice
CChV	Cirkulační chladící voda
CEO	Chief Executive Officer
CV	Centrum výzkumu
ČEZ	ČEZ, a. s. - provozovatel JE Dukovany a JE Temelín
ČR	Česká republika
ČSJ	Čerpací stanice Jihlava
ČSKAE	Československá komise pro atomovou energii
ČVUT	České vysoké učení technické
DCVG	Direct Current Voltage Gradient
DSP	Doplňkový svědečný program
EBO	JE Bohunice (SK)
EDMET	Elektrodiagnostika magnetických trub
EDU	JE Dukovany
EMC	Elektromagnetická kompatibility
EMO	JE Mochovce (SK)
ENR	Event Notification Report
ENSREG	The European Nuclear Safety Regulators Group
EPRI	Electric Power Research Institute
ERM	Equipment reliability management
ESÚ	Efektivní strategie údržby
ETE	JE Temelín

EU	Evropská Unie
EURATOM	Evropské společenství atomové energie
GV	Gravitační vodojem
HB	Horní blok
HČČ	Hlavní cirkulační čerpadlo
HCP	Hlavní cirkulační potrubí
HDR	Hlavní dělicí rovina
HK	Horizontální kanál
HRK	Havarijní a regulační kazeta
HUA	Hlavní uzavírací armatura
HVB	Hlavní výrobní blok
HZ	Hermetická zóna
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
IASCC	Radiační ovlivněné (indukované) korozní praskání pod napětím
IPZJ	Individuální plány zajištění jakosti
IRS	International Reporting System for Operating Experience
JB	Jaderná bezpečnost
JE	Jaderná elektrárna
JIT	Just-in-time
JP	Jaderné palivo
KAZ	Koš aktivní zóny
KIP	Nátrubky pro vývody vnitroreaktorových měření
KJT	Koncový jímač tepla
KK	Konstrukce a komponenty
KPI	Key performance indicator
KTMT	Kontejnment
LaP	Limity a podmínky bezpečného provozu
LTO	Provoz za dobu původní projektové životnosti (Long Term Operation)
MaR	Měření a regulace
MEM	Magneto-elastická metoda
MKS	Modulární kontrolní systém
MMM	Metoda magnetické paměti
MPH	Maximální projektová nehoda
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NEA	Nuclear Energy Agency
NTD	Normativně-technická dokumentace
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (z angl. Organisation for Economic
OP	Operativní program
PAZ	Plášť aktivní zóny

PG	Parogenerátor
PHŽ	Periodické hodnocení životnosti
PIU	Postulovaná iniciační událost
PJB	Pre-job-briefing
PKP	Program provozně kontrolních prací
PMBD	Preventive maintenance basis database
PP	Provozní předpis
PPK	Program provozních kontrol
PrBZ	Provozní bezpečnostní zpráva
PŘS	Program řízeného stárnutí
PŘSK	Komponentí program řízeného stárnutí kabelů
PSR	Periodické hodnocení bezpečnosti (Periodic safety review)
PT	Kontrola penetrační metodou
PÚ	Preventivní údržba/Program údržby
RA	Radioaktivní látka
RAO	Radioaktivní odpad
RB	Reaktorový blok
RHWG	Reactor Harmonisation Working Group
RO	Regulační orgány
RPV	Tlaková nádoba reaktoru (Reactor Pressure Vessel)
ŘS	Řízené stárnutí
SAOZ	Systém havarijního chlazení aktivní zóny
SaZ	Systémy a zařízení
SBO	Station Blackout
SCC	Korozní praskání pod napětím
SE	Slovenské elektrárne
SHCHZ	Systém havarijního chlazení aktivní zóny
SKK	Systémy, konstrukce a komponenty
SR	Slovenská republika
SRS	Safety Report Serie
SSB	Systémy související s bezpečností
SSK	Systém správy kabeláže
SSP	Standardní svědečný program
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TAČR	Technologická agentura České republiky
TGSCC	Transgranulární praskání pod napětím
TK	Systém vnitreaktorového monitorování teploty
TLAA	Časově omezená analýza stárnutí (Time Limiting Ageing Analysis)
TNR	Tlaková nádoba reaktoru
TOFD	Time of Flight Diffraction, metoda UT kontrol
TP	Technické podmínky

TPR	Topical Peer Review
TS	Technologický systém
TVD	Technická voda důležitá
TVN	Technická voda nedůležitá
ÚJV	Ústav jaderného výzkumu (ÚJV Řež, a.s.)
UT	Kontrola ultrazvukovou metodou
UTT	Měření tloušťky stěny ultrazvukem
VAO	Vysoce aktivní odpad
VaV	Věda a výzkum
VT	Kontrola vizuální metodou
VÚ	Vedoucí útvaru
VUT	Vysoké učení zechnické Brno
VVER	Vodou chlazený a vodou moderovaný reaktor (ruský design)
VVK	Systém výpočtů a vyhodnocení životnosti bezpečnostních kabelů EDU a ETE
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WER	WANO event. report
Z/K	Zařízení/komponenta
ŽB	Železobetonové
ŽP	Životní prostředí

1. Obecné informace

1.1 Identifikace jaderných zařízení

V České republice jsou k 31. 12. 2017 provozována následující jaderná zařízení s jaderným reaktorem:

Lokalita	Držitel povolení	Jaderné zařízení	Počet reaktorů	Typ	Výkon reaktoru	Uvedení do provozu	Zařazeno do hodnocení
Dukovany	ČEZ	JE Dukovany	4	VVER 440/213	4 x 500 MW _e 4 x 1444 MW _t	1985-1987	Ano
Temelín	ČEZ	JE Temelín	2	VVER 1000/320	2x 1080,3 MW _e (při 18,5°C CCHV) 2x 3120 MW _t	2004	Ano
Řež	CV Řež	Výzkumný reaktor v Řeži	1	LVR-15	Do 10 MW _t	1957 (1989)	Ano
	CV Řež	Výzkumný reaktor v Řeži	1	LR-0	0 MW _t	1982	Ne
CVUT Praha	ČVUT	Výzkumný reaktor v Praze	1	VR-1	0 MW _t	1992	Ne

Do rámce hodnocení pro účely TPR jsou v České republice zařazeny 1. – 4. blok Jaderné elektrárny Dukovany, 1. a 2. blok Jaderné elektrárny Temelín a výzkumný reaktor LVR-15, jehož tepelný výkon přesahuje hodnotu 1 MW_t. Ostatní jaderná zařízení neodpovídají definovanému rozsahu zařízení, jež mají být v této zprávě hodnocena. Výzkumné jaderné reaktory LR-0 a VR-1 nebyly na dobrovolné bázi do hodnocení zařazeny, neboť mají výrazně nižší výkon než 1 MW_t.

U žádného z výše vyjmenovaných jaderných zařízení není určeno pevné datum jejich odstavení.

Dle předpokladů budou všechny bloky Jaderné elektrárny Dukovany od 1. 1. 2018 ve stavu tzv. dlouhodobého provozu ("LTO"). Z hodnocení zbytkové životnosti bezpečnostně významných systémů a komponent a vzhledem ke kontinuálně realizovanému programu obnovy zařízení vyplývá, že jsou splněny předpoklady bezpečného provozu po dobu minimálně následujících 10-ti let, s výhledem provozu do roku 2035 (resp. 2037).

Aktuální stav povolení SÚJB k dalšímu provozu JE Dukovany (vydána na dobu neurčitou):

1. RB - 30. 3. 2016 bylo vydáno Rozhodnutí SÚJB o povolení k provozu
2. RB - 29. 6. 2017 bylo vydáno Rozhodnutí SÚJB o povolení k provozu
3. RB - 19. 12. 2017 bylo vydáno Rozhodnutí SÚJB o povolení k provozu
4. RB - 19. 12. 2017 bylo vydáno Rozhodnutí SÚJB o povolení k provozu.

Jaderná elektrárna Temelín má v současné době platné povolení k provozu jednotlivých bloků do 12. 10. 2020 (1. Blok) resp. 31. 5. 2022 (2. Blok).

Výzkumná jaderná zařízení mají stávající povolení platná do:

LVR – 15 do 31. 12. 2020

LVR – 0 do 31. 12. 2020

VR – 1 na dobu neurčitou.

1.1.1 Popis jaderných zařízení, jež byly zařazeny do rámce hodnocení

Jaderná elektrárna Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany sestává ze 4 reaktorových bloků VVER-440/213 ve formě dvou dvoubloků, každý blok má svou reaktorovou budovu. Jednotlivé bloky jsou shodného technického provedení. Instalovaný elektrický výkon je 4 x 510 MW_e, tepelný výkon jednotlivých reaktorů EDU činí 1 444 MW_t. Reaktory VVER - 440/213 patří mezi tlakovodní reaktory II. generace. Reaktory byly uvedeny do provozu v letech 1985 (1. RB), 1986 (2. RB) a 1987 (3. a 4. RB). Základní zajištění jaderné bezpečnosti u projektu VVER - 440/213 vychází z několikanásobné bariéry proti úniku radioaktivních látek, včetně hermetické ochranné obálky a koncepce vícenásobné redundance bezpečnostních systémů.

Reaktor (resp. aktivní zóna reaktoru) je chlazený a moderovaný vodou primárního okruhu. Cirkulaci vody přes aktivní zónu zajišťují hlavní cirkulační čerpadla. Teplo akumulované v chladivu je po průchodu reaktorem v parogenerátorech předáváno vodě sekundárního okruhu. Aktivní zónu reaktoru tvoří 312 palivových kazet a 37 regulačních orgánů uspořádaných v šestiúhelníkovém poli. Jako chladivo a moderátor reaktoru se používá roztok chemicky upravené vody a kyseliny borité, palivem je slabě obohacený oxid uraničitý ²³⁵U. Palivové elementy jsou rozmístěny v šesterečné mříži. Chemická regulace je realizovaná pomocí kyseliny borité a mechanická regulace je založená na "tandemovém" systému (při zasouvání celokazetového absorpčního válce je postupně vysouvána palivová kazeta z aktivní zóny).

Systém chlazení reaktoru (primární okruh) je tvořen šesti smyčkami cirkulačního potrubí (DN 500). Každá ze smyček je osazena hlavním cirkulačním čerpadlem (HCČ), horizontálním parogenerátorem (PG) a dvěma hlavními uzavíracími armaturami (HUA). HUA umožňují oddělení netěsného HCČ nebo PG dané smyčky. Součástí primárního okruhu je dále systém kompenzace objemu (KO), který udržuje tlak primárního okruhu. Tlaková nádoba reaktoru a primární okruh jsou navrženy pro přetlak 13,729 MPa při teplotě 350°C přičemž nominální hodnoty přetlaku a teploty na výstupu z reaktoru činí 12,261 MPa a 297,2°C.

Reaktor a hlavní komponenty primárního okruhu jsou umístěny v hermetické zóně – kontejnmentu (ochranné obálce), který tvoří železobetonová konstrukce s hermetickou oblicovkou a který je bariérou proti úniku radioaktivních látek do okolí. Kontejnment se nachází uvnitř reaktorové budovy, která nad hlavním podlažím pokračuje ocelovou konstrukcí tvořící zastřešení. Ochranná obálka je navržena na projektový přetlak 150 kPa a na teplotu 127°C.

V reaktorové budově jsou umístěny bazény skladování vyhořelého paliva, kam je vyváženo vyhořelé palivo z aktivní zóny. Odsud je palivo po snížení zbytkového výkonu průběžně odváženo v kontejnerech CASTOR do meziskladu či skladu vyhořelého paliva.

Sekundární okruh je tvořen dvěma turbogenerátory pro jeden blok, dále systémy kondenzace, regenerace, napájecí vody a parovodů. V parních generátorech se vyrábí pára o přetlaku 4,751 MPa a teplotě 260,7°C, pára z parogenerátorů se přivádí do 2 vícestupňových parních turbín. Turbína pohání generátor elektrického proudu, který se po transformaci na velmi vysoké napětí přivádí do rozvodné sítě. Po předání své energie přichází pára z turbíny do kondenzátoru, ve kterém po ochlazení zkapalní a vrací se zpět přes systém regenerace do parogenerátoru. Strojovna je společná vždy pro dva reaktorové bloky jednoho dvojbloku – jsou zde tedy umístěny 4 turbogenerátory.

Na sekundární okruh jsou navázány systémy cirkulační chladicí vody se čtyřmi chladicími věžemi pro jeden hlavní výrobní blok (HVB), tedy reaktorový dvojblok a 3 nezávislé systémy technických vod, které jsou chlazeny nově zbudovaným koncovým jímačem tepla (ventilátorové chladicí věže).

Za provozu je odpadní teplo do atmosféry odváděno cirkulační vodou přes hlavní kondenzátory a chladicí věže.

Během odstávky je blok dochlazován přes parogenerátory, technologické kondenzátory a systém technické vody důležité. Odvod tepla ze systému technické vody důležité do atmosféry je realizován prostřednictvím ventilátorových věží koncového jímače tepla (KJT), přičemž nadále lze využít i chlazení TVD pomocí chladicích věží. Čerpací stanice technické vody důležité společně s čerpadly cirkulační vody, čerpadly TVN a čerpadly požární vody je řešena jako samostatný stavební objekt pro jeden hlavní výrobní blok (tedy dvojblok), celkem jsou tedy dvě čerpací stanice TVD v areálu elektrárny.

Aktivní bezpečnostní systémy (vysokotlaký a nízkotlaký) mají redundanci 3 x 100 % a jsou vzájemně nezávislé a fyzicky oddělené. Pasivní bezpečnostní systémy (tlakové zásobníky bórové vody - hydroakumulátory uvnitř kontejnmentu) mají redundanci 2 x 100 %. Je zajištěna seismická odolnost všech redundantních bezpečnostních systémů, včetně elektrického napájení a systémů řízení a dalších pomocných systémů. Nouzové zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seismicky odolné (podléhající kvalifikaci jako pro bezpečnostní systémy). Projekt disponuje diverzifikovanými systémy pro zajištění plnění tří základních bezpečnostních funkcí:

- Kontrola reaktivity (zajištění odstavení reaktoru)
- Odvod tepla z reaktoru a skladovaného paliva
- zamezení únikům radioaktivních látek (bariéry a izolace kontejnmentu).

Komponenty systémů havarijního chlazení aktivní zóny reaktoru spolu s komponenty sprchového systému se nachází ve spodních patrech reaktorové budovy. Tři nezávislé systémy sprchového systému jsou zavedeny do boxu parogenerátorů, aby v případě potřeby zajišťovaly snížení tlaku v hermetické zóně.

Systém vlastní spotřeby každého bloku zahrnuje transformátory vlastní spotřeby, rozvaděče 6 kV a 0,4 kV, zařízení stejnosměrného proudu s akumulátorovými bateriemi 220 V a 48 V a zařízení ochrany, řízení technologické kontroly a signalizace hlavních zařízení a mechanismů vlastní spotřeby. Výkon JE Dukovany je vyveden linkou 400 kV do rozvodny Slavětice vzdálené přibližně 3 km. Každý blok JE Dukovany má kromě pracovního napájení vlastní spotřeby z vývodu 400kV zajištěno i rezervní napájení vlastní spotřeby ze dvou linek 110 kV společných pro dva bloky. Každý blok je navíc vybaven třemi dieselgenerátory, které slouží jako nezávislé zdroje nouzového napájení (3 x 100%) při ztrátě pracovního i rezervního napájení. Standardní výbava tří nezávislých dieselgenerátorů pro každý výrobní blok byla doplněna o dva SBO dieselgenerátory společné pro všechny bloky, které jsou

nezávislé na standardním zařízení, na palivu, na chlazení a elektrickém napájení. Všechny záložní zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seizmicky odolné.

Schématiké znázornění JE Dukovany je uvedeno v Příloze A na Obrázku č. A.1.

Jaderná elektrárna Temelín

Jaderná elektrárna Temelín je tvořena dvěma jadernými monobloky s tlakovodními energetickými reaktory VVER-1000 sériového provedení typu V 320, z nichž každý má instalovaný elektrický výkon 1080,3 MW_e a tepelný výkon jednoho bloku je 3120 MW_t. Reaktory VVER-1000/320 patří mezi tlakovodní reaktory II. generace. Reaktory byly uvedeny do provozu v roce 2004. Stejně jako u JE Dukovany vychází základní zajištění jaderné bezpečnosti u projektu VVER-1000/320 z několikanásobné bariéry proti úniku radioaktivních látek, včetně hermetické ochranné obálky a koncepce vícenásobné redundance bezpečnostních systémů.

Reaktor je chlazený a moderovaný vodou primárního okruhu, která je čerpána přes aktivní zónu hlavními cirkulačními čerpadly. Teplo akumulované v chladiivu je po průchodu reaktorem v parogenerátorech předáváno vodě sekundárního okruhu. Aktivní zónu reaktoru tvoří 163 palivových kazet a 61 regulačních orgánů uspořádaných v šestiúhelníkovém poli. Jako chladiivo a moderátor reaktoru se používá roztok chemicky upravené vody s kyselinou boritou a palivem je slabě obohacený izotop uranu ²³⁵U.

Tlak primárního okruhu je udržován kompenzátozem objemu. Systém chlazení reaktoru (primární okruh) je tvořen čtyřmi smyčkami hlavního cirkulačního potrubí (DN 850), každá smyčka je osazena hlavním cirkulačním čerpadlem (HCČ) a horizontálním parogenerátorem (PG). Tlaková nádoba reaktoru a primární okruh jsou navrženy pro tlak 17,6 MPa při teplotě 350°C (provozní tlak je 15,7 MPa při teplotách 290 - 320°C).

Zařízení primárního okruhu je umístěno v hermetické ochranné obálce (kontejnmentu) z předpjatého betonu. Ochranná obálka se skládá z válcové konstrukce z předpjatého betonu o vnitřním průměru 45 m, uzavřené polokulovým vrchlíkem. Vnitřní povrch ochranné obálky je pokryt hermeticky těsnou ocelovou výstelkou. Ochranná obálka je navržena na výpočtový tlak 0,49 MPa a výpočtovou teplotu 150°C.

Uvnitř kontejnmentu jsou 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, jehož kapacita je koncipována na dobu životnosti elektrárny.

Sekundární okruh se skládá ze zařízení na výrobu páry, systému napájecí vody, z jednoho turbogenerátoru s nominálním elektrickým výkonem 1080,3 MWe, systému kondenzace a systému regenerace. V parních generátorech se vyrábí pára o tlaku 6,32 MPa a teplotě 279°C, která pohání parní turbínu o výkonu 1080,3 MWe.

Za normálního provozu je odpadní teplo do atmosféry odváděno přes hlavní kondenzátory systémem cirkulační chladicí vody a chladící věže.

Po odstavení reaktoru je zbytkové teplo AZ z kondenzátoru turbíny odváděno do atmosféry prostřednictvím chladících věží a při poklesu teploty AZ pod 150 °C je toto zbytkové teplo odváděno pomocí výměníků nízkotlakého havarijního systému do okruhu chladicí technické vody důležité, jimiž jsou chlazena rovněž zařízení důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti, technická voda důležitá je chlazena ve zvláštních bazénech (chladící nádrže s rozstříkem).

Pro havarijní chlazení reaktoru a snížení tlaku v hermetické obálce slouží bezpečnostní systém, tvořený třemi nezávislými divizemi navzájem oddělenými stavebně i elektricky. Pro zvládnutí havarijní situace postačí činnost jedné divize. Každá divize obsahuje nádrže systému havarijního chlazení aktivní zóny, nádrže havarijní zásoby kyseliny borité, sprchová čerpadla havarijního chlazení, vysokotlaká a nízkotlaká čerpadla havarijního chlazení a další komponenty.

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.

Systém vlastní spotřeby každého bloku zahrnuje transformátory vlastní spotřeby, rozvaděče 6 a 0,4 kV, zařízení stejnosměrného proudu s akumulátorovými bateriemi 220 V a zařízení ochrany, řízení technologické kontroly a signalizace hlavních zařízení a mechanismů vlastní spotřeby. Výkon JE Temelín je vyveden linkou 400 kV do rozvodny Kočín. Každý blok JE Temelín má kromě pracovního napájení vlastní spotřeby z vývodu 400 kV zajištěno i rezervní napájení vlastní spotřeby z linky 110 kV. Každý blok je navíc vybaven třemi dieselgenerátory, které slouží jako nezávislé zdroje nouzového napájení (3x100%) při ztrátě pracovního i rezervního napájení. Společné pro oba bloky jsou další dva dieselgenerátory, které slouží jako nezávislé zdroje nouzového napájení pro zařízení související s jadernou bezpečností. Standardní výbava dieselgenerátorů byla doplněna o dva SBO dieselgenerátory společné pro oba bloky, které jsou nezávislé na stávajícím zařízení, na palivu, na chlazení a elektrickém napájení. Všechny záložní zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seizmicky odolné.

Schématičké znázornění JE Temelín je uvedeno v Příloze A na Obrázku č. A.2.

Výzkumný reaktor LVR-15

Výzkumný reaktor LVR-15 se nachází v areálu ÚJV Řež, a.s. v Řeži u Prahy. Držitelem povolení je Centrum výzkumu Řež s.r.o. Reaktor je v současné podobě v provozu od r. 1989, kdy byl modernizován původní reaktor VVR-S, provozovaný od roku 1957. Při modernizaci byly vyměněny mj. základní komponenty primárního okruhu včetně nádoby reaktoru.

Výzkumný reaktor LVR-15 je výzkumný lehkovodní reaktor tankového typu umístěný v beztlakové nerezové nádobě pod stínícím víkem, s nuceným chlazením, s palivem typu IRT-4M a s provozním tepelným výkonem do 10 MW. Reaktor je provozován po kampaních. Obvykle je provozován 3 týdny nepřetržitě s následující přestávkou 10–14 dní na údržbu a výměnu paliva nebo v nestandardních kampaních pro krátkodobé experimenty podle požadavků experimentátorů. Moderátorem i chladičem je demineralizovaná voda, reflektor je tvořen podle provozní konfigurace buď vodou, nebo bloky berylia.

Aktivní zóna výzkumného reaktoru LVR-15 je tvořena hliníkovým košem (tzv. separátorem), do kterého jsou zakládány palivové soubory, beryliové bloky, hliníkové vytěsnitele a ozařovací kanály. Střed aktivní zóny je umístěn cca 1,4 m nad dnem reaktoru. Mříž aktivní zóny je uspořádána do tvaru obdélníku 8 × 10 buněk. Z nich 28–32 buněk bývá osazeno palivovými soubory. Ve 12 palivových souborech jsou regulační tyče. Některé buňky mezi palivem jsou určeny pro kanály sond. Na periférii aktivní zóny bývají umístěny aktivní kanály experimentálních smyček, rotační kanál pro ozařování křemíku, potrubní pošta a vertikální ozařovací kanály. Ostatní buňky jsou osazeny beryliovými reflektory nebo vodními vytěsniteli.

Ve výzkumném reaktoru LVR-15 je používáno palivo typu IRT-4M s obohacením 19,7% ²³⁵U z Ruska. Do roku 1998 bylo používáno palivo IRT-2M s obohacením 80%, poté do r. 2011

s obohacením 36%. V říjnu 2011 byl dokončen přechod na palivo IRT-4M s obohacením 19,7% ²³⁵U. Palivové soubory jsou sendvičového typu, jádro je tvořeno disperzí UO₂ a hliníkového prášku. Palivové soubory mají formu trubek čtvercového průřezu, které jsou koncentricky sesazeny do šesti či osmitrubkových souborů. Palivový soubor je z obou stran osazen koncovkami z hliníku. Pokrytí paliva je též z hliníku (slitina SAV-1). Délka palivového souboru je 880 mm, délka aktivní (palivové) části je 600 mm. Do centrální trubky lze instalovat kanál s regulační tyčí.

K řízení štěpné řetězové reakce na výzkumném reaktoru LVR-15 je používáno 12 regulačních tyčí, které jsou v horní části nádoby zavěšeny na konzole pevně spojené s nosníkem nádoby. Absorbátorem neutronů na LVR-15 je bór v regulačních tyčích. Z celkového počtu 12 regulačních tyčí je 8 tyčí kompenzačních, 3 tyče jsou bezpečnostní a jedna tyč je v režimu automatického regulátoru. Absorpční část regulačních tyčí je vyrobena z karbidu bóru (B₄C).

Generované teplo v aktivní zóně výzkumného reaktoru LVR-15 je odváděno přes tři chladicí okruhy do řeky Vltavy. Primární chladicí okruh je osazen pěti hlavními cirkulačními čerpadly a dvěma čerpadly pro nouzové dochlazování připojenými na akumulátory, které zajišťují průtok chladicí demineralizované vody aktivní zónou a tepelnými výměníky. Při výpadku vnějšího napájení reaktoru elektrickou energií je dochlazení aktivní zóny zajištěno jedním hlavním čerpadlem a jedním čerpadlem pro nouzové dochlazování. Každé z nich je napájeno elektrickou energií ze samostatného dieselgenerátoru. Maximální teplota chladicího média na výstupu z reaktoru je 56 °C, teplota na vstupu je 45 °C, maximální průtok chladicího média primárním okruhem je 2000 m³/h.

Výzkumný reaktor LVR-15 je univerzální výzkumné jaderné zařízení pro potřeby českého výzkumu a průmyslu, které je využíváno v těchto oblastech:

- smyčkové a sondové experimenty se zaměřením na materiálový a fyzikálně metalurgický výzkum,
- experimenty na horizontálních kanálech (neutronová fyzika a fyzika pevné fáze),
- ozařovací služba (výroba radioizotopů, radiofarmak, ozařování křemíku),
- neutronová aktivační analýza, neutronová radiografie,
- experimenty související s ozařováním pacientů metodou neutronové záchytové terapie

Pro uvedené oblasti je reaktor vybaven těmito základními experimentálními zařízeními:

- vysokotlaké vodní smyčky (RVS-3, RVS-4, BWR-1, BWR-2),
- ozařovací sondy (typu Chouca CH-MT a ploché sondy 2CT), vertikální ozařovací kanály široké (o vnitřním průměru 62 mm) a úzké (o průměru 44 mm),
- vertikální kanály s rotací pro neutronové dopování o průměru 115 mm,
- vertikální ozařovací kanály pro ozařování terčů IRE,
- pneumatická pošta pro krátkodobé ozařování vzorků,
- horizontální radiální kanály 9x,
- tepelná kolona,
- horké komory.

Schématické znázornění výzkumného reaktoru LVR-15 je uvedeno v Příloze A na Obrázku č. A.3.

1.2 Proces zpracování národní hodnotící zprávy

Příprava národní hodnotící zprávy započala krátce po vydání předběžného návrhu Technických specifikací [1], obsahujících požadavky na obsah národní hodnotící zprávy, v první polovině roku 2016. Na přípravě zprávy se podílel Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB), držitel povolení k provozu jaderných elektráren - ČEZ, a. s., ve spolupráci se svou podpůrnou organizací ÚJV Řež, a.s. a držitel povolení k provozu výzkumného jaderného reaktoru LVR-15 - Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Na základě žádosti SÚJB byly na straně ČEZ, a.s. (ÚJV Řež, a.s.) a Centra výzkumu Řež s.r.o. určeni garanti zodpovědní za poskytnutí technických informací do jednotlivých kapitol, kteří o postupu jejich přípravy pravidelně informovali SÚJB. Koordinace přípravy zprávy v SÚJB probíhala dle Pokynu č. 5/2016 ředitele sekce jaderné bezpečnosti SÚJB, na jehož základě byl ustanoven koordinátor přípravy národní hodnotící zprávy a tým zpracovatelů jednotlivých kapitol. Dále v něm byly stanoveny termíny a zodpovědnosti za proces přípravy zprávy. Dle potřeby byly svolávány koordinační schůzky s držiteli povolení a to na úrovni koordinátorů projektu všech zúčastněných stran a také schůzky na pracovní úrovni sloužící k diskusi týkající se jednotlivých technických témat.

SÚJB vyhodnotil části kapitol zpracovaných držiteli povolení a doplnil je o vlastní zhodnocení skutečností uvedených v předaných podkladech, které spočívalo v posouzení vůči legislativním požadavkům a popis zkušeností z kontrolní a hodnotící činnosti dozoru a o závěry. Draft národní hodnotící zprávy posouzen nezávislým poradcem pro jadernou bezpečnost SÚJB a připomínkován v rámci interního připomínkového řízení SÚJB. Po vypořádání připomínek vzešlých z nezávislého posouzení i z interního připomínkového řízení byla národní hodnotící zpráva schválena Ředitelem sekce jaderné bezpečnosti SÚJB. Zpráva bude publikována v české i anglické jazykové verzi na veřejných internetových stránkách SÚJB v lednu 2018.

2. Požadavky na zastřešující program řízeného stárnutí a jejich implementace

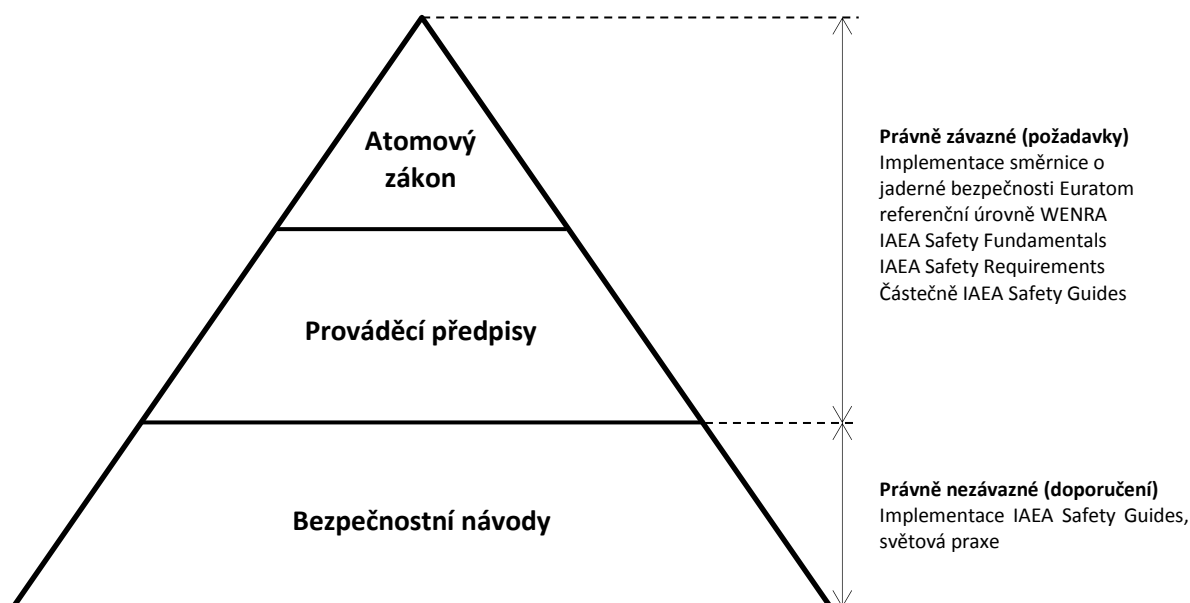
2.1 Národní legislativní a dozorný rámec

Požadavky na řízení stárnutí byly v české legislativě obsaženy již od počátku využívání jaderné energie v ČR, tedy v Zákoně č. 28/1984 Sb., Zákoně č. 18/1997 Sb. a jejich prováděcích předpisech. Všechny tyto dokumenty byly aktualizovány v závislosti na úrovni poznání, výsledcích vědy a výzkumu, provozních zkušenostech a celosvětově sílící potřebě zvyšování jaderné bezpečnosti.

V současné době je základním legislativním dokumentem upravujícím oblast mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon [2], který nabyl účinnosti dnem 1. 1. 2017. Do tohoto zákona jsou transponovány požadavky právních předpisů EURATOMu a EU, např. 2014/87/Euratom. Do Atomového zákona jsou rovněž zapracovány základní mezinárodně uznávané principy využívání jaderné energie a ionizujícího záření – tzv. Safety Fundamentals – tedy bezpečnostní standardy Mezinárodní agentury pro atomovou energii.

Na atomový zákon jsou navázány prováděcí předpisy - vyhlášky, které detailněji rozpracovávají požadavky Atomového zákona. V zákoně a vyhláškách jsou rovněž zapracovány zásadní bezpečnostní principy a požadavky dokumentů IAEA typu „General Safety Requirements“ a požadavky tzv. Referenčních úrovní (kritérií) WENRA [3]. Třetí úrovní dozorného rámce jsou bezpečnostní návody SÚJB. Tyto dokumenty z oblasti jaderné bezpečnosti a radiační ochrany nejsou právně závaznými dokumenty, které jsou připravovány a zveřejňovány s cílem pomoci adresátům postupovat v souladu s požadavky právních předpisů a k dosažení „dobré praxe“ v dané oblasti. Dodržování postupů v bezpečnostních návodech uvedených napomáhá držitelům povolení implementaci závazných legislativních požadavků do praxe.

Oblast řízení stárnutí je upravena ve všech třech úrovních legislativní pyramidy.



Obr. č. 2.1: Legislativní pyramida

Požadavek na zavedení a udržování procesu řízeného stárnutí, který musí být prováděn podle programu řízeného stárnutí a to ve všech etapách životního cyklu jaderného zařízení, stanoví atomový zákon [2].

Detailní požadavky na formu a dokumentaci programu řízeného stárnutí jsou obsaženy ve vyhlášce č. 21/2017 Sb. [4] o zajišťování jaderné bezpečnosti vybraného zařízení a vycházejí z mezinárodně zavedených principů efektivního programu řízeného stárnutí. V procesu řízeného stárnutí musí být stanovena pravidla a kritéria pro výběr systémů, konstrukcí a komponent (SKK) podléhajících procesu řízeného stárnutí. Do tohoto výběru musí být zahrnuta minimálně všechna vybraná zařízení a dále systémy, konstrukce a komponenty, které sice nejsou vybranými zařízeními, ale mají vliv na jadernou bezpečnost. Dále pak musí být pro vybrané SKK zjištěny degradační mechanismy a určeny dopady jejich stárnutí. Držitel povolení musí mít zavedena opatření pro sledování a minimalizaci těchto degradačních mechanismů a dopadů stárnutí, zavedeny metody sledování a zkoušek určených k včasné detekci těchto jevů, určeny sledované parametry a indikátory stavu včetně určení kritérií přijatelnosti. Vývoj dopadů stárnutí a působení degradačních mechanismů musí být sledován, stav SKK periodicky hodnocen, ke zmírnění nebo odstranění degradačních mechanismů či působení dopadů stárnutí musí být zavedena opatření v provozu a údržbě a zavedena nápravná opatření v případě neplnění kritérií přijatelnosti sledovaných parametrů pro zajištění provozuschopnosti a spolehlivosti SKK. Všechny tyto povinnosti musí být zdokumentovány v zastřešujícím programu řízeného stárnutí, podle kterého pak celý proces probíhá a musí být promítnuty i do programů řízeného stárnutí na úrovni vybraných komponent (tzv. komponentní program řízeného stárnutí), eventuálně programů zaměřených na konkrétní degradační mechanismus či dopad stárnutí (tzv. specifický program řízeného stárnutí).

Pro komerční jaderná zařízení s energetickým reaktorem legislativní pyramidu doplňují doporučení uvedená v bezpečnostním návodu BN-JB-2.1 "Řízení stárnutí zařízení jaderných elektráren" [5]. Tento bezpečnostní návod vychází z doporučení bezpečnostního návodu IAEA NS-G-2.12 "Ageing management" [6] a IAEA SRS No. 57 "Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants" [7], rozpracovává i požadavky relevantních referenčních úrovní WENRA [3]. Návod BN-JB-2.1 bude v nejbližší době revidován z důvodu implementace nové zákonné úpravy i vydání nové revize návodu IAEA týkající se řízeného stárnutí - SSG-48 „Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants“.

Pro výzkumné reaktory jsou další doporučení uvedena v bezpečnostním návodu BN-JB-1.15 „Zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti výzkumných zařízení“ [8], ve kterém je upřesněna aplikace požadavků národní legislativy pro výzkumná jaderná zařízení na základě využití odstupňovaného přístupu.

Kromě explicitně uvedených povinností týkajících se přímo procesu řízeného stárnutí obsahuje atomový zákon [2] rovněž požadavek na vykonávání periodického hodnocení bezpečnosti, jehož cílem je zhodnocení, do jaké míry systémy, konstrukce a komponenty jaderného zařízení jednotlivě i jako celek, včetně jejich obsluhy, odpovídají současným bezpečnostním požadavkům obsaženým v právních předpisech ČR, doporučeních WENRA a IAEA a mezinárodní praxi a do jaké míry zůstávají v platnosti původní projektová východiska, na jejímž základě byla vydána rozhodnutí SÚJB o povolení umístění, výstavby a provozu jaderných zařízení.

Výsledkem periodického hodnocení bezpečnosti je soubor technických a organizačních opatření k udržení a ke zlepšení bezpečnosti s cílem zajistit náležitou úroveň bezpečnosti jaderného zařízení po celou dobu provozu až do provedení dalšího periodického hodnocení bezpečnosti, event. do konce jeho životnosti.

Jednou z hodnocených oblastí je hodnocení úrovně řízení stárnutí SKK. Požadavky na provedení periodického hodnocení bezpečnosti detailněji rozvádí vyhláška č. 162/2017 Sb. o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona [9], ve které jsou definovány oblasti, pro které má být toto hodnocení provedeno a rovněž bezpečnostní návod BN-JB-1.2 [10], který vychází z bezpečnostního návodu IAEA NS-G-2.10 „Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants“ [11]. I tento návod bude, v souvislosti s novou právní úpravou, revidován.

Dalšími prováděcími předpisy úzce souvisejícími s řízením stárnutí jaderných zařízení jsou vyhláška č. 358/2016 Sb. o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení [12], vyhláška č. 408/2016 Sb. o požadavcích na systém řízení [13] a vyhláška č. 329/2017 Sb. o požadavcích na projekt jaderného zařízení [14].

Na legislativní pyramidu navazují další licenční dokumenty, např. rozhodnutí SÚJB k provozu jaderných zařízení doplněná o podmínky těchto rozhodnutí, kterými je např. požadováno pravidelné vyhodnocování stárnutí a životnosti nejdůležitějších zařízení vč. zapracování těchto výsledků do každoroční aktualizace provozní bezpečnostní zprávy a rovněž termín provedení periodického hodnocení bezpečnosti. Poslední vydané rozhodnutí pro JE Dukovany rovněž obsahuje podmínku pravidelné aktualizace dokumentů prokazujících možnost bezpečného provozu jaderné elektrárny Dukovany za projektem stanovenou mezí.

2.2 Mezinárodní standardy

2.2.1 Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín

Jak je uvedeno v kapitole 2.1, referenční úrovně WENRA [3] (Issue I a také další související referenční úrovně, např. C, J, K, P, Q) jsou implementovány do českého atomového práva i do bezpečnostního návodu SÚJB BN-JB-2.1 [5], který také zahrnuje doporučení IAEA Safety Guide No. NS-G-2.12 „Ageing Management for Nuclear Power Plants“ [6].

Zastřešující program řízeného stárnutí v ČEZ, a.s. (tedy u držitele povolení provozu obou jaderných elektráren) je nastaven společně pro obě lokality a zahrnuje v sobě požadavky relevantních IAEA Standardů, IAEA bezpečnostních návodů (včetně nově připravovaného SSG-48 „Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants“) i WENRA Safety reference levels [3].

V systému řízení ČEZ, a.s. jsou relevantní WENRA Safety reference levels zohledněny ve standardu definujícím základní pravidla zajištění jaderné bezpečnosti při provozování jaderné elektrárny, včetně základních pravidel pro řízení stárnutí: ČEZ_ST_0065 Jaderná bezpečnost při provozování JE [15].

Dalšími mezinárodními dokumenty využitými pro přípravu zastřešujícího programu řízeného stárnutí jsou:

- IAEA Safety Standards Series No. SF-1, Fundamental Safety Principles: Safety Fundamentals, Vienna 2006 [16]
- IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design Specific Safety Requirements, Vienna, 2016 [18]
- IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/2 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation Specific Safety Requirements, Vienna, 2016 [19]
- IAEA Safety Standards Series No. SSG-25, Periodic safety review for nuclear power plants:

specific safety guide, Vienna 2012 [17]

- IAEA Safety Reports Series No. 57, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Vienna, 2008 [7]
- IAEA Safety Reports Series No. 82, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Vienna, 2015 [22]
- IAEA Services Series No. 26, Guidelines for Peer Review of Safety Aspects of Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Vienna, January 2014 [20]
- IAEA-TECDOC-1736, Approaches to ageing management for nuclear power plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) Final report, Vienna, 2014 [21]

Bezpečnostní návod BN-JB-2.1 je zohledněn především v těchto procesech a navazující pracovní dokumentaci JE ČEZ:

- ČEZ_PG_0001 Provozní program řízeného stárnutí [37]
- ČEZ_PP_0404 Řízení stárnutí JE [23]
- SKČ_PP_0133 Strategie péče o aktiva [24]
- ČEZ_PP_0413 Řízení konfigurace a správa projektové báze JE [25]
- ČEZ_ME_0987 Výběr a hodnocení zařízení pro LTO [26]
- ČEZ_ME_0865 Tvorba Programu řízení životnosti [27]
- ČEZ_ME_0870 Tvorba Programu řízeného stárnutí [28]
- ČEZ_ME_1031 Určení a vypracování TLAA [29]

Mezinárodní standardy a doporučení v oblasti řízeného stárnutí jsou tedy do zastřešujícího PŘS promítnuty přes plnění požadavků české legislativní pyramidy.

2.2.2 Výzkumný reaktor LVR-15

Program řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 byl zpracován na základě požadavků a doporučení uvedených v IAEA Specific Safety Guide No. SSG-10: Ageing Management for Research Reactors [30] a IAEA-TECDOC-792: Management of research reactor ageing [31].

Další mezinárodní standardy a doporučení budou do PŘS výzkumného reaktoru LVR-15 promítnuty přes plnění požadavků nové právní úpravy v termínu definovaném přechodným ustanovením „nového“ atomového zákona [2].

2.3 Popis zastřešujícího programu řízeného stárnutí

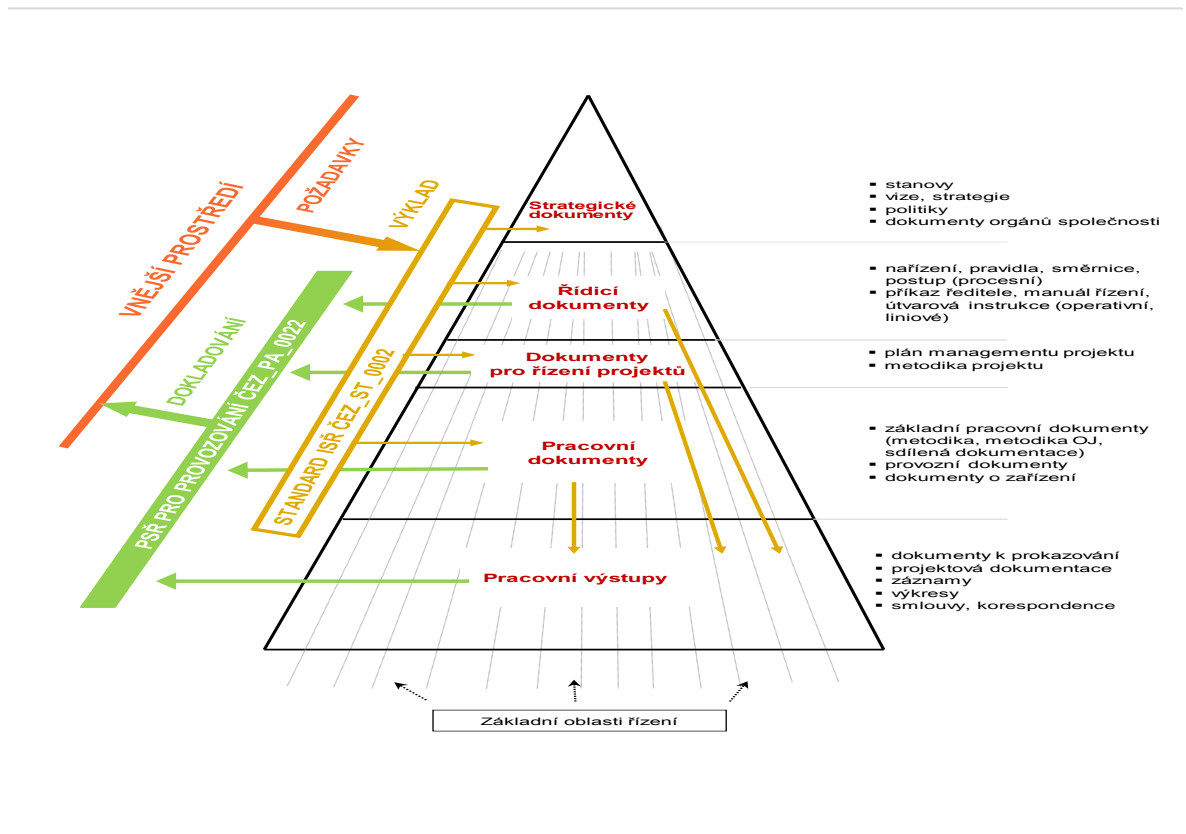
2.3.1 Rozsah zastřešujícího programu řízeného stárnutí

2.3.1.1 Rozsah zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Před nabytím účinnosti nové legislativy a vytvořením samostatného procesu Řízení stárnutí JE, bylo řízení stárnutí realizováno jako integrovaná součást řízení spolehlivosti v rámci oblasti řízení Řízení aktiv. Byly naplněny požadavky uvedené v bezpečnostním návodu BN-JB-2.1[5]. V současné době byl vytvořen nový samostatný proces tak, aby byly naplněny požadavky dané atomovým zákonem [2].

Nyní je zastřešující program řízeného stárnutí v ČEZ, a.s. nastaven a zaveden v souladu s vyhláškou SÚJB č. 21/2017 Sb. [4] a v rámci integrovaného systému řízení ČEZ, a.s. je Řízení stárnutí JE samostatným procesem spadajícím do oblasti řízení s názvem Řízení techniky a navazujícím na

oblasti řízení Řízení aktiv a Řízení bezpečnosti. V rámci těchto oblastí řízení jsou stanoveny základní principy a strategie řízení stárnutí a určeny práva a povinnosti při realizaci činností prováděných v rámci tohoto procesu. Cílem řízeného stárnutí je prevence selhání zařízení a zajištění jeho dlouhodobé spolehlivosti a plnění bezpečnostních funkcí. Všechny oblasti systému řízení ČEZ, a.s. jsou zdokumentovány pomocí dokumentace systému řízení, jejíž obecná struktura je uvedena na Obr. č. 2.2.



Obr. č. 2.2.: Obecná struktura dokumentace systému řízení ČEZ, a.s.

Schéma procesu Řízení stárnutí JE je uvedeno v příloze A na obrázku č. A.4.

V rámci integrovaného systému řízení ČEZ, a.s. jsou základní principy a přístup k řízení stárnutí stanoveny ve standardech ČEZ_ST_0006 Řízení životnosti zařízení elektráren [32], ČEZ_ST_0072 Požadavky na řízení spolehlivosti [33] a také ČEZ_ST_0065 Jaderná bezpečnost při provozování JE [15].

Jak je uvedeno v kapitole 2.2.1, požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti, které musí být zohledňovány při provozu jaderného zařízení – tedy i referenční úrovně WENRA, jsou implementovány ve standardu ČEZ_ST_0065 Jaderná bezpečnost při provozování JE [15]. Pro oblast Řízené stárnutí jsou to následující zásady:

- Je implementován efektivní program řízeného stárnutí systémů, konstrukcí a komponent (SKK) důležitých pro bezpečnost tak, aby bylo trvale zajištěno plnění požadovaných bezpečnostních funkcí během celé životnosti elektrárny, trvale zajištěno určení možných důsledků a určení nezbytných činností k udržení provozuschopnosti a spolehlivosti těchto SKK
- Program řízeného stárnutí je koordinován v souladu s ostatními významnými programy, např. PSR; je použit systematický přístup k rozvoji, implementaci a trvalému zdokonalování Programu řízeného stárnutí
- Dlouhodobé účinky podmínek prostředí (teplota, korozní efekty a další degradace, které mohou ovlivnit dlouhodobou spolehlivost SKK), stejně jako způsob provozu (počet cyklů, údržba, zkoušky) je ohodnocen a posouzen jako součást tohoto programu; program bere v úvahu bezpečnostní význam jednotlivých SKK
- Provozovatel provádí monitorování, testování, vzorkování a inspekce pro zhodnocení vlivu stárnutí a identifikací neočekávaného chování a degradace v průběhu životnosti všech SKK
- Program řízeného stárnutí je ověřován a aktualizován minimálně s PSR za účelem zahrnutí nových informací, pojmenování nových cílů a zhodnocení dosažených výsledků údržby; PSR je využito mimo jiné i pro potvrzení, že efekty stárnutí a opotřebenění byly správně vzaty v úvahu a že neočekávaná chování byla včas detekována
- Pro všechny SKK důležité z hlediska bezpečnosti jsou v projektu stanoveny rezervy zahrnující odpovídající stárnutí, opotřebenění a degradaci související s věkem tak, aby byla zajištěna schopnost staveb, systémů a komponent vykonávat nezbytné bezpečnostní funkce po celou dobu jejich životnosti; efekty stárnutí jsou pokryty rezervami při monitorování a testování a jsou brány v úvahu při všech provozních režimech bloku včetně PIU
- Řízené stárnutí reaktorové nádoby zahrnuje efekty křehnutí, teplotního stárnutí a únavy materiálu a výsledky testů jsou porovnávány s predikcemi po celou dobu životnosti
- Údržba hlavních komponent (např. TNR a PG) je prováděna tak, aby byly efekty stárnutí včas detekovány a mohly být podniknuty preventivní i nápravné akce

Dle ČEZ_ST_0006 Řízení životnosti zařízení elektráren [32] musí být životnost řízena na všech zařízeních a to odstupňovaně v návaznosti na určenou kategorii zařízení. K zajištění požadované životnosti SKK se musí zavést odstupňovaně řízené stárnutí SKK, které zajistí následující požadavky:

- Umožní včasnou detekci příčin a zmírnění následků stárnutí SKK důležitých pro bezpečnost a provoz elektrárny a zajistí tak jejich dlouhodobou spolehlivost
- Dokumentuje pro dozorné orgány zachování bezpečnostních rezerv a zbytkovou životnost SKK, které jsou zařazeny do rozsahu zařízení pro řízené stárnutí
- Optimalizuje program preventivní údržby tak, aby podporoval řízené stárnutí zejména kritických zařízení
- Umožní stanovit harmonogram výměny (modernizace) SKK, které není vhodné dále provozovat z důvodů bezpečnostních, ekonomických, případně jiných vážných důvodů tak, aby bylo zajištěno plnění zadání elektrárny

- Umožní prodloužení provozu SKK za původní projektovou životnost při současném zajištění bezpečného provozu elektrárny (program LTO)
- Poskytne podklady pro optimální využití životnosti zařízení

Strategie, principy a požadované cíle řízeného stárnutí jsou definovány ve standardu ČEZ_ST_0072 Požadavky na řízení spolehlivosti [33].

Strategie řízení stárnutí v rámci řízení spolehlivosti spočívá v:

- Posouzení každé odchylky od normálu v souvislosti s možným stárnutím
- Snižování stálých a provozních zátěžových faktorů a tím zmírňování stárnutí Z/K (upřednostňování prediktivní údržby)
- Předvídání trendů stárnutí s cílem předcházet neočekávaným selháním (u kritického Z/K minimalizovat poruchy)
- Využívání specifických a lokálních indikátorů pro zjišťování, sledování a trendování počátečních stádií degradace (stárnutí) Z/K
- Plánování udržovacích aktivit s ohledem na aktuální i predikovaný stav Z/K

Pro zajištění dlouhodobé spolehlivosti SKK a zajištění dlouhodobého provozu JE musí být:

- Implementovány aktivity (PŘS) k řešení řízeného stárnutí Z/K důležitých pro bezpečnost a výrobu tak, aby byly požadované důležité funkce pro bezpečnost a výrobu udržovány během celé životnosti elektrárny, určeny možné důsledky selhání a určeny nezbytné činnosti ke snížení degradace, udržena provozuschopnost a spolehlivost těchto Z/K včetně určení odpovědných osob, útvarů, organizací a termínů realizace
- Vytvořeny a udržovány aktuální dlouhodobé plány významnějších akcí údržby a modifikací se zohledněním specifik pasivních a aktivních komponent, vlivu stárnutí a zastarávání zařízení s ohledem na základní vstupy a jeho dokumentování
- Vyžadovány a využívány/implementovány zkušenosti výrobců/dodavatelů s dlouhodobým provozem Z/K

Požadavky výše uvedených standardů jsou promítnuty do postupu ČEZ_PP_0404 Řízení stárnutí JE [23], ve kterém jsou definovány činnosti v procesu Řízení stárnutí JE, zodpovědnosti, vstupy a výstupy.

Stanovení odpovědností za zastřešující program řízeného stárnutí:

Manažer útvaru Správa projektu JE, který je garantem procesu Řízení stárnutí v JE, odpovídá za stanovení ukazatelů procesu a provádění kontroly dodržování postupu, provádění nápravných opatření za účelem soustavného zlepšování procesu a má pravomoc vyžádat si spolupráci dotčených zaměstnanců, kteří provádí činnosti procesu Řízení stárnutí JE.

Zodpovědnost za realizaci řízeného stárnutí je přidělena pracovníkům vykonávajícím zejména role specialista řízení stárnutí a specialista řízení stárnutí JE (útvary příprava dlouhodobého provozu JE), systémový inženýr, komponentový inženýr (odbor péče o zařízení) a segmentový inženýr (útvary

inženýring JE). Přidělení činností (odpovědností) jednotlivým rolím je popsáno v ČEZ_PP_0404 Řízení stárnutí JE [23].

Způsob výběru systémů, konstrukcí a komponent do rozsahu zastřešujícího programu řízeného stárnutí

Rámcově je požadavek na výběr systémů, konstrukcí a komponent podléhajících procesu řízení stárnutí vymezen vyhláškou č. 21/2017 Sb. [4]. Do výběru systémů, konstrukcí a komponent podléhajících procesu řízeného stárnutí musí být zahrnuta:

- vybraná zařízení a
- systémy, konstrukce a komponenty s vlivem na jadernou bezpečnost, které nejsou vybraným zařízením.

Navíc, dle požadavku vyhlášky č. 162/2017 Sb. [9] musí být pro prověření rozsahu zařízení podléhajících procesu řízeného stárnutí využity výsledky pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti.

V rámci procesu Řízení stárnutí JE jsou kritéria pro výběr zařízení podléhajících řízenému stárnutí stanovena v ČEZ_ME_0987 [26].

Při určení zařízení spadajících do rozsahu ŘS se vychází ze základní množiny všech zařízení registrovaných v registru zařízení elektrárny (nyní využíván EAM systém Asset Suite). Pro ŘS jsou z této množiny vybrána:

- a) Všechna vybraná zařízení (zařízení s přiřazenou bezpečnostní třídou 1, 2, 3) podle vyhlášky č. 132/2008 Sb. [14] (resp. vyhlášky č. 329/2017 Sb. [14])
- b) Zařízení s kritičností 1 a 2 určenou podle ČEZ_ME_0608 [34] a bezpečnostní funkcí kategorie 1 a 2 důležitou z hlediska JB (podle ČEZ_ME_0901 [35])
- c) Zařízení doporučená z PSA
- d) Další zařízení doporučená na základě dobré světové praxe a provozních zkušeností

Podle ČEZ_ME_0608 [34] se pro každý TS specificky provádí určení důležitosti všech jeho funkcí z hlediska vlivu na výkon bezpečnostních funkcí, bezpečného odstavení a výrobu energie. Poté, v dalším kroku, jsou posouzena všechna zařízení v TS z pohledu dopadu jejich poruchy na plnění definovaných technologických funkcí systému a zařazena do příslušné kategorie kritičnosti.

Které TS a následně, které KK v identifikovaných TS, jsou důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí a tedy jak jsou tyto KK významné pro bezpečnost, určuje související metodika ČEZ_ME_0901 [35]. Tato metodika klasifikuje SKK z hlediska vlivu na jadernou bezpečnost (z hlediska významnosti SKK při zvládnání následků PIU).

Výsledkem této klasifikace je přidělená bezpečnostní významnost k jednotlivým položkám důležitým pro jadernou bezpečnost. Jako nevýznamné pro bezpečnost jsou klasifikovány SKK plnící provozní funkce, jejichž porucha nevede k překročení hodnot parametrů nad hodnoty uvedené v LaP.

Podkladem pro výběr KK dle kritéria uvedeného výše v této kapitole jsou tabulky kritičnosti vytvořené v rámci projektu Efektivní strategie údržby (ESÚ).

Metody pro seskupování systémů konstrukcí a komponent v rozsahu zastřešujícího programu řízeného stárnutí

Seskupování zařízení do komoditních skupin umožňuje BN-JB-2.1 - příloha 2, bod 5 [5] a je ve shodě s dobrou světovou praxí prováděnou za účelem maximalizace efektivity práce. Seskupování zařízení se provádí dle metodiky ČEZ_ME_0987 Výběr a hodnocení zařízení pro LTO [26].

Seskupování je prováděno na základě následujících vlastností:

- a) Stejná šablona údržby
- b) Komoditní příslušnost (tělesa armatur jedné typové řady, tělesa čerpadel, nádrže obdobného technického typu, tlakové nádoby obdobného technického typu atd...)
- c) Stejně identifikované degradační mechanismy/dopady stárnutí, což následně představuje seskupování dle:
 - způsobu provozování
 - fyzikálních parametrů média
 - chemického složení média
 - a případně dalších nuancí provozu, pokud existují

Metody a požadavky pro hodnocení stávajících činností údržby a vývoj nových PŘS vhodných pro identifikovaný významný degradační mechanismus

Pro hodnocení stávajících činností údržby a vývoj nových PŘS se používá Ageing Management Review (AMR). Vlastní ověření řízení dopadu stárnutí, tj. zda jsou identifikované degradační mechanismy a dopady stárnutí řízeny odpovídajícím způsobem, spočívá v posouzení, zda:

- stávající metody monitorování, detekce, predikce, hodnocení a zmírňování stárnutí zařízení jsou dostatečné pro řízení zjištěných významných dopadů stárnutí a degradačních mechanismů,
- včasná detekce a zmírňování dopadů mechanismů stárnutí je zajišťována existujícími specifickými programy řízeného stárnutí zařízení JE. Mezi tyto programy jsou zařazeny i ostatní, od samého počátku provozu zavedené, programy jejichž cíle jsou popsány v předchozí odrážce, jako jsou programy provozu, diagnostiky, zkoušek, kontrol a údržby.

Hodnocení se provádí vždy ze dvou pohledů:

- doporučení k zavedení PŘS na základě světové zobecněné zkušenosti,
- na základě analýzy současného stavu péče o zařízení - na základě informací z reálného provozu – zda je ke každému identifikovanému degradačnímu mechanismu/dopadu stárnutí přiřazen odpovídající implementovaný PŘS.

Pro JE Dukovany bylo toto hodnocení v posledních letech zaktualizováno v rámci přípravy dlouhodobého provozu (LTO).

Pro JE Temelín je AMR aktualizováno v letech 2016 až 2018 ve vazbě na připravované PSR ETE po 20 letech provozu.

Současně bylo v letech 2011 až 2014 na obou lokalitách provedeno v rámci projektu ESÚ (dle ČEZ_ME_0898 Efektivní strategie údržby[36]) hodnocení činností údržby, kde byly identifikovány poruchové módy pro jednotlivé konstrukční typy zařízení s využitím EPRI PMBD a provozní zkušenosti, pro tyto poruchové módy byly následně, v závislosti na kritičnosti jednotlivých zařízení,

nově určeny činnosti údržby. Výsledky tohoto hodnocení jsou jedním ze vstupů do prováděných AMR.

Zajištění kvality zastřešujícího PŘS (konkrétně sběr, ukládání a zjišťování trendu informací z historie údržby a provozních dat, indikátory používané pro hodnocení účinnosti procesu)

Způsob zajištění procesu řízeného stárnutí požadovaný vyhláškou č. 21/2017 Sb. [4] je definován a popsán v ČEZ_PG_0001 Provozní program řízeného stárnutí JE [37].

Požadované činnosti procesu řízení stárnutí definované v Programu řízeného stárnutí jsou popsány v ČEZ_PP_0404 [23], účinnost tohoto procesu je hodnocena prostřednictvím AMR. Tento proces podporuje proces péče o aktiva, který je popsán v SKČ_PP_0133 [24], jehož účinnost je pro jednotlivé technologické systémy hodnocena prostřednictvím Health reportů, který je popsán v ČEZ_ME_0919 [56] a který slouží ke sledování výkonnosti a stavu systémů a jeho Z/K na základě monitorování souboru parametrů TS pro stanovené oblasti hodnocení. Cílem je získat zpětnou vazbu o aktuální výkonnosti, stavu TS a jeho Z/K a účinnosti programů péče o zařízení a včas zachytit příznaky nepříznivého vývoje výkonnosti a stavu u hodnocených TS, za účelem optimalizace strategie péče o majetek a opatření k plnění požadované úrovně výkonnosti a technickoekonomického zadání JE, dále příslušné výstupy slouží i jako součást hodnocení pro potřeby dokumentování připravenosti k zajištění dlouhodobého provozu zařízení (LTO).

V rámci Health reportů jsou vyhodnocovány, mimo jiné, tyto parametry:

- Neplánované čerpání LaP
- Plánované čerpání LaP pro opravu zařízení
- Porušení LaP
- Počet provozních událostí
- Statistika nahodilé údržby podle spěšnosti
- Vývoj počtu poruch
- Vývoj nákladů na preventivní a nahodilou údržbu
- Výstupy z hodnocení řízení stárnutí
- Ztráta na výrobě způsobená daným TS
- Snížení výkonu bloku způsobené daným TS
- Odstavení bloku způsobené daným TS

Na úrovni celé elektrárny je vyhodnocován KPI „Sledování účinnosti procesu řízeného stárnutí bezpečnostně významných zařízení“, tedy podíl počtu poruchových výpadků/snížení výkonu způsobených stárnutím zařízení k celkovému počtu poruchových výpadků/snížení výkonu, vyplývajících z absence nebo špatného nastavení požadavku či kritéria v rámci Programů řízeného stárnutí. Dále je vyhodnocováno procento zrealizovaných nápravných opatření z celkového počtu doporučení definovaných v rámci procesu řízeného stárnutí. Současně je také sledována účinnost jednotlivých specifických PŘS v závislosti na charakteru těchto PŘS a jejich sledovaných parametrech.

V případě zjištění neshod souvisejících se stárnutím zařízení jsou tyto nesody posouzeny a je navrženo nápravné opatření (v souladu s ČEZ_PP_0404 [23] a SKČ_PP_0133 [24]). Účinnost nápravných opatření je hodnocena v rámci Health reportů.

2.3.1.2 Rozsah zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15

Do konce r. 2016 neobsahovalo české legislativní prostředí explicitní požadavek na provádění procesu řízeného stárnutí, ani zavedení programu řízeného stárnutí. Neznamená to však, že by v předchozí právní úpravě nebyly obsaženy požadavky na sledování fyzického stavu SKK důležitých pro bezpečnost, na provádění údržby, provozních kontrol a pro vybraná zařízení zařazená v bezpečnostní třídě 1 nebo 2 (pozn. LVR-15 nemá zařízení zařazená do BT1) požadavky na určení kritérií pro sledování životnosti těchto vybraných zařízení. Tyto požadavky jsou, za využití principu odstupňovaného přístupu, rozvedeny v bezpečnostním návodu SÚJB BN-JB-1.15 [8], ve kterém jsou, kromě rozpracování požadavků uvedených výše, uvedena i specifická doporučení týkající se oblasti stárnutí výzkumných jaderných zařízení.

Jak je uvedeno v kapitole 2.1, nová právní úprava zavádí pojmy proces řízeného stárnutí a program řízeného stárnutí, podle kterého musí být tento proces prováděn a rovněž specifikuje náležitosti tohoto programu.

Program řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 bude uveden do souladu s novými legislativními požadavky v termínu definovaném v rámci přechodných ustanovení „nového“ atomového zákona.

Stanovení odpovědností za program řízeného stárnutí

Program řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 spadá pod odpovědnost ředitele sekce Provozu reaktorů společnosti Centrum výzkumu s.r.o.

Způsob výběru systémů, konstrukcí a komponent do rozsahu programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15.

V Programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 jsou, v souladu s uvedenými IAEA dokumenty [30] a [31], identifikovány systémy, konstrukce a komponenty (SKK) reaktoru, jejichž stárnutí má být sledováno.

V principu se jedná o vybraná zařízení mající vliv na jadernou bezpečnost a na spolehlivost provozu reaktoru. Program se netýká experimentálních zařízení používaných v tomto reaktoru, druhého a třetího chladicího okruhu a dozimetrického systému.

Zařazení SKK do PŘS bylo provedeno na základě analýzy degradačních mechanismů a dopadů stárnutí působících na jednotlivá vybraná zařízení reaktoru a míry jejich vlivu na jadernou bezpečnost podle pravidel uvedených v IAEA dokumentech [30] a [31].

Metody a požadavky pro hodnocení stávajících činností údržby a vývoj nových PŘS vhodných pro identifikovaný významný degradační mechanismus

Hodnocení stávajících činností údržby spočívá v důsledné kontrole provádění jednotlivých kontrol dle programu provozních kontrol vybraných zařízení, v rámci kterých jsou prováděny i činnosti údržby zařízení. Dále v evidenci jednotlivých protokolů, porovnání výsledků kontrol a v případě zjištění změny sledovaného parametru šetřením příčin. Nezávislé hodnocení prováděných činností je realizováno, v souladu s interní směrnicí OSM 29 (Zajištění jaderné bezpečnosti), na provozu reaktoru nezávislou komisí, která v pravidelných intervalech posuzuje charakter a výsledky provozu, a dále systémem interních auditů provozu.

Zajištění kvality programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 (sběr, ukládání a zjišťování trendu informací z historie údržby a provozních dat, indikátory používané pro hodnocení účinnosti procesu)

Do roku 2017 nebyl legislativně systém řízeného stárnutí vyžadován, z tohoto důvodu nebyl samotný proces řízení stárnutí do systému jakosti reaktoru zaveden jako samostatný proces. Zajištění jakosti pro sběr dat, ukládání záznamů a systém hodnocení pro oblast spojenou s řízeným stárnutím je založeno na systému jakosti provozu/systému řízení reaktoru v oblasti provádění procesů plánování a řízení provozních kontrol a údržby a oprav vybraných zařízení.

Program řízeného stárnutí byl aktualizován na základě výsledků pravidelných i mimořádných kontrol, vědeckotechnického vývoje oblasti detekce a nových detekčních možností, událostí na obdobných zařízeních ve světě, interních i externích provozních zkušeností. V souvislosti s plněním požadavků nové právní úpravy v termínu definovaném přechodným ustanovením „nového“ atomového zákona [2] bude provedena harmonizace tohoto programu řízeného stárnutí.

Všechny záznamy o kontrolách a dalších aktivitách jsou uloženy v písemné formě na určeném místě u technika reaktoru a dále elektronicky na místě určeném k ukládání záznamů o údržbě reaktoru.

2.3.2 Hodnocení stárnutí systémů, konstrukcí a komponent

2.3.2.1 Hodnocení stárnutí systémů, konstrukcí a komponent jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Jak je uvedeno výše, proces řízeného stárnutí je pro české jaderné elektrárny nastaven na základě tzv. Ageing management review, při kterém byly identifikovány všechny významné potenciální a prokázané degradační mechanismy a dopady stárnutí pro všechny systémy, konstrukce a komponenty důležité pro bezpečnost. Samotné řízení stárnutí je zajištěno s uplatněním diferencovaného přístupu, dle ČEZ_ST_0006 [32], a to:

- a) s využitím specifických a komponentních PŘS,
- b) s využitím standardních metod preventivní údržby v rámci sledování výkonnosti a stavu.

Účinnost zvoleného způsobu řízení stárnutí je sledována jak na úrovni jednotlivých Programů, tak na úrovni zastřešujícího PŘS.

Využití hlavních standardů, návodů a dokumentace z výroby při přípravě zastřešujícího PŘS

Standardy, návody a dokumentace z výroby jsou použity v několika částech zastřešujícího PŘS:

- V oblasti upravující tvorbu komponentních PŘS (ČEZ_ME_0865 Tvorba Programu řízení životnosti [27]) a nastavení preventivní údržby (ČEZ_ME_0225 Preventivní údržba v Asset Suite pro JE [38]) se mimo jiné vychází z doporučení výrobce uvedených v průvodní technické dokumentaci zařízení a legislativních požadavků
- V oblasti upravující průběh ageing management review, konkrétně ve fázi porozumění stárnutí

Klíčové elementy použité v programech elektrárny k hodnocení stárnutí

Za další programy elektrárny důležité z hlediska řízení stárnutí jsou považovány, v souladu s IAEA SRS No.57 [7], tyto programy:

1. Program provozních kontrol
2. Program údržby
3. Programy monitorování a řízení provozních režimů včetně kontrolních činností v rámci provozu, tlakových a těsnostních zkoušek, kontrolních činností definovaných v LaP a programů svědečných vzorků
4. Program řízení chemických režimů
5. Program kvalifikace zařízení
6. Pochůzky provozního personálu

Programy elektrárny, důležité z hlediska řízení stárnutí, jsou v souladu s národními a mezinárodními požadavky zhodnoceny z pohledu požadovaných vlastností efektivního programu řízeného stárnutí (9 atributů), tedy bylo posouzeno naplnění následujících oblastí:

1. Rozsah programu je definován
2. Jsou určeny preventivní činnosti, aktivity směřující ke zmírnění dopadů stárnutí a kontrole dopadů stárnutí, jsou určeny kontrolované parametry
3. Jsou určeny metody a způsoby sledování degradačních mechanismů a dopadů stárnutí
4. Je zavedeno monitorování a trendování sledovaných parametrů
5. Jsou určena kritéria přijatelnosti
6. Jsou určena nápravná opatření
7. Je zaveden způsob potvrzení provedených činností
8. Je zaveden systém řízení
9. Je zaveden systém využívání zpětné vazby z provozu

Procesy a postupy pro identifikaci degradačních mechanismů a jejich možných následků

Způsob identifikace degradačních mechanismů je popsán v ČEZ_ME_0987 Výběr a hodnocení zařízení pro LTO [26]:

Základním předpokladem pro efektivní monitorování průběhu stárnutí a pro zmírňování dopadů stárnutí zařízení je porozumění stárnutí.

Pro každou komoditní skupinu se provádí identifikace významných dopadů stárnutí, a to:

- předpokládaných (potenciálních) na základě světové zobecněné zkušenosti na základě znalostí hodnotitele o zařízení a na způsobu provozování (vychází se z katalogu degradačních mechanismů elektráren EDU a ETE [39]).
- identifikovaných (reálných) na základě znalostí provozovatele a na základě reálného provozu JE

Dopady stárnutí předpokládané (potenciální) na základě světové zobecněné zkušenosti jsou určovány na základě analýzy této dokumentace:

- Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report NUREG 1801, Rev2 [40]
- Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned, SRS No. 82 (IGALL), 2015 [22]

- IAEA-TECDOC-1025, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings, 1998 [41]
- ACI 349.3R-02, Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures, Ronald J. Janowiak a spol, 2002 [42]
- Z dokumentů EPRI (<http://www.epri.com/>):
 - Nuclear Maintenance Applications Center: Passive Components Maintenance Guide for Nuclear Power Plant Personnel [43]
 - EPRI Technical Report, Augmented Containment Inspection and Monitoring Report, 2013 [44]
 - Informace z PMDB (Preventive Maintenance Database)
- Dopady stárnutí předpokládané vlivem provozu jsou určovány na základě těchto informací z projektu a další dokumentace o SKK:
 - Materiál, z něhož je zařízení vyrobeno a materiálové vlastnosti
 - druh oceli zejména v základním dělení nerezavějící (austenitická ocel) x uhlíková ocel
 - v případě specifických případů je možno identifikovat materiál dle ČSN případně jiných platných norem
- Způsob výroby zařízení (výkovek, odlévaný kus, jiné ...)
- Způsob provozování (stand by/on line)
- Teplota, tlak a další vlastnosti pracovního média dle potřeby
 - Rychlost proudění
 - Stratifikace
- Chemické složení pracovního média (koncentrace kyslíku, vodíku, hydrazinu, chlóru a v případě potřeby dalších korozně aktivních látek)
- Zobecněné údaje (data) vyplývající z výzkumu a provozní zkušenosti

Reálné dopady stárnutí zjištěné z provozu jsou určovány na základě analýzy informací z oblastí:

- Historie provozu, kontrol a údržby, hlavním zdrojem informací jsou zejména:
 - Health reporty
 - Pracovní příkazy
 - Žádanky na práci
 - Záznamy v databázi událostí SIS
 - Databáze neplánovaných čerpání LaP
 - Zápisy z poruchové komise
 - Hodnotící zpráva pro najetí bloku na MKP
 - V případě potřeby konzultace se správci zařízení
- Výsledky zkoumání zařízení vyřazených z provozu
- Hodnocení funkční spolehlivosti a životnosti zařízení, provedená v době od zahájení jejich provozu

Pro určení degradačních mechanismů jsou také využity výstupy výzkumného projektu ČEZ a MPO (Zajištění efektivního dlouhodobého provozu jaderných elektráren v ČR).

V rámci tohoto projektu byl vytvořen katalog degračních mechanismů českých JE [39] a dokumenty popisující typické degrační mechanismy a způsoby jejich řízení pro typická zařízení:

- Armatura s elektropohonem [45]
- Armatura s pneupohonem [46]
- Potrubní úsek [47]
- Přírubový spoj [48]
- Tlaková nádoba [49]
- Výměník [50]

Metody určení kritérií přijatelnosti

Parametry a jejich mezní hodnoty pro řízení stárnutí jsou určeny v rámci procesu ČEZ_PP_0413 Řízení konfigurace a správa projektové báze [25], který je poskytuje v návaznosti na projekt zařízení, požadavky provozu, interní a externí provozní zkušenosti. Tyto informace jsou poskytovány jako parametry ERM (Equipment Reliability Management).

Pro stanovení parametrů a jejich mezních hodnot pro řízení stárnutí jsou využity zejména tyto zdroje:

- Design basis dokumenty (na úrovni TS i na úrovni jednotlivých KK), zejména určující parametry pro řízení rezerv SKK (průkazná dokumentace)
- Dokumentace LTO (AMR, TLAA, PTD_{tl}, SSHZ)
- Průvodně technická dokumentace – zejména technické podmínky, IPZJ, apod.
- Provozní zkušenosti a další výpočty a analýzy

V případě, že z výše uvedených zdrojů není možné stanovit parametry a jejich mezní hodnoty, je nutné provést analýzu porozumění stárnutí a v rámci ní parametry a jejich mezní hodnoty stanovit.

Využití programů výzkumu a vývoje

Programy výzkumu a vývoje jsou využity v průběhu AMR pro identifikaci degračních mechanismů a dopadů stárnutí (viz odstavec „Procesy a postupy pro identifikaci degračních mechanismů a jejich možných následků“). Byly využity i pro samotný vývoj zastřešujícího programu řízení stárnutí. Již na samotném počátku nastavování programu (v letech 2003 - 2007) byl realizován výzkumný projekt Ministerstva průmyslu a obchodu a ČEZ, a. s., zaměřený na vývoj a ověření postupů řízení životnosti JE. V rámci tohoto projektu byly vyvinuty základní metodiky hodnocení a řízení stárnutí, katalog degračních mechanismů, databázová aplikace pro podporu řízení životnosti a stárnutí atd.

Dále jsou pro Program řízení stárnutí využívány národní, mezinárodní i podnikové programy výzkumu a vývoje. Společnost ČEZ, a. s. je členem EPRI (Electric Power Research Institute), kde je zapojen do VaV mimo jiné v programech:

- Materials Degradation / Aging
- Fuel Reliability Program
- Used Fuel and High-Level Waste Management Program
- Nondestructive Evaluation Program
- Nuclear Maintenance Application Center
- Long Term Operations Program

Na národní (MPO, TAČR, ...) a podnikové úrovni (ČEZ) byly v poslední době realizovány například tyto programy VaV v oblasti řízení stárnutí:

- Metodika stanovení životnosti vysokonapěťových izolačních systémů točivých strojů
- Vývoj metodiky Zpřesnění životnosti pevné izolace transformátorů pro eliminaci provozních rizik
- Vývoj metodiky pro diagnostiku provozované bezpečnostní kabeláže v mírném prostředí a nebezpečnostní kabeláže
- Výzkum a vývoj nových diagnostických systémů pro hodnocení životnosti turbín
- Metody a nástroje inspekce a kontrol - Příprava rizikově orientovaného programu periodických zkoušek armatur
- Vývoj způsobu hodnocení vlivu prostředí na únavovou životnost
- Zajištění dlouhodobého provozu vnitřních částí reaktorů JE

Na mezinárodní úrovni se jedná zejména o VaV programy na platformě NUGENIA, jejímž členem je jak ČEZ, tak jeho dceřiná firma ÚJV Řež, a.s. Jednalo se o spolupráci např. v těchto VaV projektech v oblasti stárnutí:

- DEFI PROSAFE - DEFINition of reference case studies for harmonized PRObabilistic evaluation of SAFEty margins in integrity assessment for long-term operation of reactor pressure vessel
- AGE 60+ - Applicability of ageing related data bases and methodologies for ensuring safe operation of LWR beyond 60 years
- SOTERIA - Safe long term operation of light water reactors based on improved understanding of radiation effects in nuclear structural materials
- MAPAID - Modelling and Application of Phased Array ultrasonic Inspection of Dissimilar metal welds
- INCEFA – PLUS - INcreasing Safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment

Výsledky všech těchto programů jsou využívány v procesu řízení stárnutí JE ČEZ.

Další programy výzkumu a vývoje týkající se řízení stárnutí specifických zařízení a komponent jsou uvedeny v kapitolách 3.1.2.1. (Kabely), 4.1.2.1 (Nepřístupná potrubí) a 5.1.2.1 (TNR).

Využití vnitřních a vnějších zkušeností

Způsob využití vnitřních a vnějších zkušeností ve fázi hodnocení stavu řízení stárnutí je popsán v kapitole 2.3.2.1, části Procesy a postupy pro identifikaci degradačních mechanismů a jejich možných následků. Způsob využití vnitřních a vnějších zkušeností v rámci programu řízení stárnutí je popsán v kapitole 2.4.1, části Hodnocení zkušenosti elektrárny, vnějších zkušeností, zahrnutí současného stavu poznání vč. výsledků výzkumu a vývoje.

2.3.2.2 Hodnocení stárnutí systémů, konstrukcí a komponent výzkumného reaktoru LVR-15

Využití hlavních standardů, návodů a dokumentace z výroby při přípravě PŘS

Program byl připraven s využitím požadavků a doporučení uvedených v [30] a [31]. Při přípravě PŘS byly využity dokumenty z výroby hlavních SaZ reaktoru vč. IPZJ a doporučení výrobců

a dodavatelů, na základě kterých byl samotný seznam a program provozních kontrol vybraných zařízení zpracován, a dále doplňující technické zprávy v oblasti hodnocení stavu komponent výzkumného reaktoru LVR-15. Klíčovými elementy v oblasti hodnocení stárnutí je nastavený program provozních kontrol, nezávislé posouzení životnosti vybraných komponent výzkumného reaktoru LVR-15 a dílčí zprávy vypracované společnostmi ÚJV Řež, a.s. a Státní výzkumný ústav materiálů.

Elementy z pohledu efektivního programu řízeného stárnutí, jak je uvedeno v [30], je výběr zařízení pro řízení stárnutí, identifikace degradačních mechanismů/dopadů stárnutí (porozumění stárnutí), minimalizace projevů stárnutí, detekce, monitorování a zmírňování projevů stárnutí, průběžné zlepšování programu a udržování záznamů.

Procesy a postupy pro identifikaci degradačních mechanismů a jejich možných následků

Klíčovým procesem pro detekování dopadů stárnutí jsou kontroly dle Programu provozních kontrol a údržby zařízení. Dalšími činnostmi jsou informace z vnitřní i vnější zpětné vazby, výsledků výzkumných projektů, doporučení, prováděných externích analýz, výpočtů, pochůzkových činností i dalších mimořádných kontrol.

Metody určení kritérií přijatelnosti

Kritéria přijatelnosti pro stárnutí SKK jsou stanovena na základě bezpečnostních analýz a z nich vyplývajících provozních limitů a podmínek, případně na základě požadovaných funkcí daných SKK a dále dle stanovených kritérií přijatelnosti jednotlivých testů v rámci provádění kontrol vybraných zařízení a předprovozních a provozních testů pro průkazy plnění limitních podmínek. Kritické komponenty jako reaktovová nádoba, vnitřní vestavby a tepelné výměníky byly dále nezávisle posouzeny [104], včetně specifikace doporučení v oblasti kontrol a konstrukčně-technologických úprav. V oblasti kritické komponenty, jakou je samotná nádoba reaktoru, je stanoveným a hodnoceným kritériem celková fluence neutronů a hodnocení možnosti vzniku radiačního poškození s ohledem na očekávanou fluenci neutronů při provozu. Dále provedené hodnocení posuzuje možnosti dosažení mezních parametrů konstrukčních materiálů klíčových komponent.

Využití programů výzkumu a vývoje

Součástí hodnocení stavu nádoby a vnitřních komponent je stanovení dosažené fluence na tyto materiály. Stanovení bylo provedeno pomocí výpočtů s validovaným programem na základě měření s aktivačními detektory. Pro zhodnocení pracovních podmínek v oblasti pod víkem byla provedena měření dávkových příkonů gama a neutronů v těchto prostorech. V rámci provedené konverze paliva IRT2M na IRT4M v souvislosti se změnou obohacení se výzkumné zprávy zabývaly změnami neutronového toku v nádobě včetně změn spekter a dopadu na radiační podmínky v reaktoru.

Pro hodnocení degradačních mechanismů konstrukčních materiálů se využívá dlouhodobé zkušenosti v oblasti výzkumu a vývoje a testování ve společnosti ÚJV Řež, a.s. v rámci svědečného programu a testování ozářených materiálů v horkých komorách – znalosti a zkušenosti jsou následně používány při nezávislém hodnocení stavu konstrukčních materiálů reaktoru.

Využití vnitřních a vnějších zkušeností

Program řízeného stárnutí bude pravidelně aktualizován na základě provozních zkušeností, výsledků kontrol a testů jednotlivých zařízení. Součástí programu jsou i nezávislé zprávy, využívající výsledků mezinárodních zkušeností v oblasti posuzování a řízení životnosti jako IAEA-TECDOC-792

(Ageing Problems Reported in Research Reactor), nebo v oblasti posuzování a metod hodnocení jako IAEA Consultants meeting k „Assessment of Core Structural Materials and Surveillance Programme of Research Reactors“, IAEA-TECDOC-1263 „Application of non-destructive testing and in-service inspection to research reactors“. Vlivem těchto zkušeností a doporučení byl v části prováděných kontrol změněn postup kontroly, upraveny časové plány, rozšířen seznam testovaných zařízení i způsob kontrol – jednotlivé změny jsou zaznamenány v rámci příslušných revizí programu kontrol vybraných zařízení výzkumného reaktoru LVR-15.

2.3.3 Monitorování, testování, vzorkování a kontrolní činnosti

2.3.3.1 Monitorování, testování, vzorkování a kontrolní činnosti v JE Dukovany a Temelín

Programy pro monitorování indikátorů stavu a trendování

Průběžný monitoring definovaných parametrů a sledování jejich trendů, porovnání zjištěných dat s kritérii přijatelnosti a identifikování odchylek je součástí průběžného sledování výkonnosti a stavu SKK v rámci procesu Strategie péče o aktiva [24]. Součástí průběžného sledování výkonnosti a stavu je:

- Průběžný monitoring definovaných parametrů a sledování jejich trendů, porovnání zjištěných dat s kritérii a identifikování odchylek
- Posuzování výsledků PŘS (komponentních, specifických)
- Posuzování zjištění z pochůzek
- Posuzování výsledků provozních zkoušek, kontrol, revizí, diagnostiky
- Posuzování výsledků hodnocení chemických režimů
- Posuzování výsledkové dokumentace údržby (nevyhovující protokoly z provozních kontrol a revizí)
- Sledování platnosti kvalifikované životnosti
- Sledování plnění kvalifikačních podmínek
- Posuzování odchylek, neshod, poruch a požadavků, včetně Near Miss

Hlavními programy pro monitorování stavu zařízení a sledování a hodnocení trendu jeho vývoje jsou programy řízeného stárnutí. Na jaderných elektrárnách ČEZ, a. s. jsou používány 2 typy programů řízeného stárnutí: komponentní programy řízeného stárnutí (popsané v dokumentech s označením ČEZ_TST_XXXX) a specifické programy řízeného stárnutí (popsané v dokumentech s označením ČEZ_ME_XXXX). Programy řízeného stárnutí jsou vyvinuty, případně upravovány, na základě výsledků ageing management review. Seznam programů řízeného stárnutí na českých JE je uveden v Tabulce č. 2.1:

Název dokumentu:	Identifikační kód dokumentu:
PŘS hlavního cirkulačního čerpadla (HČČ)	ČEZ_TST_0004
PŘS kompenzátoru objemu (KO)	ČEZ_TST_0006
PŘS kontejnmentů a hermetických prostorů EDU, ETE	ČEZ_TST_0014
PŘS parogenerátoru (PG)	ČEZ_TST_0015
PŘS hlavní uzavírací armatury (HUA)	ČEZ_TST_0021 (pouze EDU)
PŘS potrubních tras a úseků BT1	ČEZ_TST_0023
PŘS bezpečnostně významných kabelů JE	ČEZ_TST_0024
PŘS chladících věží (CHV)	ČEZ_TST_0025
PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP)	ČEZ_TST_0031
PŘS reaktoru	ČEZ_TST_0033

PŘS hraničních armatur BT1 JE	ČEZ_TST_0034
PŘS blokový výkonový olejový transformátor	ČEZ_TST_0035
PŘS generátory	ČEZ_TST_0036
PŘS turbíny	ČEZ_TST_0040
PŘS vysokoenergetického potrubí JE ČEZ	ČEZ_TST_0054
PŘS tlakových nádob reaktoru JE	ČEZ_ME_0780
PŘS nízkocyklová únava - strojní zařízení pasivní	ČEZ_ME_0773
PŘS erozní koroze - potrubí sekundárního okruhu JE	ČEZ_ME_0778
PŘS bezpečnostní kabely JE	ČEZ_ME_0791
PŘS vizuální prohlídky - kabely JE	ČEZ_ME_0941
PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU	ČEZ_ME_0936
PŘS kontejnmentů (KTMT) v EDU	ČEZ_ME_0937
PŘS stavební části bazénů s dvojitým obkladem v ETE	ČEZ_ME_0964
PŘS stavební části kontejnmentu (KTMT) v ETE	ČEZ_ME_0966
PŘS stavebně technické průzkumy stavebních objektů	ČEZ_ME_0940
PŘS měření sedání stavebních objektů	ČEZ_ME_0934
PŘS monitoring staveb EDU	ČEZ_ME_1029
PŘS sledování stavu stavebních konstrukcí EDU	ČEZ_ME_1030
PŘS materiálová diagnostika parních turbín	ČEZ_ME_0990
PŘS vibrační diagnostika rotačních zařízení	ČEZ_ME_0972
PŘS dynamické zkoušky základů TG	ČEZ_ME_0989
PŘS kontroly deformací systému základ-turbogenerátor	ČEZ_ME_0988
PŘS diagnostika elektrických veličin vn točivých elektrických strojů	ČEZ_ME_0986
PŘS vizuální kontroly vn točivých elektrických strojů	ČEZ_ME_0968
PŘS diagnostika zjišťování ozónu v chladicím médiu vn točivých elektrických strojů	ČEZ_ME_0970
PŘS diagnostika hluku vn točivých elektrických strojů	ČEZ_ME_0971
PŘS obruče rotorů alternátorů	ČEZ_ME_0991
PŘS magnetizační zkouška statoru vn točivých elektrických strojů	ČEZ_ME_0979
PŘS výkonový olejový transformátor – analýza plynů rozpuštěných v oleji (DGA)	ČEZ_ME_0985
PŘS výkonový olejový transformátor – degradace pevné izolace v transformátoru	ČEZ_ME_0984
PŘS výkonový olejový transformátor – elektrická měření na izolačním systému vinutí a průchodkách s měř.vývodem	ČEZ_ME_0983
PŘS výkonový olejový transformátor – diagnostika izolačních a kvalitativních parametrů izolačního oleje	ČEZ_ME_0967
PŘS výkonový olejový transformátor – řešení dopadů a prevence působení korozivní síry v olejové náplni výkonových transformátorů	ČEZ_ME_0959
Metodika řízeného stárnutí ionizačních komor kanálů pásma zdroje PRPS – NIS ETE	ČEZ_ME_0890
PŘS - ionizační komory kanálů výkonového pásma PRPS – NIS ETE	ČEZ_ME_0908
PŘS armatury s pohony – metody hodnocení stárnutí	ČEZ_ME_0999
PŘS rizikových míst se svarovými spoji v JE	ČEZ_ME_0980
PŘS nedostupná (zakopaná) potrubí	ČEZ_ME_1036
PŘS potrubí technických vod	ČEZ_ME_1043

Tabulka č. 2.1: Seznam programů řízeného stárnutí na českých JE

Programy kontrol

Programy provozních kontrol EDU, ETE jsou zavedeny od počátku provozu jaderné elektrárny. Základem pro zpracování programu kontrol byly Individuální programy zajištění jakosti (IPZJ), zpracované výrobcí jednotlivých zařízení, případně dodavateli těchto zařízení, pokud se jednalo

o zahraniční dodávky. IPZJ byly schvalovány dřívějším dozorným orgánem – ČSKAE. Dalším zdrojem pro zpracování programů provozních kontrol byly IPZJP (Individuální program zajištění jakosti provozu) zpracované JE Dukovany a to u zařízení, které bylo později zařazeno do seznamu vybraných zařízení. Tento seznam byl vypracován na základě vyhlášky ČSKAE č. 436/1990 Sb. Dalšími zdroji byly technické podmínky pro provoz a údržbu zařízení, případně návody na obsluhu zařízení.

Program provozních kontrol je živým dokumentem. Změny jsou vyvolávány zahrnutím vlastních poznatků z provozování, zejména výsledků kontrol v jejich návaznosti na výsledky a zkušenosti z různých oborů zkoušení. Dále jsou uplatňovány nové kontrolní metody v závislosti na jejich vývoji a nových možnostech použití. Dochází rovněž k záměnám zkušebních metod v souvislosti s vyšší citlivostí zkoušení. Dále proběhla změna počtu a intervalu tlakových zkoušek, jejichž uplatňování přináší vyšší čerpání zbytkové životnosti zařízení. V programu provozních kontrol se uplatňují rovněž zkušenosti z jiných elektráren. Podkladem jsou výměny informací odborníků jednotlivých profesí, zejména poznatky z hodnotících komisí výsledků provozních kontrol a dále poznatky z výměny zkušeností při specializovaných akcích pořádaných IAEA s cílem zvýšit informovanost pracovníků v oblasti provozních kontrol. Dalším zdrojem informací jsou zprávy provozovatelů WANO k událostem, ke kterým došlo v jednotlivých elektrárnách. Tyto zprávy jsou analyzovány a v případě potřeby jsou do programu kontrol zařazována nová kontrolní místa, případně je zařazeno použití jiných nebo nových kontrolních metod.

Aktualizace PPK se provádí dle ČEZ_ME_0351 Tvorba programů a plánů kontrol, jejich realizace a vyhodnocení v JE [51].

Programy monitorování a řízení provozních režimů (Surveillance programmes)

Pod tyto programy jsou zahrnuty činnosti prováděné v rámci Monitorování a řízení provozních režimů. Program je zaveden v souladu s bezpečnostním návodem SÚJB BN-JB-1.9 „Údržba, provozní kontroly a funkční zkoušky“ [52] a IAEA Safety guide No. NS-G-2.6 Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants [53]. Jejich realizace je řízena podle Limit a podmínek bezpečného provozu [54] a provozních předpisů pro monitorování a řízení provozních režimů [55]. Monitorování provozu elektrárny je založeno na monitorování stavu technologie, důležitých provozních parametrů bloku a LaP, projednání případných nápravných opatření, vyhodnocování přechodových stavů bloků v případě vzniku abnormálního nebo poruchového stavu. Dále se provádí pravidelné nezávislé vyhodnocení pravidelných i jednorázových zkoušek a zkušebních chodů technologického zařízení výrobního bloku, stanovení parametrů a mezí pro činnost ochran a blokad a signalizací v odpovídajících provozních předpisech, vypracování harmonogramu zkoušek a zařízení a ochran a blokad. Je prováděna nezávislá kontrola dodržování místních provozních předpisů, provozních instrukcí operativních programů, Limit a podmínek a platné řídicí dokumentace operativním personálem. Součástí programu je také průběžná kontrola nejdůležitějších parametrů bloků ve všech provozních režimech a poskytování zpětné vazby, předávání prvotních informací a poznatků o stavu a chování technologie a vyhodnocení změn důležitých parametrů pracovníkům skupiny provozních režimů k dalšímu zpracování. Dokumentace programu definuje pravidelné kontroly provozu bloku, postupy vyhodnocování odstavení a náběhu bloku, řízení poruchy při snížení výkonu nebo poruchové odstavení bloku, zkoušky provozuschopnosti zařízení, dokumentační výstupy včetně kategorie, doby uložení, místa uložení.

V současné době jsou také zavedeny následující 3 programy využívající reprezentativní vzorky materiálu:

- program svědečných vzorků pro TNR;
- program svědečných vzorků betonů HZ;
- program svědečných vzorků bezpečnostních kabelů.

Opatření pro zjišťování neočekávaných projevů působení degradačních mechanismů

Projevy případných neočekávaných degradací jsou zjišťovány těmito činnostmi

- a) Pochůzkové činnosti provozního personálu
- b) Jednorázové expertní inspekce v případě potřeby (např. v rámci revalidace PTD_{TLL} pro elektromotory čerpadel)
- c) Nepřímé sledování – sledování poruch a nálezů v zahraničí (např. sdílení zkušeností s provozovatelem VVER 440 na Slovensku), sledování koncepčního stárnutí.

2.3.3.2 Monitorování, testování, vzorkování a kontrolní činnosti - výzkumný reaktor LVR-15

Programy pro monitorování indikátorů stavu a trendování

Základem pro monitorování stavu jsou záznamy z jednotlivých provedených kontrol dle plánu provozních kontrol, záznamy z komplexních testů prováděných před každým spuštěním reaktoru v souladu s limitami a podmínkami provozu, vedením záznamů o provedených změnách v technologii, provozní záznamy o neporušení limitů a podmínek bezpečného provozu a tím plnění předpokládaných a požadovaných pracovních podmínek zařízení, záznamy o dokladech plnění chemického režimu primárního okruhu dle limitů a podmínek, záznamy z případného šetření neshod a příčinách a možných dopadech včetně nápravných a preventivních opatření, provozní záznam o stavu systémů řízení a ochran reaktoru v průběhu provozu, výsledky dozimetrického měření prokazující funkčnost a neporušenost bariér proti úniku radioaktivních látek.

Program provozních kontrol

Program provozních kontrol výzkumného reaktoru LVR-15 je v současné podobě zaveden od roku 1988, kdy byla provedena generální rekonstrukce reaktoru. Tato spočívala ve výměně všech technologických systémů s výjimkou tepelných výměníků, které jsou v provozu od roku 1974. PPK vychází z individuálních programů zajištění jakosti (IPZJ), dodanými dodavateli těchto zařízení a schválenými ČSKAE. PPK LVR-15 zahrnuje také pokyny a postupy pro provádění základní pravidelné údržby (např. doplnění mazacích tuků, olejů, čištění rozvaděčů, motorů atd.). Proto se vycházelo také z technických podmínek pro provoz a údržbu zařízení, z návodů na obsluhu zařízení a zkušeností z provozu obdobných zařízení.

PPK je průběžně aktualizován na základě zkušeností z provozu, výsledků kontrol, případně jiných nezávislých posudků a hodnocení [104]. Také jsou uplatňovány nové kontrolní metody v závislosti na jejich vývoji, nových možnostech použití, případně na základě zkušeností z jiných reaktorů.

Svědečný program

V době výstavby reaktoru a i následných rekonstrukcí nebyl svědečný program pro materiály reaktorové nádoby nebo vnitřních vestaveb uvažován a realizován. U výzkumného reaktoru LVR-15 je zaveden jediný svědečný program se zaměřením na stanovení stavu a odhad zbytkové životnosti přírubového spojení horizontálních kanálů reaktoru. Program je součástí dokumentu Posouzení životnosti vybraných komponent výzkumného reaktoru LVR-15 [104].

Při posuzování životnosti vybraných komponent byla jako jedna ze zásadních problémů konstatována korozní odolnost a těsnost přírubového spoje mezi pláštěm nádoby (její nerezovou přírubou) a hliníkovou přírubou vlastního horizontálního kanálu. I když provedeným kontrolami byla potvrzena těsnost HK, bylo rozhodnuto, že je nezbytné založit model uzlu těsnění horizontálního kanálu, který bude umístěn přímo v reaktoru v proudícím chladiči primárního okruhu.

Model („svědek“) těsnění přírubového spoje horizontálního kanálu je vyroben v měřítku 1:1, ze shodných materiálů a shodnou technologií jako skutečné HK a je v nádobě reaktoru umístěn tak, aby byly co nejlépe simulovány provozní podmínky, v jakých pracují přírubové spoje HK. Do nádoby reaktoru byl založen v r. 2008.

Svědka bude vyjmut po desetileté expozici v reaktoru a poté podroben kontrole a analýze stavu těsnění se stanovením odhadu zbytkové životnosti, případně korektivních opatření.

Opatření pro zjišťování neočekávaných projevů působení degradačních mechanismů

Projevy případných neočekávaných degradací jsou zjišťovány těmito činnostmi:

- Komplexní testy připravenosti technologie reaktoru před najetím a plněním příslušných kritérií na provozuschopnost
- Kontrola chemického režimu primárního okruhu a dalších nádrží jako možné indikace zvýšené koroze v daném prostředí
- Měření radiační situace na pracovišti a výpustech a okolí jako možné indikace porušení bariér
- Prohlídky obslužným personálem reaktoru v rámci pochůzek po pracovišti s možnou detekcí abnormálních audio/vizuálních stavů a projevů

2.3.4 Preventivní a nápravná opatření

2.3.4.1 Preventivní a nápravná opatření – jaderné elektrárny Dukovany a Temelín

Systematický přístup k preventivním a nápravným činnostem je ošetřen v rámci jednotlivých programů (Výchozí programy, PŘS a programy péče o zařízení identifikované v rámci prováděné AMR jako Programy řízeného stárnutí), které jsou v souladu s 9 atributy efektivních PŘS dle IAEA [6].

V rámci procesu řízení spolehlivosti a životnosti jsou nápravná opatření (preventivní i korektivní) součástí tvorby Health reportů [56] a jsou vyhodnocována dle ČEZ_ME_0889 Vyhodnocování stavu majetku [68].

2.3.4.2 Preventivní a nápravná opatření – výzkumný reaktor LVR-15

Základní preventivní opatření jsou uvedena PŘS reaktoru LVR-15 a dále ve strategii provozu reaktoru a interního projektu tzv. relicencování, včetně určených potřebných investičních akcí spojených s obnovou kritických komponent před podáním žádosti o povolení provozu po roce 2020. Mezi základní preventivní opatření patří provádění postupné modernizace zařízení tak, aby splňovala aktuální normy včetně stanovování životnosti a kvalifikace na pracovní prostředí.

Doplňujícími opatřeními je striktní dodržování limitů a podmínek při provozu a tím zajišťování a prokazování, že zařízení jsou vystavena definovaným podmínkám.

2.4 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí

2.4.1 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Implementace výsledků auditů a kontrol prováděných držitelem povolení

Hodnocení a aktualizace zastřešujícího PŘS je prováděna jednak v rámci PSR s periodou 10 let, dále pak v rámci AMR (v době přípravy na LTO bloku a dále každých 5 let). Řešení nálezů souvisejících s bezpečností je zastřešeno PZB EDU, ETE (plán zvyšování bezpečnosti) [57], [58], které jsou předkládány 1x ročně SÚJB.

Hodnocení zkušeností elektrárny, vnějších zkušeností, zahrnutí současného stavu poznání, včetně výsledků výzkumu a vývoje

Kromě již dříve uvedených způsobů použití vnitřních a vnějších zkušeností v rámci Ageing management review jsou během standardního programu provozu posuzovány odchylky a vypracovávána doporučení k zajištění efektivního řízení stárnutí.

Jsou sledovány dva typy odchylek:

- odchylky od mezních hodnot sledovaných parametrů
- odchylky od očekávaného stavu identifikované při hodnocení stárnutí zařízení na základě PŘS, při hodnocení podmínek platnosti TLAA a při průběžném sledování výkonnosti a stavu SKK.

Tyto odchylky jsou posouzeny z pohledu stárnutí zařízení a je vypracováno doporučení k zajištění efektivního řízení stárnutí. Účinnost přijatých nápravných opatření je hodnocena v rámci projednávání Health reportů. Jsou hodnoceny jak odchylky a doporučení z PŘS a TLAA, tak odchylky zjištěné při průběžném sledování výkonnosti a stavu, u kterých je vyžádáno posouzení z pohledu stárnutí zařízení.

Pro hodnocení vnějších zkušeností jsou využívány informace získané podle ČEZ_ME_0723 Vnitřní a vnější zpětná vazba z provozních zkušeností v JE [62], kde je uvedeno, že vnější zpětná vazba přebírá zkušenosti a poznatky pro zajištění svého programu z těchto vnějších zdrojů:

WANO - zprávy o událostech na síti WANO

- JIT - souhrn informací o provozních zkušenostech využitelné pro PJB
- Preliminary WER - prvotní oznámení události do 30 dní - je vydáváno pouze u událostí, kdy je na místě okamžité varování či výzva k šetření a k opatření na elektrárnách ostatních členů WANO; aktualizace zprávy má být provedena do 140 dní od prvotního oznámení
- WER - podrobná zpráva s analýzou příčin a následků události včetně přijatých nápravných opatření; publikování zprávy má být provedeno do 140 dní od události
- SER - zpráva o významné události
- SOER - tematické analýzy zpráv o událostech včetně definovaných doporučení
- Hot Topics (aktuální témata) – analýzy aktuálních provozních oblastí
- CEO Updates (aktuální témata pro vrcholový management)
- ENR – zrychlený reporting do sítě WANO

IAEA - zprávy o událostech na síti IAEA - systém IRS

Události ze slovenských JE – rozborů provozních událostí na EBO/EMO/JAVYZ

Události z druholokalitní elektrárny EDU/ETE - rozborů provozních událostí na EDU/ETE získané z druholokalitních zápisů PRK

Veřejně dostupné zdroje o událostech v nejaderném průmyslu, např. událost na ropné plošině Deep Water Horizon, události v klasických elektrárnách, v civilní letecké dopravě.

Kromě toho jsou také každoročně pořádány specializované semináře za účelem sdílení zkušeností v oblasti řízení stárnutí a dlouhodobého provozu JE za účasti specialistů ČEZ, a. s., SE a ÚJV Řež, a.s. a dalších specializovaných společností a institucí, podle aktuálně diskutované problematiky. Dále jsou pořádána každoroční setkání v oblasti řízení spolehlivosti - ČR, SR, Maďarsko a benchmarking (databáze chemických režimů VVER - ČR, SR, Maďarsko, Finsko).

Ke sledování a implementaci současného stavu poznání v oblasti řízení stárnutí slouží i účast v mezinárodních aktivitách v této oblasti v rámci IAEA. Konkrétně se jedná o:

IAEA SALTO (Safety aspects of long term operation):

- a) Pracovníci ČEZ, a. s., a také dceřiné firmy ÚJV Řež, a.s., se v letech 2003 – 2006 aktivně účastnili tohoto mimorozpočtového programu, v rámci kterého byly definovány základní principy přípravy bezpečného dlouhodobého provozu, zaměřené zejména na správné nastavení procesu řízeného stárnutí. Výsledkem tohoto projektu je IAEA safety report No. 57 Safety aspects of long term operation of Nuclear power plants [7]
- b) V letech 2008 až 2016 proběhly na JE Dukovany celkem 4 IAEA SALTO Peer review mise. V rámci těchto misí byla kontrolována připravenost elektrárny na LTO v těchto oblastech:
 - Organization and functions, current licensing basis, configuration/modification management
 - Scoping and screening and plant programmes relevant to LTO
 - Ageing management review, review of ageing management programmes (AMPs) and revalidation of time limited ageing analyses (TLAA) for mechanical components
 - Ageing management review, review of AMPs and revalidation of TLAAs for electrical and I&C components
 - Ageing management review, review of AMPs and revalidation of TLAAs for civil structures
 - Human Resources, Competence and Knowledge Management for LTO
- c) V letech 2014 – 2016 proběhly v ČR také celkem 3 IAEA SALTO workshopy, kde byly diskutovány zkušenosti účastníků z různých zemí s přípravou LTO
- d) Od roku 2006 se pracovníci ČEZ, a. s., a také dceřiné firmy ÚJV Řež, a.s., pravidelně účastní zahraničních IAEA SALTO Peer review misí a IAEA SALTO workshopů jako pozorovatelé a jako experti zvaní IAEA

IAEA program International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) for Nuclear Power Plants

Od roku 2009 se pracovníci ČEZ, a. s., a také dceřiné firmy ÚJV Řež, a.s., účastní programu IGALL, který je zaměřen na získávání, udržování a prezentování nejlepší praxe v oblasti řízení stárnutí. Pracovníci jsou účastni jak v řídicích orgánech tohoto programu, tak ve všech relevantních pracovních skupinách.

EPRI

V roce 2010 vstoupila společnost ČEZ, a. s., mezi členy organizace EPRI (Electric Power Research Institute), což jí umožňuje využívat nashromážděné informace za více než 40 let sdíleného výzkumu v oblasti jaderné energetiky. V současné době kromě využívání dostupných informací a produktů EPRI ovlivňuje společnost ČEZ, a. s. jako jeden z členů organizace i směřování aplikovaného výzkumu EPRI podle svých potřeb.

Členství v EPRI bylo ve spolupráci se skupinou ÚJV Řež, a.s. využito pro realizaci více než 20 projektů s přímou aplikací poznatků z EPRI, které měly technický, bezpečnostní nebo ekonomický přínos k zlepšení provozování JE. V mnoha dalších případech byly informace z databáze EPRI využity jako doplňující zdroj informací, kdy nebyla možná jejich přímá aplikace, např. z důvodu odlišné konfigurace zařízení, použitých materiálů, platné dokumentace atd.

Současně byly ve společnosti ČEZ, a.s. realizovány rozsáhlé projekty (např. Optimalizace údržby) postavené na informacích a zkušenostech EPRI.

ČEZ, a. s., a ÚJV Řež, a.s., jsou aktivními členy EPRI a podíleli se již na tvorbě několika EPRI dokumentů. V oblasti řízení stárnutí byli hlavním tvůrcem dokumentu Material management matrix for VVER reactors, kde jsou shrnuty znalosti o degradacích a oblastech pro další potenciální výzkum pro hlavní zařízení elektráren typu VVER 440 a VVER 1000.

V oblasti řízení stárnutí byly také české jaderné elektrárny oceněny EPRI technology transfer award za PŘS kabelů.

VaV

Na korporátní a skupinové úrovni je VaV řešen přes 3 elementy:

- Pracovní skupina pro VaV (vede Manažer projektu výzkum a vývoj) – má 12 tematických oblastí (přes celou energetiku – od výroby energie, přes alternativní paliva až po smart cities a úspory energie; první oblastí je jaderná energetika (za kterou má gesci VÚ technika a rozvoj JE) a ta se dělí na 4 podoblasti: bezpečnost (v gesci VÚ accident management), spolehlivý a ekonomický provoz (VÚ technika a rozvoj JE), nakládání s JP a RAO (VÚ nákup jaderného paliva), pokročilé jaderné systémy (Manažer projektu výzkum a vývoj); pracovní skupina je zdrojem podnětů pro VaV projekty, které jsou skupinou navrhovány
- Výbor pro VaV - schvaluje návrhy VaV projektů
- Rozpočet na VaV projekty

Směrnice „SKČ_SM_0038 Řízení příležitostí a projektů v portfoliu Výzkum a vývoj (VaV)“ [63] řeší proces – elementární návrhy, screening námětů, vlastní dokumentaci ke schválení (Záměry VaV projektů), atd.

Pro zařízení specifické skupinu (A) je každoročně v souladu s [27] vyhodnocován parametr koncepční stárnutí. Koncepční stárnutí nastává z důvodu změn v požadavcích na bezpečnost, změn v požadavcích na zařízení a změn v mezinárodních standardech na základě nových výsledků v oblasti vědy a techniky.

Zdroj informací k hodnocení tohoto parametru:

- zpětná vazba z procesu Jaderná bezpečnost a Strategie péče o aktiva
- informace z útvaru Licencování
- know - how útvaru Centrální Inženýring

Hodnocení modifikací elektrárny, které mohou mít vliv na zastřešující PŘS

Posouzení změny konfigurace zařízení se provádí podle ČEZ_ME_0766 Posouzení změny konfigurace zařízení v JE [64]. Útvar příprava dlouhodobého provozu JE (Ageing management and LTO), který je garantem procesu řízení stárnutí je zahrnutý jako neopomenutelný připomínkovatel všech modifikací na zařízení spadajícího do Scope ŘS.

Aktuální konfigurace SKK v uspořádaných datech majetku je jedním ze vstupů pro stanovení kategorie SKK a stanovení strategie péče o SKK. To je popsáno v SKČ_PP_0133 Strategie péče o aktiva [24].

Hodnocení a měření účinnosti řízení stárnutí

Hodnocení účinnosti se provádí na úrovni hodnocení účinnosti řízení spolehlivosti, a to sledováním výkonnosti a stavu technologických systémů a zařízení JE podle [56] a je dokumentováno v Health reportech jednotlivých technologických systémů.

Hodnocení účinnosti se provádí také na úrovni jednotlivých PŘS (viz kapitoly 3 až 7 této zprávy pro dílčí PŘS).

Další informace jsou uvedeny také v kapitole 2.3.1.1 v části Zajištění kvality zastřešujícího PŘS.

Hodnocení časově omezených analýz stárnutí

Hodnocení časově omezených analýz stárnutí je prováděno podle postupu [23] a metodiky [29].

Vypracování TLAA je jedna z možností jak, v závislosti na fyzickém stárnutí, určit aktuální a predikovaný stav zařízení, jeho životnost jak aktuální, tak na konci předpokládané doby provozu.

Vypracované TLAA jsou podle [23] identifikovány, aktualizovány, revalidovány, evidovány a jsou vyhodnocovány podmínky jejich platnosti.

TLAA dle výše zmíněné metodiky naplňují kritéria (atributy) požadované v bezpečnostním návodu SÚJB BN -JB-2.1 [5], a to:

- Týkají se zařízení určených k hodnocení pro LTO
- Uvažují degradační mechanismy/dopady stárnutí
- Zahrnují časově omezené předpoklady definované předpokládanou dobou provozu (např. dle platného projektu - počet let)
- Zahrnují závěry nebo poskytují základ pro závěry týkající se schopnosti zařízení vykonávat požadovanou funkci
- Mohou být obsaženy jako reference v současném licenčním základě (PrBZ)

Činnosti dle této metodiky jsou shrnuty do následujících čtyř kroků:

V 1. kroku, před přistoupením k vypracování TLAA, je specialistou ŘS rozhodnuto o způsobu sledování, hodnocení a řízení stárnutí v rámci tzv. inženýrské rozvahy spočívající zejména v porozumění stárnutí (tj. analýzy obsahující informace o degradačních mechanismech, dopadech stárnutí, stresorech, ovlivňujících výkon požadované funkce zařízení, jejíž výkon má být zajištěn řízením stárnutí) dle [23]. V rámci této rozvahy musí být zohledněny zvažované degradační mechanismy a zařízení, pro které je třeba posoudit vypracování TLAA (zejména zařízení v rozsahu zastřešujícího PŘS). Pokud z této analýzy vyplyne určení, že pro konkrétní zařízení a degradační mechanismus bude přistoupeno k vypracování TLAA, je realizován 2. krok.

V 2. kroku, je přistoupeno k vypracování analýzy TLAA pro ta zařízení a degradační mechanismy, které byly určeny v 1. kroku. Při vypracování analýzy TLAA musí být naplněny požadavky na analýzy TLAA (viz výše).

V 3. Kroku jsou ověřovány podmínky platnosti analýz TLAA. Tzn. je ověřováno, zda všechny předpoklady, s kterými TLAA pracuje, jsou stále platné.

Ve 4. Kroku, je TLAA řádně zdokumentována a evidována.

Implementace současného stavu poznání, včetně výsledků Výzkumu a vývoje

Současný stav poznání je dle [23] zahrnován prostřednictvím širokého využití výsledků výzkumu a vývoje a využitím provozních vnějších i vnitřních zkušeností (viz kapitola 2.3.2.1, části Procesy a postupy pro identifikaci degradačních mechanismů a jejich možných následků, Využití programů výzkumu a vývoje a Využití vnitřních a vnějších zkušeností a v kapitole 2.4.1, část Hodnocení zkušeností elektrárny, vnějších zkušeností, zahrnutí současného stavu poznání, včetně výsledků výzkumu a vývoje).

Aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí na základě změn legislativního a dozorného rámce

Legislativní změny, změny národních navedů i mezinárodních požadavků jsou sledovány již ve fázi jejich přípravy (AZ, vyhlášky, návody SÚJB, WENRA SRL). Provozovatel JE je zahrnut do procesu připomínkování navržených změn. Již v této fázi je zvažováno možné ovlivnění procesů držitele povolení. Nové požadavky jsou postupně implementovány do všech procesů držitele povolení - např. přechodné období pro splnění požadavků nového AZ je 2 roky od data nabytí účinnosti.

Obecný postup je uveden v:

ČEZ_PP_0327 Komunikace s úřady [65]

ČEZ_PP_0328 Spolupráce na tvorbě legislativy [66]

ČEZ_PP_0326 Aplikace legislativy [67]

Identifikace potřeb pro budoucí výzkum a vývoj

Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 2.4.1, část Hodnocení zkušeností elektrárny, vnějších zkušeností, zahrnutí současného stavu poznání, včetně výsledků výzkumu a vývoje.

Strategie periodického hodnocení (Review) zastřešujícího PŘS včetně potenciální vazby k PSR

Hodnocení a aktualizace zastřešujícího PŘS je prováděno v rámci PSR s periodou 10 let a dále v rámci AMR.

V rámci PSR je hodnocen systém zastřešujícího PŘS, v rámci AMR je hodnocen aktuální stav řízení stárnutí včetně hodnocení fyzického stárnutí po definovaných skupinách SKK.

Zahrnování nečekaných nebo nových problematik do PŘS

Pro celý rozsah zařízení v PŘS je zahrnování nečekaných nebo nových problematik prováděno v rámci průběžného sledování výkonnosti a stavu SKK dle [24], jehož součástí jsou i vstupy z vnitřní a vnější zpětné vazby. V bodě Stanovení řešení nevyhovujícího stavu jsou určovány možné způsoby řešení nevyhovujícího stavu, např.:

- *Rozhodnutí o změně strategie péče o SKK - změna v rozsahu programu preventivní údržby (potřeba aktualizace, nebo nová šablona údržby), aktualizace PŘS/ TLAA, nový PŘS/ TLAA, změny specifických SKK skupiny A,*

- *Požadavek na změnu kategorizace - přehodnocení kategorizace na základě zjištění nesouladu funkčního významu SKK a aktuální kategorizace SKK,*
- *Požadavek na změnu monitorování - požadavek na změnu monitorovacích parametrů, nebo změnu mezních hodnot monitorovaných parametrů s cílem lépe kontrolovat nevyhovující stav nebo trend SKK.*

Pro specifickou skupinu zařízení (A) je zahrnování nečekaných nebo nových problematik do PŘS součástí vyhodnocování parametru Koncepční stárnutí podle [27]:

- *Informace ze zpětné vazby a informace z útvaru Licencování (informace o změnách regulatorních požadavků) jsou posouzeny vůči reálnému stavu zařízení a související dokumentaci závazné k provozování zařízení s těmito alternativami hodnocení:*
 - *míra koncepčního stárnutí je akceptovatelná bez dalších doporučení,*
 - *míra koncepčního stárnutí vyžaduje analýzu stavu a návrh řešení k zajištění požadované úrovně parametru (vystavení Technického podnětu, revize komponentního či specifického PŘS, jiný návrh řešení).*
 - *Výsledky jsou prezentovány v rámci každoročního hodnocení životnosti zařízení a následně také v příslušném Health reportu.*
 - *V rámci uceleného hodnocení životnosti zařízení je specialistou řízení životnosti navrženo řešení k zajištění požadované úrovně koncepčního stárnutí.*

Hodnocení zastřešujícího PŘS na základě výsledků monitorování (provozních parametrů), funkčních zkoušek, odběru vzorků a kontrol

Programy monitorování provozních parametrů, funkčních zkoušek, odběru vzorků a provozních kontrol jsou součástí procesu řízení stárnutí a jejich výsledky jsou v případě potřeby součástí standardní zpětné vazby zastřešujícího programu řízení stárnutí.

Periodické hodnocení a měření účinnosti řízení stárnutí

Periodické hodnocení a měření účinnosti řízení stárnutí je popsáno v kapitolách 2.3.1.1, části Zajištění kvality zastřešujícího PŘS a 2.4.1, části Hodnocení a měření účinnosti řízení stárnutí.

2.4.2 Přezkum a aktualizace zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15

Zastřešující program bude plně realizován v souladu s novou legislativou v rámci harmonizace provozní dokumentace reaktoru s vyhláškou č. 21/2017 Sb. do konce roku 2018. Program bude realizován s využitím stávajících výsledků programu kontrol reaktoru včetně tzv. pětiletých provedených v roce 2017, vyhodnocení svědečného vzorku přírubového spoje v roce 2018, dílčích analýz stavu a studií proveditelnosti z jednotlivých projektů postupné modernizace a s využitím agenturních návodů IAEA SSG-10 a připravovaného bezpečnostního návodu SÚJB pro výzkumné reaktory [8].

Na základě harmonizace s legislativou bude proces doplněn programem systému řízení včetně určených odpovědností za přezkum a aktualizace a požadavky na nezávislé hodnocení a systém auditů v souladu se systémem řízení a systémem jakosti společnosti. Další nezávislý přezkum procesu a nastavení systému řízeného stárnutí bude součástí pozvané mise INSARR pro rok 2019.

2.5 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí

2.5.1 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Získané zkušenosti v průběhu provozu ukázaly potřebu změn jak v organizační struktuře, tak rozsahu a struktuře zastřešujícího programu řízeného stárnutí. Řízení stárnutí na EDU i ETE bylo původně založeno na doporučeních výrobců, případně na stavu poznání v oblasti řízení stárnutí v dané době (EDU 1985-87, ETE 2000-02). Existovaly jednotlivé činnosti řízeného stárnutí jako například svědečný program, program provozních kontrol, program údržby, program monitorování provozních režimů. Stárnutí ale nebylo řízeno komplexně.

Postupně docházelo, na základě získaných zkušeností a zjištěné dobré praxe, k zavádění jednotlivých programů řízeného stárnutí (např. Program sledování potrubí ovlivněných tokem urychlenou korozi, Program řízeného stárnutí bezpečnostně významných kabelů, Program hodnocení únavového poškození).

Po roce 2000 započaly první projekty, s cílem zavedení komplexního přístupu k řízení životnosti/stárnutí:

- Výzkumný projekt MPO a ČEZ – v rámci něhož byly vyvinuty metodiky a základ SW prostředí pro zastřešující program řízení stárnutí
- První hodnocení stavu řízení životnosti EDU/ETE (sloužilo jako základ pro tvorbu specifických PŘS a komponentních PŘS pro skupinu A)
- Projekt ESÚ – zajistil optimalizaci údržby se zaměřením na řízení identifikovaných poruchových módů
- AMR EDU – hodnocení stavu řízení stárnutí pro LTO

Paralelně s těmito projekty probíhaly i změny organizace v oblasti řízení stárnutí.

Původní útvary zabývající se řízením stárnutí byly samostatné pro jednotlivé lokality v rámci oblastí řízení Technická bezpečnost a Péče o zařízení. Od roku 2009 existuje centrální útvar zabývající se řízením stárnutí.

Prvotní rozsah zařízení spadajících pod řízení stárnutí byl dán výčtem (jednalo se o bezpečnostně významná obtížně vyměnitelná zařízení). Na počátku etapy přípravy k provozu v LTO (EDU) bylo přistoupeno k nastavení řízení stárnutí pro zařízení bezpečnostně významná a související s bezpečností na základě provedeného hodnocení týkajícího se porozumění stárnutí a to pro obě lokality.

Po postupných úpravách je z pohledu provozovatele současné nastavení zastřešujícího programu řízeného stárnutí dostatečně komplexní. Zastřešující program řízeného stárnutí naplňuje dle našeho názoru všechny aktuálně platné požadavky národního dozoru i mezinárodní doporučení a považujeme jej proto za adekvátní.

2.5.2 Zkušenosti držitele povolení s aplikací zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15

Do roku 2017 nebyl legislativně systém řízeného stárnutí vyžadován. Na základě provedené mise INSARR a dle doporučení agenturních návodů byl zpracován první program řízení v roce 2008, který byl následně revidován. Systém řízeného stárnutí je založena na kontrolách a plánovaných rekonstrukcích, modernizacích a významných opravách vybraných komponent reaktoru, které jsou vyvolány potřebou obnovit užité vlastnosti daného zařízení anebo za účelem zvýšení komfortu obsluhy, spolehlivosti, radiační bezpečnosti a jakosti práce.

V souladu s novými požadavky legislativy bude muset být upraven pro všechna určená zařízení dle vyhlášky č. 21/2017 Sb., včetně definování přesných kritérií, systémů detekce a monitorování degradačních mechanismů, kritérií přijatelnosti a dalších požadavků. Aplikace systému řízení stárnutí naráží na problematické určení životnosti komponent s ohledem na dřívější normy z dob výstavby a provedení rekonstrukcí, kdy značná část systémů nemá určenou projektovou životnost ani definován systém kvalifikačních kritérií na pracovní prostředí a pracovní podmínky v souladu s dnešními normami.

2.6 Proces dohledu dozorného orgánu

Dozorné činnosti SÚJB zahrnují celé spektrum specializovaných činností, z nichž nejvýznamnějšími jsou činnosti kontrolní a hodnotící. Při jejich plánování, řízení, provádění, hodnocení a ověřování je využíváno principu odstupňovaného přístupu.

2.6.1 Proces dohledu dozorného orgánu nad jadernými elektrárnami Dukovany a Temelín

Přístup držitele povolení jaderných elektráren Dukovany a Temelín je pravidelně hodnocen v rámci hodnocení každoročně aktualizované PrBZ.

Oblast řízení stárnutí byla ze strany SÚJB dále posuzována v rámci hodnocení závěrů PSR 30 EDU a PSR 10 ETE, jejichž výsledky byly, v souladu s podmínkami vydaných rozhodnutí k provozu, SÚJB předloženy.

Pro JE Dukovany byla aplikace celého přístupu detailně prověřena v rámci hodnocení licenční dokumentace prokazující možnost dalšího bezpečného provozu JE Dukovany po 30-ti letech („LTO“).

Dále SÚJB ověřuje a vyhodnocuje informace týkající se stárnutí jednotlivých SKK v rámci své kontrolní činnosti.

2.6.2 Proces dohledu dozorného orgánu nad výzkumným reaktorem LVR-15

SÚJB vyhodnocuje informace týkající se stárnutí komponent výzkumného reaktoru LVR-15 v rámci své pravidelné inspekční a hodnotící činnosti a to jednak hodnocením PrBZ a dalších informací z provozu tohoto zařízení a dále v rámci své kontrolní činnosti. Při této činnosti se zaměřuje zejména na nejvýznamnější komponenty.

2.7 Hodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí dozorným orgánem, závěry

2.7.1 Zhodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí jaderných elektráren

Dukovany a Temelín

Zastřešující program řízeného stárnutí ČEZ, a.s. byl prověřen z hlediska požadavků Atomového zákona [2] (viz kapitola 2.1) i z pohledu mezinárodních standardů a WENRA Safety Levels [3]. Mezinárodní požadavky týkající se řízeného stárnutí do českého legislativního a dozorného rámce plně implementovány k 1. 1. 2017, kdy vstoupil v účinnost nový atomový zákon [2]. V zákoně jsou uvedena přechodná ustanovení, která držitelům povolení poskytují lhůtu pro přizpůsobení se novým právním poměrům (obecně 2 roky). Atomový zákon zavádí nově požadavky na proces i program řízeného stárnutí, které byly před tímto obdobím obsaženy v bezpečnostním návodu SÚJB BN-JB-2.1 [5]. I přesto, že nastavení přístupu k řízení stárnutí odpovídalo mezinárodní dobré praxi, probíhá nyní přenastavení celého procesu řízeného stárnutí v rámci integrovaného systému držitele povolení tak, aby bylo naplněno nové atomové právo.

SÚJB detailně prověřil proces řízeného stárnutí ČEZ, a.s. v období posuzování průkazné dokumentace bezpečného provozu po 30-ti letech provozu („LTO“) jaderné elektrárny Dukovany

(před platností nového atomového zákona). Shledané nedostatky, které se týkaly implementace zastřešujícího programu na řízení stárnutí jednotlivých KK a požadavky na nápravu shledaných nedostatků byly uloženy v rámci podmínek rozhodnutí o povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany (viz kapitola 9). Zastřešující program řízeného stárnutí je také předmětem posuzování výsledků periodického hodnocení bezpečnosti obou elektráren. Toto hodnocení je prováděno 1x za 10 let, v JE Dukovany bylo PSR po 30-ti letech provozu ukončeno v roce 2013 a nebyly identifikovány žádné závažné odchylky. V JE Temelín bude PSR vztahující se ke 20-ti letům provozu provedeno v r. 2018 - 2020. V JE Temelín nejsou v současné době ukončeny všechny činnosti, které jsou nezbytným předpokladem pro plnou implementaci zastřešujícího programu řízeného stárnutí (např. dokončení AMR pro všechny komponenty (tedy nejen vybraná zařízení) zařazené do rozsahu zařízení, jejichž stárnutí má být řízeno), realizace bude ukončena do r. 2018.

2.7.2 Zhodnocení zastřešujícího programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15

V Programu řízeného stárnutí výzkumného jaderného reaktoru LVR byla provedena analýza, ve které byly rozebrány možné degradační mechanismy působící na vybraná zařízení a identifikovány dopady stárnutí spolu s posouzením možnosti výměny zařízení. Na základě tohoto rozboru byla určena zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost, která jsou obtížně vyměnitelná a také provedeno posouzení metod detekce. Byla určena nápravná opatření ke zmírnění vlivů stárnutí. Výstupem programu je návrh opatření, sloužící jako podklad pro další kontroly, údržbu a rekonstrukci systémů. Program nespécifikuje práva a povinnosti pracovníků provádějících proces řízeného stárnutí ani zajištění zpětné vazby k hodnocení, eventuelně zvýšení účinnosti programu. Nejsou uvedeny aktivity týkající se predikce budoucího stavu komponent.

Vzhledem k nově zavedeným požadavkům ve stávající právní úpravě platné od r. 2017 bude tento program (s využitím přechodných ustanovení) do konce r. 2018 revidován tak, aby naplňoval všechny atributy efektivního programu řízeného stárnutí, které jsou specifikovány v nové právní úpravě.

3. Elektrické kabely

3.1 Popis programu řízeného stárnutí elektrických kabelů

3.1.1 Rozsah řízeného stárnutí kabelů

3.1.1.1 Rozsah řízeného stárnutí kabelů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Stručná historie řízení stárnutí kabelů

Na českých jaderných elektrárnách začaly práce na komponentním Programu řízeného stárnutí kabelů (dále PŘSK) bezpečnostně významných kabelů [69] již v druhé polovině 90. let. Komponentní PŘSK [69] je založen na zkušenostech s kvalifikací kabelů na prostředí jaderné elektrárny Dukovany a Temelín a na mezinárodních doporučeních IAEA, EPRI, OECD/NEA a dalších dokumentech (nejvýznamnější dokumenty jsou uvedeny v referencích k této kapitole). Komponentní PŘSK kabelů a všechny činnosti s ním spojené, jsou dále popsány i v navazujících metodikách - specifických PŘS týkajících se kabelů [70] a [71] - viz též kap. 2, jejichž výstupy jsou v komponentním programu řízeného stárnutí kabelů integrovány. V těchto metodikách [70] a [71] jsou také zaznamenány všechny reference, dokumenty a normy, podle kterých je PŘSK zaveden a od roku 2006 realizován. Program je průběžně aktualizován dle potřeb provozovatele a mezinárodní dobré praxe.

PŘSK byl na počátku zaměřen na nízkonapěťové bezpečnostní kabely s požadavkem na funkčnost při maximální projektové nehodě (MPH). V současnosti zahrnuje PŘSK všechny BVK. Od počátku provádění PŘSK na českých JE probíhá intenzivní mezinárodní spolupráce v rámci IAEA, EPRI, OECD/NEA a dalších organizací za účelem jeho neustálého zlepšování.

Hlavní atributy PŘSK jsou:

- Program započal před více než 20 lety
- Kabely JE Temelín byly do PŘSK zahrnuty již před spuštěním elektrárny
- Stárnutí a stav kabelů je hodnoceno pomocí několika stovek svědečných kabelů umístěných v desítkách kabelových depozitů v různých lokalitách obou elektráren v ČR
- Získávání detailní znalosti parametrů o prostředí; teplota, dávkové příkony a vlhkost jsou měřeny na stovkách míst na JE již od roku 1996
- Provádí se pravidelné vizuální prohlídky provozovaných kabelů
- Provádí se hodnocení kabelů, které byly vyjmuty z JE při obnovách technologie
- Je zavedená funkční zpětná vazba mezi správci zařízení JE a pracovníky, kteří realizují PŘSK
- Je zaveden databázový systém za účelem archivace dat o kabelech, parametrů prostředí a výstupů z vizuálních prohlídek a výpočtů zbytkové životnosti kabelů
- Provádí se periodické roční vyhodnocení provozuschopnosti BVK a je zpřesňována zbytková životnost BVK s výstupy do Health reportů, PHŽ a PrBZ

Výběr kabelů pro PŘSK

V PŘSK na českých JE jsou zahrnuty všechny bezpečnostní kabely. Jedná se o kabely propojující bezpečnostní systémy (BS) a systémy související s bezpečností (SBS). Výběr je rovněž v souladu s terminologií IAEA a s klasifikací podle normy ČSN EN 61226 [72].

Rozsáhlý výběr kabelů v sobě zahrnuje všechny typy BVK, tj. sdělovací, silové, nízkonapěťové, koaxiální, vysokonapěťové, optické kabely atd., i kabely různých konstrukcí. Primární zdroj pro výběr bezpečnostně významných kabelů pro PŘSK je databázový systém SSK (Systém správy kabeláže), který funguje na obou českých JE. SSK je softwarová aplikace pro projektování a správu kabelových systémů rozsáhlých technologických celků obsahující data skutečného stavu kabelových prostorů a kabelů v těchto prostorech instalovaných. SSK obsahuje vždy aktuální data o všech kabelech. SSK, v závislosti na připojeném zařízení, poskytuje informaci, jestli kabel patří mezi bezpečnostně významné či ne. Souhrn počtů kabelů v PŘSK je uveden v Tabulce č. 3.1, seznam typů pak v Příloze B v Tabulkách B.1 a B.2. Seznam BVK se pro program řízeného stárnutí minimálně 1x ročně aktualizuje podle údajů z SSK.

BVK jsou rozděleny do 3 hlavních kategorií podle požadavku na jejich funkčnost během normálního provozu a havárií:

1. Požadovaná funkčnost při maximální projektové havárii (LOCA/HELB) - kabel musí být kvalifikován podle patřičných norem [73], [74], [75], [76]
2. Mohou být vystaveny LOCA/HELB (drsné prostředí), funkčnost vyžadována jen do počátku nehody - kvalifikace na havarijní podmínky není vyžadována
3. Kabely bezpečnostních systémů, které nebudou vystaveny podmínkám MPH (mírné prostředí) - kvalifikace na havarijní podmínky není vyžadována

Tabulka č. 3.1: Souhrnné údaje o počtu BVK a typů zařazených do PŘSK v České republice.

JE	Počet bloků	Počet BVK	Typy BVK
Dukovany	4	63 717	113
Temelín	2	31 570	82

Stručný popis PŘSK

Hlavními cíli PŘSK jsou:

- Hodnocení stavu, provozuschopnosti BVK po typech ve všech místnostech, kde jsou BVK instalovány, na obou JE
- Stanovení zbytkové životnosti BVK na JE s doporučením, jak dlouho může být kabel bezpečně provozován

Mezi základní činnosti v rámci PŘSK patří:

- a) Shrnutí všech informací o provozovaných kabelech:
 - Výrobce kabelů, technické podmínky, konstrukce, materiály izolace žil a pláště, jaké byly u kabelů provedeny zkoušky stárnutí
 - Základní vlastnosti kabelů
 - Změny vlastnosti kabelů v čase; tj. provádění zrychlených zkoušek stárnutí, měření mechanických, elektrických a fyzikálně-chemických parametrů, stanovení aktivační energie
 - Trasování kabelů v místnostech JE

- Parametry prostředí, ve kterém jsou položeny jednotlivé kabely
 - Vstupní informace pro program kvalifikace
- b) Měření parametrů okolního prostředí
- Teploty
 - Dávkových příkonů
 - Vlhkosti
 - Toků neutronů
- c) Hodnocení stavu provozovaných kabelů:
- Měření mechanických a elektrických parametrů kabelů odebraných z provozu
 - Vizuální prohlídky kabelů na JE
- d) Měření mechanických a elektrických parametrů kabelů v depozitech. Na JE je umístěno více než 400 svědečných kabelů v depozitech s různými parametry okolního prostředí umístěných jak v drsném prostředí (teplota > 40°C, dávkový příkon), tak v prostředí mírném, (teplota do 40°C, bez dávkového příkonu)
- e) Výpočet zbytkové životnosti kabelů na základě souhrnu získaných znalostí z prováděných činností PŘSK.
- f) Přípravování svědečných vzorků pro PŘSK, pro provoz JE za projektem stanovenou mezí a pro případné kvalifikační zkoušky spojené se simulací MPH
- g) Péče o kabelové depozity

Obecné řešení PŘSK je schématicky zobrazeno v diagramu na obrázku 3.1. Kabely jsou v diagramu, pro lepší přehled, rozděleny do 3 hlavních skupin.

1. Provozovaný kabel
2. Deponovaný kabel
3. Kalibrovaný kabel

Provozovaný kabel

Veškeré aktivity v rámci PŘSK jsou směřovány na BVK kabely na stanovení jejich aktuálního stavu a predikce životnosti.

Pro stanovení zbytkové životnosti je potřeba mít:

- Seznam kabelů, datum instalace
- Kompletní trasování všech kabelů
- Teplota a dávkový příkon v každé místnosti kde jsou kabely položeny
- Znalost vlivů parametrů prostředí na rychlost stárnutí
- Algoritmy a modely, podle kterých se provádí stanovení životnosti

Hodnocení aktuálního stavu provozovaných kabelů je doplněno:

- Pravidelnými vizuálními kontrolami kabelů
- Využitím výsledků z měření stavu deponovaných kabelů
- Měření vzorků odebraných z provozu při záměnách kabeláže

Deponovaný kabel

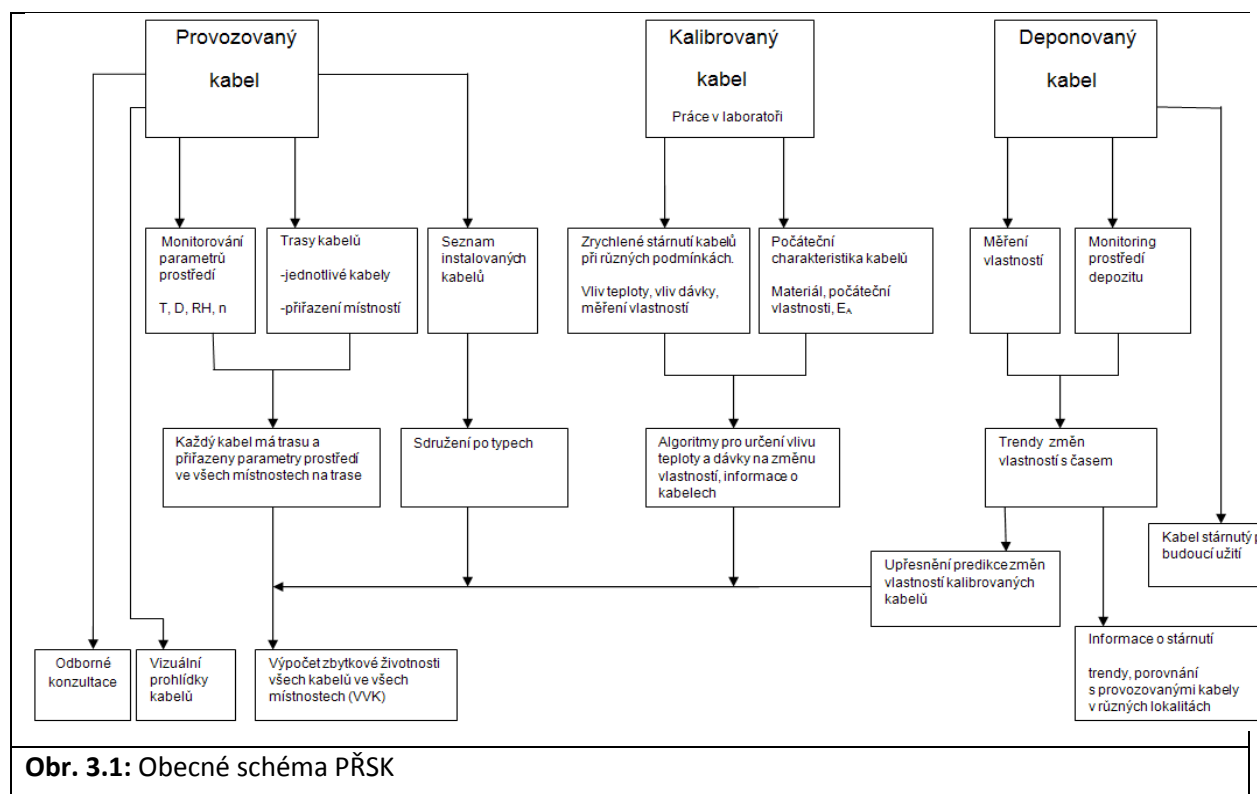
Deponované (svědečné) jsou kabely, které stárnou v různých místech JE. Tyto jsou pravidelně hodnoceny a ze změn vlastností lze predikovat stav kabelů provozovaných ve stejných či podobných podmínkách; přepočtem i v jiných podmínkách. Kromě podmínek prostředí, které jsou u hlavního

cirkulačního potrubí (tj. nejhorším prostředí, která se na JE v místě provozování kabelů vykytují), jsou deponované kabely rozmístěny v cca 30-ti dalších kabelových depozitech s různými parametry okolního prostředí. Celkem stárne na obou JE přes 400 svědečných kabelů. Typický vzorek svědečného (deponovaného) kabelu je následující:

- Několik metrů pro elektrické zkoušky, případně jiné nedestruktivní testy, které se provádějí přímo na jaderné elektrárně
- Více krátkých vzorků pro průběžné měření mechanických vlastností a ostatních destruktivních zkoušek v laboratoři
- Pokud je dostatek kabelu, tak i několik metrů pro budoucí využití, např. pro hodnocení v rámci dlouhodobého provozu (LTO), rekvalifikace apod.

Kalibrovaný kabel

Jedná se o BVK, které se využívají v laboratoři při analýze materiálů a při zrychlených zkouškách, které ukazují změny funkčních vlastností v závislosti na teplotě, dávce, dávkovém příkonu a čase stárnutí.



Obr. 3.1: Obecné schéma PŘSK

Dle kapitoly 03.1.1 [1] má být v národní hodnotící zprávě zhodnocen stav řízení stárnutí následujících skupin BVK:

1. Vysokonapěťové (vn) kabely, které jsou vystaveny zhoršeným podmínkám (podmínky, které jsou nepříznivé pro životnost komponent kabelů, jako je vlhkost, radiace či teplota). Pro účely této zprávy se jedná o kabely nad 3 kV
2. Kabely pro napětí 380 V až 3 kV (ve výkopech a v kabelových kanálech)
3. Kabely systému měření neutronových toků

Vzhledem k tomu, že jsou v PŘSK na českých JE zahrnuty všechny bezpečnostně významné kabely (Tabulka 3.1), skupina pokrývá automaticky i kabely požadované v bodech 1 až 3, pokud jsou vedeny jako bezpečnostní.

Na základě odlišných napěťových úrovní, resp. dalších speciálních požadavků na vzájemné oddělování, jsou kabely na českých JE zařazeny do několika segregáčních skupin. Každý kabel na JE má ve svém jedinečném identifikačním kódu uvedenou segregáční skupinu a je tedy možné vybrané skupiny filtrovat ze systému SSK. Následující skupiny jsou aktuální pro kabely požadované v kapitole 03.1.1 [1]:

Tabulka 3.2:

Segregační skupina	Popis
WA	napájecí kabely na úrovni vysokého napětí
WB	napájecí kabely na úrovni nízkého napětí (nové kabely, přenášený výkon do 5kW lze označit WL)
WL	napájecí kabely na úrovni 380/220 (resp. 400/230V) VAC nebo 220VDC (přenášený výkon $\leq 5\text{kW}$)
WX	kabely systému DNIS (měření neutronových toků; úroveň napětí 600V, 850V)

Vysokonapěťové kabely

Stručný souhrn vn kabelů vybraných podle systému SSK (separační skupina WA) je uveden v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Vysokonapěťové kabely na JE Dukovany a JE Temelín

Počty vn kabelů	JE Dukovany	JE Temelín
Celkový počet vn kabelů	801	957
Celková délka všech vn kabelů	151 km	154 km
Počet typů	16	17
Počet BVK vn	443	455
Celková délka BVK vn	63,5 km	56 km
Počet typů BVK vn	10	2

Naprostá většina vysokonapěťových kabelů na EDU je provozovaná v mírných podmínkách s teplotou pod 40 °C a bez radiace. Pouze 2 typy BVK, z celkového množství 119 ks, jsou umístěny v drsných podmínkách. Jedná se o kabely PVSG (bývalý Sovětský svaz) a 6-AYKCY (Kabelovna Kladno). Nejhorší provozní podmínky jsou v boxu parogenerátorů, kde jsou místy teploty 60 °C a dávkové příkony 0,1 Gy/h. U těchto kabelů se nevyžaduje funkčnost během MPH.

Na ETE je 6 typů vysokonapěťových BVK. V drsných podmínkách v kontejneru je použit jen typ KUHSC (Alcatel Cable). Je veden z místnosti HCČ (GA504/1,2,3,4) do místností průchodek

(GA315/1,2,3). Okolní teplota v těchto místnostech je do 35 °C se zanedbatelnou radiací. U těchto kabelů se nevyžaduje funkčnost během MPH.

Kabely pro napětí 380 V až 3 kV, ve výkopech

V legislativě České republiky není používán pojem „medium voltage cables“, tedy „kabely pro střední napětí“ tak, jak je uvedeno v kapitole 03.1.1 [1]. Kabely do 1 kV jsou vedeny jako nízkonapěťové s tím, že na českých JE se používá napětí do 400 V a pak až vysoké napětí. Hodnoty mezi těmito dvěma jsou používány naprosto výjimečně, např. pro kabely systému měření neutronových toků (viz další kapitola). Do této požadované kategorie spadají kabely ze segregčních skupin WB či WL.

Na JE Dukovany ani na JE Temelín se nevyskytují napájecí kabely ve výkopech s napěťovou hladinou 380 V až 3 kV, které by byly vedeny jako bezpečnostní.

Kabely systému měření neutronového toku

Na JE Dukovany je pro měření neutronového toku využito 247 kabelů, z nichž 216 jsou BVK. Je zde použito 5 typů: Habia Cable 1-410527 B (tento typ jako jediný není bezpečnostní), Pirelli CP711, Pirelli CP597, VCXJE-V (Kabelovna Kabex), TKC (Mirion, USA). Nejhorší provozní podmínky jsou v boxu parogenerátorů, kde jsou místy teploty až 60 °C a dávkové příkony 0,1 Gy/h. V těchto podmínkách se ale vyskytuje jen minerální kabel TKC. Všechny ostatní kabely jsou provozovány v mírnějších podmínkách.

Na JE Temelín bylo identifikováno 151 kabelů k měření neutronových toků. Jsou zde použity 3 typy: KJB (Alcatel Cable), 3A98892H02 (BICC Brand-Rex Company), 4A07470H01 (Chromatic Technologies).

Ostatní BVK

Kabely zmíněné v kapitole 03.1.1 [1]. jako vzor sloužící pro detailní popis řízení stárnutí elektrických kabelů jsou jen malou částí všech BVK, které jsou na českých JE sledovány a hodnoceny v rámci PŘSK. V České republice nejsou kabely v rámci PŘSK hodnoceny po kategoriích; řízení stárnutí probíhá obecně pro všechny BVK. Proto jsou v dalším textu popisujícím PŘSK informace týkající se všech BVK, není zde rozdělení do kategorií.

Řízené stárnutí komponent kabelových systémů

Vodiče: Kovové materiály vodičů vlivem okolního prostředí nestárnou. V rámci projektu IGALL [3], který je koordinován IAEA a jehož je ČEZ členem, bylo konstatováno, že u vodičů není potřeba řídit jejich stárnutí v rámci PŘSK. Pokud jde o zachování funkčnosti vodičů, je třeba uvážit působení koroze vlivem zvýšené vlhkosti, případně vlivem působení chemických látek (např. kyselina chlorovodíková z PVC kabelů). Koroze může mít vliv na funkčnost sdělovacích či koaxiálních kabelů. Ta se týká především ukončení kabelů a lze ji dobře identifikovat při pravidelné údržbě, diagnostických měření, vizuálních pochůzkách a předcházet ji dostatečným krytím zařízení. Ve většině délky kabelu jsou vodiče proti korozi dobře chráněny izolací, pokud je tato v řádném stavu. Podmínky pro zachování funkce vodičů, schopnosti vést elektrický proud, jsou tedy obvykle splněny nebo je lze splnit při pravidelné údržbě zařízení.

Stínění: Stínění je z kovových materiálů. Podobně jako u vodičů, nejsou speciální programy pro jeho řízené stárnutí [3]. Působením koroze může být ovlivněna jeho funkce v rámci zachování dostatečného stínění EMC, případně může ovlivňovat rozložení pole u vn kabelů.

Pancéřování: Slouží jako další ochrana kabelů. Provozní podmínky prakticky neovlivňují stárnutí.

Izolace žil a pláště kabelů: v naprosté většině jsou vyrobeny z polymerních materiálů, kde řada vnějších či provozních vlivů spouští nebo urychluje jejich degradaci. Jedná se o senzitivní části, na které se soustřeďuje hlavní pozornost při PŘS.

Kabelové zakončení: Mezi tyto části patří konektory, kabelové koncovky a kabelové spojky. Typ zakončení je možné dohledat v SSK. Na jaderných elektrárnách je typický malý počet bezpečnostních konektorů. To je dáno obecným požadavkem JE, že kabelové ukončení má být u bezpečnostních systémů provedeno pevným zakončením, pokud je to možné.

Konektory jsou použity pouze v nutné míře, především ve skříních systémů SKŘ. Jedná se o konektory, u kterých se nepožaduje funkčnost během MPH, většinou se nacházejí mimo drsné podmínky. Výjimkou jsou kvalifikované konektory typu SNC, LEMO a ILF 14c na EDU a SNC, LEMO, Veam a Westinghouse na ETE. Vždy jde o součást celého systému, např. teplotně monitorovací systém na ETE s konektory SNC a Westinghouse. Konektory nejsou hodnoceny v rámci PŘSK, ale v rámci preventivní a korektivní údržby konkrétních zařízení či systémů. Další činností kromě kontroly elektrické funkčnosti (např. přechodové odpory, izolační odpor), je pravidelná výměna gumového těsnění, jejichž stav je jedním z hlavních faktorů ovlivňujícím životnost. Konektory typu SNC a Westinghouse byly navíc intenzivně studovány v rámci PŘSK i při kvalifikačních zkouškách provedených v ÚJV Řež, a. s.

Předložená zpráva se týká kabelů, proto kabelová zakončení nejsou v této zprávě dále popisována.

Identifikace mechanismů stárnutí kabelů

Nejpoužívanějším izolačním materiálem kabelových systémů jsou polymery (polymerní izolace žil a plášťů kabelů).

Identifikace a zpřesňování mechanismů stárnutí jsou založeny na:

- Znalostech získaných v rámci dlouhodobého řešení PŘSK i kvalifikací kabelů, konektor. spojek pro jaderné elektrárny v Evropě a Asii
- Účasti v mezinárodních skupinách či projektech IAEA (např. IGALL), OECD/NEA a EU
- Studiu relevantní literatury

Degradační mechanismy jsou popsány, včetně jejich relevance a možnosti řízení, v mnoha zahraničních dokumentech (viz reference) a v dokumentech ČEZ uvedených v kapitole 2. Detailnější informace jsou uvedeny v kapitole 3.1.2.

3.1.1.2 Rozsah řízeného stárnutí kabelů výzkumného reaktoru LVR-15

Kabely bezpečnostně nejvýznamnějších systémů výzkumného reaktoru LVR-15 jsou:

1. I&C, který se člení na:
 - a) SOŘ (systém ochran a řízení)
 - b) MaR (měření a regulace)
2. SZN1, SZN2 (systém zajištěného napájení)

Kabely I&C

SOŘ

V roce 2016 byl do provozu uveden nový SOŘ, který kompletně nahradil starý systém včetně kabeláže. Nové kabely splňují kvalifikační požadavky současných norem a plní tato kritéria:

- být správně klasifikován
- být správně dimenzován
- mít požadované požárně technické vlastnosti
- vyhovovat podmínkám prostředí, v němž bude uložen
- svou konstrukcí odpovídat účelu, pro který je určen (požadavkům na druh přenášeného signálu, přesnost, odolnost proti EMC, mechanickou odolnost a pevnost, atd.)
- trasování těchto kabelů musí respektovat požadavky na separaci a segregaci

MaR

Systém MaR byl uveden do provozu v roce 1989.

Pro kontrolu překročení limitních hodnot parametrů 1. chladícího okruhu, které jsou určeny v LaP, jsou v systému MaR osazeny samostatné měřicí okruhy, zcela nezávislé na provozních měřeních. Rovněž přívod elektrické energie pro napájení přístrojů těchto okruhů je oddělen a je přiveden ze systémů zajištěného napájení SZN 1,2.

Tyto okruhy jsou označeny jako vybrané okruhy a jsou zařazeny do BT 2.

Informace o překročení max. limitní hodnoty nebo poklesu pod min. limitní hodnotu je předána do poruchové signalizace SOŘ jako výstraha a do obvodů ochran reaktoru v SOŘ jako havarijní signál vedoucí k odstavení reaktoru.

Pro propojení jednotlivých prvků vybraných měřících okruhů jsou použity kabely typu:

- signální kabely – NCEY, TCEKE
- napájecí kabely – CYKY

Kabely od čidel na potrubí primárního okruhu jsou v samostatném plechovém kabelovém žlabu vyvedeny mimo prostor primárního okruhu na samostatné rámy.

Kabely jsou od těchto ráků vedeny z úrovně přízemí do místnosti operátorovna ve 2 patře. Horizontálně jsou kabelové trasy vedeny převážně pod podlahou místností a chodeb v speciálních betonových kabelových žlabech volně ložené.

Vertikálně jsou vyvedeny z přízemí do 2 patra prostorem samostatných nik ve zdech chodeb. V těchto prostorách jsou upevněny na speciálních kabelových roštech.

Kabelové trasy jsou fyzicky odděleny od ostatních médií a systémů.

SZN 1, 2

Systém zálohovaného napájení výzkumného reaktoru LVR-15, pro zajištění napájení bezpečnostních systémů, byl zásadním způsobem rekonstruován v letech 2003 a 2007 v souladu s platnými normami a bezpečnostními požadavky.

Koncepce úprav SZN vycházela ze zkušeností v oblasti SZN energetických reaktorů.

Součástí rekonstrukce byla i náhrada silové kabeláže.

Provozní podmínky

Kabely všech předmětných systémů jsou podle protokolu o určení prostředí umístěny v prostředí obyčejném. Nejsou tedy vystaveny žádným mimořádným vlivům, které by výrazně zrychlovaly degradaci vlastností okruhů.

Parametry prostředí:

Maximální rozsah teplotních cyklů:	15–35 °C
Maximální tlak:	100 kPa
Maximální vlhkost:	50 %

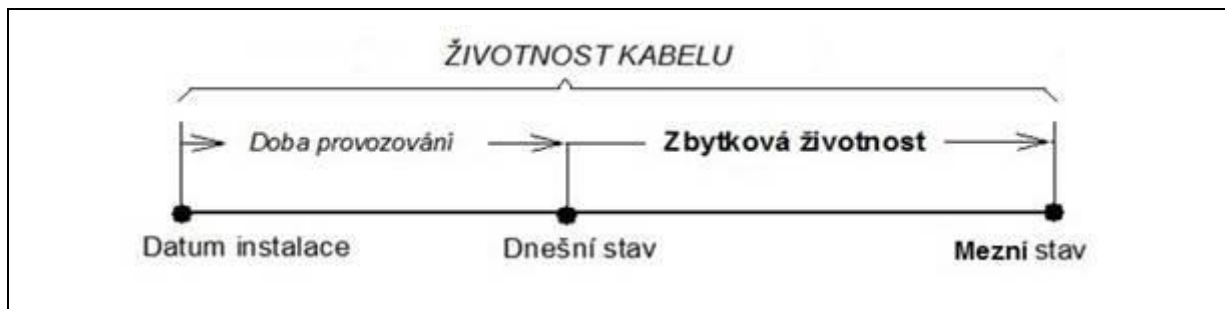
Kabely nejsou součástí Programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15, jejich stav je sledován v rámci jiných programů, např. Programem provozních kontrol. Kabely jsou běžně přístupné ke kontrole (většina kabelů denně). Dále je prověřována funkčnost kabelů v rámci funkčních kontrol zařízení, jimž tyto kabely náleží. Životnost kabelů SoŘ, MaR i SZN 1,2 je určena v rámci kvalifikace kabelů na podmínky, v nichž pracují, do roku 2030.

3.1.2 Hodnocení stárnutí elektrických kabelů

3.1.2.1 Hodnocení stárnutí elektrických kabelů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

V této kapitole je rozepsán PŘSK, přehledově uvedený na obr. 3.1, z hlediska popisu degračních mechanismů, jejich sledování, hodnocení kabelů a využití zkušeností z provozu českých JE i světové praxe.

Pro hodnocení stárnutí a stanovení zbytkové životnosti kabelů je nutné znát vliv degračních mechanismů na průběh stárnutí, zjistit jaké degrační mechanismy působí na jednotlivé kabely v různých lokalitách JE a stanovit vhodné kritérium pro odhad zbytkové životnosti. Modelové znázornění životnosti kabelu je na Obr. 3.2. Kritickým stavem se rozumí stav kabelu při dosažení kritéria přijatelnosti, tj. hodnoty vybrané vlastnosti (včetně bezpečnostní rezervy), po jejímž překročení je míra degradace natolik významná, že může ohrozit schopnost kabelu plnit svoje funkce v normálním a především v havarijním provozu.



Obr. č. 3.2: Časové znázornění pojmu zbytkové životnosti.

Identifikované degradační mechanismy a dopady stárnutí, včetně určení jejich významnosti

Nejpoužívanějším izolačním materiálem kabelových souborů jsou polymery (polymerní izolace žil a plášťů kabelů). U těchto materiálů, bez ohledu na funkci, probíhá dlouhodobý proces stárnutí, při kterém dochází ke změnám vlastností, jež obecně vedou ke zhoršení užitečných vlastností kabelů a jejich izolačních a mechanických vlastností.

Seznam degradačních mechanismů, jejich popis, vliv na funkčnost kabelu/celého systému a možnosti jejich řízení, je detailně popsán, např. v dokumentech [77], [22], [78]. Dále byla zpracována rozsáhlá tabulka, která shrnuje degradační vlivy pro jednotlivé komponenty MaR (kabely, konektory, průchodky, pohony, senzory atd.), důležitost jednotlivých degradačních vlivů, kinetiku, možnost jejich řízení a další informace [22], [79].

Níže jsou uvedeny degradační mechanismy z hlediska dopadů stárnutí na kabeláž:

- Degradace vlivem ionizujícího záření
- Vliv teploty
- Vlhkost, pára, voda
- Katalytická reakce
- Působení chemických látek
- Jouleův (ohmický) ohřev
- Mechanické namáhání

Nejvýznamnějšími degradačními mechanismy působícími na kabely jsou vliv teploty a vliv ionizujícího záření. Ty jsou intenzivně monitorovány v rámci stanovování parametrů prostředí, viz dále. Vliv těchto sledovaných veličin na průběh degradace je analyzován pro všechny BVK v laboratoři či v depozitu.

Ostatní vlivy, i když jsou rovněž testovány (např. mechanické namáhání), nepatří mezi nejvýznamnější degradační mechanismy. Tyto degradační mechanismy jsou sledovány v rámci pravidelných vizuálních prohlídek kabelových systémů. To je v souladu s mezinárodní dobrou praxí [78], [79], [80], [81], [82], [87], i s doporučeními v rámci IGALL [22].

Degradace izolací kabelů se nejvýrazněji projevuje jejich křehnutím. Zachování elastických vlastností izolací přitom přímo souvisí s jejich schopností zachovat si mechanickou integritu a geometrické rozměry, a to i v případě pohybů při údržbě, drobných úpravách v kabelových rozvodech či vnesení pnutí při montáži (ohyby, přichytky apod.). Křehnutí materiálu lze nejspíše hodnotit mechanickými zkouškami, měřením tažnosti. Ve světě i v České Republice jsou vyvíjeny a testovány nové metody na hodnocení stavu kabelů a určování zbytkové životnosti, založené na měření elektrických vlastností v celé délce kabelů. Obvykle jsou založené na měření elektrických

parametrů a jejich porovnání s laboratorně stárnutými vzorky. Z výše uvedeného rozboru vyplývá, že základním kritériem pro sledování degradace kabelů je tažnost izolace žil a pláště kabelů.

Kritéria přijatelnosti

Jsou nastavena kritéria (včetně bezpečnostní rezervy), po jejichž překročení je míra degradace natolik významná, že může ohrozit schopnost kabelu plnit svoje funkce v normálním a především v havarijním provozu. Nový kabel musí splňovat technické podmínky výrobce nebo požadavky JE. Během stárnutí se některé vlastnosti mohou měnit. Kabel nesmí být poškozen do té míry, aby byla ohrožena jeho funkčnost. Kritéria přijatelnosti musí být konzervativní, aby pokryla potenciální materiálové nehomogenity, nejistoty uplatňovaných metod hodnocení apod.

V dokumentech IAEA [78], [80] , dokumentech EPRI [82], [83] a jiných mezinárodních odkazech [81], [84], [85], [86], [87] jsou uvedena doporučená kritéria přijatelnosti pro jejich uplatnění v PŘSK.

V PŘSK českých JE se uplatňují tato kritéria:

1. Základním kritériem přijatelnosti kabeláže je tažnost pláště a izolací žil. Její hodnota nesmí klesnout pod 50 % u bezpečnostně významných kabelů
2. Jednoduchá absolutní kritéria pro elektrické parametry má smysl nastavovat pouze pro konkrétní aplikace a typy (konstrukce) kabelu. Obecné kritérium přijatelnosti pro všechny kabely by muselo být stanoveno s velkou rezervou, aby byly pokryty všechny možné alternativy. To by ale diskvalifikovalo velkou většinu kabeláže
3. Vhodný potenciál pro stanovení stavu kabelů s možností indikace změn (degradace) skýtají metody kombinace měření více elektrických parametrů. Je nutné ovšem provádět dlouhodobá měření a parametry nastavit vždy individuálně na konkrétní kabely. Výhodou je uplatnění u nepřístupných kabelů
4. Pro vysokonapěťové kabely je vhodnou metodou stanovení stavu kabelů měřením částečných výbojů a ztrátového činitele $tg \delta$

Pozn.: V současnosti není známá jiná chemická, fyzikální či elektrická metoda, která by umožňovala jednoznačně definovat absolutní kritérium přijatelnosti pro široké spektrum kabelů

Aplikování poznatků z tuzemské i světové praxe

Pro posouzení přístupu ke sledování stavu kabeláže a její funkce v provozních podmínkách JE, jsou využity příručky, návody, doporučení světových organizací EPRI, NRC, IAEA, OECD/NEA a odpovídající standardy, viz Reference.

Při realizaci PŘSK jsou využívány celosvětově uznávané zkušenosti jak s kvalifikacemi kabelů a jejich komponent pro tuzemské i zahraniční JE tak s řešením PŘSK pro tuzemské JE. PŘSK v České republice rovněž respektuje výsledky výzkumu a vývoje kabelových souborů JE a požadavky na řízené stárnutí kabelů doma i ve světě. Pracovníci provádějící PŘSK ze Skupiny ČEZ se pravidelně účastní konferencí spojených s tímto tématem, byli spoluorganizátory 2 mezinárodních konferencí o kabelech JE [85], [86].

Dále jsou uvedeny některé z projektů, kterých se specialisté provádějící PŘSK aktivně zúčastnili a jejichž výstupy byly využity pro tvorbu i aktualizace programu:

- FP6 Euratom Project „ Management of I&C component ageing in nuclear power plants – MAGIC, 2007-2008
- FP 7 Euratom Project “Ageing Diagnostics and Prognostics of low-voltage I&C cables” ADVANCE, 2011-2013

- IAEA Research co-ordination program on Management of ageing of in-containment I&C cables, 1998-2000
- IAEA research coordination program on Qualification, Condition Monitoring and Management of Aging of Low Voltage Cables in Nuclear Power Plant Life Management, 2012-2015
- Influence of pigments on cable life time, IAEA research project, ÚJV Řež, ČEZ and University of Tokyo, 2011-2016
- Project “Enhancing the Capabilities of National Nuclear Institutions to Ensure Safe Nuclear Power Programmes”, INSC Project CH3.01/10, based on cooperation between the European Commission (EC), DG Development and Cooperation – EuropeAid, on one side, and the People’s Republic of China on the other side. Task leader on Equipment qualification, 2014-2017
- OECD/NEA Cable aging project (SCAP), 2007-2010
- IAEA Expert Missions on Cable Ageing Management Programs for Atucha (Argentina), Angra (Brazil), Qinshan (China), Metsamor (Armenia), Laguna Verde (Mexico) NPPs, 2011-2017
- Project TAČR TA02010218; Výzkum degradace kabelových polymerních materiálů a vývoj metod pro ověření jejich způsobilosti v podmínkách těžké havárie jaderných elektráren nové generace, 2012-2015
- MPO 7 Legislativa FT TA4/0069 - Bezpečnostní a legislativní aspekty výstavby a spouštění JE nové generace pro energetiku ČR, etapa 10: Vliv požáru na kvalifikaci kabelových systémů, 2007 - 2010
- Vliv mechanického namáhání na životnost kabelů JE včetně odolnosti při MPH, projekt financovaný ČEZ, 2007-2008

Využití vnitřních a vnějších provozních zkušeností

Mezinárodní provozní zkušenosti byly implementovány do dokumentů vydaných v rámci mezinárodních organizací, jako např. IAEA či OECD/NEA [78][80][81][82][83][84][85][86]. Tyto dokumenty vznikly v širokém diskusním fóru pracovníků JE z celého světa a jsou považovány za dostatečně reprezentativní základ pro PŘSK JE v ČR. Na základě dotazníkového šetření a osobních konzultací jsou získávány další detailnější informace o programech řízeného stárnutí, provozních zkušenostech s kabely a o postupech výměny BVK na jaderných elektrárnách provozovaných ve světě, včetně důvodů a rozsahů těchto výměn. Mezi oslovenými JE byly např. elektrárny v Kanadě, Japonsku, Švýcarsku, ale také JE typu VVER v Arménii, Ukrajině či Rusku. Na starých JE ve světě (mimo VVER) jsou instalovány jiné typy a materiály kabelů. Výsledky jejich stárnutí je tedy možno použít jen jako informace pro zlepšení obecných znalostí. Nicméně, byly získány i vzorky starých kabelů z Ukrajiny, které byly využity pro porovnání kvality mezi oběma zeměmi.

Další informace o kabelech a jejich stárnutí byly získány i od provozovatelů českých klasických elektráren informace, včetně odběru vzorků starých provozovaných kabelů pro hodnocení jejich stavu. Tyto poznatky jsou využity hlavně u BVK v mírném prostředí.

Každoročně probíhá česko-slovenský seminář „Řízené stárnutí, řízení životnosti, výměna zkušeností“, kterého se účastní zástupci všech elektráren v obou zemích a kde se, mj. řeší i kabelové systémy. Vzhledem k tomu, že v obou zemích jsou JE podobného stáří a s podobnými kabely, jsou tyto informace velmi důležitouází pro hodnocení životnosti.

Všechny takto získané znalosti jsou implementovány do PŘSK. Výstupem z PŘSK je periodické roční hodnocení s výstupy do HR, PrBZ.

PŘSK na českých JE, který provádí společně ČEZ, a.s. a ÚJV Řež, a.s., získal cenu „EPRI Nuclear Transfer Award 2016“ za „Cable Aging Management Program Implementation“.

Zároveň byla při pre-SALTO, SALTO i SALTO Follow up misích IAEA v JE Dukovany konstatována vysoká úroveň PŘSK, jeho implementace, udržování a rozvoje[88]. V roce 2008 byl pre-SALTO misí PŘSK (zejména svědečné vzorky v depozitech) označen jako dobrá praxe. V roce 2014 byla SALTO misí za dobrou praxi označena další součástí PŘSK: Monitoring parametrů prostředí.

Významný podíl na realizaci PŘSK má ÚJV Řež, a.s. V rámci jeho akreditované zkušební laboratoře bylo od roku 1994 provedeno velké množství kvalifikačních zkoušek kabelů pro JE i výrobce kabelů v tuzemsku i ve světě, včetně prací pro významné světové kabelovny, jako jsou např. Alcatel, Nexans či Habia Cable. Zároveň zde byly zkoušeny všechny kabely českých výrobců, které jsou nainstalovány na JE a pravidelně jsou rekvalifikovány instalované kabely na EDU i ETE. Zkušenosti z těchto, mnohdy dlouhodobých, zkoušek jsou uplatňovány při aktualizacích PŘSK.

Zajištění jakosti

Obecné zásady zajištění jakosti u společnosti ČEZ, a. s., jsou uvedeny v kapitole 2. V rámci PŘSK jsou požadavky zajištění jakosti ze strany provozovatele ČEZ plněny bez nedostatků. To je uvedeno v závěrečné zprávě SALTO mise IAEA na JE Dukovany v roce 2014 při kontrole připravenosti k dlouhodobému provozu bloků (LTO).

Pracovníci provádějící PŘSK na českých jaderných elektrárnách jsou držiteli certifikátů o shodě s požadavky ISO 9001:2008, EN ISO 14001:2004 a BS OHSAS 18001:2007. Zkušební laboratoř odd. 2305 ÚJV Řež, a.s. je dále držitelem Osvědčení o akreditaci dle ISO/IEC 17025:2005 ke „Stanovení fyzikálně-chemických, mechanických, termodynamických a elektrických vlastností materiálů a průmyslových výrobků k ověření funkčnosti v prostředí jaderných i nejaderných zařízení, stanovení parametrů radiačních polí záření gama a urychlení elektronů“ a má osvědčení o shodě s požadavky dokumentu US NRC 10 CRF, Part 50, Appendix B o kvalitě práce v jaderných elektrárnách.

Hodnocení stárnutí elektrických kabelů výzkumného reaktoru LVR-15

Kabely výzkumného reaktoru LVR-15 se nacházejí v prostředí bez mimořádných vlivů a dochází u nich pouze k pozvolné dlouhodobé, přirozené degradaci projevující se jen malými odchylkami od původního stavu.

U kabelů systému SOŘ je ověřena způsobilost (kvalifikace) nových kabelů pro garantovanou dobu životnosti celého systému, což je do roku 2030.

MaR- v rámci projektu obnova SOŘ bylo provedeno posouzení stavu kabeláže vybraných okruhů MaR, jakožto systému přímo navazujícího na systém ochran. Výstupem je zpráva „Ověření funkčnosti kabelových systémů na základě měření vybraných okruhů MaR pro podmínky jejich dalšího provozu v lokalitě LVR-15, Centrum výzkumu Řež s.r.o., včetně havarijního režimu“, DITI 2305/137 [89].

Ověření způsobilosti bylo provedeno na základě měření izolačních odporů kabelů a provedení tahových zkoušek na vzorcích izolace ze stávajících kabelů vybraných okruhů MaR a na základě

zkušeností z programu řízeného stárnutí (PŘSK) na českých jaderných elektrárnách a na základě poznatků z kvalifikačních typových zkoušek JE Dukovany - u všech typů kabelů obsažených v předmětné zprávě, je možné dokladovat jejich použití na JE Dukovany v podmínkách stejných nebo hošších než jsou vystaveny v lokalitě LVR-15, Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Kabely obsažené v předmětné zprávě s velkou rezervou vyhověly při měření elektrických a mechanických vlastností. V rámci hodnocení stavu těchto kabelů je využíváno zkušenosti z JE Dukovany, kde je v rámci Programu řízeného stárnutí kabelů (PŘSK) sledována jejich životnost, která v podobných podmínkách, které panují na výzkumném reaktoru LVR-15, je minimálně 40 let. Z těchto důvodů je možné konstatovat, že předmětné kabely mají dostatečně ověřenou životnost pro jejich provoz na LVR-15, Centrum výzkumu Řež s.r.o. do roku 2030.

SZN1, SZN2- Nové nebo zaměněné kabely v rámci rekonstrukce SZN 1 a 2 jsou kabely typu CXKE-R, v oheň nešířícím provedení dle ČSN IEC 332.3 kategorie A. Životnost těchto kabelů je do roku 2030 spolehlivě zaručena.

3.1.3 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly elektrických kabelů

3.1.3.1 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly elektrických kabelů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Aktivity v rámci PŘSK

Základní aktivity programu jsou shrnuty v kapitole 3.1.1.1, části Stručný popis PŘSK a na Obr. č. 3.1. Vlastní realizace PŘSK probíhá podle řízené dokumentace (standards, metodiky) uvedené v kapitole 2 a časových plánů jednotlivých činností na JE. Hlavní činnosti dle standardů ČEZ uvedených v kapitole 2 jsou popsány v následujících bodech (detailněji v dalším textu):

- Aktualizace seznamu BVK dle SSK
- Vizuelní prohlídky kabelů
- Měření svědečných kabelů
- Hodnocení kabelů odebraných z provozu
- Monitoring parametrů prostředí
- Dokladování stavu a životnosti kabelů

Aktualizace seznamu BVK

Každoročně se provádí aktualizace seznamu BVK podle údajů ze systému SSK. U každého typu BVK je potřeba získat co nejvíce informací o materiálovém složení, zjistit údaje od výrobce a provést zkoušky zrychleného stárnutí, tj. zjistit trend změn vlastností s dobou stárnutí při různých podmínkách apod. Informace o BVK jsou pak shrnuty v samostatných dokumentech a v databázovém systému.

Databázový systém pro BVK

Databázový systém pro BVK je SW prostředek, který se skládá ze tří hlavních programových aplikací:

- Výpočty a vyhodnocení životnosti bezpečnostních kabelů
- Sledování parametrů prostředí
- Protokoly vizuelních prohlídek

System je síťovou aplikací na počítačích provozovatele JE. Aplikace Výpočty a vyhodnocení životnosti bezpečnostních kabelů zpracovává data z databáze Systému správy kabelů (SSK). Informace k jednotlivým aplikacím systému BVK jsou níže v textu.

Vizuální prohlídka kabelových tras

Vizuální prohlídkou stavu kabelů je získána informace o přítomnosti či nepřítomnosti degradace kabelů a jejímu vývoji s ohledem na dobu provozování. Provádí se přednostně v místech s potenciálním nebezpečím degradace (např. možnost malého úniku v případě poruchy potrubí či armatury). Vizuální prohlídka umožňuje jednoduchým a rychlým způsobem detekovat některé projevy degradace kabelů. Nálezy z vizuálních prohlídek jsou řešeny nápravnými opatřeními v rámci programu údržby. Mezi významné nálezy patří popraskané pláště, případně i izolace kabelů, pokud jsou přístupné. Pro kabel, který musí být funkční v případě projektové nehody a na kterém byly diagnostikovány významné nedostatky, jsou neprodleně přijímána nápravná opatření. Stejně přísně se posuzují i nehermetická připojení kabelu k bezpečnostnímu zařízení vyžadujícímu kvalifikaci. Ostatní indikátory degradace je potřeba hodnotit individuálně podle aktuálního stavu kabelů, okolního prostředí a zařízení, ke kterému je kabel připojen.

Všechny výsledky vizuálních prohlídek, jak pozitivní tak i negativní, jsou zaznamenávány v elektronické podobě v databázi. Informace z vizuálních prohlídek včetně fotodokumentace jsou sdíleny v rámci počítačové sítě provozovatele. Na základě nastavené zpětné vazby, jsou prováděny zpětné kontroly odstraňování nálezů.

V současnosti byly provedeny vizuální prohlídky kabelů v HZ/kontejnmentu a potrubním prostoru EDU i ETE na všech blocích. V nejméně příznivých místnostech, jako např. box parogenerátoru, kompenzátor objemu, PoE, byly vizuální prohlídky provedeny opakovaně. Dále byly provedeny v DGS, budově aktivních a pomocných provozů a dalších vybraných lokalitách. Vizuální prohlídky kontinuálně pokračují i v dalších lokalitách.

Další kontroly jsou rovněž prováděny pracovníky JE podle „Programu provozních kontrol“ (např. systém ECAD).

Měření svědečných (deponovaných) kabelů v rámci PŘSK

Deponovaným kabelem je zde míněn svědečný vzorek bezpečnostního kabelu, uložený z hlediska degradačních podmínek v dobře definovaném prostředí JE, který je určen k periodickým zkouškám mechanických, elektrických a fyzikálně-chemických vlastností za účelem hodnocení stavu kabelu stejného typu a určení jeho zbytkové životnosti. Měření jsou založena na mezinárodních standardech např. [90], [91], [92].

Od každého typu deponovaného kabelu je v depozitu více kusů a na nich jsou v intervalu 2 až 7 let prováděna vlastní měření. Interval měření závisí na stavu kabelu a podmínkách jeho uložení. V depozitu se nachází rovněž vzorky kabelů, které jsou ohnuté přes ostrou hranu, případně zmáčkuté. Na těchto vzorcích je sledován vliv případné nesprávné instalace kabelu. Jako záložní se zde nacházejí i kabely, které slouží k dlouhodobé přípravě definovaně zestárnutých bezpečnostních kabelů. Ty mohou být v budoucnosti použity např. za účelem ověřování způsobnosti kabelů v podmínkách maximální projektové nehody a pohavarijního stavu, či pro případ ověřování funkčnosti při těžkých haváriích.

Na EDU a ETE se nachází celkem 38 kabelových depozitů, kde stárne více než 400 kabelů. V případě nově instalovaných typů BVK jsou připravovány nové svědečné vzorky. Depozity pokrývají svými parametry provozované kabely od nejhorších podmínek v těsné blízkosti hlavního cirkulačního

potrubí až po mírné podmínky na chodbách. Na ETE byly instalovány kabelové depozity již před spuštěním elektrárny. Na obr. 3.3 jsou obrázky některých depozitů. Na EDU byly první svědečné vzorky uloženy v roce 2005, tj. 20 let od spuštění.

Jako svědečné vzorky jsou použity kabely:

- Nové, tj. nově instalované
- Starší kabely ze skladu, které jsou patřičně před-stárnuty
- Kabely odebrané z provozu JE při obměnách zařízení

Výsledky měření jsou každoročně zaznamenávány v elektronické podobě do databáze. Trendy změn vlastností svědečných kabelů změřených v daném roce jsou vždy popsány v pravidelné roční zprávě PŘSK. Ve zprávách popisující svědečné kabely jsou graficky shrnuty všechny výsledky měření mechanických vlastností.



Obr. č. 3.3: Depozity se svědečnými kabely

Od roku 2012 jsou prováděna doplňující měření na kabelech EDU, které byly odpojeny v rámci záměny, ale zůstaly na místě původní instalace. Na těchto kabelech se měří elektrické parametry. Tyto parametry, resp. trendy změn jsou porovnávány s laboratorně zestárnutými vzorky, přičemž životnost je vztažena na tažnost izolace plášťů a žil při současném zachování elektrické funkčnosti.

Na kabelech JE se provádí také pravidelná diagnostická měření s cílem hodnotit aktuální funkčnost kabelů, případně celé trasy. Tato měření nejsou primárně určena pro hodnocení zbytkové životnosti. Jednotlivé kabelové trasy jsou měřeny včetně vývodů a hodnoceny při periodických kontrolách konkrétního zařízení, např. kontrole detektorů neutronových toků, kalibraci termočlánků, tlakových snímačů, testování funkčnosti armatur apod. Mezi pravidelná měření patří provozní revize zařízení včetně kabelů. Všechny výsledky jsou zaznamenávány a archivovány.

Hodnocení kabelů odebraných z provozu

Měření kabelů, které byly odebrány z provozu, je rovněž součástí PŘSK. Vzorky kabelů z provozu byly dříve získávány náhodně, například provozované kabely JYTY, CYKY, CHKE-R v rámci kvalifikačních zkoušek. Od roku 2014 je v předstihu k dispozici seznam kabelů rušených v rámci různých modifikací na JE. Tento seznam je porovnáván s aktuálním seznamem BVK a v případě potřeby je o vhodný kabel pro PŘSK požádán příslušný správce zařízení. V roce 2017 probíhá rozsáhlá

akce „Validace a verifikace VVK“, při které budou z EDU vyjmuty a měřeny desítky kabelů. U kabelů budou měřeny mechanické vlastnosti a porovnány s ostatními analýzami.

Kontrola provozovaných kabelů probíhá také při vizuálních kontrolách, detaily výše.

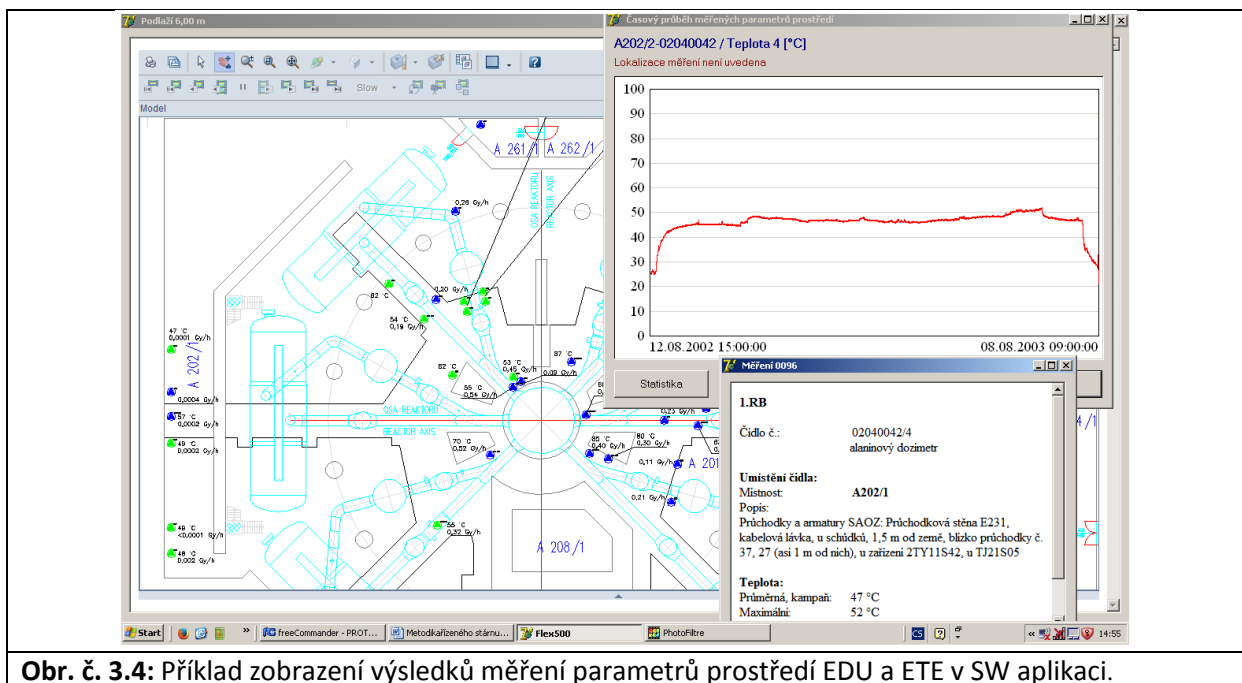
Monitoring parametrů prostředí

Měření parametrů prostředí byla započata v roce 1996 v hermetické zóně EDU, převážně v místech s očekávanou vysokou teplotou a radiací. Postupně bylo měření rozšířeno do ostatních prostor EDU a na ETE. Výsledky se využívají nejen pro PŘSK, ale mohou být široce využitelné i pro ostatní profese JE, typicky pro kvalifikaci zařízení. V současnosti jsou parametry prostředí změřeny na několika stovkách míst reaktorových bloků a na několika desítkách míst mimo HZ/kontejnment. V případě požadavku provozovatele je monitoring prostředí ve vybraných místech opakován.

Od roku 1996 jsou na EDU a od roku 2000 na ETE měřeny následující parametry prostředí:

- Teplota - používají se samonapájecí záznamníky s intervalem měření 1 hod až 6 hod po dobu alespoň jedné kampaně
- Vlhkost - měření pomocí samonapájecích záznamníků
- Dávkový příkon ionizujícího záření pomocí alaninových dozimetřů s vyhodnocením na spektrometru
- Měření fluence tepelných a rychlých neutronů - Pouze v okolí hlavního cirkulačního potrubí

Všechna měření parametrů prostředí na EDU / ETE jsou uvedena v elektronických řezech jednotlivých podlaží. Tento výstup je součástí SW aplikace (Obr. č. 3.4).



Obr. č. 3.4: Příklad zobrazení výsledků měření parametrů prostředí EDU a ETE v SW aplikaci.

Výpočet zbytkové životnosti

Pro výpočet zbytkové životnosti jsou nutné následující informace:

1. Seznam BVK

Informace o provozovaných kabelech jsou získávány z aktualizovaných databází SSK na EDU a ETE. Výpočtový systém vybírá z SSK bezpečnostní kabely, k nim přiřadí jejich základní údaje o celé trase, vstupních a koncových zařízeních.

2. Parametry prostředí

Každá místnost, kde se nachází BVK, má informaci o teplotě a dávkovém příkonu. Pokud nebyly změřeny reálné parametry prostředí, využívají se projektové hodnoty. Systém používá jako základní předpoklad Arrheniovu metodu na přepočtení doby stárnutí při různých teplotách. Tato metoda je doporučována v mezinárodních normách IEC, IEEE či ISO na stárnutí kabelových souborů i v metodikách IAEA, EPRI apod.

3. Data z laboratorně zestárnutých kabelů, kdy byl měřen trend změn vlastností s dobou stárnutí při různých podmínkách (tzv. Výpočetní algoritmy).

Systém počítá zvláště zbytkovou životnost pláště a izolace žil v jednotlivých lokalitách, kde je kabel provozován. Je možné zobrazit buď celkovou informaci o všech výpočtech, nebo souhrnný výpočet, kdy se zobrazí jen nejhorší výsledek s uvedením lokality.

Základním kritériem, podle kterého se životnost počítá je tažnost pláště a izolace žil, přičemž kritériem konce životnosti je pokles tažnosti na hodnotu 50 %. Výběr tohoto kritéria je zdůvodněn v kapitole 3.1.2.1, části Kritéria přijatelnosti a v dokumentech [78], [80], [81], [83]. Konečným výstupem z výpočtu pak je doba, která ještě zbývá do dosažení kritického stavu, tzv. zbytková životnost, viz schéma na Obr. č. 3.2.

Systém sledování výkonnosti a stavu kabelových souborů EDU

Systém sledování výkonnosti a stavu kabelových souborů v EDU je založen v souladu s platnou legislativou, směrnici, postupy a řídicí dokumentací pro Program údržby a plánování péče o majetek na realizaci programu provozních pochůzek, provozních kontrol, preventivní údržby případně prediktivní údržby na základě výsledků diagnostiky, funkčních zkoušek a testů.

Programy preventivní údržby jsou zpracovány s ohledem na bezpečnostní významnost zařízení (odstupňovaný přístup), zkušenost s dosavadním provozem zařízení a s ohledem na vnější průmyslovou zkušenost. Realizací činností dle požadavků programu preventivní údržby je zajišťována požadovaná dostupnost a výkonnost kabelových souborů při dodržení bezpečnostních požadavků.

Cílem preventivní údržby je realizovat ve stanovených periodách a stanoveném rozsahu činnosti vedoucí k ověření a dosažení odpovídajícího fyzického stavu zařízení.

Programy preventivní a prediktivní údržby jsou pravidelně vyhodnocovány. Povinnost periodicky vyhodnocovat účinnost programu preventivní údržby je uložena správci zařízení řídicí dokumentací pro evidenci, sledování, vyhodnocování výkonnosti a stavu, řízení životnosti majetku, technologických systémů a zařízení JE. V této řídicí dokumentaci jsou stanoveny zásady pro provádění vyhodnocení a analýzy provedené údržby s cílem vytvořit paměť údržby zařízení a z její analýzy přijmout taková preventivní opatření, která zajistí nepřetržitou optimalizaci programů údržby a ověřování jejich efektivnosti při následném provozování zařízení.

Dále jsou prováděny prohlídky, což je samostatný úkon nebo součást kontroly či revize, při němž je převážně vizuálně sledováno, zda zařízení vyhovuje požadavkům platných norem a předpisů a nevykazuje zjevné závady ovlivňující nebo ohrožující provoz zařízení samého nebo jeho okolí.

Pochůzky, jak jsou definovány řídicí dokumentací ČEZ, a. s., mají za úkol preventivní identifikaci závad zařízení, ještě před rozvojem poruchy. Činnosti při kontrolních pochůzkách provádějí pracovníci ČEZ, a. s. podle kontrolních pochůzkových listů. Kontrolní pochůzkové listy nenahrazují příslušné provozní předpisy pro dané systémy nebo technologické celky.

Kontrolní pochůzky jsou zaměřeny zejména na:

- Kontrolu čistoty prostředí v místnostech a prostorách kabeláže
- Kontrolu stavu osvětlení místnosti, funkčnost nouzového osvětlení
- Kontrolu jednotlivých prostor z hlediska BOZP a požární ochrany
- Kontrolu stavu a funkce klimatizace v místnostech
- Obhlídku stavu zaústění kabelů do rozváděčů
- Vizuální kontrolu kabelových souborů

V zápise z pochůzky jsou uvedeny pouze prováděné činnosti a zjištěné skutečnosti. Výsledky kontrolní a pochůzkové činnosti zapisuje určený pracovník do Provozního deníku směny).

Záznamy o výsledcích pravidelných pochůzkových kontrol se provádí formou zápisu do Elektronického provozního deníku s identifikací typu kontroly a zhodnocení jejího výsledku. Zjištěné závady neodstraněné při pochůzce se standardně evidují v Kartě evidence závad a jsou odstraněny následně v rámci nahodilé údržby.

Historie inspekcí, sledování trendů. Souhrn informací

Inspekce na JE, sledování trendů je popsáno v kapitolách výše. Pro lepší přehled jsou jednotlivé informace ještě jednou shrnuty.

- a) *Vizuální kontroly kabelů.* Jsou prováděny pravidelné vizuální kontroly provozovaných kabelů. Výsledky jsou zapisovány do příslušné databáze, kde je zaznamenána celá historie. Zásadní nedostatky jsou ihned odstraňovány, přičemž pracovníci provádějící PŘSK provádí namátkovou kontrolu.
- b) *Monitorování parametrů prostředí.* Již více než 20 let probíhá monitorování parametrů okolního prostředí. Na EDU bylo provedeno srovnávací měření teploty a dávkového příkonu na vytipovaných místech v rozmezí 3 až 13 let. Údaje sloužily pro získání informací o možných potenciálních trendech, změnách, které se ale nepotvrdily.
- c) *Změny vlastností deponovaných kabelů, jejich degradace.* Na obou elektrárnách je umístěno velké množství svědečných kabelů. Na ETE jsou od počátku provozu, na EDU od roku 2005. U těchto kabelů se postupně měří jejich funkční vlastnosti. Všechna naměřená data jsou uvedena v databázi.
- d) *Kabely odebrané z provozu.* Kabely odebrané z provozu při záměnách jsou velmi důležitou položkou při vyhodnocování aktuálních vlastností kabelů. Po porovnání s výchozími hodnotami slouží pro odhad dalších trendů sledovaných parametrů.
- e) *Programy preventivní údržby.* Pravidelně se vyhodnocují programy preventivní údržby. Historie a trendy jsou zaznamenávány a zpracovány správcem zařízení podle schválených metodik JE.

3.1.3.2 Monitorování, zkoušení, odebrání vzorků a kontroly elektrických kabelů výzkumného reaktoru LVR-15

Kabelové trasy jsou pravidelně kontrolovány v souladu s Programem provozních kontrol v intervalech kontrol příslušejících zařízení, ke kterým je daná kabeláž přiřazena. Výsledky kontrol jsou protokolárně zaznamenány a ukládány. Převážná část kabelů je přístupná denně, ostatní jsou přístupné ke kontrole při odstávce reaktoru, tj. min. 1x měsíčně. Případná degradace je dostatečně zavčasu detekovatelná a umožňuje přijmout potřebná opatření k nápravě.

3.1.4 Preventivní a nápravná opatření pro elektrické kabely

3.1.4.1 Preventivní a nápravná opatření pro elektrické kabely jaderných elektráren Dukovany a Temelín

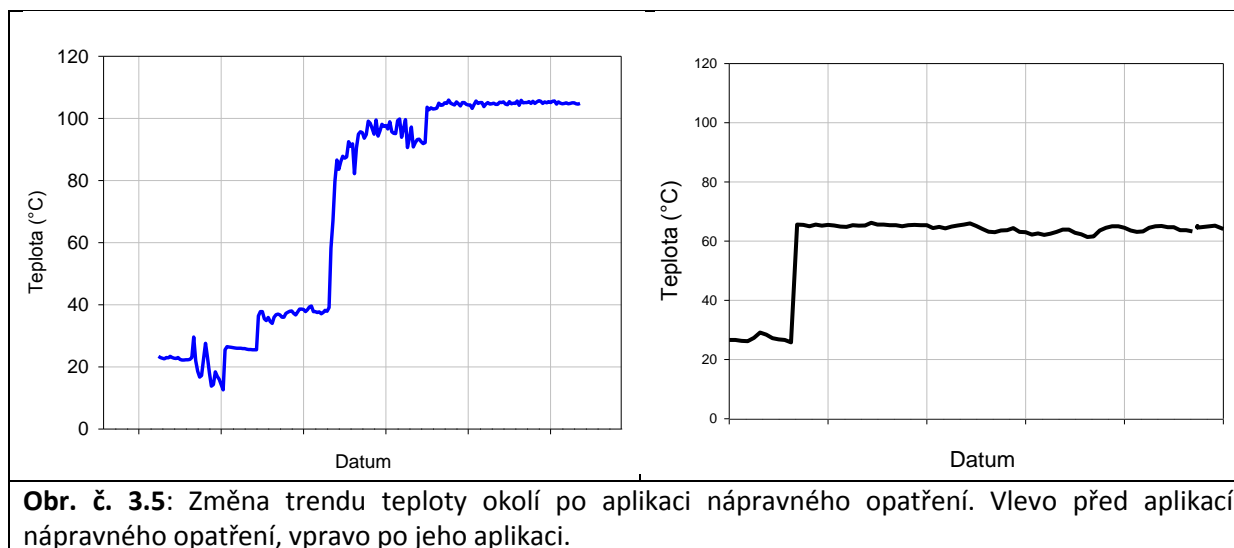
V této kapitole jsou popsána kritéria, nápravná opatření a procedury, které se vztahují na PŘSK. Základní technická kritéria přijatelnosti jsou uvedena v kapitole 3.1.2.1. Konečným výstupem z PŘSK je doba v letech, která ještě zbývá do dosažení tohoto kritického stavu, tzv. zbytková životnost.

Existují 3 základní kategorie:

1. Kabel v provozuschopném stavu. Zbytková životnost je více než 10 let.
2. Kabel dožívající. Zbytková životnost do 10 let.
3. Kabel nevyhovující. Jedná se o kabely, které se staly nevyhovující z důvodu např. mechanického poškození, apod.

Pokud je kabel hodnocen jako dožívající, jsou aplikována nápravná opatření, s cílem prodloužit zbytkovou životnost. Jedná se o soubor technických opatření jako např. zlepšení provozních podmínek kabelů, snížení teplotního zatížení vhodnou bariérou (Obr. č. 3.5), podložení kabelů v místě opření o hranu apod.

Kabel nevyhovující je potřeba okamžitě opravit, nebo vyměnit. Postup pro výměnu kabelu: oprávněný pracovník provozovatele založí požadavek v určené SW aplikaci TIPOM, zde pokračuje řešení náhrady stávajícího poškozeného, dožitého kabelu projektovým nástrojem formou projektové změny. Je stanoven ekvivalent náhrady původního kabelu. Je vypracována projektová a realizační dokumentace včetně trasování, výkresy vnějších spojů, jednopólové schéma rozvaděče, dle SSK (tato databáze obsahuje skutečné provedení pokládky kabeláže na příslušné lokalitě) a následně je realizována pokládka nového kabelu dle zásad dÚP 455 Principy pro řešení kabeláže (ETE), resp. ČEZ_ME_0777 Aplikace SSK - závazný postup pro modifikace s dopadem do kabeláže EDU [93].



3.1.4.2 Preventivní a nápravná opatření pro elektrické kabely výzkumného reaktoru LVR-15

Preventivními opatřeními z pohledu provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 je kvalifikace kabelů a určení jejich zbytkové životnosti, která je pro výše popsané typy kabelů stanovena na r. 2030. V rámci péče o zařízení výzkumného reaktoru LVR-15 je využíváno i zpětné vazby z provozu JE, kde jsou instalovány stejné typy kabelů avšak pracujících v horším prostředí než v lokalitě LVR-15. Dále je kabeláž pravidelně kontrolována v rámci Programu provozních kontrol i pochůzek personálu. Nápravnými opatřeními je pak výměna kabelu v případě zjištěné degradace.

3.2 Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí kabelů

3.2.1 Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programu řízeného stárnutí kabelů

PŘSK byl započat v roce 1995. S prohlubujícími znalostmi o kabelech, a to na základě vlastních zkušeností ale i ze světa, se dále rozšiřují a zpřesňují analýzy degračních mechanismů, diagnostika stavu izolačních materiálů a zjišťování trendů vývoje degradace izolačních materiálů. Následně je hodnocen a výpočtem periodicky upřesňován údaj o zbytkové životnosti sledovaných kabelů. Diagnostika sledovaných kabelů je neustále doplňována o poznatky získávané na základě, obstarávání dalších vzorků kabelů z provozu, z měření svědečných kabelů na depozitech a ze stavů kabelů zjištěných při vizuálních kontrolách. Všechny výsledky jsou využívány pro zpřesňování výpočtových parametrů pro hodnocení zbytkové životnosti. Na základě výsledků PŘS a paralelně probíhajícího programu kvalifikace kabelů už bylo vydáno několik doporučení k záměně starších typů kabelů z nejvíce namáhaných lokalit, např. kabelů KPOBOV, KPOSG, KMPVEV.

V roce 2016 a 2017 bylo získáno více než 70 vzorků kabelů, které byly odebrány z různých míst JE Dukovany, včetně nejhorších lokalit jako je box parogenerátoru. Byl u nich porovnán aktuální stav s předpovědí, kterou poskytuje PŘSK. Nebyla zaznamenána degradace, která by nebyla v souladu s očekáváním dle PŘSK.

Monitoring parametrů prostředí, který původně sloužil jen pro PŘSK, je v současnosti využíván i pro jiné programy řízeného stárnutí či pro zpřesnění životnosti komponent měření a regulace v rámci udržení kvalifikace zařízení JE. Výsledky z monitoringu prostředí jsou podkladem pro dlouhodobý provoz EDU (LTO - Long Term Operation).

PŘS skupin kabelů zmíněných v kapitole 3.1.1.1, části Stručný popis PŘSK zatím nemusel být měněn. Nebylo zaznamenáno, že by stárnutí jednotlivých typů kabelů bylo odlišné od předpokládaného průběhu.

Změny a doplňky v PŘS byly postupné a vždy souvisely s rozvojem znalostí a potřeb JE. PŘSK je plně funkční systém pro hodnocení provozuschopnosti a znalosti zbytkové životnosti BVK, toto je nedílnou součástí ročního hodnocení typů bezpečnostních kabelů v HR, PHŽ, PrBZ.

PŘSK byl důkladně prověřen při mezinárodní misi IAEA SALTO v roce 2014 a následně při kontrole plnění závěrů v roce 2016 (Follow-up). Mise SALTO ve svém závěru [88] konstatovala, že PŘSK je veden řádně, nebyly nalezeny žádné nedostatky. Navíc systém kabelových depozitů označila jako „good performance“ a měření parametrů prostředí ocenila vyšším stupněm, jako „good practice“.

Správně vedený PŘSK ocenila také EPRI, když společnosti ČEZ a ÚJV Řež, a.s. Řež udělila ocenění „EPRI Nuclear technology Transfer Award 2016“ za „Cable aging management program implementation“.

3.2.2 Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí kabelů

Součástí programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15 není specifický program nebo opatření pro sledování a řízení stárnutí kabelů. V rámci programu kvalifikace je určena životnost kabelu, jejich stav je pak kontrolován v rámci Programu provozních kontrol a obchůzkami personálu. Po celou dobu provozu reaktoru nedošlo vinou selhání kabelu k abnormálnímu provozu reaktoru.

3.3 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů

3.3.1 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

SÚJB vyhodnotil informace týkající se stárnutí elektrických kabelů, jež byly do této zprávy poskytnuty provozovatelem JE Dukovany a Temelín, spolu s informacemi získanými ze své hodnotící a inspekční činnosti.

Stav kabelů je ze strany SÚJB pravidelně vyhodnocován v rámci hodnocení každoročně aktualizované provozní bezpečnostní zprávy. V provozní bezpečnostní zprávě jsou uvedeny informace z pravidelného ročního hodnocení životnosti kabelů spadajících pod program řízeného stárnutí kabelů. Při své inspekční a hodnotící činnosti inspektoři pravidelně vyhodnocují stav kabelových souborů, hodnoceny a kontrolovány jsou činnosti prováděné v rámci odstávek i mimo ně (kontroly, výměny, rekonstrukce apod.). V neposlední řadě byl celý systém detailně prověřován během licenčního procesu o povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany po 30-ti letech provozu (tedy k „LTO“). V rámci zpětné vazby z provozu se v minulosti objevily dílčí problémy týkající se kabelových souborů, např. degradace kabelů v čase mnohem kratším, než bylo dokladováno kvalifikačními protokoly, tyto události však nesouvisely s nastavením programu řízeného stárnutí kabelů ale problémy s dodavateli.

Program je nastaven pro všechny bezpečnostně významné kabely, bez ohledu na to, zda jsou vysokonapěťové, či nízkonapěťové. V rámci programu je prováděna celá spousta aktivit, od kvalifikace kabelů na drsné prostředí, sledování a vyhodnocování parametrů prostředí v místech, kde jsou kabely instalovány, vizuálních kontrol instalovaných kabelů, hodnocení kabelů vyjmutých při obnovách z technologie, instalování kabelů v depozitech (svědečný program). PŘSK byl oceněn

i mezinárodně – misí SALTO v rámci hodnocení připravenosti JE Dukovany k dlouhodobému provozu, tak i uskupením EPRI (PŘSK získalo v r. 2016 za implementaci programu řízeného stárnutí kabelů ocenění).

Program řízeného stárnutí kabelů odpovídá požadavkům platné legislativy i dalších dokumentů spadajících do národního legislativního a dozorného rámce České republiky (viz kapitola 2.1).

Z výše uvedených důvodů považuje SÚJB nastavený program řízeného stárnutí kabelů JE Dukovany a Temelín za správně nastavený a dostatečně účinný.

3.3.2 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí kabelů výzkumného reaktoru LVR-15

Stav bezpečnostně významných kabelů výzkumného reaktoru LVR-15 není v současné době sledován z hlediska vlivu stárnutí, BVK výzkumného reaktoru LVR-15 nejsou zařazeny do Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15. Kabeláž je sledována v rámci Programu provozních kontrol týkajících se konkrétního technologického zařízení/systemu z pohledu jejich funkčnosti. Vzhledem k vydání nové legislativy, bude Program řízeného stárnutí reaktoru LVR-15 přizpůsoben novým právním poměrům v ČR do konce roku 2018 (přechodná ustanovení). SÚJB předpokládá, že BVK budou do Programu řízeného stárnutí zařazeny z důvodu sledování vlivu stárnutí. Celý program bude ze strany SÚJB zhodnocen po uplynutí přechodných ustanovení.

4. Skrytá potrubí

4.1 Popis programu řízeného stárnutí skrytých potrubí

4.1.1 Rozsah řízeného stárnutí skrytých potrubí

4.1.1.1 Rozsah řízeného stárnutí skrytých potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Na českých JE jsou instalovány následující typy skrytých (či pro kontrolu nepřístupných) potrubí:

- Ocelová potrubí
 - Zakopaná, která jsou v kontaktu se zeminou
 - Izolovaná zevnitř i zvenku
 - Izolovaná pouze zvenku
 - Uložená pod úrovní země v betonovém bloku (neizolovaná)
 - Zabetonovaná v budovách (např. systém chlazení bazénů vyhořelého paliva, průchodky svislými a vodorovnými nosnými konstrukcemi)
- Polyetylenová potrubí (většina potrubních úseků požární vody)

Na výše zmíněné typy potrubních celků jsou aplikovány následující programy:

- PŘS nedostupná (zakopaná) potrubí popsané v dokumentu ČEZ_ME_1036 [94], který je zaměřen na potrubní trasy okruhů CChV, TVD, TVN, požární vody a surové vody uložené v zemi nebo nedostupné pro kontrolu vně objektů
- PŘS potrubí technických vod v dokumentu ČEZ_ME_1043 [95], který je aplikován na potrubí systémů potrubní trasy okruhů CChV, TVD, TVN, požární vody a surové vody v budovách; tento program však není primárně zaměřen na řízení stárnutí nedostupných částí těchto potrubních celků, predikce stavu nedostupných částí těchto systémů uvnitř budov je prováděna na základě znalosti stavu potrubních úseků pro kontrolu přístupných, vizuálních kontrol a historie oprav
- Program údržby (v rámci této kapitoly ve smyslu rozsahu ostatních potrubních systémů, které nejsou zařazeny do výše zmíněných programů (jedná se např. o potrubí systému chlazení bazénů vyhořelého paliva, které je částečně zabetonováno uvnitř budov a nedostupných potrubních úseků ostatních systémů – průchody konstrukcemi apod.)

Na JE Dukovany a Temelín se nevyskytují potrubní trasy umístěné v zemi, které by obsahovaly radioaktivní media či transportní trasy paliva pro diesellové generátory.

Program řízeného stárnutí nedostupných (zakopaných) potrubních celků [94], byl u provozovatele českých JE vytvořen v r. 2016. Program je zaměřen na potrubní trasy uložené v zemi nebo nedostupné pro kontrolu, nacházející se vně objektů. Před rokem 2016 tyto potrubní celky podléhaly pouze běžné údržbě, neboť většina podzemních či zakopaných potrubí pro svou redundanci a dosavadní provozní zkušenost nebyla vnímána jako významná z hlediska provozní spolehlivosti a z hlediska bezpečnosti. V posledních letech se však začala těmto typům potrubí věnovat zvýšená pozornost celosvětově. V českých JE, mj. i po události na JE Dukovany v r. 2014, kdy došlo k významnému úniku z části zakopaného potrubí TVD, se provozovatel rozhodl zavést Program řízeného stárnutí zakopaných (nedostupných) potrubí s cílem získat lepší souhrnný přehled o stavu

těchto tras, které jsou obtížně kontrolovatelné přímými metodami. Tento program, vzhledem k datu jeho vytvoření, je postupně zaváděn a na základě vyhodnocení jeho účinnosti bude revidován.

Program je založen na hodnocení rizika korozní degradace jednotlivých tras pomocí programu EPRI BPWORKS™, které je doplněno o periodické kontroly a hodnocení stavu vnější izolace potrubních tras. Dále jsou některé úseky zakopaných potrubí nově instrumentovány pro měření metodou EDMET (elektrodiagnostika magnetických trub), díky které jsou získávány průměrné tloušťky stěny měřeného úseku. Měření tloušťek ultrazvukem je prováděno v dostupných místech v budovách (strojovny, čerpací stanice, gravitační vodojem) a také v jímkách. Od roku 2016 jsou také prováděny speciální těsnostní zkoušky přívodních a zásobovacích řádů. Od května 2017 je v programu také zavedena evidence opravárenských zásahů s uvedením důvodu opravy, příčin poškození, korozního napadení a tloušťky stěn původních potrubí před opravou. Některé z těchto parametrů pak vstupují do BPWORKS™, díky čemuž je zpřesňováno výsledné riziko.

Program řízeného stárnutí pro nedostupná (zakopaná) potrubí [94] se doplňuje s PŘS potrubí technických vod [95], který řeší problematiku stárnutí potrubních tras stejných systémů – a to CChV, TVD, TVN, požární a surové vody, ale na rozdíl od programu [94] je zaměřen na potrubní trasy v budovách. Problematika stárnutí ostatních nedostupných potrubních tras, které přímo nejsou obsahem zmíněných PŘS (např. potrubí dalších systémů, třeba těch, jež jsou zabetonována v budovách), je v současnosti řešena prostřednictvím údržbových činností, které, kromě dalších aktivit, spočívají v každodenní vizuální kontrole, v jejímž rámci se zaznamenává do provozních deníků směn stav povrchu potrubí i stav povrchu stěn stropů a podlah (rezové skvrny, výluhy, úsady a případné úniky). V PŘS potrubí technických vod je předepsáno periodicky vyhodnocovat nárůst těchto záznamů. Na základě implementace a hodnocení obou výše zmíněných PŘS a vyhodnocování zpětné vazby, není vyloučeno možné odstupňované rozšíření obou těchto PŘS. Dle informací z EPRI vyplývá, že od roku 2018 bude možno v aplikaci BPWORKS™ hodnotit i potrubí uvnitř budov, zavedení tohoto rozšíření aplikace BPWORKS™ do PŘS potrubí technických vod je plánováno na rok 2020.

Vzhledem k rozsahu aktivit a měřených parametrů se další text týká převážně Programu řízeného stárnutí pro nedostupná (zakopaná) potrubí [94].

Výběr potrubí pro PŘS skrytých potrubí

Program řízeného stárnutí nedostupných (zakopaných) potrubí [94] zahrnuje systémy bezpečnostně významné, což jsou systémy TVD a potrubí požární vody a dále systémy důležité pro provozuschopnost bloku(ů), např. systémy CChV, TVN, a přívodní řády. Primárně zahrnuje všechna potrubí pod úrovní země, vč. potrubí v betonovém bloku, nezahrnuje potrubí v průchozích či neprůchozích kanálech a potrubí uvnitř budov. Rozsah potrubních celků zařazených do programu je širší, než by vyplývalo z obecných pravidel pro výběr zařízení pro řízení stárnutí, jež jsou popsána v kapitole 2.3.1.1. Svary, jakožto nedílná součást potrubních úseků, jsou programem pokryty. Přírubové spoje nejsou na JE Dukovany a Temelín zakopané v zemi a nejsou tedy součástí programu. Výhodou širšího pojetí zařízení zařazených do rozsahu programu je, že umožňuje, v případě získání detailnějších informací o úseku bezpečnostně nevýznamném, přenos informací o degradaci „nebezpečnostních“ tras na konstrukčně obdobné bezpečnostní trasy a obráceně, což významně přispívá ke zlepšení znalosti stavu těchto potrubních systémů.

Do PŘS jsou zahrnuta potrubí následujících systémů:

Surová voda – Dukovany, Temelín

Potrubí surové vody (Přívodní a Zásobovací řády) jsou na obou JE zakopána v zemi a z vnější strany jsou chráněny asfaltovou vrstvou. Na JE Dukovany jsou tyto trasy chráněny asfaltováním i z vnitřní strany, na JE Temelín je vnitřní strana chráněna epoxidovým nátěrem.

Cirkulační chladící voda – Dukovany, Temelín

Většina potrubí Cirkulační chladící vody na obou JE je uložena v betonovém bloku a pouze krátké úseky před Centrálními čerpacími stanicemi I a II na JE Dukovany jsou zakopány v zemi a chráněny asfaltovou ochrannou vrstvou z vnější strany. Na JE Temelín je CChV uložena v betonovém bloku.

Technická voda důležitá – Dukovany, Temelín

Většina potrubí Technické vody důležité na obou JE je uložena v betonovém bloku. Krátké úseky před Centrálními čerpacími stanicemi I a II na JE Dukovany jsou zakopány v zemi a chráněny asfaltovou ochrannou vrstvou z vnější strany. Tyto zakopané části TVD jsou v současné době na JE Dukovany již vyměněny za potrubí nové, ze stejného materiálu, se zvýšením tloušťky potrubí z 8 na 10 mm. Na JE Temelín je TVD uložena v přístupných potrubních kanálech.

Technická voda nedůležitá – Dukovany, Temelín

Většina potrubí Technické vody nedůležité na obou JE je uložena v betonovém bloku a pouze krátké úseky před Centrálními čerpacími stanicemi I a II na JE Dukovany jsou zakopány v zemi a chráněny asfaltovou ochrannou vrstvou z vnější strany. Na JE Temelín je výtlačný řád TVN uložen v betonovém bloku paralelně s CChV. TVN se na strojovně spojuje s CChV a vratný řád TVN na JE Temelín není.

Doplňovací voda - Dukovany

Potrubí Doplnovací vody pro okruhy CChV je na JE Dukovany zakopána v zemi.

Identifikace mechanismů stárnutí skrytých potrubí

Degradační mechanismy, atakující potrubí zařazená do výše uvedených programů, byly hodnoceny v "Ageing management review" s využitím Katalogu degradačních mechanismů, určením a zhodnocením potenciálních a reálných degradačních mechanismů. Dalším významným zdrojem shrnujícím provozní zkušenost JE participujících v EPRI je BPIG (Buried Pipe Integrity Group) a BPIRD (Buried Pipe Inspection Results Database). Detailněji je proces identifikování možných degradačních mechanismů popsán v kapitole 2. Hlavním degradačním mechanismem zakopaných potrubí, včetně svarů, jež jsou integrální součástí potrubí, je koroze.

4.1.1.2 Rozsah řízeného stárnutí skrytých potrubí výzkumného reaktoru LVR-15

U výzkumného reaktoru LVR-15 lze uvažovat o bezpečnostně významných skrytých úsecích potrubí u systému chlazení a systému technologické ventilace KP.

Systém chlazení má skryté úseky potrubí ve druhém chladícím okruhu. V systému odtahové ventilace se jedná o potrubí okruhu zajišťujícího řízený odtah z prostoru haly reaktoru.

Sekundární okruh

Sekundární okruh spojuje primární výměníky umístěné v čerpárně reaktoru (objekt 211) a výměníky sekundární, které jsou s čerpadly umístěny v objektu vodárny. Objekty jsou od sebe vzdáleny cca 100 m.

Mezi budovou reaktoru a vodárnou jsou položeny dva řady ocelového potrubí druhého chladicího okruhu DN 500 mm (výtlačný a vratný). Potrubí je izolováno asfaltovou lepenkou a volně zasypáno v hloubce cca 2 m.

Chladicí okruh je uzavřený, plní se na vodárně užitkovou vodou. Objem vody v okruhu je cca 65 m³. Provozní tlak je vůči primárnímu chladicímu okruhu z bezpečnostních důvodů vyšší a je min. 0,45 MPa. Tlak je v okruhu zajišťován dopouštěním přes redukční ventil. V okruhu je běžně udržován průtok cca 800 m³/h. Na výstupu z budovy reaktoru jsou běžně teploty až 38 °C a z vodárny se na reaktor vrací ochlazená voda o teplotě cca 30 °C.

Technologická ventilace reaktoru LVR-15

Je určena k odvodu radioaktivních plynů, které vznikají za provozu reaktoru, k vytváření a udržování stanoveného stálého podtlaku v reaktoru, pumpovně a horkých komorách a k výměně vzduchu v hlavní reaktorové hale. Splnění výše uvedených požadavků je založeno na principu podtlakové ventilace.

Potrubí podtlakové ventilace je vyrobeno z uhlíkaté oceli. Cca 80% délky je uloženo skrytě pod povrchem. V této části je izolováno asfaltovou lepenkou.

Žádná z těchto potrubí nejsou zařazena do Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15.

4.1.2 Hodnocení stárnutí skrytých potrubí

4.1.2.1 Hodnocení stárnutí skrytých potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Hodnocení zakopaných tras je prováděno podle PŘS nedostupná (zakopaná) potrubí [94] zaměřeném na sledování rizika korozní degradace, která je nejvýznamnějším degradačním mechanismem a sledování určených parametrů, na základě kterých je určena míra korozního poškození.

Pro periodické monitorování tras nechal provozovatel JE Dukovany a Temelín v rámci svých výzkumných aktivit vyvinout novou techniku EDMET pro měření průměrné zbytkové tloušťky stěny, která je založena na měření elektrického odporu. Dále využívá reflektometrie, která měří rychlost šíření střídavého elektrického signálu mezi vodičem (stěnou potrubí) a dielektrikem (vnější izolací potrubí). Reflexe vznikne v místě změny relativní permeability, tedy vlhkosti mezi izolací a kovem trubky, což může indikovat porušení izolace. Z rychlosti šíření elektrického signálu a z doby odrazu lze velmi přesně vypočítat vzdálenost prvního vlhkého místa od elektrody s přesností na centimetry. Reflektometrická měření byla zatím ověřena v laboratorních podmínkách a v jednom případě v terénu, kdy byla reflektometrií úspěšně změřena délka neizolovaného potrubí od elektrody do vstupu potrubí pod vodní hladinu. Na nově opravovaných trasách TVD jsou nainstalovány měřící body a prováděna nultá a první opakovaná měření.

Prvním hodnoceným parametrem je určené výsledné riziko ze software EPRI BPWORKS™ v hodnotách A až C. EPRI BPWORKS™ je software vyvinutý EPRI určený pro hodnocení rizika korozního poškození zakopaných potrubních tras. Do databáze programu jsou vloženy konstrukční parametry tras na JE, vlastnosti ochranných vrstev, vlastnosti půdy a media uvnitř tras a dále následky úniku, roztržení a zanešení trasy. Program následně ze zadaných dat bodově a barevně ohodnotí riziko netěsností iniciovaných z vnější a vnitřní strany potrubí, riziko roztržení iniciované z vnitřku a vnějšku a zanešení. Pro účely PŘS je trase přiřazeno hodnocení jejího nejhoršího úseku. Vyhodnocení rizika degradace tímto programem je též závislé na kvalitě vstupních dat (informací

o potrubních trasách), výsledné riziko může být softwarem modifikováno na základě zadání výsledků kontrol konkrétní trasy (např. metodou EDMET, plánovaných kontrol spojených s výkopovými pracemi i nahodilých kontrol při neplánovaných výkopových pracích apod.) a tras jí podobných. Barevné hodnocení pak umožňuje zacílení dalších inspekcí a aktivit svázaných se zakopaným potrubím, které lze směřovat na skupinu tras s podobnými vlastnostmi.

Dalšími hodnocenými parametry dle [94] jsou:

- Kontrola těsnosti přívodních řádů surové vody (sleduje se průměrný únik během měření [l/hod], doba měření [hod] a lokalizace případné netěsnosti)
- Minimální změřená tloušťka stěny [mm]
- Stav izolace přívodních řádů metodou DCVG (elektrická vodivost defektu, rezistivita půdy, přirozený elektrický potenciál potrubí)
- Výsledky z měření metodou EDMET (Kontrola TVD u CČS) – průměrná tloušťka stěny [mm], lokalizace poruchy izolace
- Korozní parametry
- On-line akustické měření – počet zaznamenaných úniků
- Výsledky kontrol požárních řádů
- Opravy a výměny (počet, důvod)

Kritéria přijatelnosti

Samotný program BPWORKS™ v sobě neobsahuje vlastní akceptační kritéria s výjimkou minimální tloušťky, která je do databáze zadávána jako vstup. Při stanovení kritériální tloušťky se vychází z normativně technické dokumentace NTD A.S.I. Sekce III Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER [96] a normy ČSN EN 13480-3 [97]. Konkrétní způsob výpočtu je popsán, včetně výpočetního listu tabulkového kalkulátoru, v příloze PŘS „Stanovení kritériální tloušťky potrubí uložených v zemi“.

Vnitřní a vnější provozní zkušenost

Degradační mechanismy atakující zakopaná potrubí byly identifikovány na základě provozní zkušenosti z JE Dukovany a Temelín. Dále je periodicky sdílána provozní zkušenost mezi útvary ČEZ a SE a z této výměny zkušeností vycházejí další informace o degradaci potrubních tras z JE Jaslovské Bohunice a Mochovce. Zkušenosti ze Slovenska ukazují, že venkovní potrubí v betonových blocích, které bylo namátkově obnaženo, nevykazuje téměř žádné poškození po zhruba třicetiletém provozu. Dále bylo potvrzeno korozní napadení pod poškozenou izolací zakopaných potrubí stejně jako v České republice. Dalším významným zdrojem shrnujícím provozní zkušenost JE participujících v EPRI je BPIG a BPIRD.

4.1.2.1 Hodnocení stárnutí skrytých potrubí výzkumného reaktoru LVR-15

Provozní podmínky (teplota, přetlak) těchto potrubí jsou velmi nízké, zároveň je bezpečnostními analýzami (provedenými mj. v rámci tzv. stress testů provedených po havárii ve Fukušimě) prokázán velmi nízký dopad případného selhání, který nevede k poškození paliva ani úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Z těchto důvodů nemá výzkumný reaktor LVR-15 v rámci řízeného stárnutí naplánovány pravidelné inspekce zakopaných potrubí, dílčí inspekce se provádí při příležitosti odkrytí příslušných potrubních tras z jiných důvodů, např. při stavebních pracích v okolí.

4.1.3 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly skrytých potrubí

4.1.3.1 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly skrytých potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Kontroly zakopaných potrubních tras je obtížné, neboť většina inspekčních technik vyžaduje realizaci rozsáhlých výkopových prací. Inspekční aktivity prováděné na těchto potrubích jsou:

- Ultrazvukové měření tlouštěk a vizuální prohlídka z vnějšího povrchu - jsou prováděny vždy, když je potrubí z nějakého důvodu, i nesouvisejícího s potrubní trasou, odhaleno
- Vizuální prohlídka z vnitřní strany - prováděna na CChV na JE Dukovany při zdrenážování okruhu
- Ultrazvukové měření zbytkové tloušťky stěny potrubí v dostupných místech v jímkách a v budově ČČS na trasách, které jsou v jiných místech zakopány, kontrola je prováděna dle místa kontroly v intervalu 6 nebo 8 let
- Letecká termografie pro identifikaci míst s únikem tras přívodních řádů mimo areál elektrárny
- Měření přímého spádu potenciálu napětí tras přívodních řádů umožňující identifikovat místa poškozené asfaltové izolace (Kontrola stavu izolace přívodních řádů metodou DCVG) – kontrola je prováděna 1x za 4 roky, do hodnocení vstupují nejhorší identifikované hodnoty parametrů dané potrubní trasy.

Hodnotí se:

- Elektrická vodivost defektu (A – malé defekty: 0-15 % IR, které mohou zůstat neopravené za předpokladu, že potrubí bude mít v místě defektů funkční katodovou ochranu, B – střední defekty: 16-35 IR, které jsou pravidelně sledovány, C – velké defekty: 36 – 70% IR – třeba plánovat opravu, jsou velkými spotřebiči ochranného proudu v případě katodické ochrany a jsou výrazně korozně ohroženy v případě absence KAO, D – závažné defekty: 71-100% IR, které je nutné bezodkladně opravit. IR je procentuální hodnota rozdílu potenciálu při zapnuté a vypnuté katodické ochraně na potrubí v místě vady
- Rezistivita půdy – hodnotí se půdní agresivita v [Ω m] (A – velmi nízká: >100 Ω m, B – střední: 50 až 100 Ω m, C – zvýšená: 23 až 49 Ω m, D – velmi vysoká: 0 až 22 Ω m) – doplňkový parametr
- Přirozený elektrický potenciál potrubí – doplňkový parametr (nepříznivý je anodický, který značí možnost aktivních korozních procesů na potrubí
- Těsnostní zkouška tras přívodních řádů na JE Dukovany (cílem je ověření těsnosti potrubí surové vody (výtlačné řády surové vody z ČSJ surové vody do gravitačního vodojemu - GV). Před měřením je zaslepen výtlačný řád na výtlaku čerpadla v ČSJ na jedné straně a v GV na straně druhé. Při měření je odstavený řád zaplněn vodou a je sledován případný pokles hladiny vody v průhledném válci napojeném na tento výtlačný řád v GV. Současně je sledován tlak vody v řádu na výstupu z ČSJ pro určení místa případné netěsnosti zkoušeného řádu. Pokud je potrubí netěsné, hladina vody bude klesat současně s tlakem. Pokles tlaku ustane, když se hladina vody v potrubí zastaví pod netěsností. Doba měření je omezena na 5 dní. Hodnotí se průměrný únik

během měření v [l/hod], doba měření [hod] a lokalizuje se případná netěsnost. Provádí se v intervalech: nulté měření, první měření po roce od nultého měření a další měření 1x za 4 roky

- Na JE Dukovany a JE Temelín jsou instalovány smyčky s korozními kupony, jež jsou periodicky hodnoceny podle plánu v sw aplikaci KOS (EDU) a KOROZE (ETE). Perioda vyhodnocení je 28 nebo 56 dní podle typu oceli
- Korozní parametry vody – při větších změnách korozních parametrů nutná realizace případných nápravných opatření, perioda kontroly 1x ročně, korozní parametry vody jsou sledovány v aplikacích KOS (EDU) a KOROZE (ETE).
- Na některých trasách, které byly v JE Dukovany nedávno opravovány (TVD u CČS), je osazeno měření technikou EDMET (metoda je trvale nasazena na zakopaných potrubích TVD I, II a III mezi CČS a betonovým blokem, lze ji nasadit i na dostupné potrubní úseky pro měření průměrné tloušťky, pokud mezi měřícími elektrodami není žádné galvanické spojení se zemí nebo jinými potrubími (bez podpor, odbočnic, armatur, závěsů apod.). První vyhodnocení probíhá za rok po instalaci a další pak dle výsledků za 1, 3 nebo 5 let. Hodnocena je průměrná tloušťka stěny, která zároveň vstupuje jako upřesněný parametr do BPWORKS™ a lokalizace poruchy izolace
- On-line akustické měření – počet zaznamenaných úniků - Metoda je trvale nasazena na zakopaných potrubích TVD I, II a III mezi CČS a betonovým blokem (jen v EDU) jako autonomní monitorovací systém s cílem okamžitě zjistit případný únik, který se projevuje emisí akustického signálu (sykot unikající vody). Informace o vzniklém úniku je automaticky předávána obsluze, v rámci PŘS vyhodnocováno 1x ročně
- Kontroly požárních vod těsnostní zkouškou a kontrolou funkčnosti (průtočnosti) podle provozních předpisů PP 095j [98] a P132j [99] v souladu s vyhláškou č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) [100]. Výstupem je protokol o kontrole provozuschopnosti, v rámci PŘS vyhodnocováno 1x ročně
- Opravy, výměny – systematická evidence opravárenských zásahů s uvedením důvodu opravy, příčin poškození, korozního napadení a tloušťky stěn původních potrubí před opravou – v rámci PŘS vyhodnocováno 1x ročně
- Doplnkové kontroly nedostupných potrubí (nejsou trvale nasazeny, slouží k operativnímu upřesnění znalostí o stavu potrubí a podloží):
 - Termografie – letecký multispektrální monitoring ke zjištění nebo potvrzení rozsáhlejších úniků vody projevujících se změnou teplotního pole terénu anebo změnou barvy vegetace.
 - Georadar – pomocí elektromagnetických vln se zjišťují změny podloží, vlhkost, posuvy a kaverny.
 - Magnetická metoda MMM – pomocí magnetogramu zjistí změny přirozeného magnetického pole po délce potrubí (objemové změny materiálu, tloušťky, svary, mechanické napětí apod.) Nevýhodou je hloubka uložení, která zhoršuje přesnost měření.

Stanovení kritérií přijatelnosti některých z výše uvedených metod je popsáno v kapitole 4.1.2.1.

4.1.3.2 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly skrytých potrubí výzkumného reaktoru LVR-15

Pravidelné inspekce zakopaných potrubí nejsou v rámci Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15 ani Programu provozních kontrol zavedeny, dílčí inspekce se provádí při příležitosti odkrytí příslušných potrubních tras z jiných důvodů, např. při stavebních pracích v okolí.

4.1.4 Preventivní a nápravná opatření pro skrytá potrubí

4.1.4.1 Preventivní a nápravná opatření pro skrytá potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Nejvýznamnějším opatřením aplikovaným na JE Dukovany a JE Temelín je udržování chemického režimu, vč. sledování maximálního povoleného zahuštění, chladicí vody. Do PŘS nevstupuje žádné konkrétní chemické kritérium.

Riziko koroního poškození tras určené programem BPWORKS™ a výsledky dalších kontrol jsou periodicky v rámci programu řízeného stárnutí [94] vyhodnoceny, toto hodnocení je vstupem do Health Reportů.

Nápravná opatření zahrnují provedení analýzy pro jednotlivé segmenty, kdy jsou zanalyzovány vstupní parametry a následně je rozhodnuto o dalším řešení podle konkrétní trasy. Řešení může zahrnovat např. doplnění dat údaji z dokumentace, zpřesnění či zjištění parametrů média a parametrů půdy, provedení nepřímých kontrol, provedení přímých kontrol. Implementace nápravných opatření má za cíl vyvinout co největší úsilí ke snížení rizikového skóre a zařazení do nižší skupiny. V případě netěsnosti je nápravným opatřením oprava či výměna dotčeného úseku.

4.1.4.2 Preventivní a nápravná opatření pro skrytá potrubí výzkumného reaktoru LVR-15

Vzhledem k tomu, že stav skrytých potrubních úseků je kontrolován příležitostně, případná nápravná opatření by byla přijata až v případě zjištěného zhoršení stavu těchto potrubních úseků.

4.2 Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí

4.2.1 Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí

Program řízeného stárnutí zakopaných (nedostupných) potrubí byl zaveden v loňském roce a dosud neposkytuje rozsáhlou zkušenost. Koncept programu se již osvědčil. V roce 2014 byl realizován pilotní projekt, kdy byly předchozí verze BPWORKS™ hodnoceny vybrané typické zakopané trasy. Následná provozní zkušenost potvrdila výstupy z hodnocení.

4.2.2 Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí skrytých potrubí

Jak bylo popsáno v 4.1.1.2, není stav skrytých potrubí pravidelně kontrolován. V rámci stavby objektu nové experimentální haly 211/12, přiléhající na halu reaktoru LVR-15, bylo při stavebních pracích v letech 2012-2013 částečně odkryto potrubí odtahu haly a provedena kontrola stavu potrubí. Pod asfaltovým opláštěním bylo potrubí shledáno v uspokojivém stavu, s pouze povrchovou korozí a zbytkovou tloušťkou stěny minimálně 80% původního stavu (po 55 letech provozu). Tato zjištění potvrdila očekávanou životnost potrubí minimálně na dalších 20 let.

4.3 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí

4.3.1 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí jaderných elektráren Dukovany a Temelín

SÚJB prostřednictvím podmínky rozhodnutí o povolení provozu bloků jaderné elektrárny Dukovany (“LTO”) uložil provozovateli JE EDU povinnost zavést metodiku pro sledování fyzického stavu systému TVD (včetně nepřístupných potrubních rozvodů). Četnost a rozsah kontrol mají být nastaveny tak, aby v dostatečném předstihu odhalovaly nesrovnalosti a závady vzniklé provozem systému a předcházely tak významným poruchám tohoto systému. Plněním této podmínky rozhodnutí byl v r. 2016 u provozovatele zaveden Program řízeného stárnutí pro nedostupná (zakopaná) potrubí [94] a rovněž Program řízeného stárnutí technických vod [95] a upraven Program provozních kontrol. Zavedení těchto programů předcházely výzkumné projekty či aktivity, např. při vývoji metody EDMET, spolupráce s EPRI při implementaci programu BPWORKS™. Z pohledu SÚJB oba Programy formálně naplňují atributy požadované legislativou ČR, přesto však, vzhledem k nedávnému datu jejich zavedení, ještě nelze formulovat závěry o jejich efektivitě. SÚJB sleduje činnosti prováděné v rámci tohoto programu v rámci své hodnotící a inspekční činnosti.

4.3.2 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí skrytých potrubí výzkumného reaktoru LVR-15

V tuto chvíli nejsou zakopané potrubní celky výzkumného reaktoru LVR-15 zařazeny do Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15. Vzhledem k vydání nové legislativy, bude Program řízeného stárnutí reaktoru LVR-15 přizpůsoben novým právním poměrům v ČR do konce přechodného období – tedy do konce roku 2018, poté bude ze strany SÚJB posouzeno naplnění požadavků nového atomového práva. Vzhledem k rozsahu a parametrům media těchto potrubních celků (využití principu odstupňovaného přístupu) však SÚJB nepředpokládá rozšíření aktivit na těchto potrubích ani po ukončení přechodného období nového atomového zákona.

5. Tlaková nádoba reaktoru

V této kapitole je uveden popis programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů JE Dukovany a Temelín. Nad rámec požadavků Technických specifikací [1] kapitola obsahuje i informace týkající se beztlaké reaktorové nádoby výzkumného reaktoru LVR-15, protože je jednou z nejdůležitějších komponent tohoto jaderného zařízení. Název kapitoly i jednotlivých podkapitol obsahující výraz „tlaková nádoba“ tedy pro pasáže týkající se výzkumného reaktoru LVR-15 nejsou zcela správné, autoři zprávy se však drželi struktury a názvů kapitol dle Technických specifikací [1].

5.1 Popis programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů

5.1.1 Rozsah řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů

5.1.1.1 Rozsah řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Tlakové nádoby reaktorů JE Dukovany a Temelín jsou tvořeny tělesem (válcová nádoba s eliptickým dnem), víkem a díly hlavního přírubového spoje. Jsou součástí systému chlazení reaktoru a plní následující bezpečnostní funkce:

- Udržení celistvosti hlavního tlakového okruhu chladiva reaktoru
- Udržení dostatečného množství chladiva pro chlazení aktivní zóny při normálním a abnormálním provozu
- Udržení dostatečného množství chladiva pro chlazení aktivní zóny v průběhu a po odeznění havarijních podmínek, při kterých nedošlo k porušení celistvosti primárního okruhu reaktoru

Z pohledu tlakové nádoby je pro zajištění výše uvedených funkcí systému důležitá integrita.

Části reaktoru, tvořící tlakové rozhraní primárního okruhu, jsou vybranými zařízeními zařazenými v souladu s vyhláškou č. 132/2008 Sb. (resp. vyhláškou č. 329/2017 Sb.) do bezpečnostní třídy 1 (BT1), ostatní části do BT2.

Reaktor má dle [34] přiřazenu kritičnost 1 a funkci důležitou z hlediska jaderné bezpečnosti dle [35] kategorie 1.

Typy tlakových nádob reaktorů v JE Dukovany a Temelín

Tlaková nádoba reaktoru VVER 440/213 (JE Dukovany)

Těleso tlakové nádoby reaktoru je válcová nádoba, svařená z jednoho dlouhého hladkého, dvou krátkých hladkých kovaných prstenců, dvou hrdlových prstenců, přírubového prstence a eliptického dna.

Horní část tělesa tlakové nádoby tvoří přírubový prstenec o vnějším průměru 4270 mm a vnitřním průměru 3340 mm. Na čelní ploše tohoto prstence je 60 otvorů se závitem M 140 × 6 pro závrtné šrouby hlavního přírubového spoje a dva páry drážek pro niklové těsnění. Na vnitřním povrchu přírubového prstence tělesa tlakové nádoby je výstupek, který slouží k zavěšení šachty reaktoru.

Pod přírubovým prstencem je umístěna horní sekce nátrubků o výšce 1400 mm se šesti nátrubky DN 500 pro výstup chladiva z reaktoru, se dvěma nátrubky DN 250 systému havarijního chlazení aktivní zóny a nátrubek systému kontroly a řízení.

Pod horní sekci nátrubků je dolní sekce nátrubků o výšce 1725 mm se šesti nátrubky DN 500 pro vstup chladiva, dvěma nátrubky DN 250 systému havarijního chlazení aktivní zóny a opěrným nákrůžkem, který je umístěn pod řadou nátrubků. Opěrným nákrůžkem dosedá těleso tlakové nádoby na opěru, jež je upevněna na opěrném rámu betonové šachty reaktoru. Po obvodu opěrného nákrůžku jsou výřezy pro pera. Vnitřní povrch tlakové nádoby je opatřen dělicím kroužkem, třemi svislými dělenými usměrňovači proudu a osmi konzolami s vodícími pery šachty. Dělicí kroužek je umístěn mezi horní a dolní sekci nátrubků. Těsně přiléhá k šachtě reaktoru a odděluje vstupní prostor chladiva od prostoru výstupního.

Na spodní hrdlový prstenec je přivařen dlouhý hladký prstenec vysoký 2700 mm, na který je přivařen krátký prstenec vysoký 1830 mm, ve kterém jsou navařeny klíny pro centrování šachty reaktoru. Na tento prstenec je navařen druhý krátký prstenec vysoký 1895 mm a sestavu uzavírá eliptické dno. Tloušťka hladkých prstenců je 140 mm a eliptického dna je 160 mm.

Výška tlakové nádoby je 11805 mm.

Usměrňovače proudění chladiva jsou umístěny u dolních nátrubků DN 250. Do nátrubků DN 250 jsou uložena tenkostěnná pouzdra, která při dodávce chladicí vody systému havarijního chlazení aktivní zóny tepelně chrání materiál nátrubků.

V tělese tlakové nádoby jsou uloženy vnitřní části reaktoru. Ke smyčkám hlavního cirkulačního potrubí je těleso připojeno šesti vstupními a šesti výstupními hrdly DN 500. K trasám havarijních systémů je těleso reaktoru připojeno čtyřmi hrdly DN 250.

Niklové těsnění zajišťuje hermetičnost přírubového spoje mezi tělesem tlakové nádoby a víkem reaktoru.

Víko je svařeno z vrchlíku a prstence a jeho součástí je volná příruba, ve které jsou po obvodu vyvrtány otvory pro šrouby M 140 pro zajištění těsnosti hlavního niklového těsnění a otvory se závitem M85x6 pro pouzdra M 85 a přítlačné šrouby M 64x4 pro zajištění těsnosti rezervního těsnění.

Nádoba je vyrobena z chrom-molybden-vanadové oceli, vnitřní povrch tělesa i víka tlakové nádoby je pokryt dvouvrstvou austenitickou nerezovou výstelkou. V následujících tabulkách jsou uvedené materiály použité pro jednotlivé komponenty TNR.

Tabulka č. 5.1: Materiály nádoby

materiál	komponenta/součást
15CH2MFA	přírubový prstenec, horní a dolní hrdlový prstenec, hladký prstenec dlouhý, hladký prstenec krátký, dno, rozdělovací prstenec, nátrubek KIP, 1. část nátrubku HCP, 1. část nátrubku SHCHZ
08CH18N10T	2. část nátrubku HCP, 2. část nátrubku SHCHZ, konzola pro vedení šachty
Sv10CHMFT	obvodové svary TNR (mimo nátrubků)
Sv07CH25N13	návar TNR 1.vrstva
Sv08CH19N10G2B	návar TNR 2.vrstva
Sv-04Ch19N11M3	přivaření víčka nátrubku KIP svar 51/a
EA-400/10T	přivaření košilky nátrubku SAOZ (studená a horká část), přivaření konzoly pro vedení šachty

Tabulka č. 5.2: Materiály víka

materiál	komponenta/součást
18CH2MFA	vrchlík víka
Sv07CH25N13	návar na víku 1.vrstva
Sv08CH19N10G2B	návar na víku 2.vrstva

22K	nátrubky HRK, nátrubky MNT(EV), nátrubky TK, pouzdro pro nosnou tyč, příruba nátrubku HRK, závit M36 nátrubku HRK
38CHN3MFA	Svorník M140
25CH1MF	matice, podložky
25CH3MFA	volná příruba
08CH18N10T	košilka nátrubku HRK, vložka příruby nátrubku HRK, vložka nátrubku TK a MNT
EA-395/9	návar na vnějším povrchu víka pod přivařením nátrubku TK, návar na čele nátrubku TK
ZIO-8	přivaření nátrubku HRK k víku (vnitřní povrch), přivaření košilky nátrubku HRK k vnitřnímu povrchu víka, horní přivaření košilky nátrubku k návaru nátrubku TK/EV,
EA-400/10T	přivaření košilky (vložky) nátrubku TK/EV k návaru víka (vnitřní povrch)

Tabulka č. 5.3: Materiály hlavního přírubového spoje

materiál	komponenta/součást
15CH2MFA	přítlačný prstenec vnitřní, příruba TNR, vnitřní patka
25CH3MFA	volná příruba
22K	patka kompenzační
25CH1MF	přítlačný šroub, pouzdro přítlačného šroubu
18CH2MFA	Víko
Sv07CH25N13	návar víka 1.vrstva
Sv08CH19N10G2B	návar víka 2.vrstva
Sv07CH25N13	návar TNR 1.vrstva
Sv08CH19N10G2B	návar TNR 2.vrstva
38CHN3MFA	Svorník M140
12CH1MF	kompenzační trubka
UONI-13/55	koutové svary pod kompenzační trubkou

Schématické znázornění tlakové nádoby reaktoru VVER 440/213 je uvedeno na obrázcích A.5 – A.8 Přílohy A této zprávy.

Tlaková nádoba reaktoru VVER 1000/320 (JE Temelín)

Těleso tlakové nádoby reaktoru tvoří vertikální vysokotlaká nádoba s hlavním přírubovým spojem s osmi hrdly DN 850 pro vstup a výstup chladiva. Těleso tlakové nádoby je svařeno obvodovými svary automatickým svařováním pod tavidlem ze 7 dílů: 3 výkovky hladkých prstenců, 2 hrdlové prstence, přírubového prstence a výlisku dna. Hrdlové prstence jsou silnostěnné výkovky, hrdla DN 850 jsou vyrobená vyhrdlováním za tepla.

V rovině horních hrdel se nachází dva nátrubky DN 270 havarijního dochlazování a jeden nátrubek DN 250 pro vývody vnitroreaktorových měření. V dolní rovině hrdel jsou kromě čtyř hlavních hrdel dva nátrubky DN 270 havarijního dochlazování.

Na vnitřním povrchu přírubového prstence je osazení pro zavěšení šachty reaktoru. Ve spodní části TN je navařeno osm konzol s vodícími pery, jež zabraňují tangenciálnímu pohybu šachty. Mezi horní a dolní řadou hrdel je přivařen rozdělovací prstenec, ke kterému těsně přiléhá (za provozu) šachta a odděluje tak vstupní a výstupní přívod a odvod chladiva. Spodní část šachty je tvořena děrovaným eliptickým dnem se zabudovanými opěrami palivových článků. V šachtě je umístěn plášť aktivní zóny (AZ), který ohraničuje AZ reaktoru. Nad AZ je umístěn blok ochranných trub, který

zabraňuje vyplavání kazet, zajišťuje jejich vzájemnou polohu a plní funkci ochrany regulačních orgánů.

Víko je svařeno z eliptického dna a válcového přírubového prstence. Víko má 91 navařených nátrubků, sloužících pro připojení pouzder pohonů regulačních mechanismů a pro vývody měření teplot a neutronového toku. Na víku je dále přivařeno 6 pouzder pro nosné tyče ocelové konstrukce horního bloku. Pro odvodušnění při plnění reaktoru slouží odvodušňovací nátrubek.

Na přírubu tělesa tlakové nádoby je ustaven horní blok, který se skládá z víka tlakové nádoby, lineárních krokových pohonů, ocelové konstrukce HB a traverzy.

Tlaková nádoba je ustavena na nosném kroužku opěrného rámu betonové šachty reaktoru. Polohu TN v betonové šachtě při zemětřesení nebo porušení hlavního cirkulačního potrubí zajišťuje opěrný kroužek, ustavený z vnější strany příruby hlavního spoje.

Tlaková nádoba je vyrobena z chrom-nikl-molybden vanadové oceli. Vnitřní povrch tělesa i víka je pokryt dvouvrstvou austenitickou nerezovou vystýlkou.

Hlavní konstrukční materiály tlakové nádoby reaktoru jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka č. 5.4: Materiál nádoby reaktoru

materiál	komponenta/součást
15CH2NMFA	příruba, hrdlové prstence, dno, rozdělovací prsteneč, nátrubky HCP, SHCHZ, KIP
15CH2NMFAA	opěrný prsteneč, hladký horní prsteneč, hladký dolní prsteneč
Sv12CH2N2MA	obvodové svary TNR kromě svarů 3 a 4
Sv12CH2N2MAA	obvodové svary TNT 3 a 4 v oblasti AZ
Sv07CH25N13	1. vrstva návaru na TNR
Sv04CH20N10G2B	2. vrstva návaru na TNR (antikorozi)
08CH18N10T	schránky pro svědečné vzorky, konzoly pro vedení šachty, vystředovací pera
Sv-04Ch19N11M3	přivaření víčka nátrubku KIP
EA-400/10T	přivaření konzoly pro vedení šachty

Tabulka č. 5.5: Materiály víka

materiál	komponenta/součást
15CH2NMFA	vrchlík víka, přírubový prsteneč, volná příruba
22K (uhlík)	nátrubky víka, nátrubek vzdušníku, pouzdro pro nosnou tyč
38CHN3MFA	svorník M 170, matice, podložky
Sv07CH25N13	1. vrstva návaru
Sv04CH20N10G2B	2. vrstva návaru (antikorozi)
ZIO-8	přivaření nátrubku SUZ, EV, TK k víku (vnitřní povrch),
EA-400/10T	přivaření košilky nátrubku SUZ, EV, TK k vnitřnímu povrchu víka, návar kryjící nátrubky SUZ, EV, TK (vnitřní povrch)

Tabulka č. 5.6: Materiály hlavního přírubového spoje

materiál	komponenta/součást
15CH2NMFA	Víko
38CHN3MFA	Svorník M170
08CH18N10T	kompensační trubka
Sv07CH25N13	1. vrstva návaru víka

Sv04CH20N10G2B	2. vrstva návaru víka (antikorozi)
Sv07CH25N13	1. vrstva návaru na TNR
Sv04CH20N10G2B	2. vrstva návaru na TNR (antikorozi)

Schématické znázornění tlakové nádoby reaktoru VVER 1000/213 je uvedeno na obrázcích obrázcích A.9 – A.12 Přílohy A této zprávy.

Metody a kritéria použité pro určení rozsahu komponent pro řízení stárnutí tlakových nádob reaktorů

Do rozsahu zařízení pro řízení stárnutí jsou obecně zařazeny všechny komponenty důležité pro výkon funkcí důležitých pro bezpečnost, případně komponenty, jejichž selhání by mohlo ovlivnit výkon funkce komponent důležitých pro bezpečnost v souladu s požadavky SÚJB a s doporučeními IAEA. Závazné metody a kritéria výběru pro řízení stárnutí jsou definovány v příslušných řídicích dokumentech (metodikách) ČEZ, více podrobností je uvedeno v kapitole 2 této zprávy.

Identifikace mechanismů stárnutí jednotlivých materiálů a komponent tlakových nádob reaktorů

Pro oba typy reaktorů (VVER 440/213 i VVER 1000/320) je platná stejná metodika [26] pro provedení hodnocení současného stavu řízení stárnutí – AMR, jež byla vypracována v souladu s doporučeními IAEA [6] a [7] a SÚJB [5].

V souladu s těmito dokumenty bylo v letech 2009 a znovu v roce 2014 provedeno zhodnocení současného stavu řízení stárnutí (AMR) tlakové nádoby reaktoru VVER 440/213. AMR pro nádobu reaktoru VVER 1000/213 bylo zpracováno v roce 2010 a revidováno v r. 2016.

V rámci AMR bylo provedeno hodnocení týkající se porozumění stárnutí ve smyslu identifikace existujících a potenciálních degradačních mechanismů potažmo dopadů stárnutí pro jednotlivé komponenty reaktoru. Dále byly identifikovány programy řízení stárnutí pro každý relevantní degradační mechanismus/dopad stárnutí a zhodnocena jejich dostatečnost pro bezpečný a ekonomický provoz včetně možnosti prodlouženého provozu. V případě, že byly nalezeny nedostatky, tedy že některý degradační mechanismus/dopad stárnutí nebyl odpovídajícím způsobem sledován, byla navržena příslušná nápravná opatření. Tato doporučená nápravná opatření byla realizována tak, aby byl zajištěn požadovaný stav řízení stárnutí.

Na základě AMR provedeného v roce 2009 byla vytvořena metodika pro řízení životnosti reaktoru – komponentní Program řízení stárnutí reaktoru [101], jež byl poté uzpůsoben oběma typům reaktorů s respektováním příslušných technických odlišností.

Reaktor byl v rámci tohoto dokumentu pro účely řízení stárnutí rozdělen na příslušné komponenty:

- Tlakovou nádobu, která se skládá z válcové části včetně všech nátrubků a eliptického dna
- Horní blok, skládající se z vlastního víka a nátrubků víka
- Těsnící uzel, skládá se z části víka a z části válcové nádoby zajišťující těsnost přírubového spoje, z volné příruby a svorníků
- Vnitřní části reaktoru
- Pohony RO

Toto rozdělení plně pokrývá komponenty, pro které má být popsána implementace zastřešujícího programu řízeného stárnutí dle požadavku uvedeného v kapitole 03.1.1. Technických specifikací [1], tedy:

- Ocelovou nádobu včetně základního materiálu, návaru, svarů,
- Víko včetně nátrubků,
- Vstupní a výstupní nátrubky

Vnitřními částmi reaktoru a pohony RO se tato kapitola, vzhledem k rozsahu zadání Technických specifikací [1], nezabývá.

V komponentním PŘS reaktoru [101] je definován přístup k řízení životnosti reaktoru. V dokumentu je uveden rozsah sledovaných komponent včetně sledovaných funkcí, výčet degradačních mechanismů a dopadů stárnutí ovlivňující výkon funkce, které mohou ovlivnit fyzický stav těchto komponent, parametry pro monitorování identifikovaných degradačních mechanismů/dopadů stárnutí a způsob sumárního zhodnocení stavu reaktoru a jeho jednotlivých komponent. V následujících kapitolách je uveden detailní přehled současného stavu řízení stárnutí tlakové nádoby reaktoru.

Pro vlastní provedení AMR tlakové nádoby reaktoru byly použity tyto konkrétní informační zdroje (s respektováním odlišností pro jednotlivé typy nádob):

- Provozní zkušenosti dokumentované v Katalogu degradačních mechanismů specificky vytvořeném pro elektrárny VVER 440 EDU a VVER 1000 ETE [39]
- Zobecněná světová zkušenost prezentovaná v IAEA SRS No. 82 [22] a dřívějších verzích tohoto dokumentu
- Zobecněná zkušenost z provozní praxe USA: Generic Ageing Lessons Learned (GALL), NUREG-1801, rev.2, Office of Nuclear Reactor Regulation, 2010 [40] a předchozí verze dokumentu
- Preventive Maintenance Database EPRI

Pro získání informací o způsobu provozování, výchozím a skutečném stavu komponent reaktoru, byly použity:

- Projektová dokumentace
- Databáze technologických dat
- Provozní předpisy
- Informace z PÚ
- PPK
- Program řízení chemických režimů
- Specifické programy řízeného stárnutí:
 - PŘS tlakových nádob reaktoru JE [102]
 - PŘS Nízkocyklová únava [103]
- TLAA
- HEALTH Reporty

V následujících kapitolách je uveden detailní přehled současného stavu řízení stárnutí tlakové nádoby reaktoru pro vybraný národní příklad: tlakovou nádobu reaktoru VVER 440/213 1. Bloku JE Dukovany, která byla vybrána jako „národní příklad“ (viz kapitola 05.1.1 [1]) z důvodu dřívějšího

uvedení této elektrárny do provozu a vzhledem ke skutečnosti, že v současné době je již ve fázi dlouhodobého provozu - LTO.

5.1.1.2 Rozsah řízeného stárnutí reaktorové nádoby výzkumného reaktoru LVR-15

Cílem řízení stárnutí je zajistit souborem technických a organizačních opatření bezpečný provoz výzkumného reaktoru LVR-15. V případě nádoby reaktoru zajistit funkce:

- Udržení celistvosti hlavního okruhu chladiva reaktoru
- Udržení dostatečného množství chladiva pro chlazení aktivní zóny při normálním a abnormálním provozu
- Udržení dostatečného množství chladiva pro chlazení aktivní zóny v průběhu a po odeznění havarijních podmínek, při kterých nedošlo k porušení celistvosti primárního okruhu reaktoru

Z pohledu reaktorové nádoby je funkcí nutnou pro zajištění výše uvedených funkcí systému funkce integrity. Nádobu reaktoru je vybraným zařízením zařazeným do bezpečnostní třídy 2.

Hodnocení stárnutí nádoby výzkumného reaktoru LVR-15 probíhá v souladu se zastřešujícím Programem řízeného stárnutí reaktoru LVR-15, který byl zpracován v roce 2008 a revidován v roce 2011. Program byl zpracován s využitím doporučení v IAEA-TECDOC-792 „Management of research reactor ageing“ [31] a IAEA SSG-10 „Ageing Management for Research Reactors“ [30]. Jak je uvedeno v kapitole 2, program bude v rámci přechodných ustanovení nového atomového zákona upraven tak, aby plně odpovídal požadavkům nové právní úpravy.

Popis nádoby výzkumného reaktoru LVR-15

Beztlaká nádoba reaktoru je vyrobena z nerezavějící oceli 08CH18N10T. Válcový plášť tvoří několik prstenců skroužených z plechu a podélně svařených. Prstence jsou mezi sebou svařeny obvodovými svary, přičemž podélné svary jsou vzájemně pootočený vždy o 90°. Obvodovým svarem je potom přivařen celý válcový plášť k výlisku eliptického dna.

Vestavby nádoby, tj. horizontální kanály, nosná deska aktivní zóny a plášť aktivní zóny jsou vyrobeny z hliníku o čistotě 99 %.

Vnější průměr nádoby je 2300 mm, tloušťka stěny nádoby 15 mm a tloušťka dna nádoby 20 mm. Výška nádoby od dosedací plochy nosné desky je 5760 mm, hmotnost nádoby bez vody je 7900 kg, objem vody v nádobě je 22 m³.

Ze dna nádoby vystupují 2 hrdla DN 300 x 16 pro vstup chladicí vody, 1 hrdlo DN 400 x 16 pro výstup chladicí vody, 1 hrdlo DN 100 x 16 pro přepad vody, 1 hrdlo DN 100 x 16 pro vypouštění vody z nádoby, 1 hrdlo DN 20 x 16 pro odběr vzorků vody, 1 hrdlo DN 10 pro připojení impulsní trubky na měření úrovně vody v nádobě, 1 trubka DN 125 sloužící jako skluzavka na vzorky a 1 rezervní trubka DN 70.

Nádobu má opěrnou desku tvaru mezikruží, vyztuženou žebry a přivařenou na dno nádoby. Touto deskou je nádoba volně položena na nosnou litinovou desku původního reaktoru VVR-S, která je upevněna v šachtě reaktoru. Nádobu byla vyrobena ve Škodě Plzeň a do provozu byla uvedena v rámci rekonstrukce původního reaktoru VVR-S v roce 1989. Nosná litinová deska a betonová šachta reaktoru jsou původní od roku 1957.

Identifikace mechanismů stárnutí jednotlivých materiálů a komponent reaktorové nádoby

V rámci tvorby programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15 byla provedena analýza možných působících degradačních mechanismů a dopadů stárnutí a také posouzena životnosti

vybraných komponent výzkumného reaktoru, mezi které patří nádoba reaktoru a komponenty vnitřní vestavby reaktoru LVR-15. Tato analýza je dokumentována zprávou DITI 304/268 [104]. Dále byly popsány a vyhodnoceny výsledky pravidelně prováděných provozních kontrol dle schváleného Programu provozních kontrol.

5.1.2 Hodnocení stárnutí tlakových nádob reaktoru

5.1.2.1 Hodnocení stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Jak je uvedeno v kapitole 5.1.1.1., řízení stárnutí TNR na obou lokalitách je prováděno dle komponentního programu řízení stárnutí pro reaktory [101], s tím, že jsou respektovány konstrukční odlišnosti mezi oběma typy reaktorů. V komponentním programu řízení stárnutí reaktoru jsou integrovány výstupy z dalších specifických programů řízení stárnutí a to PŘS nízkocyklová únava [103] a PŘS tlakových nádob reaktoru [102] zaměřeného na hodnocení radiačního poškození TNR a dalších degračních mechanismů/dopadů stárnutí.

Všechny programy uvedené výše jsou řízenými dokumenty, které jsou periodicky aktualizovány na základě vnitřní a vnější zpětné vazby a stávající úrovně vědy a techniky v této oblasti.

Pro všechny požadované elementy TNR, na nichž má být dle kap. 05.1.1 Technických specifikací [1] demonstrována implementace zastřešujícího programu stárnutí platí, že základem pro nastavení odpovídajícího programu řízení stárnutí byly následující dokumenty:

Výkresová dokumentace skutečného provedení:

- Technická dokumentace
- Pasporty
- Technické podmínky
- Programy zajištění jakosti

Program provozních kontrol (Program dohledu)

- PPK č. 001 „Reaktor“

Závěry Inventury pro nastavení Programu řízení životnosti 2009 (první „AMR“)

- Matice řízení životnosti pro 213-Č a její aktualizace v rámci TST_0033 [105].

Normy, standardy a návody

- NTD A.S.I. Sekce IV – Hodnocení zbytkové životnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, **NORMATIVNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE A.S.I.** Brno, 2016 [105]
- VERLIFE: Guidelines for Integrity and Life time Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, IAEA, 2008 [106]
- VERLIFE: Guidelines for Integrity and Life time Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, IAEA, to be published in 2013 [107]
- Pravidla ustrojstva i bezopasnoj ekspluatácii oborudovanija truboprovodov atomnykh energetičeskich ustanovok (PNAEG-7-008-89) [108]

- Normy rasčota na pročnosť oborudovanija i truboprovodov atomnych energetičeskich ustanovok (PNAEG-7-002-87) [109]
- Oborudovanije i truboprovody atomnych energetičeskich ustanovok. Svarka i naplavka. Osnovnye položeniija. (PNAEG-7-009-89) [110]
- Předpisy pro kontrolu svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren a výzkumných jaderných reaktorů a zařízení (PK1514/72) Gosgortekhnadzor, 1974 [111]

Hodnotící zpráva AMR 2015 JCHO/LTOA/CP-YC1-14/39R0FR1

- Zhodnocení současného stavu řízení stárnutí strojních zařízení JE EDU pro potřeby LTO, Hodnocení systému YC1 – Reaktor a vnitřní části reaktoru

Průkazná dokumentace pevnosti, životnosti, seismické odolnosti:

- Seismická kvalifikace:

Dokumentace SQ:

- EQ-B1-1P-22/35 – ÚJV Řež Ev. č. 10815, DITI 300/94, rep. 73-98.3ep, revize 1
- EQ-B1-2P-22/35 – ÚJV Řež Ev. č. 10815, DITI 300/94, rep.73-98.3ep, revize 1
- EQ-B1-3P-22/35 – ÚJV Řež Ev. č. 10815, DITI 300/94, rep.73-98.3ep, revize 1
- EQ-B1-4P-22/35 – ÚJV Řež Ev. č. 10815, DITI 300/94, rep.73-98.3ep, revize 1

Při hodnocení stavu řízení stárnutí byly pro fázi hodnocení nazývanou porozumění stárnutí využity následující výstupy z výzkumných programů. Uvedené informační zdroje (v aktuální podobě) jsou následně využívány i při vlastním řízení stárnutí reaktoru jako zdroj zobecněné světové zkušenosti.

INCEFA

- Pro volbu přístupu k hodnocení únavy s vlivem prostředí ve shodě s rozvíjejícím se state of art ve světě.

PROSAFE

- Vývoj a aplikace metody pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti reaktoru.

SOTERIA

- Vývoj porozumění radiačnímu a tepelnému stárnutí materiálů TNR.

WPS - SÚJB

- Vliv přetížení za tepla na integritu tlakové nádoby reaktoru při nehodách s tlakově teplotním šokem, Projekt SÚJB, řešený v letech 2006-2008 v ÚJV Řež, a.s.

-

IAEA VERLIFE 2017

- Metodika obsahuje výstupy z rozsáhlého výzkumného programu zabývající se degradací materiálů VVER reaktorů v průběhu provozu a poskytuje znalostní základnu pro posuzování degradací.

Trvalým zdrojem informací z výzkumu a vývoje používaných pro provoz reaktoru a zajištění jeho dlouhé životnosti jsou informace z EPRI, jejímž je ČEZ, a.s. členem.

Informace z EPRI jsou využívány v řadě oblastí při provozování reaktoru:

- Pro vlastní porozumění stárnutí jako zdroj informací o nově identifikovaných degradačních mechanismech (např. swelling), v metodické oblasti pro posouzení nenadálých událostí z provozu (např. koroze TNR vlivem přelítí víka reaktoru).
- Pro zjišťování nejnovějších přístupů v oblasti provozních kontrol reaktorů a aplikaci nových postupů a technologií při provozních kontrolách (možnosti aplikace nových metod – Phased array UT, ověřování postupů a způsobů kontrol u VČR – měření PAZ, kontrola šroubů KAZ,...)

Vnitřní a vnější provozní zkušenost

Vnitřní i obecná vnější provozní zkušenost je využívána pro aktualizaci a verifikaci nastavení řízení stárnutí. Informace jsou shromažďovány a analyzovány 1 x ročně.

Vnitřní provozní zkušenost je hodnocena na základě výskytu událostí s dopadem do řízení životnosti TNR a VČR. Na základě existujících informačních zdrojů elektrárny je zhodnocen vliv identifikovaných provozních událostí na stárnutí a životnost reaktoru. Jsou používány následující informační zdroje:

- Zpráva pro jednání odborné komise pro hodnocení výsledků provozních kontrol zařízení každého z bloků JE Dukovany v období TGO v aktuálním roce a kampani provozu
- Zpráva o provedených kontrolách zařízení 1. bloku (resp. 2. – 4. bloku) dle prováděcího plánu provozních kontrol JE Dukovany v roce v aktuálním roce a kampani
- Spolehlivostní informační systém
- Zprávy z jednání poruchové komise Jaderné elektrárny Dukovany
- Plnění Limit a podmínek
- Informační systém údržby Asset Suite AS 8
- PrBZ

Po ukončení kampaně bloku v daném kalendářním roce jsou zanalyzovány uvedené informační zdroje s ohledem na skutečnost, zda se vyskytla v rámci provozu událost, která potenciálně může mít dopad na provoz a životnost tlakových nádob reaktoru. Pokud je taková událost identifikována, je následně odborně posouzena a zohledněna v hodnocení životnosti tlakové nádoby reaktoru, které je, na základě komponentního programu řízeného stárnutí, vypracovááno 1 x ročně.

Vnější provozní zkušenost, změna stavu poznání, stav nejnovějších poznatků vědy a techniky, a jejich význam pro řízení stárnutí jsou vyhodnocovány v rámci parametru pro řízení životnosti Technické stárnutí. Znalosti jsou získávány při práci na projektech realizovaných ve spolupráci zejména s organizacemi EPRI, NUGENIA a IAEA, důležitým zdrojem informací pro řízení stárnutí jsou poznatky z vědeckých konferencí z oblastí důležitých pro bezpečný provoz jaderných elektráren.

Dalším zdrojem informací o vnější provozní zkušenosti jsou pravidelně (1x ročně) pořádané workshopy o řízení stárnutí. Účastníky těchto setkání jsou specialisté z provozovaných jaderných

elektráren (ČEZ a.s., SE a.s.) a experti z podpůrných vědecko výzkumných organizací z České a Slovenské republiky (ÚJV Řež, a.s., VUJE).

Dle potřeby problematik stárnutí pro jednotlivé hlavní komponenty JE jsou dále pořádány „Benchmark“ workshopy a to zejména pro výměnu informací a porovnání jednotlivých specifických přístupů hodnocení zařízení včetně odlišností ve filosofii přístupu k řízenému stárnutí tlakových nádob reaktorů v obou zúčastněných zemích.

Dále je technické stárnutí vyhodnocováno na základě zkušeností a událostí z provozu z jiných elektráren ve světě. V posledních letech byly pro hodnocení parametru použity informace z událostí na jaderných elektrárnách:

- JE Shaeron Harris
- JE Doel a Tihange
- JE Pakš a Mochovce
- JE Beznau 1
- JE Loviisa

Ve shodě s metodikou pro vnitřní a vnější zpětnou vazbu z provozních zkušeností JE jsou pro zpětnou vazbu využívány provozní zkušenosti uveřejňované organizací WANO.

Identifikované degradační mechanismy a dopady stárnutí včetně určení jejich významnosti

Na základě informačních zdrojů, postupů a činností uvedených a popsanych výše, byly pro TNR identifikovány následující degradační mechanismy a dopady stárnutí, které je nutné pro zajištění dlouhodobého bezpečného provozu odpovídajícím způsobem řídit. Jedná se o:

- Radiační a tepelné stárnutí
- Únava
- Korozní praskání pod napětím (SCC, IASCC)
- Koroze (primárním médiem na vnějším povrchu reaktoru)
- Ztráta předpětí šroubových spojů způsobená zvýšenou teplotou
- Mechanické opotřebení / Otěr

Radiační a tepelné stárnutí

Radiační a tepelné stárnutí je významným degradačním mechanismem limitujícím životnost reaktoru. Je vyhodnocováno v rámci monitorování radiačního a tepelného stárnutí TNR s pomocí svědečných vzorků. Kriteriaální hodnota, maximální povolená teplota křehkosti T_k^a , byla určena na základě hodnocení odolnosti nádoby reaktoru vůči křehkému lomu. Hodnocení bylo realizováno ve shodě s požadavky (NTD A.S.I., VERLIFE), PTS výpočty byly provedeny dle příslušných metodik.

Radiační a tepelné stárnutí je hodnoceno pro válcovou část tlakové nádoby v oblasti aktivní zóny, konkrétně pro svarové kovy, tepelně ovlivněnou zónu, základní materiál a návar prostřednictvím hodnocení změn teploty křehkosti T_k . Změny T_k jsou hodnoceny periodicky 1 x za rok vzhledem k aktualizovaným hodnotám fluencí a výstupům z programu svědečných vzorků, pokud jsou v daném roce k dispozici.

Únava (nizkokycklová)

Únava je degradační mechanismus potenciálně limitující životnost reaktoru. Pro zajištění dlouhodobé životnosti byly za účelem zpřesnění a odstranění nadměrných konzervativismů,

přepočítány původní projektové únavové výpočty a na jejich základě byl aktualizován systém pro monitorování nízkocyklové únavy JE Dukovany DIALIFE. Kumulace únavy a limitní hodnoty jsou stanoveny v souladu s NTD A.S.I. [105]. Rozvoj únavy je hodnocen periodicky, 1 x za rok. Nárůst únavového poškození je hodnocen pro všechny komponenty reaktoru, pro kritická místa na těchto komponentách určená výpočtem.

Korozní praskání pod napětím

Korozní praskání pod napětím je hodnoceno na základě výstupů z programu provozních kontrol. Kritická místa, metody detekce i kritéria přípustnosti jsou stanoveny v pracovních postupech provádění kontrol v jednotlivých instrukcích a metodických listech pro konkrétní kontrolní metody. Při dodržování požadované chemie vody primárního okruhu (dané příslušným provozním předpisem) a dalších provozních předpisů, je rozvoj korozního praskání nepravděpodobný. Korozní praskání je hodnoceno 1 x ročně a to pro komponenty, které jsou ve styku s korozním médiem, konkrétně vystýlku tlakové nádoby, vystýlku víka a košilky nátrubků víka, příslušné částí těsnícího uzlu.

Koroze

Při dodržování pracovních postupů je koroze vyloučena – nemělo by dojít ke kontaktu primárního média s vnějším povrchem reaktoru. Případný rozvoj koroze je identifikován v rámci programu provozních kontrol (kritéria jsou stanovena v pracovních postupech jednotlivých kontrol) a při hodnocení každé události, kdy došlo k porušení provozních předpisů a ke kontaktu primárního média s vnějším povrchem. Rozvoj koroze je nepravděpodobný. Při každém kontaktu je vypracován odborný posudek. Rozvoj koroze je hodnocen 1 x ročně.

Ztráta předpětí šroubových spojů způsobená zvýšenou teplotou

Tento dopad stárnutí se týká šroubových spojů na reaktoru, zejména svorníků hlavní dělicí roviny. Jeho rozvoj je detekován v rámci PPK rozměrovými kontrolami. Pro zajištění dlouhodobého provozu je to nevýznamný dopad stárnutí. Kriteriaální hodnota přípustnosti ztráty předpětí je stanovena v příslušné instrukci pro provádění kontroly v rámci programu provozních kontrol. Ztráta předpětí šroubových spojů je hodnocena 1 x ročně.

Mechanické opotřebení / Otěr

Mechanické opotřebení, případně poškození, či otěr vzniká při vzájemném pohybu kovových částí. Může k němu dojít při nedodržení pracovních postupů či při normálním provozu. Dopad stárnutí je kontrolován v rámci PPK vizuálními kontrolami, v metodických listech jednotlivých kontrol jsou stanovena příslušná kritéria přípustnosti pro výskyt mechanického poškození. Na základě zkušeností z dosavadního provozu není očekáván významný rozvoj tohoto dopadu stárnutí. Hodnoceno 1 x za rok.

Na konkrétní komponenty TNR působí následující degradační mechanismy:

Tlaková nádoba:

- IASCC, SCC
- Radiační a tepelné stárnutí
- Únava
- Koroze
- Otěr

Horní blok:

- SCC
- Únava
- Koroze
- Otěr

Těsnící uzel:

- SCC
- Únava
- Koroze
- Otěr

Proces stanovení kritérií přijatelnosti pro jednotlivé degradační mechanismy

Radiační a tepelné stárnutí

Limitní hodnota kritické teploty křehkosti T_k^a byla stanovena v rámci Hodnocení odolnosti tlakové nádoby proti teplotně tlakovému šoku realizovaného v letech 1998 až 2006. Hodnocení kritických režimů bylo aktualizováno v letech 2007-2008. Normální hodnoty teploty křehkosti T_k jsou odvozeny od hodnoty T_k^a a představují míru zkřehnutí materiálu, kdy je provoz možný bez realizace nápravných opatření. Maximální normální hodnota T_k (kritérium přijatelnosti) je určena v rámci činností dle komponentního programu řízeného stárnutí reaktoru a je nižší než limitní hodnota T_k^a .

Na základě výstupů ze specifického programu řízeného stárnutí TNR [101] byl v roce 2015 zahájen proces přehodnocení odolnosti tlakové nádoby reaktoru proti tlakově teplotnímu šoku. Tento program byl iniciován vzhledem ke změně stavu poznání v uplynulých deseti až patnácti letech – vývoji nových metodik pro hodnocení PTS, aktualizaci normativní technické dokumentace, vývoji nových výpočetních kódů pro termohydraulické analýzy a změně konfigurace elektrárny, včetně změny odpovídajících havarijních předpisů.

Výstupem z tohoto programu bude v roce 2020 zpřesněná hodnota T_k^a určená ve shodě s aktuálním „state of the art“ problematiky s uvážením aktuální konfigurace elektrárny.

Únava (nizkokycklová)

Kritériální hodnota kumulace únavy je stanovena v Normativní technické dokumentaci asociace strojních inženýrů české republiky [105]. Jde o živý, průběžně aktualizovaný, dokument. V rámci aktualizací je zohledňován vývoj v problematice a požadavky průmyslu – provozu. Kritériální hodnota akceptovatelnosti je přebírána z NTD A.S.I. [105] a je uváděna v komponentním PŘS reaktoru [101].

Otěr, Koroze, Korozní praskání pod napětím včetně IASCC

Kritériální hodnoty akceptovatelnosti jsou stanoveny v příslušných instrukcích a metodických listech kontrol v Programu provozních kontrol určených pro detekci uvedených degradačních mechanismů/dopadů stárnutí. Program provozních kontrol byl vyvinut na základě průvodní technické dokumentace výrobce, na základě doporučení výrobce a projektanta a na základě v době výroby platných norem. Program provozních kontrol je periodicky modifikován, včetně rozsahu kontrol, použitých metod a odpovídajících kritérií. Modifikace jsou prováděny na základě zkušeností z provozu a vývoje světové znalosti problematiky. Program provozních kontrol je schvalován SÚJB.

5.1.2.2 Hodnocení stárnutí beztlaké nádoby výzkumného reaktoru LVR-15

Základem pro nastavení programu řízeného stárnutí byly, kromě analýzy popsané v kapitole 5.1.1.2, i další zdroje, např. výkresová dokumentace, pasport nádoby, předprovozní bezpečnostní zpráva, provozní podmínky, výpočty fluencí neutronů na vybraná místa nádoby reaktoru.

Vnitřní a vnější provozní zkušenost

Pro eventuální aktualizaci programu řízeného stárnutí je využíváno výsledků kontrol, testů a údržby zařízení. Dále jsou využívány výsledky výzkumných projektů, mimořádných kontrol i informace z provozu obdobných zařízení.

Identifikované degradační mechanismy a dopady stárnutí včetně určení jejich významnosti

Při projektování a konstrukci výzkumného reaktoru LVR-15, byly všechny materiály vybrány především s ohledem na zajištění vysoké korozní odolnosti v prostředí proudící upravené vody primárního okruhu za normálního tlaku v rozdílných radiačních podmínkách.

Hlavním použitým materiálem je u nádoby a vnitřních částí austenitická korozivzdorná ocel 08CH18N10T stabilizovaná titanem a hliníkové slitiny.

Jak je uvedeno výše, možné degradační mechanismy byly posouzeny ve zprávě „Posouzení životnosti vybraných komponent výzkumného reaktoru LVR-15“ [104], při jejich identifikaci se vycházelo z expertních znalostí týmu ÚJV Řež a.s., který provádí obdobná hodnocení i pro jaderné elektrárny.

Při teplotě max. 70°C lze prakticky vyloučit poškození materiálu způsobené teplotním stárnutím a creepem, včetně jevu narůstání objemu, zvaného swelling. K procesům, které vyžadují vysoké teploty, můžeme zařadit také křehnutí způsobené vodíkem a héliem. Tento degradační mechanismus, který především závisí na difuzi, se v podmínkách výzkumného reaktoru také neuplatní.

Možnými degradačními mechanismy jsou koroze (eroze), včetně uplatnění chemických procesů, únava, včetně vibrační a radiační poškození.

Radiační poškození

Nádoba a rošty jsou vyrobeny z austenitické nerezavějící oceli 08Ch18N10T a 17246.4. Svary jsou provedeny přídatným materiálem Sv04Ch19N11M3 téhož typu. Tok neutronů na stěnu nádoby je max. $1,5 \times 10^{10}$ n/cm²/s.

Byly vypočteny hodnoty fluence při standardním provozu výzkumného reaktoru LVR-15 do konce roku 2018, to je za 29 let provozu a do roku 2030, což je předpokládaná doba prodloužení provozu a vybrána čtyři nejexponovanější místa nádoby a vnitřních částí v závislosti na době provozu. Hodnoty fluencí se převážně pohybují pod prahovou hodnotou pro možné radiační poškození austenitických ocelí (včetně roku 2030).

Z hodnot fluencí vyplývá, že nejméně je radiačně zatížen svar výstupního potrubí a stěna nádoby. Očekávané, řádově vyšší zatížení, bylo zjištěno u některých dílů vnitřní vestavby v blízkosti aktivní zóny reaktoru. Nejvyšší hodnota fluence do roku 2030 byla vypočtena v místě počátku výstupního potrubí u nosné desky AZ. Tato hodnota se již přibližuje dolní hranici možného radiačního poškození austenitických materiálů, které vychází z udávaných prahových hodnot fluencí pro radiační poškození oceli 08Ch18N10T v řádu $10E^{20}$ - $10E^{22}$ n/cm², viz Prediction of Mechanical Properties of Irradiated Austenitic Stainless Steels, ENES, Moskva 2007 [113].

Koroze

U vnitřního povrchu vlastní nádoby nebylo prokázáno nadměrné poškození, které by souviselo s plošnou nebo bodovou korozi.

U vnitřních vestaveb jsou potenciálně problematická zařízení, která jsou vyrobena z hliníku a jsou náchylná k bodové korozi. Z hlediska korozního poškození jsou nejkritičtější částí horizontální kanály (HK) u kterých by ztráta integrity vedla k úniku chladiva z nádoby reaktoru. Zde se vyskytují místa s podezřením na bodovou korozi. Tento typ poškození byl opakovaně zjištěn na vnějším povrchu kanálů v různých místech.

Kritickým místem z hlediska koroze je také těsnění přírubového spoje horizontálních kanálů. Proto bylo navrženo založení svědečného modelového spoje, kterým by bylo možné monitorovat stav přírubových spojů v nádobě. Tento uzel je možné označit i celkově jako nejkritičtější z posuzovaných komponent nádoby a vnitřních částí.

Únavová životnost

V rámci dříve provedených hodnocení (Kontrolní výpočet DRS-867, 1995) byly provedeny výpočty statické pevnosti a únavové životnosti pro zatížení hydrostatickým tlakem a teplotním polem. Podmínky statické pevnosti i únavové životnosti jsou vyhovující.

Proces stanovení kritérií přijatelnosti pro jednotlivé degrační mechanismy

Stanovení kritérií přijatelnosti probíhá na základě výsledků bezpečnostních analýz a z nich vyplývajících provozních limitů a podmínek, pro reaktorovou nádobu je limitní hodnotou celková fluence neutronů. V rámci analýzy [104] byla posouzena možnost dosažení mezních parametrů konstrukčních materiálů klíčových komponent.

5.1.3 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly tlakových nádob reaktorů

5.1.3.1 Monitorování, zkoušení, odebírání vzorků a kontroly tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Program monitorování nízkocyklové únavy

První hodnocení únavového poškození bylo provedeno již v projektu a tvoří součást průvodní dokumentace (pevnostní a únavový výpočet). V rámci tohoto výpočtu byla vybrána kritická (nejvíce namáhaná) místa. Prvotní výběr míst byl během provozu zpřesňován, naposledy v rámci komplexního přehodnocení únavy tlakové nádoby v letech 2012 - 2014.

Na základě proběhlých provozních režimů (určených na základě provozních měření) je pro každé kritické místo určena kumulace únavy za příslušnou kampaň a následně celková kumulace únavy za dosavadní dobu provozu, tedy perioda hodnocení je 1x ročně. Kritéria akceptovatelnosti jsou stanovena ve shodě s požadavky NTD ASI Sekce IV [105] v Technickém standardu pro řízení životnosti[101]. Součástí hodnocení aktuálního stavu kumulace únavového poškození je predikce vývoje pro plánovanou dobu provozu. Stanovení aktuální kumulace únavy i její predikce je prováděna pro každý hodnocený bod softwarovou aplikací DIALIFE.

Kritickými místy (s nejvyšší kumulací únavy), pro jednotlivé komponenty reaktorové tlakové nádoby jsou:

- Horní blok: Přírubový spoj nátrubku TK, návar v přírubě nátrubku na těsnící ploše
- Tlaková nádoba: uzel rozdělení proudu,
- Těsnící uzel: spodní rovina volné příruby

Program monitorování provozních parametrů důležitých pro bezpečnost

Nepovolené změny provozních parametrů důležitých pro bezpečnost jsou pravidelně vyhodnocovány vzhledem k jejich dopadu na životnost a to periodicky, 1 x ročně. Kritéria akceptovatelnosti jsou definována v provozních předpisech Limity a podmínky bezpečného provozu.

Údržba

Činnosti realizované v rámci preventivní údržby slouží mimo jiné i ke sledování stavu reaktoru a vyhodnocování působení provozních podmínek a degradačních mechanismů na reaktor. Původní perioda a kritéria jednotlivých provozních kontrol jsou dány požadavky na nápravu a sledování projevů DM určených výrobcem v technických podmínkách (TP) a individuálním programu zajišťování jakosti (IPZJ) pro reaktor. V průběhu provozu byly aktualizovány na základě zkušeností z provozu i zkušeností ze světa.

Při hodnocení preventivní údržby se vychází z pracovních postupů oprav a výpisu ze systému ISE PassPort.

Aktuální plán preventivní údržby vzhledem k řízení životnosti (včetně periodicity úkonů) je nastaven v komponentním PŘS reaktoru [101] a zrcadlen v řídicí aplikaci ISE PassPort. Periodicita jednotlivých činností se pohybuje od intervalu 1 x ročně až po 1 x 8 let.

Výstupy z údržby jsou periodicky (1x ročně) vyhodnocovány za účelem hodnocení rozvoje případných degradačních mechanismů, které nebyly identifikovány ostatními účinnými programy řízeného stárnutí a dalšími procesy. Kritéria přijatelnosti jsou uvedena v příslušných pracovních postupech. Je posuzována jak údržba preventivní, tak činnosti údržby nahodilé, vyskytnou-li se.

V rámci hodnocení údržby jsou porovnávány činnosti a nálezy z jednotlivých let za účelem objevení případného vyskytujícího se trendu progresivní degradace. Žádný trend dosud nebyl pozorován.

Program provozních kontrol

Do rozsahu provozních kontrol patří vybraná kontrolní místa všech komponentů reaktoru.

Program provozních kontrol reaktoru vychází z původních sovětských předpisů pro JE, technických podmínek (TP) a z individuálního programu zajišťování jakosti (IPZJ) reaktoru stanovených výrobcem.

Rozsah kontrol předepsaných v PPK je pravidelně aktualizován podle potřeb, požadavků a současných znalostí o dané komponentě a DM působících na ní, konkrétně na základě zjištění z hodnocení stavu reaktoru, provozních zkušeností získaných v ČR i ve světě, doporučení SÚJB a požadavků vyplývajících z dokumentů VERLIFE a NTD A.S.I. Dále jsou s ohledem na rozvoj technik měření zaváděny nové technologie a používána nová zařízení, která umožňují zlepšit dosahované výstupy z provozních kontrol.

Provozní kontroly jsou prováděny v takovém rozsahu a periodě, aby bylo zajištěno sledování stavu, resp. zjištění projevů působení degradačních mechanismů jako jsou:

- Korozní praskání pod napětím
- Nízkocyklová únava
- Radiační křehnutí
- Mechanické opotřebení
- Koroze

Kontroly jsou prováděny ultrazukovými metodami impulsní odrazovou a TOFD (svary a základní materiál TNR), metodou vířivých proudů a nepřímou vizuální metodou pomocí kamer s vysokým rozlišením. Svary a základní materiál tlakové nádoby reaktoru EDU je kontrolován v periodě čtyř let střídavě z vnějšího i vnitřního povrchu. Kontroly UT a ET jsou prováděny kvalifikovaným způsobem.

Svary mezi nástavcem a hlavním cirkulačním potrubím jsou kontrolovány z vnějšího povrchu ultrazukovou, vizuální a kapilární metodou v periodě 96 měsíců, z vnitřního povrchu metodami vizuální, ultrazukovou (impulsní odrazovou a podmíněně TOFD) a vířivými proudy taktéž v periodě 96 měsíců.

V případě potřeby je program kontrol rozšiřován o další kontrolní místa, případně u stávajících kontrolních míst je upraven rozsah kontroly nebo je doplněna nová metoda (např. v roce 2015 u VVER 440 doplněny kontroly HB - těsnicí plocha \varnothing 172 mm / 180 mm střední příruby nátrubku TK, MNT o metody VT a PT, u volné příruby – dosedací plocha o metody VT, PT).

Kontrola tlakové nádoby reaktoru je zajišťována pomocí automatizovaného systému MKS (zkoušení z vnitřního povrchu) a systému SK-187 (zkoušení z vnějšího povrchu). Pro kontrolu svaru na víku tlakové nádoby je používán manipulátor Traktor-HB.

Další kontroly spojené s výměnou paliva jsou prováděny kontroly v periodě 12 měsíců, 36, resp. 48 měsíců.

V periodě cca 12 měsíců jsou prováděny především kontroly související s roztěsněním reaktoru, např. kontroly HDR. Návary těsnících ploch a drážek na hlavní dělící rovině jsou kontrolovány metodou vizuální a kapilární, u drážek je prováděna rozměrová kontrola po 200 mm.

Šrouby (svorníky) M140x6 jsou kontrolovány v místě závitů i ve válcové části. Šrouby jsou v periodě 12 měsíců kontrolovány rozměrovou kontrolou a vizuální kontrolou/prohlídkou a podmíněně podrobeny kapilární kontrole. Válcová část i závit šroubů je v periodě 96 měsíců kontrolován ultrazukem a vířivými proudy.

Výsledkem provozních kontrol je vždy protokol obsahující všechny potřebné informace pro jednoznačnou identifikaci kontrolovaného místa, použité metody, postupu, vyhodnocení a výsledku kontroly. Protokoly ze všech kontrol jsou archivovány v papírové a elektronické formě po celou dobu provozu. Akceptační kritéria jsou definována v souladu s normami, podle výrobce a na základě požadavků uvedených v NTD A.S.I.

Obecně je možno konstatovat, že stav PPK a výstupy z PPK jsou analyzovány pravidelně 1 x ročně a to vzhledem ke všem dostupným informacím (nejen k JE Dukovany a Temelín, ale ke všem informacím publikovaným ve světě). Výsledky provozních kontrol zaznamenané do protokolů jsou porovnávány s výsledky dosaženými v předchozích letech. Činnosti realizované v rámci PPK slouží ke sledování stavu reaktoru a vyhodnocování působení provozních podmínek a degradačních mechanismů na reaktor. V rámci hodnocení jsou určovány rizika rozvoje identifikovaných degradačních mechanismů a současně možnosti rozvoje degradací dosud neočekávaných.

Program svědečných vzorků

Vlivem radiace dochází v oblasti aktivní zóny ke zkrěhnutí materiálu tlakové nádoby. Proto je zapotřebí monitorovat materiálové změny TNR během provozování. Každá z tlakových nádob reaktorů (TNR) typu VVER-440/V-213Č měla již projektem zajištěn program svědečných vzorků materiálů tlakové nádoby. Tento program byl navržen hlavní projektovou organizací, tj. OKB Gidropress, Podolsk již na přelomu 60. a 70. let na základě znalostí a možností dané doby v tehdejších

Sovětském svazu a s ohledem na konstrukci reaktoru, tj. vzájemnou konfiguraci TN a jejich vnitřních částí.

Původní, tzv. Standardní program svědečných vzorků („SSP“), realizovaný na EDU v souladu s průvodní technickou dokumentací, nesplňoval zcela současné požadavky na obsah, účel a požadované výsledky především z hlediska jejich aplikovatelnosti na hodnocení zbytkové životnosti TNR především v následujících aspektech:

- vysoký součinitel urychlení mezi tokem dopadajícím na svědečné vzorky a na vnitřní stěnu nádoby, cca 10;
- nepřesnosti ve stanovení skutečného toku, dopadajícího na jednotlivé svědečné vzorky s ohledem na jejich orientaci ke středu aktivní zóny;
- nemožnost stanovení skutečné ozařovací teploty;
- nevyužitelnost výsledků zkoušek lomové houževnatosti;
- absence návarového materiálu;
- doba sledování vlivu provozování tlakových nádob na změny vlastností jejich materiálů omezena na 5 let.

Pro odstranění těchto nedostatků a získání spolehlivých dat byl navržen (ÚJV Řež, a.s. a Škoda JS a.s.) nový svědečný program, zohledňující ve své koncepci výše uvedené aspekty, takzvaný Doplňkový program svědečných vzorků („DSP“) tlakových nádob reaktorů JE Dukovany.

Účelem DSP je zajistit možnost hodnocení zbytkové životnosti tlakových nádob reaktorů po projektovou dobu jejich provozu v souladu s Návody a doporučeními pro hodnocení životnosti tlakové nádoby a vnitřních částí reaktorů JE VVER během provozu JE“ [112].

Z vyhodnocených výsledků zkoušek a měření jsou určeny následující podklady potřebné pro hodnocení zbytkové životnosti TNR:

- průběžná časová závislost změn meze kluzu, pevnosti, posunu kritické teploty křehkosti ze zkoušek vrubové houževnatosti a přechodové teploty ze zkoušek lomové houževnatosti, při znalosti skutečné ozařovací teploty
- průběžná časová závislost fluence neutronů dopadající na svědečné vzorky (integrovaně vždy po několika kampaních)

DSP nebyl navržen z pohledu požadavků provozu za původní projektovou životnost. Prodloužený svědečný program materiálů tlakových nádob reaktorů jaderné elektrárny Dukovany byl připraven tak, aby s jistými zálohami splňoval požadavky na zajištění nezbytných údajů pro prodloužení životnosti všech TNR EDU.

Program slouží především k následujícím cílům:

- kvalifikace reprezentativních svarových kovů
- monitorování toku neutronů po stěně TNR po zvýšení výkonu
- monitorování radiačního zkřehnutí základních materiálů TNR pro prodlouženou životnost
- monitorování radiačního zkřehnutí svarových kovů TNR pro prodlouženou životnost
- monitorování radiačního zkřehnutí tepelně ovlivněné zóny svarových spojů TNR pro prodlouženou životnost
- monitorování radiačního poškození austenitického návaru TNR pro prodlouženou životnost
- opravné svary

Svěddecké vzorky jsou uloženy v šesti párech řetězců s kontejnery obsahujícími svědecké vzorky, každý kontejner obsahuje 6 tahových zkušebních těles, 12 insertů pro Charpyho zkušební tělesa s vrubem nebo Charpyho zkušební tělesa s předcyklovanou trhlinou pro zkoušky statické lomové houževnatosti. Součástí programu je základní materiál, svary včetně tepelně ovlivněné zóny, první i druhá vrstva návaru, a referenční ocel JRQ. V každém kontejneru jsou dále monitory pro zjišťování fluence a teplotní monitory. Součástí svědeckého programu je dále monitorování fluence vně reaktorové nádoby. Kontejnery jsou umístěny v oblasti aktivní zóny i mimo ni v oblasti horního prstence, aby bylo možno monitorovat vliv neutronového i tepelného křehnutí. Vytahování kontejnerů a vyhodnocování vzorků probíhá podle předem schváleného a v případě potřeby aktualizovaného harmonogramu tak, aby bylo možno hodnotit vliv neutronového a tepelného stárnutí pro celý průběh plánovaného provozu tlakové nádoby.

Výstupy ze svědeckého programu jsou vyhodnocovány periodicky 1 x ročně. Výsledky neutronové dozimetrie a mechanické vlastnosti dotčených materiálů po ozáření, jsou periodicky aktualizovány a uchovávány v databázi Svědeckého programu. Finálním výstupem je aktuální skutečná teplota křehkosti materiálů T_k a její predikce do budoucna dle metodiky dané normou [105].

V Programu řízení životnosti reaktoru je definováno kritérium akceptovatelnosti odvozené od maximální povolené teploty křehkosti T_k^a . V závislosti na aktuální a predikované hodnotě T_k a hodnotách T_k^a je prokazována bezpečnost provozu reaktorové tlakové nádoby vzhledem k tepelnému a neutronovému stárnutí a v případě potřeby jsou definována příslušná nápravná opatření.

5.1.3.2 Monitorování, zkoušení, odebrání vzorků a kontroly nádoby reaktoru výzkumného reaktoru LVR-15

Monitoring stavu komponent je založen na schváleném programu provozních kontrol, kde jsou definovány jednotlivé kontroly, včetně stanovení intervalu těchto kontrol. Dokument je pravidelně aktualizován podle potřeb, požadavků a současných znalostí o dané komponentě, nebo dle vývoje daných metodik. Kontrolní činnosti zahrnují:

- provozní defektoskopické kontroly materiálu nádoby a potrubí
- provozní defektoskopické kontroly svarových spojů
- vizuální kontroly povrchů
- těsnost přírubového spoje horizontálního kanálu

5.1.4 Preventivní a nápravná opatření pro tlakové nádoby reaktoru

5.1.4.1 Preventivní a nápravná opatření pro tlakové nádoby reaktorů Dukovany a Temelín

V komponentním programu řízeného stárnutí reaktoru, definovaného příslušným technickým standardem [101], jsou zavedeny parametry pro řízení stárnutí, včetně kritérií akceptovatelnosti a takzvaných normálních hodnot. Překročení normálních hodnot nebrání dalšímu provozu, ale vyplývá z něj požadavek na formulování a realizaci nápravných opatření, které mají řešit danou situaci a zajistit, aby v dalším provozu byla hodnota parametrů pro řízení životnosti opět v intervalu normálních hodnot.

Jednotlivá doporučení na nápravná opatření jsou formulována při hodnocení jednotlivých parametrů a jejich finální znění jsou sumarizována v každoročně vypracovávaném dokumentu Periodické hodnocení životnosti reaktoru.

Splnění nápravných opatření je pak hodnoceno v rámci dalšího hodnocení parametrů pro řízení životnosti.

V minulosti byla formulována a realizována následná nápravná opatření za účelem zajištění požadované životnosti tlakové nádoby reaktoru:

- Optimalizace konfigurace zavážení paliva za účelem získání takzvané low-leakage zóny s minimálním neutronovým zatížením stěny reaktorové tlakové nádoby (bylo dosaženo snížení až 50 % fluence). Tato optimalizace byla provedena od 12. kampaně. Po navýšení výkonu na 500 MW je snížení fluence cca 40 % vůči původní projektové.
- Periodická aktualizace požadavků na tlak a teplotu při najíždění/sjíždění reaktoru za účelem minimalizace rizika přetlakování za studena. Aktualizace byla a je prováděna na základě výstupů z programu řízeného stárnutí, konkrétně na základě vlastností materiálů tlakové nádoby – aktuální a predikované teploty křehkosti.
- Definice vhodných akcí operátora (modifikací EOPs - Havarijních předpisů) pro zajištění odolnosti vůči křehkému lomu při PTS události. Potenciální akce operátora byly analyzovány a následně definovány při hodnocení jednotlivých PTS scénářů v rámci prováděných PTS analýz při stanovení maximální přípustné teploty křehkosti. První hodnocení odolnosti TNR vůči křehkému lomu bylo realizováno v letech 1996 až 2004, v roce 2008-9 bylo následně provedeno hodnocení kritických scénářů pro parametry zvýšeného výkonu. V současné době bylo - na základě výstupů z programu řízení životnosti reaktoru - zahájeno přehodnocení odolnosti vůči PTS události na základě nových platných metodik a vzhledem k současné konfigurace elektrárny. Hlavní výstupy jsou očekávány do roku 2018.
- Provádění údržby podle příslušných pracovních postupů za účelem zamezení kontaminace vnějšího povrchu tlakové nádoby reaktoru primárním médiem a dalšími chemickými sloučeninami obsahujícími halogenidy, což může mít za následek rozvoj koroze.
 - Rozvoj koroze z vnějšího povrchu periodicky kontrolován v rámci PPK
 - Případná událost zjišťována v rámci Programu řízení životnosti při vyhodnocování parametru Preventivní údržba
- Snížení rychlosti ohřevu a ochlazování reaktoru při najíždění/sjíždění z/na parametry za účelem snížení únavového namáhání jednotlivých komponent
- Snížení přetlaku při pevnostní zkoušce za účelem snížení únavového namáhání jednotlivých komponent
- Periodické zpřesňování určení neutronového ozáření materiálů TNR. Jedno z výše zmíněných opatření bylo uplatnění principu takzvané Low-Leakage zóny. Konfigurace zóny je plánována na základě výpočtů specializovanými výpočetními kódy periodicky 1x ročně na základě následujících vstupů:
 - Neutronové aktivity jednotlivých palivových kazet (source terms of individual fuel assemblies)
 - Měření neutronovými monitory v kontejnerech svědečných vzorků
 - Měření neutronovými monitory vně tlakové nádoby
 - Zmírňování neutronového toku průchodem skrze stěnu nádoby zjištěné výpočtem je korelováno s výsledky z ozařovacích experimentů a měření na výzkumném reaktoru LR-0

5.1.4.2 Preventivní a nápravná opatření pro reaktorovou nádobu výzkumného reaktoru LVR-15

V roce 2009 bylo provedeno posouzení životnosti vybraných komponent výzkumného reaktoru LVR-15, které je dokumentováno zprávou DITI 304/268 [104], posouzení bylo provedeno pro nádobu výzkumného reaktoru LVR-15 a komponenty vnitřní vestavby reaktoru z hlediska vlivu stárnutí. Byly určeny možné degradační mechanismy a zhodnocen jejich vliv na tyto komponenty a dále byly popsány a vyhodnoceny výsledky pravidelně prováděných provozních kontrol v rámci kontrol dle schváleného programu provozních kontrol.

Součástí zprávy jsou rovněž navrhovaná opatření v oblasti kontrol a konstrukčně-technologických úprav, která by měla zajistit další bezpečný provoz a dlouhodobou životnost výzkumného reaktoru LVR-15, která jsou průběžně aktualizována a realizována:

- Doplnění Programu provozních kontrol o pravidelnou vizuální kontrolu (1x ročně) a NDT kontrolu UZ metodou (1x za 5 let) korozního napadení povrchu horizontálního kanálu č. 1.
- V roce 2008 založen specifický „svědečný program“ a to na těsnění přírubového spoje horizontálních kanálů, jako na nejkritičtější část z posuzovaných komponent tohoto výzkumného reaktoru
- Provedení otisků povrchu mokrého zásobníku

5.2 Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů

5.2.1 Zkušenosti provozovatele s implementací programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Jak bylo výše uvedeno, stárnutí reaktoru (vč. tlakové nádoby reaktoru) je hodnoceno periodicky 1 x ročně prostřednictvím vyhodnocování jednotlivých parametrů řízení stárnutí. Každý parametr má definovanou normální a limitní hodnotu. Při překročení normálu parametru jsou iniciovány akce, které mají za účel zajistit, aby nebyla překročena kritická hodnota parametru.

Obecně je možno konstatovat, že rozvoj degradačních mechanismů a dopadů stárnutí odpovídá očekávání. Změny v metodikách hodnocení rozvoje degradací a ve vlastních programech řízeného stárnutí, případně jiných zúčastněných procesech, byly prováděny zejména z důvodu vývoje stavu poznání, české a případně světové technické legislativy (metodiky, návody, normy).

Dále následují příklady, kde na základě vnější a případně vnitřní zkušenosti musely být změněny vlastní programy řízeného stárnutí:

Údržba

V rámci sledování únavového poškození svorníků M140 a kritických míst na HDR reaktoru byl identifikován rozvoj únavového poškození, který by při provozování v rámci LTO mohl vést k dosažení a překročení limitní hodnoty kumulace únavy. Z toho důvodu byla realizována následující opatření:

- Provedení přesnější únavové analýzy
- Změna v pracovním postupu utahování svorníků HDR, která zajistí rovnoměrnější únavové zatížení jednotlivých svorníků.

Program svědečných vzorků

V kapitole 5.1.3.1 byl popsán postupný vývoj programu svědečných vzorků od Standardního programu svědečných vzorků k doplňkovému a následně prodlouženému.

Přechod od standardního programu k doplňkovému byl způsobem vývojem state-of-art dané problematiky, například přísnějšími požadavky na lead faktor (vysoké faktory urychlení radiačního ozařování se staly nekonzervativními, tedy nepřipustnými), požadavky na přesnější určení obdržené fluence i teploty ozařování, chybějícími materiály a nemožností použít zkoušky statické lomové houževnatosti.

Přechod od doplňkového k prodlouženému svědečnému programu byl způsoben požadavky danými provozem za původní projektovou mez.

V rámci Prodlouženého programu svědečných vzorků byly aktualizovány postupy hodnocení přechodové teploty křehkosti materiálu tak, aby vyhovovaly požadavkům připravované aktualizované verze metodiky VERLIFE vzhledem k vyšším zaváděným koeficientům bezpečnosti.

Program provozních kontrol

Program provozních kontrol je průběžně aktualizován dle dostupných poznatků o degradaci jednotlivých komponent tlakové nádoby reaktoru. Byly doplněny kontroly volné příruby v oblasti dosedací plochy o vizuální a kapilární kontroly, v oblasti těsnící plochy víka byla zavedena podmíněná kontrola vířivým proudy, dále pro nátrubky víka TK-EV byly doplněny vizuální a kapilární kontroly těsnících povrchů středních přírub.

5.2.2 Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru LVR-15 s implementací programu řízeného stárnutí nádoby reaktoru

Z pohledu provozovatele je program péče o nádobu reaktoru správně nastaven. Celkový program řízeného stárnutí bude uzpůsoben požadavkům nového atomového práva do konce přechodných ustanovení.

5.3 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů Dukovany a Temelín

5.3.1 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí tlakových nádob reaktorů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

SÚJB vyhodnotil informace týkající se programu řízeného stárnutí reaktoru, jež byly do této zprávy poskytnuty provozovatelem JE Dukovany a Temelín, spolu s informacemi získanými ze své hodnotící a inspekční činnosti.

Činnosti zaměřené na sledování aktuálního stavu a hodnocení životnosti tlakových nádob reaktoru byly prováděny od počátku provozu a na základě aktuálního stavu poznání a vnější i vnitřní zpětné vazby v této oblasti byly rozšiřovány. V současné podobě pokrývá komponentní program řízeného stárnutí reaktoru všechny významné a očekávané degradační mechanismy a jeho nastavení je v souladu s mezinárodními osvědčenými postupy. Výsledky periodického hodnocení životnosti reaktoru jsou uváděny v každoročně aktualizované provozní bezpečnostní zprávě, kterou SÚJB vyhodnocuje. V rámci inspekční činnosti je pozornost věnována zejména aktuálním výsledkům provozních kontrol a úkonů údržby, provádění případných modifikací a oprav během odstávek na výměnu paliva jednotlivých bloků.

V neposlední řadě byl program řízeného stárnutí reaktoru detailně prověřován během licenčního procesu o povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany po 30-ti letech provozu (tedy

k "LTO"). V rámci tohoto procesu nebyly identifikovány žádné aktuální nevyřešené oblasti pro zlepšení nastaveného způsobu hodnocení stárnutí tlakové nádoby reaktoru.

Program řízeného stárnutí reaktoru odpovídá požadavkům platné legislativy i dalších dokumentů spadajících do národního legislativního a dozorného rámce České republiky (viz kapitola 2.1).

Z výše uvedených důvodů považuje SÚJB komponentní program řízeného stárnutí reaktorů Dukovany a Temelín za správně nastavený a dostatečně účinný.

5.3.2 Závěry regulátora a jeho posouzení programu řízeného stárnutí nádoby výzkumného reaktoru LVR-15

Nádoba výzkumného reaktoru LVR-15 je součástí Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15. Stav nádoby a dalších důležitých zařízení byl zanalyzován ve zprávě [104], na základě výsledků analýzy byl program revidován a byla přijata nápravná opatření (založení svědečného vzorku), predikce radiačního poškození se pohybují pod prahovými hodnotami. Program péče o tlakovou nádobu je z dostupných údajů a hodnotící a kontrolní činnosti SÚJB vhodně nastaven. Vzhledem k vydání nové legislativy bude celý proces řízeného stárnutí po ukončení platnosti přechodných ustanovení nového atomového zákona ze strany SÚJB posouzen.

6. Horizontální tlakové kanály (CANDU)

V České republice nejsou v provozu reaktory typu CANDU.

7. Konstrukce železobetonových kontejnmentů

V České republice je v provozu celkem šest energetických reaktorů vybavených železobetonovým kontejnmentem (KTMT). Čtyři reaktory typu VVER 440/213 jsou umístěné v jaderné elektrárně Dukovany (EDU) a jsou vybaveny železobetonovým kontejnmentem s pasivním vakuobarbotážním systémem. Dva reaktory typu VVER 1000/320 jsou umístěné v jaderné elektrárně Temelín (ETE) a jsou vybaveny předepnutým železobetonovým plnotlakým kontejnmentem.

Výzkumný reaktor LVR-15 je umístěn v betonové šachtě reaktoru situované uvnitř budovy haly reaktoru. Budova haly reaktoru je konstrukčně řešena jako jednoduchá ocelová halová konstrukce a reaktor není vybaven systémem ochranné obálky (kontejnmentem). Kombinace ocelové nosné konstrukce a betonové šachty reaktoru plní současně ochrannou funkci reaktoru a funkci biologického stínění. Informace týkající se stavebních konstrukcí výzkumného reaktoru LVR-15 jsou uvedeny nad rámec požadavků specifikovaných v [1].

7.1 Popis programu řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů

7.1.1 Rozsah programu řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů

7.1.1.1 Rozsah programu řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Železobetonový kontejnment JE Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany je konstrukčně rozdělena na dva navzájem shodné hlavní výrobní vloky (HVB I a HVB II). Součástí objektu je pro každý hlavní výrobní blok také Ventilační komín. Každý HVB je dále rozdělen na dva samostatně fungující reaktorové bloky (RB).

Členění objektů budov HVB z hlediska funkce je na hermetickou a nehermetickou část. Hranice hermetické zóny je určena polohou ocelové hermetické výstelky, zajišťující integrální těsnost hermetické zóny v případě projektové nehody spojně se ztrátou těsnosti primárního okruhu.

Kontejnment slouží k lokalizaci radioaktivních látek v hermeticky uzavřeném prostoru, ve kterém jsou nainstalovány všechny důležité jaderné technologie výrobního procesu, zejména reaktor, primární okruh, hlavní cirkulační čerpadlo, parogenerátory a řada dalších zařízení. Hlavní části hermetické zóny jsou boxy parogenerátorů, reaktorová šachta, ventilační centrum, spojovací koridor a vakuobarbotážní kondenzátor. Hranici hermetické zóny dále tvoří hermetické průchodky, poklop reaktoru (KOLPAK), hermetické poklopy, hermetické dveře, stěny bazénu výměny a bazénu skladování vyhořelého paliva.

Schéma budovy reaktoru JE Dukovany je zobrazeno na obrázku A.13 Přílohy A této zprávy.

Železobetonový kontejnment JE Temelín

Jaderná elektrárna Temelín je konstrukčně rozdělena na dva, navzájem shodné, hlavní výrobní bloky (HVB I a HVB II). Každý tento výrobní blok funguje samostatně. Budova reaktoru chrání reaktor a zařízení primárního okruhu před vnějšími vlivy (klimatické, seismické, terorismus apod.), zároveň také tvoří poslední bariéru proti úniku radioaktivních látek do ŽP při případné havárii. Součástí objektu je pro každý hlavní výrobní blok také Ventilační komín.

Kontejnment slouží k lokalizaci radioaktivních látek v hermeticky uzavřeném prostoru, ve kterém jsou nainstalovány všechny důležité jaderné technologie výrobního procesu, zejména reaktor, primární okruh, hlavní cirkulační čerpadlo, parogenerátor a řada dalších zařízení. Celý prostor je hermeticky oddělen od ostatních částí JE s cílem eliminace všech případných nehod vč. maximální projektové havárie v tomto prostoru.

Hermetická část HVB v ETE je tvořena předpjatou železobetonovou konstrukcí. KTMT je předepnut systémem volných předpínacích kabelů vedených kabelovými kanály. Válcová část KTMT je předepnuta 96 kabely, část kopule 36 kabely. Oba systémy kabelů válce a kopule jsou kotveny v římse. Předpínací kabely jsou spleteny z drátů vysokouhlikaté ušlechtilé oceli s nízkou relaxací, průměr drátu je 5,0 mm, každý kabel má cca 450 ks těchto drátů. Kabely válcové části jsou kotveny na horní hraně válce v opěrném věnci, dále jsou vedeny ve tvaru šroubovice ke spodnímu okraji válce, kde jsou ohnuty a vrací se zpět ke kotvě na horním okraji válce. Tento systém vedení kabelů zajišťuje předepnutí konstrukce ve směru podélném i radiálním. Kopule je předepnuta obdobnými kabely ve dvou na sebe kolmých směrech, které jsou vedeny ve tvaru plochy kopule. Tyto kabely jsou kotveny po obvodu válcové části do opěrného věnce KTMT.

Schéma budovy reaktoru JE Temelín je zobrazeno na obrázku A.14 Přílohy A této zprávy.

Kontejnmenty obou elektráren plní zejména tři základní bezpečnostní funkce:

- zabránění šíření radioaktivních látek mimo hermetickou zónu a je tak poslední bariérou v principu ochrany do hloubky
- ochrana zařízení, jejichž porucha může vést k úniku RA látek, proti vnějším vlivům
- stínění

Konstrukce kontejnmentu plní bezpečnostní funkce při dodržení těchto podmínek:

- Konstrukční materiály kontejnmentu (tj. beton, betonářská výztuž, předpínací výztuž, prvky kotevního systému a ocelový obklad) nevykazují poruchy ohrožující jejich funkci.
- Je dosažena dostatečná úroveň předpětí konstrukce (platí jen pro ETE s předepnutým kontejnmentem. EDU má kontejnment bez předpínacího systému)

S ohledem na zásadní význam kontejnmentu v systému zajištění bezpečnosti provozu jaderné elektrárny je nutno zajistit plnění všech požadovaných funkcí kontejnmentu v celém období provozu elektrárny.

Jelikož konstrukce kontejnmentu podléhá působení degradačních vlivů, probíhá průběžné sledování stavu konstrukce a také vyhodnocování schopnosti plnit projektové funkce.

V případě elektrárny Temelín je také bráno v úvahu, že se jedná o předepnutou železobetonovou konstrukci, tudíž její dostatečné předpětí je podmínkou pro zajištění pevnostní funkce konstrukce a je proto věnována pozornost změnám předpínací síly (ztrátám předpětí). Již ve fázi projektu byl vytvořen program provozně kontrolních prací (PKP) a konstrukce je osazena čidly několika měřících systémů, které umožňují monitorovat změny deformace, napětí a úrovně předpětí v čase.

Vnitřní vestavby kontejnmentu plní statickou funkci zajišťující:

- Schopnost přenést zatížení instalovaným zařízením (jako tlaková nádoba reaktoru, bazény s dvojitým obkladem, parogenerátory a veškerá zařízení primárního okruhu), a to v poloze definované projektem i za extrémních vnějších podmínek;
- Schopnost odolávat statickým a dynamickým zatížením způsobených provozem technologických zařízení uvnitř kontejnmentu
- Schopnost chránit tato zařízení před účinky vnějších zatížení, bez trvalých deformací jak vlastní nosné konstrukce, tak neseného zařízení

Konstrukce vnitřních vestaveb kontejnmentu plní statickou funkci při dodržení těchto podmínek:

- Je dosažena dostatečná úroveň tuhosti a polohové stálosti konstrukcí pod úrovní dna kontejnmentu
- Konstrukční materiály vestaveb kontejnmentu (tj. beton, betonářská výztuž a ocelový obklad) nevykazují závažné poruchy

S ohledem na zásadní význam vnitřních konstrukcí kontejnmentu v systému zajištění bezpečnosti provozu, jakožto opory pro technologie primárního okruhu, je nutno zajistit plnění všech požadovaných funkcí kontejnmentu v celém období provozu elektrárny. Vzhledem k tomu, že konstrukce vnitřních vestaveb kontejnmentu podléhá působení degradačních vlivů, je průběžně sledován stav konstrukce a vyhodnocována její schopnost plnit projektové funkce. Jedná se o železobetonovou konstrukci, jejíž únosnost je závislá na množství a stavu betonářské výztuže.

Vzhledem k tomu, že na stavební konstrukce v průběhu jejich životnosti působí různé degradační mechanismy, jako je koroze, agresivita okolního prostředí a další, je stárnutí stavebních objektů na obou elektrárnách řízeno odpovídajícím způsobem popsaným dále v této zprávě.

Obecná pravidla, zásady a metodiky nastavení procesů řízení stárnutí jsou uvedeny v kapitole 2 této zprávy.

Metody a kritéria použité pro určení rozsahu komponent pro řízení stárnutí JE Dukovany a Temelín

Obecná pravidla, zásady a metodiky výběru komponent jsou popsány v kapitole 2 této zprávy. Rozdělení a výběr komponent bylo provedeno inženýrským úsudkem, se zohledněním světové praxe vycházejí z podkladů US NRC GALL, IGALL Safety Report, EPRI, IAEA, ACI. Byla uplatněna následující kritéria výběru:

- Stavební objekty, jejichž součástí jsou zařazeny do BT2, nebo BT3 dle vyhlášky č. 132/2008 Sb. (resp. vyhlášky č. 329/2017 Sb.)
- Stavební objekty, které jsou významné z ekonomického hlediska
- Stavební objekty, důležité z hlediska ochrany zařízení zajišťujících jadernou bezpečnost
- Stavební objekty zařazené dle světové praxe

Rozsah PŘS Dukovany:

Stárnutí stavebních objektů obecně je na EDU řízeno pomocí níže uvedených Programů řízeného stárnutí (PŘS). Těmito programy jsou sledovány nepříznivé dopady degračních mechanismů na fyzický stav stavebních objektů a je predikován trend budoucího vývoje. Díky tomu mohou být přijímána účinná preventivní či nápravná opatření, jejichž cílem je eliminovat nepříznivé účinky stárnutí stavebních objektů a zajištění spolehlivého a bezpečného plnění jejich projektových funkcí.

Programy řízeného stárnutí a jejich tvorba i obecná pravidla, zásady a metody výběru komponent jsou podrobněji popsány v kapitole 2 této zprávy.

Pro účely níže vyjmenovaných Programů řízeného stárnutí byly stavby rozděleny na konstrukce/komponenty, ze kterých se skládají (např. železobetonové konstrukce, ocelové konstrukce apod.) a jednotlivým konstrukcím/komponentám byly přiřazeny degrační mechanismy, které na ně působí po celou dobu jejich životnosti.

V rámci jednotlivých PŘS, implementovaných na JE Dukovany, jsou uvedeny degrační mechanismy, kterým jsou konstrukce vystaveny, včetně jejich předpokládaného negativního dopadu. Tato identifikace degračních mechanismů se provádí za účelem jejich hodnocení, trendování a případného zmírnění vlivu degradace stavebních konstrukcí.

Pro identifikaci degračních mechanismů jsou prováděny periodické vizuální kontroly. V případě potřeby jsou používány také nedestruktivní zkoušky (NDT), laboratorní zkoušky (např. agresivita podzemní vody) či materiálové testy, jako například Institut svědečných vzorků nebo zkoumání vlivu kyseliny borité na beton.

PŘS Monitoring staveb EDU [114] (budova reaktoru s kontejnmentem je součástí tohoto programu)

Tento program plní roli zastřešujícího programu ve stavební části. Scházejí se v něm výsledky ze všech programů řízených stárnutí a navíc jsou zde shromážděny i informace z provozních zkoušek a kontrol. Díky tomu program zajišťuje, že všechny dostupné informace jsou hodnoceny komplexně jedním specialistou na jednom místě.

Program řízeného stárnutí „Monitoring staveb“ slouží jako nástroj ke zpracování uceleného přehledu o fyzickém stavu jednotlivých stavebních konstrukcí. Předepisuje pravidelné shromažďování veškerých relevantních informací, které vznikly v daném roce pro každý stavební objekt a výstupem je každoroční „Závěrečná hodnocení zpráva“ pro jednotlivé stavení objekty shrnující závěry z jednotlivých zkoušek, provedených modifikací a údržby. Tím umožňuje sledování vývoje stavu stavebních objektů a jejich částí v čase a také souhrnné vyhodnocování plnění požadovaných funkcí.

PŘS Sledování stavu stavebních konstrukcí EDU [115] (budova reaktoru s kontejnmentem je součástí tohoto programu)

Předmětem programu je řízení stárnutí vybraných stavebních konstrukcí. Dále PŘS slouží jako nástroj k určování trendů vývoje fyzického stavu stavebního objektu a jeho konstrukcí z hlediska plnění jejich funkcí. Program je rozdělen do dvou fází. První fází je vizuální prohlídka, která zajistí zjištění aktuálního stavu stavebních konstrukcí. Díky ní je možné identifikovat místa s projevy degradace a dále identifikovat možné zdroje degradace. Výstupem z první fáze je „Pasport objektu“. Na základě vyhodnocení aktuálního stavu stavebních konstrukcí lze navrhnout buď nápravné

opatření, nebo pokračovat druhou fází. Druhá fáze je tzv. podrobný průzkum a výstupem z toho průzkumu je komentovaná sada laboratorních měření, měření IN-SITU, statické výpočty, apod.

V rámci tohoto programu jsou sledovány následující komponenty:

- Základové konstrukce
- Podzemní konstrukce
- Železobetonové konstrukce – interiér
- Železobetonové konstrukce – exteriér
- Povrchové úpravy – nátěry (pro účely dekontaminovatelnosti povrchu)
- Ocelové konstrukce – interiér
- Ocelové konstrukce - exteriér
- Hermetická ocelová výstelka
- Hermetické dveře
- Ocelová výstelka (pro účely dekontaminovatelnosti povrchu)
- Nerezová výstelka bazénů
- Stavební část hermetických průchodů
- Protipožární ucpávky
- Trapézové plechy
- Šroubové spoje/přípoje
- Kotevní prvky zabudované v/do betonu
- Poklopy (pochozí, pojízdné)
- Základové bloky a podpory technologie
- Obvodový plášť
- Střešní plášť

PŘS měření sedání stavebních objektů [116] (budova reaktoru s kontejnmentem je součástí tohoto programu)

Program slouží pro měření sedání stavebních objektů a jejich částí vzniklých změnami v základové půdě pod objektem nebo jinou stavební činností účinkem statického, dynamického, seismického zatížení, případně jinými vlivy.

Pro systém KTMT je proces stárnutí dále rozpracován a řízen o Programy řízeného stárnutí zaměřenými na stav konstrukcí hermetické zóny a přilehlých konstrukcí:

PŘS kontejnmentů (KTMT) v EDU [117]

Program se týká kontejnmentů v EDU tvořených boxy parogenerátorů, vakuobarbotážním kondenzátorem (VBK) s plynojemou a spojovacím koridorem propojujícím box parogenerátorů s VBK.

Předmětem programu řízeného stárnutí KTMT EDU je zajištění vstupních dat viz. kapitola 7.1.3.1. Vstupní data jsou následně zpracovávána a vyhodnocována dle požadavků a kritérií uvedených v konkrétním programu řízeného stárnutí. Získané výsledky umožňují sledovat vývoj v čase - tedy trend změny jednotlivých mechanických a fyzikálních charakteristik a díky tomuto je možno zmírňovat dopady stárnutí pomocí zavádění včasných opatření.

V rámci tohoto programu jsou sledovány následující komponenty:

- Železobetonové konstrukce hermetické zóny
- Hermetické ocelové výstelky
- Hermetické poklopy, uzávěry a dveře na hranici a uvnitř hermetické zóny

PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU [118]

Na každém reaktorovém bloku je předmětem tohoto programu nerezová výstelka, která tvoří vnitřní povrch Bazénu skladování vyhořelého paliva, Šachty č. 1, dekontaminační vany a šachty skladování aktivního zařízení.

Předmětem programu řízeného stárnutí BSVP EDU je zajištění vstupních dat, což je blíže popsáno v kapitole 7.1.3.1. Vstupní data jsou následně zpracovávána a vyhodnocována dle požadavků a kritérií uvedených v konkrétním programu řízeného stárnutí. Získané výsledky umožňují sledovat vývoj v čase, tedy trend změny jednotlivých mechanických a fyzikálních charakteristik a díky tomuto je možno zmírňovat dopady stárnutí pomocí zavádění včasných opatření.

V rámci tohoto programu jsou sledovány následující komponenty:

- nerezová výstelka tvořící vnitřní povrch Bazénu skladování vyhořelého paliva
- nerezová výstelka tvořící vnitřní povrch Bazénu výměny paliva
- nerezová výstelka tvořící vnitřní povrch Šachty č.1
- nerezová výstelka tvořící vnitřní povrch dekontaminační vany místností a vnitřní povrch šachty skladování aktivního zařízení

Rozsah PŘS JE Temelín

Stárnutí stavebních objektů obecně je na ETE řízeno pomocí níže uvedených Programů Řízeného Stárnutí (PŘS). Těmito programy jsou sledovány nepříznivé dopady degradačních mechanismů na fyzický stav stavebních objektů a je predikován trend budoucího vývoje. Díky tomu mohou být přijímána účinná preventivní či nápravná opatření, jejichž cílem je eliminovat nepříznivé účinky stárnutí stavebních objektů a zajištění spolehlivého a bezpečného plnění jejich projektových funkcí.

Programy řízeného stárnutí a jejich tvorba i obecná pravidla, zásady a metody výběru komponent jsou podrobněji popsány v kapitole 2 této zprávy.

PŘS Stavební části kontejnmentu (KTMT) v ETE [119]

Rozsah programu se týká kontejnmentu ETE, částí průchodek zabudovaných do stavebních konstrukcí kontejnmentu, vnitřních vestaveb, transportního koridoru a hermetických uzávěrů.

Předmětem programu řízeného stárnutí KTMT v ETE je zajištění vstupních dat viz. kapitola 7.1.3.1. Vstupní data jsou následně zpracovávána a vyhodnocována dle požadavků a kritérií uvedených v konkrétním programu řízeného stárnutí. Získané výsledky umožňují sledovat vývoj v čase - tedy trend změny jednotlivých mechanických a fyzikálních charakteristik a díky tomuto je možno zmírňovat dopady stárnutí pomocí zavádění včasných opatření.

V rámci tohoto programu jsou sledovány následující komponenty:

- Ochranná obálka
 - Železobetonové konstrukce hermetické hranice (válcová část, kopule, opěrný věnec, základová deska, systémy měření, střešní krytina, nátěry betonových konstrukcí v exteriéru)
 - Předpínací systém (jednotlivé kabely, kotvy, kabelové kanály, ochranná vazelína kabelů a kotev, ochranné kryty a systém měření)

- Ocelový obklad hermetické hranice (hermetický ocelový obklad ochranné obálky a její sekundární ochrana nátěrem v interiéru)
- Bazén havarijní zásoby kyseliny borité (GA 201)

- Vnitřní vestavby
 - Železobetonové konstrukce (vlastní konstrukce vestaveb KTMT, vodorovné a svislé konstrukce transportního koridoru)
 - Ocelové konstrukce (nosné prvky podpírající technologická zařízení uvnitř ochranné obálky)
 - Ocelový obklad (ocelový obklad uvnitř vestaveb ochranné obálky a její sekundární ochrana nátěrem v interiéru)
 - Protišvihové zábrany

- Otvory v ochranné obálce
 - Hermetické uzávěry (hermetický poklop transportního koridoru, hlavní a havarijní hermetický uzávěr)
 - Stavební průchodky

- Transportní koridor
 - Železobetonové konstrukce (vlastní vodorovné a svislé konstrukce transportního koridoru)
 - Ocelový obklad (ocelový obklad transportního koridoru a její sekundární ochrana nátěrem v interiéru)

- Otvory v transportním koridoru
 - Vrata transportního koridoru a dva osobní hermetické uzávěry

PŘS Stavební části bazénů s dvojitým obkladem v ETE [120]

Rozsah programu se týká bazénů s dvojitou výstelkou. Soustava bazénů s dvojitou výstelkou se nachází uvnitř hermetického prostoru kontejneru a bazén havarijní zásoby bóru je na její hranici.

Předmětem programu řízeného stárnutí bazénů s dvojitým obkladem v ETE je zajištění vstupních dat, což je blíže popsáno v kapitole 7.1.3.1. Vstupní data jsou následně zpracovávána a vyhodnocována dle požadavků a kritérií uvedených v konkrétním programu řízeného stárnutí. Získané výsledky umožňují sledovat vývoj v čase - tedy trend změny jednotlivých mechanických a fyzikálních charakteristik a díky tomuto je možno zmírňovat dopady stárnutí pomocí zavádění včasných opatření.

V rámci tohoto programu jsou sledovány následující komponenty:

- Bazén mokré přepravy
- Šachta pro revizi vnitřních částí reaktoru a Šachta pro revizi bloku ochranných trub
- Šachta reaktoru
- Tři sekce bazénu pro skladování vyhořelého paliva
- Šachta transportního kontejneru

- Bazén roztoku kyseliny borité
- Šachta dekontaminace zařízení

PŘS měření sedání stavebních objektů [116] (budova reaktoru s kontejnmentem je součástí tohoto programu)

Program slouží pro měření sedání stavebních objektů a jejich částí vzniklých změnami v základové půdě pod objektem nebo jinou stavební činností účinkem statického, dynamického, seismické zatížení, případně jinými vlivy.

Postupy pro určení degradačních mechanismů jednotlivých materiálů a komponent EDU

Degradační mechanismy působící na jednotlivé komponenty stavebních objektů byly určeny dle zobecněné světové zkušenosti a vycházejí z podkladů US NRC GALL, IGALL Safety Report, EPRI, IAEA a ACI.

- US NRC NUREG – 1801, Rev. 2, Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report, 2010 [40]
- IAEA – Ageing Management for Nuclear Power Plants – International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), WIEN 2014 [22]
- EPRI Technical Report, Augmented Containment Inspection and Monitoring Report, 2013 [44]
- IAEA-TECDOC-1025, 1998 [41]
- IAEA NP-T-3.5, Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants, Vienna, 2016 [120]
- ACI 349.3R-02, Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures, Ronald J. Janowiak a spol, 2002 [42]

7.1.1.2 Rozsah programu řízeného stárnutí haly reaktoru výzkumného reaktoru LVR-15

Výzkumný reaktor LVR-15 není vybaven tlakovou ochrannou obálkou (kontejnmentem), jaká je požadována u jaderných elektráren.

Celkové řešení objektu vychází z typového sovětského projektu přizpůsobeného národním podmínkám. Objekt reaktorové budovy jako celku je kompozičně řešen formou dvou spojených částí - haly reaktoru a přilehlého laboratorního křídla. Halu reaktoru tvoří ocelová konstrukce, uvnitř které se nachází vlastní reaktor umístěný v betonové šachtě, která má funkci jak ochrannou, tak funkci biologického stínění. Spodní stavba je železobetonová monolitická. Objekt reaktoru je založen na betonových pasech, základy pod vnitřním členěním halové části jsou železobetonové z betonu Be 170, obvodové konstrukce haly v suterénní části jsou železobetonové, vnitřní nosné konstrukce betonové (beton Bd 135, Be 170 či těžký beton o měrné hmotnosti 3200 kg/m^3 - 4200 kg/m^3). Výplňové konstrukce haly mezi ocelovými nosníky nad úrovní $\pm 0,0$ m jsou tvořeny cihelným zdívem z cihel P 100 a nastavované malty zn. 25. Zastřešení halové části je provedeno ocelovou konstrukcí střechy haly, na kterou jsou uloženy prefabrikované desky TEBET a střešní krytina.

Ocelová konstrukce haly je zakotvena do obvodových svislých konstrukcí. Obvodové výplňové (nenosné) zdivo kolem vnějšího obvodu ocelové konstrukce je staženo třemi vodorovnými železobetonovými věnci, kloubově připojenými k ocelové konstrukci, umožňující tak spolupůsobení obvodového zdiva s ocelovou konstrukcí a to hlavně při působení vodorovného tlaku a sání větru. Konstrukční systém: ocelové svařované sloupy kloubově uložené v ložiscích na kótě $\pm 0,00\text{m}$,

s nosníky jeřábové dráhy na úrovni kolejnice + 14,0m. Zastřešení haly je provedeno z příhradových vazníků na rozpětí 21,0m. Tuhost horního a dolního pasu vazníku zajišťují podélná svislá ztužidla. V příčném směru jsou působící síly přenášeny podélným střešním příhradovým ztužidlem do svislých příhradových ztužidel umístěných ve štítových stěnách. Nosná ocelová konstrukce haly má jednotlivé díly dílensky svařované, montážní spoje jsou z části nýtované, z části šroubované. Původní návrh ocelových konstrukcí a statické posouzení je zpracováno podle ČSN 05 0110 – 1949 – Navrhování ocelových konstrukcí pozemního stavitelství.

Schéma objektu reaktoru LVR-15 je zobrazeno na obrázcích A.15 a A.16 přílohy A této zprávy.

7.1.2 Hodnocení stárnutí železobetonových kontejnmentů

7.1.2.1 Hodnocení stárnutí železobetonových kontejnmentů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Jak je uvedeno v kapitole 7.1.1.1, řízení stárnutí týkající se stavebních konstrukcí obou jaderných elektráren je prováděno dle souboru specifických programů řízeného stárnutí. Tyto programy jsou periodicky aktualizovány na základě vnitřní a vnější zpětné vazby a stávající úrovně vědy a techniky v této oblasti.

Pro nastavení odpovídajících programů řízeného stárnutí byly použity následující dokumenty:

Normy, Standardy, návody výrobní dokumentace, výkresová dokumentace:

- Provozní dokumentace ČEZ, a.s.
- Dokumentace skutečného provedení
- ČEZ_ME_0870_Tvorba Programu řízeného stárnutí [28]
- ČSN ISO 13822 [123]
- IAEA IGALL [22]
- IAEA-TECDOC-1025 [41]
- IAEA NS-G-2.12 [6]
- INPO AP-913 [124]

Využití provozních zkušeností

- Mezinárodní návody EPRI, IGALL, ACCEPT
- Zohledněna zpětná vazba z provozu – nápravná opatření

Údaje z konstrukční, výrobní a montážní dokumentace

- Provozní dokumentace
- Konstrukční výkresy
- Chemické složení materiálů
- Mechanické vlastnosti materiálů
- Předpoklady projektových hodnocení

Výstupy z výzkumných programů využité pro nastavení PŘS na EDU:

- Výzkumný program Vliv kyseliny borité na beton
- Dlouhodobé sledování nosných konstrukčních betonů kolem šachty reaktoru JE Dukovany, VUT Brno
- Vyhodnocení provedených měření při ověřovací zkoušce integrity 1. RB JE Dukovany, VUT Brno

Výstupy z výzkumných programů využité pro nastavení PŘS na ETE:

- Monitorování vlhkosti železobetonu konstrukcí vnitřních prostor kontejnmentu,

- Laboratorní zkoušky korozní odolnosti betonu a výztuže v prostředí kyseliny borité, realizovaný ÚJV Řež, a.s.

Dalšími vstupy pro nastavení PŘS byly:

- Údaje a výsledky historie provozního zatížení KTMT (údaje o provozních přechodových režimech)
 - Průběh parametrů (teplota, tlak) příslušející jednotlivým provozním přechodovým režimům
- Údaje a výsledky z výrobních, montážních a provozních kontrol
 - Výsledky výrobních, montážních a předprovozních nedestruktivních kontrol, tzv. mapu nalezených indikací na KTMT, kde je uveden přehled všech nalezených indikací s uvedením typu, velikosti a místa výskytu indikace
 - Informace o rozsahu kontroly KTMT a inspekčním postupu
- Údaje a výsledky v současné době prováděných kontrol

Uvedené informace byly využity k:

- Identifikaci jednotlivých degradačních mechanismů, stanovení jejich projevů a jejich přiřazení ke komponentám stavebních objektů (např. chemická koroze betonu se projeví vznikem výluhů, výkvětů či trhlin na povrchu konstrukce)
- Zhodnocení významnosti a potřeby řízení degradačních mechanismů
- (např. byly zcela vyloučeny mechanismy navázané na působení mořské vody, mechanismům nepravděpodobným jako je třeba alkalicko-křemičitá reakce kameniva (ASR) bylo věnováno méně pozornosti a pozornost byla zaměřena na mechanismy obvyklé a nejvíce působící, jako je degradace betonu vlivem agresivity okolního prostředí či vznik trhlin z důvodu dotvarování, sedání apod.)
- Nastavení akceptačních kritérií, příslušících k projevům jednotlivých degradačních mechanismů (např. byla stanovena kritéria přípustné šířky trhlin dle platných Eurokódů či kritéria přípustného rozsahu výskytu výluhů či výkvětů na povrchu konstrukce, stanovena kritéria pro minimální velikost předpětí apod.)

Výstupem hodnocení stárnutí stavebních konstrukcí je každoroční závěrečná hodnotící zpráva pro jednotlivé stavební objekty včetně návrhu opatření nutných pro zajištění funkčnosti a opatření podporujících dlouhodobý provoz (závěry jsou poté součástí Health Reportů o stavu zařízení a tak slouží jako zpětná vazba a informace o efektivitě a správnosti údržby).

Na ETE je navíc vypracována každoroční závěrečná zpráva pro ochrannou obálku doplněná o grafy s extrapolací očekávaného průběhu poklesu předpínací síly a návrhu opatření nutných pro zajištění funkčnosti a opatření podporujících dlouhodobý provoz.

Identifikované degradační mechanismy a dopady stárnutí včetně určení jejich významnosti

Stavební konstrukce jsou typicky provedeny z více stavebních materiálů. Degradační mechanismy jsou rozděleny do skupin pro jednotlivé materiály.

Pro oba typy elektráren byly identifikovány shodné potenciální i reálné degradační mechanismy. Ty lze rozdělit dle působení na jednotlivé materiály následovně:

Beton:

- Louhování a výkvěty hydroxidu vápenatého
- Síranová koroze
- Kyselina či zásaditá koroze
- Alkalicko-křemičitá reakce (ASR)
- Karbonatace
- Krystalizace chloridů a jiných solí
- Zmrazovací cykly
- Oděr, eroze, kavitace
- Únava, vibrace
- Přetížení
- Mikrobiologicky vyvolaná koroze
- Sedání

Ocel:

- Koroze obecně
- Praskání pod napětím
- Únava/únavový lom
- Přetížení
- Sedání
- Mikrobiologicky vyvolaná koroze
- Otěr
- Chemická degradace

Železobetonové konstrukce:

- Trhliny
- Výluhy, výkvěty, průsaky
- Odprýskání betonu
- Eroze, abraze
- Drcení betonu
- Rozpad betonu

Předpínací systém (relevantní pouze pro předepnutý kontejnment ETE)

- Ztráta předpětí vlivem relaxace oceli, dotvarování betonu a zvýšené teploty
- Materiálové ztráty na předpínacích kabelech – koroze obecná, důlková a štěrbinová
- Únava materiálu

Degradační mechanismy specificky řešené v rámci PŘS kontejnmentů:

Beton:

- Koroze kyselinou boritou
- Zvýšená teplota, teplotní cykly, ztráta vody z betonu
- Radiační poškození

Ocel hermetické výstelky – tloušťka hermetické výstelky:

- Koroze obecně
- Mikrobiologicky vyvolaná koroze
- Chemická degradace

Ocel hermetických uzávěrů a dveří:

- Koroze obecně
- Opotřebenění

Předpínací systém (relevantní pouze pro předepnutý kontejnment ETE)

- Ztráta předpětí vlivem relaxace oceli, dotvarování betonu a zvýšené teploty
- Materiálové ztráty na předpínacích kabelech – koroze obecná, důlková a štěrbinová
- Únava materiálu

Degradační mechanismy specificky řešené v rámci PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP):

Nerezová ocel:

- Koroze obecně
- Intergranulární korozní praskání pod napětím (IGSCC)
- Transgranulární korozní praskání pod napětím (TGSCC)
- Únava / únavový lom
- Mikrobiologicky vyvolaná koroze
- Otěr
- Chemická degradace

7.1.2.2 Hodnocení stárnutí haly reaktoru výzkumného reaktoru LVR-15

V původním návrhu stavebních konstrukcí byl kladen důraz na odolnost s ohledem na montážní a provozní zatížení, přičemž z dnešního pohledu nebyla doceněna problematika odolnosti při externích mimořádných událostech.

Proto byla v roce 1996 zpracována řada ověřujících analýz stávajících staveb plně v souladu s platnou legislativou ČR, technickými normami, předpisy IAEA a v souladu s uznávanou mezinárodní praxí pro posuzování výzkumných reaktorů.

Pro posouzení odolnosti stávajících konstrukcí byla vypracována metodika, která obsahuje zásady výpočtů, pravidla pro zatížení a přehled technických norem a předpisů akceptovatelných pro hodnocení bezpečnostně významných objektů spojených s provozem výzkumného reaktoru LVR-15.

Vlastní rozbor a klasifikace mimořádných externích událostí, které je nutno uvažovat v dané lokalitě, byly provedeny v práci „Hodnocení odolnosti výzkumného reaktoru LVR-15 a skladu VAO při mimořádných vnějších účincích (1. etapa prací-rozbor jednotlivých účinků a nutnosti jejich uvažování při hodnocení odolnosti pro potřeby bezpečnostní zprávy) Stevenson and Associates, červenec 1996“. V návaznosti na provedené rozborů byly provedeny kontrolní přepočty všech objektů.

V současné době se pro posuzování betonových a ocelových konstrukcí vychází z tzv. „metody mezních stavů“, která oproti starším přístupům dovoluje výstižnějším způsobem vyjádřit míru nejistoty vstupních parametrů a zaručuje tedy i vyšší míru spolehlivosti.

Od padesátých let, kdy byla realizována nosná konstrukce stavby, došlo k podstatnému zpřísnění požadavků na jadernou bezpečnost a k zásadním změnám v požadavcích na úroveň spolehlivosti a bezpečnosti jaderných zařízení. V době vzniku projektu byla podceněna zejména problematika vnějšího extrémního zatížení jak původu přírodního (seismicita, záplavy, klimatické

extrémy), tak i zatížení vyvolaného působením lidské činnosti (průmysl, vnější exploze, letecké nehody).

Proto byly v roce 1996 zpracovány nové analýzy „Hodnocení odolnosti stavebních objektů budovy reaktoru LVR-15 (objekt Č.211/1) a jeho přístavků a skladu VAO (objekt č. 211/08) v ÚJV Řež, a.s. při mimořádných vnějších účincích“ jejichž cílem bylo ověřit reálnou odolnost staveb ve smyslu nových norem, předpisů a dle mezinárodně uznávané praxe.

Dále byly v roce 1996 provedeny ověřující analýzy, jejichž cílem bylo prokázat splnění současných legislativních požadavků z hlediska odolnosti stavebních objektů spojených s provozem výzkumného reaktoru LVR-15. Původní výpočty z padesátých let byly prováděny jako zjednodušené, protože tehdejší známé metody a vybavení neumožňovaly podrobné analýzy mechanického chování složitějších prostorových systémů. Pro analýzu budovy reaktoru a navazujících objektů byly vytvořeny prostorové výpočetní modely.

Analýza stavebních objektů byla provedena pro všechny zatěžovací kombinace.

Metodika pro provádění analýz, tvorbu výpočetních modelů a zásad pro posuzování je uvedena ve zprávě „Metodologie hodnocení odolnosti výzkumného reaktoru LVR-15 (objekt č.211/1 a související objekty) a skladu VAO (objekt č. 211/8) v ÚJV Řež při zemětřesení a ostatních mimořádných externích událostech, Stevenson and Associates, září 1996“.

Zvláště podrobně je zpracována metodika hodnocení seismických účinků.

Pro posuzování stavebních objektů na účinky vnějších extrémů s nízkou pravděpodobností výskytu je důležitá okolnost, že lze připustit dílčí poškození staveb, vznik trvalých deformací a je nutno zabránit pouze kolapsu globální nosné konstrukce při zachování bezpečnostní funkce ochranné obálky reaktoru.

Hodnocení odolnosti tohoto objektu bylo provedeno v souladu s metodologií výpočtem, a sice metodou CDFM. Výsledky jsou obsaženy ve zprávě „Hodnocení odolnosti stavebních objektů budovy reaktoru LVR-15 (objekt Č.211/1) a jeho přístavků a skladu VAO (objekt č. 211/08) v ÚJV Řež při mimořádných vnějších účincích, Stevenson and Associates, září 1996“.

V průběhu zátěžových testů na reaktoru LVR-15 po havárii elektrárny Fukushima vznikl požadavek na posouzení a zhodnocení odolnosti vůči extrémním a velmi nepravděpodobným jevům. V rámci tohoto hodnocení reaktoru LVR-15 bylo konstatováno, že při maximálním výpočtové zemětřesení (dle Safety Guide 50-SG-S1 a 50-SG2-S2) se špičkovým zrychlením v úrovni terénu $PGA=0,05$ nemůže dojít k celkovému kolapsu objektu ani k takovému poškození, které by ohrozilo plnění bezpečnostních funkcí zařízení výzkumného reaktoru. Takové zemětřesení může způsobit pouze lokální poškození stavebních konstrukcí, protržení zdiva, opadání omítky, rozbití skleněných vyzdívek v reaktorové hale.

7.1.3 Sledování, zkoušení, odběry vzorků a kontrolní činnost pro kontejnmenty

7.1.3.1 Sledování, zkoušení, odběry vzorků a kontrolní činnost pro železobetonové kontejnmenty jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Aktivity v rámci programů řízeného stárnutí na JE Dukovany týkající se jednotlivých součástí stavebních objektů:

Hermetické ocelové výstelky

- Tloušťka hermetické výstelky
 - Použita plošná ultrazvuková metoda „Phased array“ - diagnostika oblastí uhlíkových výstelek, se zaměřením především na místa, která mohou být vlivem koroze významně ztenčena.
 - Pilotní měření probíhá postupně na jednotlivých blocích, vhodná perioda opakování bude stanovena po změření všech bloků. Je stanovena minimální přípustná hodnota tloušťky výstelky.
- Celkový únik z hermetické zóny při těsnostní zkoušce PERIZ
 - Měření úniku z hermetické zóny při těsnostní zkoušce za sníženého přetlaku 50 kPa s přepočtem na únik při projektovém přetlaku 150 kPa pomocí extrapoláčnicích koeficientů (které byly aktualizovány pro každý blok).
 - Měření se standardně provádí jednou za dva roky (pokud výsledek předchozí zkoušky není horší o více jak 30 % nebo pokud nedojde k významnému zásahu do systému ochranné obálky). Maximální povolený únik nesmí přesáhnout 13 %hm/24 hodin
- Únik z hermetické zóny při těsnostní zkoušce přes systém TZ – drenáže organizovaných úniků z BSVP
 - Měření úniku z hermetické zóny přes hermetickou výstelku do prostoru systému sběru organizovaných úniků z BSVP. Určuje se podíl úniku přes tuto část nepřístupné hermetické výstelky na celkové netěsnosti hermetické zóny
 - Měření se provádí jednou za dva roky. Stanovuje se podíl na celkovém maximálním úniku a únik přes systém TZ je součástí Maximálního povoleného úniku, který nesmí přesáhnout 13 %hm/24 hodin

Hermetické poklopy, uzávěry a dveře na hranici a uvnitř hermetické zóny

- Hermetické uzávěry a dveře na hranici a uvnitř hermetické zóny jsou podrobovány lokálními zkouškám těsnosti. Způsob uzavření dveří musí být vyhovující a musí být potvrzen vyhovujícím protokolem z lokální zkoušky těsnosti; v opačném případě jsou provedena opatření k zajištění vyhovujícího uzavření dveří (například výměna těsnění)
- Provádí se každoročně na konci odstávky

Popis získávání dat pro naplnění PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU

Bazén skladování vyhořelého paliva

Probíhá sledování těchto parametrů:

- Sledování množství naměřeného úniku roztoku do systému organizovaných úniků TZ z bazénů skladování vyhořelého paliva (1x za měsíc, v případě potřeby i častěji)
 - Při vzniku netěsností v nerezové výstelce do meziprostoru je únik odváděn ze sekce drenážním systémem do sběrných nádob, kde je online monitorován automatickým systémem lokálních měření výšek hladin.
 - Data obsahují informace o:
 - Lokalizaci sekcí s únikem
 - Množství úniků
 - Kontinuitě úniků
- Necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky nad hladinou trhlinami
 - Sleduje se stav dostupných povrchů vnitřní nerezové výstelky bazénu způsobující porušení integrity vznikem trhlin
 - Provádí se jednou ročně
- Necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky nad hladinou mechanicky
 - Sleduje se stav dostupných povrchů vnitřní nerezové výstelky bazénu způsobující porušení integrity mechanickým poškozením (s důrazem na svarové spoje) způsobené např. průrazem při manipulacích se vkládanými zařízeními
 - Provádí se jednou ročně
- Stav povrchů nerezové výstelky bazénu na výskyt koroze
 - Sleduje se výskyt koroze nerezové výstelky na viditelných plochách
 - Provádí se jednou ročně
- Výkvěty, usazování solí, vlhkost
 - Sleduje se výskyt výkvětů, výtoků a vlhkosti
 - Provádí se jednou ročně
- Počet cyklů napouštění a vypouštění
 - Absolutní počet cyklů po dobu životnosti JE,
 - Počet cyklů v daném kalendářním roce
 - Doba zaplavení prostor do maximální hladiny při výměně palivových tyčí
 - Vyhodnocuje se jednou ročně
- Průběh teploty roztoku
 - Maximální a minimální absolutní teplota roztoku
 - Rychlost změny teploty roztoku
 - Vyhodnocuje se jednou ročně
- Mechanické usazeniny
 - Sleduje se, zda se vyskytují mechanické usazeniny
 - Provádí se jednou ročně

Akceptační kritéria pro bazén skladování vyhořelého paliva jsou založena na:

- množství úniků v litrech za den, stanovené pro jednotlivé úrovně hladin
 - 160 litrů/den při hladině 14,45 m
 - 270 litrů/den při hladině 18,5 m (zaplnění horního roštu)
 - 335 litrů/den při hladině 21 m (výměna paliva)
- nárůstu úniku oproti předchozímu sledovanému období – uvádí se v procentech

Šachta č. 1

Probíhá sledování těchto parametrů

- Množství naměřeného úniku do systému organizovaných úniků - online
- Necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky nad hladinou trhlinami nebo mechanicky - 1x ročně
- Výskyt koroze nerezové výstelky na viditelných plochách- 1x ročně
- Výkvěty, usazování solí, vlhkost – 1x ročně
- Počet cyklů napouštění/vypouštění- 1x ročně
- Mechanické usazeniny - 1 x ročně

Akceptační kritéria pro bazén skladování vyhořelého paliva jsou založena na:

- množství úniků v litrech za den, stanovené pro jednotlivé úrovně hladin
 - 60 litrů/den při hladině 14,6 m
 - 125 litrů/den při plném zaplnění
- nárůstu úniku oproti předchozímu sledovanému období – uvádí se v procentech

Dekontaminační vany a šachty skladování aktivního zařízení

Probíhá sledování těchto parametrů

- Necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky - 1x ročně
- Výskyt koroze nerezové výstelky na viditelných plochách - 1x ročně
- Výkvěty, usazování solí, vlhkost – 1 x ročně

Nad rámec výše uvedených činností zařazených do různých programů elektráren (PŘS, PPK, LaP apod.) jsou prováděny následující kontrolní, vědecké a výzkumné činnosti:

- Vizuální prohlídka a následná pasportizace stavebních objektů
 - Hodnotitel provede vizuální prohlídku se zaměřením na zjištění projevů degradačních mechanismů na jednotlivých konstrukcích/komponentách pro vybrané stavební objekty
 - V průběhu prohlídky jsou jednotlivé konstrukce/komponenty a materiály, ze kterých jsou vyrobeny, posuzovány z hlediska projevů možných degradačních mechanismů uvedených v PŘS Sledování stavu stavebních konstrukcí EDU
 - Pasportizace stavebního objektu Reaktorovna 800/1 je prováděna každý rok, pasportizace ostatních objektů je prováděna v intervalu 1-3 roky v závislosti na jejich stavu a trendu vývoje jejich stavu
- Průběh teplot - V šachtě reaktorů jsou umístěna čidla měření teploty. Jedná se o místa, kde teplota dosahuje nejvyšších hodnot. Měření teploty v ostatních částech železobetonových konstrukcí hermetické zóny není nutno provádět. Vyhodnocení probíhá jednou ročně.
Jsou měřeny tyto veličiny:
 - Teplota dusíku v kanálech ionizačních komor
 - Teplota betonu suché ochrany
 - Teplota betonové konzoly

- Teplota opěrného rámu
 - Teplota betonu v šachtě reaktoru
- Deformace střechy a stěny šachty lokalizace havárií
- Je prováděno měření deformace střechy a stěny šachty lokalizace havárií pomocí metody VPN - Velmi přesná nivelace a vnitřní kontinuální měření při těstnostní zkoušce za sníženého přetlaku 50 kPa s využitím existující extrapolace na deformaci při projektovém přetlaku 150 kPa pomocí numerického modelu. Měření a vyhodnocení se provádí v periodě dvou let.
- Institut svědečných vzorků betonu (Prováděno dle časového plánu hodnocení svědečných vzorků).
- V rámci kontroly bezpečnosti a spolehlivosti jaderné elektrárny Dukovany bylo zahájeno dlouhodobé sledování kvality stínících a nosných betonů v okolí reaktoru s cílem získání poznatků o vlivu jaderného záření, zvýšené teploty a vlhkosti na jejich mechanicko-fyzikální parametry. Kvalita stínících betonů a betonových konstrukcí v okolí reaktoru nebyla takovýmto způsobem kontrolována. A právě proto byl na jaderné elektrárně Dukovany navržen systém kontroly kvality betonu vystavených účinkům radiačního, teplotního a vlhkostního namáhání metodou svědečných vzorků. Cílem dlouhodobého sledování svědečných vzorků včetně stávajících betonů v oblasti kolem šachty reaktoru 1. a 3. reaktorového bloku jaderné elektrárny Dukovany je ověření jejich chování a zjištění případných změn fyzikálně mechanických charakteristik a chemického složení vyvolaných teplotním, vlhkostním, mechanickým a radiačním zatížením. Získaná data lze použít pro posouzení stavebních konstrukcí na všechny předepsané typy zatížení a jejich kombinace, kterým konstrukce jaderné elektrárny musí vyhovět.
- Jsou hodnoceny tyto parametry:
- Fluence neutronů
 - Gama záření
 - Krychelná pevnost betonu v tlaku
 - Obsah umělých radionuklidů
 - Objemová hmotnost
 - Mineralogické složení
 - Obsah boritanů
- Výzkumný program Vlivu kyseliny borité na beton
- Ve spolupráci s ÚJV Řež, a.s. probíhá expozice vzorků konstrukčního betonu a hermetické výstelky včetně jejich povrchových úprav vlivu roztoku kyseliny borité
 - Prováděno dle Návrhu programu zkoušek, hodnotící zprávy po 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25 letech expozice

Aktivity v rámci programů řízeného stárnutí na JE Temelín:

Popis získávání dat pro naplnění PŘS stavební části kontejmentu (KTMT) v ETE

- Kontrola předpínací síly
 - Hydraulickými lisami (Lift-of test)
 - Předpínací síla v kabelu měřicím systémem TZM (odporové fóliové tenzometry Hottinger nalepené na tažených šroubech kotev na kroužku v místě styku s očnicí)
 - Předpínací síla v určených bodech po délce kabelu měřicím systémem MEM (magneto-elastická metoda, závislost magnetizace feromagnetika na mechanickém namáhání)
- Odezva konstrukce na zatížení (komponenta ŽB konstrukce hermetické hranice)
 - Přetvoření betonových konstrukcí (poměrná deformace) čidly PLDS a SDM-B (strunové tenzometry)
 - Síla v betonářské výztuži čidly PSAS a SDM-V (strunové tenzometry)
 - Posuny konstrukcí čidly PLPS (strunové tenzometry) a geodetickým měřením
 - Teplota konstrukcí čidly PTS a SDM-T
- Stav předpínacího systému
 - Kontrola krytu kotev
 - Vizuální kontrola krytu kotev
 - Vizuální kontrola těsnění (pouze u demontovaných krytů)
 - Stav pryžového těsnění
- Kontrola vlhkosti
 - Kontrola v místě kotev (vlhkost v místě kotev a kabelových kanálcích - dlouhodobé sledování vlhkosti)
 - Vlhkost v kabelových kanálcích (rozsah přítomné vlhkost)
- Kontrola vazelíny
 - Stav a neporušenost konzervační vazelíny na kotvách a předpínacích kabelů
- Kontrola mechanického poškození a koroze kabelů
 - Mechanické poškození drátu a kotevního zařízení (trhliny, oděr, poškrábání, přetržení drátů, křížení drátů...)
- Vyjmutí a prohlídka vybraných kabelů
 - Zahrnuje soubor kontrol a laboratorních zkoušek odebraných vzorků kabelu
- Stav železobetonu (ŽB konstrukce hermetické hranice)
 - Vizuální kontrola povrchu betonu + oblast kompenzátoru
 - Stav betonu v přístupných místech se zaměřením na kontrolní okna
 - Stav v okolí kotevních bloků předpínacích kabelů (zda nedošlo k ucpání odtoků atmosférické vody v místě kotevních válcových kabelů)
 - Stav nátěrů na vnějším povrchu betonových konstrukcí vizuální prohlídkou
- Stav krytiny kopule, římsy a opěrného věnce
 - Stav izolace Vulkem – kopule + římsa (pro HVB I)
 - Stav PVC izolace (pro HVB II)
 - Stav izolačního nátěru římsy (kontrola prováděna pro HVB II)
 - Stav těsnícího tmelu spár mezi okrajovými panely římsy
 - Stav odtoků atmosférické vody v místě kotvení válcových kabelů

- Kontrola rozvoje trhlin v betonu
 - Vznik a vývoj trhlin v betonu, sestavení a aktualizace mapy trhlin
- Zkoušky železobetonu (provádění na konstrukci bez odběru vzorků)
 - Pevnost betonu zjištěná nedestruktivní metodou
 - Karbonatace betonu
 - Kontrola koroze výztuže betonu
- Kontrola základové části ochranné obálky (ŽB konstrukce hermetické hranice)
 - Stav nátěrového systému vizuální prohlídkou
 - Vizuální stav povrchu ocelového obkladu (mechanické poškození, rezavé skvrny...)
- Stav hermetického ocelového obkladu ochranné obálky
 - Vizuální kontrola nátěrového systému ocelového obkladu
 - Stav nátěrového systému ocelového obkladu ochranné obálky vizuální prohlídkou
- Vizuální kontrola stavu ocelového obkladu a dutin
 - Vizuální stav povrchu ocelového obkladu (mechanické poškození, výskyt koroze, výkvětů, výtoků, trhliny...)
 - Odchýlení ocelového obkladu od betonové konstrukce akustickým trasováním a sestavení mapy dutin
 - Nedestruktivní měření tloušťky ocelového obkladu
 - Tloušťka ocelového obkladu zjištěná nedestruktivními metodami (ultrazvukem na vyznačených kontrolních bodech)
- Stav ocelového obkladu vestavby
 - Stav nátěrového systému ocelového obkladu vnitřních vestaveb ochranné obálky vizuální prohlídkou a tloušťka nátěru
 - Vizuální kontrola stavu ocelového obkladu
 - Vizuální stav ocelového obkladu – mechanické poškození, rezové skvrny...
 - Nedestruktivní měření tloušťky ocelového obkladu
 - Tloušťka ocelového obkladu zjištěná nedestruktivními metodami
- Stav hermetického ocelového obkladu transportního koridoru
 - Stav nátěrového systému ocelového obkladu transportního koridoru vizuální prohlídkou a tloušťka nátěru
 - Vizuální kontrola stavu ocelového obkladu transportního koridoru
 - Nedestruktivní měření tloušťky ocelového obkladu transportního koridoru
 - Použití nedestruktivní metody – kontrola tloušťky ocelového obkladu ultrazvukem na kontrolních bodech (vždy na stejných místech)
- Stav hermetických uzávěrů ochranné obálky
 - Stav pryžového těsnění hermetických uzávěrů
 - Vizuální kontrola
 - Nedestruktivní měření tvrdosti pryže těsnění
 - Vizuální stav povrchu hermetického uzávěru
 - Kontrola povrchu
 - Mechanické poškození
 - Funkčnost
 - Funkčnost mechanismů

- Funkčnost el. zapojení
- Počet otevření uzávěru
- Stav hermetických uzávěrů transportního koridoru
 - Stav pryžového těsnění hermetických uzávěrů
 - Vizuelní kontrola těsnění
 - Nedestruktivní měření tvrdosti pryže těsnění
 - Vizuelní stav povrchu hermetického uzávěru
 - Kontrola povrchu
 - Mechanické poškození
 - Funkčnost
 - Funkčnost mechanismů
 - Funkčnost el. zapojení
 - Počet otevření uzávěru
- Stav stavebních hermetických průchodek z vnitřní strany ochranné obálky
 - Vizuelní kontrola nátěrového systému
 - Stav nátěrového systému hermetických průchodek ochranné obálky vizuelní prohlídkou (Vznik trhlin, odloupenutí nátěru, mechanické poškození, změna zabarvení nátěru)
 - Vizuelní kontrola stavu ocelového povrchu
 - Vizuelní stav ocelového povrchu hermetických průchodek (Mechanické poškození, Výskyt koroze, výkvětů, výtoků, Výskyt trhlin)
- Stav stavebních hermetických průchodek z vnější strany ochranné obálky
 - Vizuelní kontrola nátěrového systému
 - Stav nátěrového systému hermetických průchodek ochranné obálky vizuelní prohlídkou (Vznik trhlin, odloupenutí nátěru, mechanické poškození nátěru, změna zabarvení nátěru)
 - Vizuelní kontrola stavu ocelového povrchu
 - Vizuelní stav ocelového povrchu hermetických průchodek (mechanické poškození, výskyt koroze, výkvětů, výtoků, výskyt trhlin)
- Celková těsnost ochranné obálky
 - Hermetičnost celého prostoru ochranné obálky
 - PERZIK – Periodická zkouška integrity kontejmentu (Kontrola těsnosti KTMT, hodnota úniku z prostoru ochranné obálky)
- Lokální těsnost
 - Těsnost vybraných nátrubků a komůrek v ocelovém obkladu obálky
 - Těsnost vybraných nátrubků a komůrek v ocelovém obkladu transportního koridoru
 - Těsnost průchodek ve stavební části
 - Těsnost Hlavního hermetického uzávěru
 - Těsnost Havarijního hermetického uzávěru
 - Těsnost Hermetického poklopu
 - Těsnost Vrat transportního koridoru
 - Těsnost hermetického uzávěru transportního koridoru GA 103/1
 - Těsnost hermetického uzávěru transportního koridoru GA 103/2

- Rozbor podzemní vody z kontrolních vrtů
 - Laboratorní rozbor podzemní vody
 - Množství nežádoucích prvků degradujících ŽB konstrukce
 - Stanovení pH podzemní vody
- Stav betonů vestaveb
 - Monitorování vlhkosti betonů vestaveb
 - Vlhkost betonu v jednotlivých místech měření
 - Analýza chemického složení betonu vestaveb
 - Chemické složení betonu
 - Síranové koroze betonu
 - Probíhající alkalicko-křemičité reakce
 - Zkoušky vlivu roztoku kyseliny borité na beton vestaveb
 - Vliv na konstrukční beton
 - Vliv na těžký beton

Popis získávání dat pro naplnění PŘS BDO ETE

- Vizuální kontrola austenitické výstelky bazénů
 - Stav dostupných povrchů vnitřní austenitické výstelky bazénu způsobující porušení integrity vznikem trhlin (sledování zda došlo ke vzniku trhlin)
 - Stav dostupných povrchů vnitřní austenitické výstelky bazénu způsobující porušení integrity mechanickým poškozením (s důrazem na svarové spoje) způsobené např. průrazem při manipulacích s vkládanými zařízeními (sledování zda došlo k mechanickému poškození)
 - Stav povrchů vnitřní austenitické výstelky bazénu na výskyt koroze zejména u dutinových svarů (sledování zda došlo ke korozi austenitické výstelky)
 - Stav povrchů vnitřní austenitické výstelky bazénu na výskyt výkvětů a usazování solí kyseliny borité vlivem výtoku roztoku z meziprostoru do prostoru bazénu (sledování výskytu výkvětů a výtoků)
 - Stav výskytu mechanických usazenin
- Monitorování cyklů napouštění bazénu nebo změn hladin
 - Absolutní počet cyklů po dobu životnosti JE
 - Četnost cyklů v jednotlivých letech
 - Doba zaplavení prostor do hladiny +36,20 při výměně palivových tyčí
- Monitorování teploty roztoku trvale zaplavených prostor v čase (údaje z pravidelně prováděných měření v periodicitě dle PKP)
- Zjištění a sledování průsaků skrz výstelku všech bazénů mimo bazén boru do meziprostoru výstelek
 - Zda vůbec dochází k průsakům
 - Zaznamenání množství výtoků do meziprostoru mezi oběma plášti do nádržek systému TZ50
 - Zjištění, kde k únikům kapaliny dochází – konkrétní sekce
 - Zda je únik kontinuální či nárazový
 - Chemická analýza uniklé kapaliny po každé odstávce

- Množství uniklé kapaliny ze sekce v litrech/den (jsou stanoveny limity)
- Zjištění a sledování průsaků skrz výstelku bazénu boru do meziprostoru výstelek
 - Zda vůbec dochází k průsakům
 - Zaznamenání množství výtoků do meziprostoru mezi oběma plášti
 - Zjištění, kde k únikům kapaliny dochází – konkrétní sekce
 - Absolutní množství uniklého roztoku – číslo v litrech
 - Zda je únik kontinuální či nárazový
- Monitorování změn množství doplňovaného roztoku pro jednotlivá doplnění
- Údaje o rozmístění tyčí vyhořelého paliva v čase a prostoru BSVP ve vazbě na tepelné namáhání výstelek
 - Sleduje se prostorová poloha tyčí vyhořelého paliva v čase a prostoru BSVP ve vazbě na tepelné namáhání výstelek

7.1.3.2 Sledování, zkoušení, odběry vzorků a kontrolní činnost pro stavební konstrukce výzkumného reaktoru LVR-15

Stavební konstrukce nejsou zařazeny do Programu řízeného stárnutí výzkumného reaktoru LVR-15, jsou však sledovány v programu provozních kontrol reaktoru LVR-15.

V rámci Programu provozních kontrol je prováděna vizuální prohlídka konstrukce stavby, při které je zjišťováno případné poškození povrchu stěn – vznik trhlin v periodě 1x ročně. Dále je prováděna kontrola sesedání budovy v intervalu 1x 5 roků.

7.1.4 Preventivní a nápravná opatření pro železobetonové kontejnmenty

7.1.4.1 Preventivní a nápravná opatření pro železobetonové kontejnmenty jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Prevenčí dopadů stárnutí či základem pro vyvinutí aktivit ke zmírňování stárnutí je včasná indikace nežádoucího trendu degradace materiálu či komponenty KTMT. V případě indikace následuje připravení návrhu zmírňujících opatření, která se mohou lišit pro jednotlivé případy.

Nápravná opatření jsou podrobněji popsána v jednotlivých PŘS. Pro každý sledovaný parametr je v PŘS uveden postup nápravného opatření.

Například v případě nalezení koroze hermetické výstelky je provedeno měření in-situ pro ověření skutečného stavu a rozsahu poškození, analyzována příčina koroze (např. zabetonovaný cizorodý předmět/nečistota či absence kontaktu s pasivujícím betonem za přítomnosti vlhkosti apod.) Je zhodnoceno zachování funkce oslabené výstelky výpočtem a přijato nápravné opatření (ponechání či výměna poškozeného místa v závislosti na výsledku výpočtu či doplňujících reálných měření).

V souvislosti s přípravou elektrárny Dukovany na dlouhodobý provoz (LTO - Long Term Operation) byla provedena důkladná revize nastavení stávajících procesů, ale i jednotlivých dokumentů Programů Řízeného Stárnutí.

Úroveň řízeného stárnutí byla srovnávána se se světovou praxí jak zaměstnanci provozovatele (ČEZ, a.s.), tak mezinárodní misí SALTO, kde byli zastoupeni pracovníci národních dozorných orgánů zahraničních provozovatelů jaderných elektráren.

Tyto dva na sobě nezávislé postupy vygenerovaly shodné závěry a to:

- potřebu revize stávajících Programů Řízeného Stárnutí tak, aby odpovídaly kvalitativním požadavkům na ně kladeným mezinárodními doporučeními (např. IAEA NS-G-2.12 Ageing Management for Nuclear Power Plants)

- a potřebu doplnění Programu Řízeného Stárnutí i na další důležité stavební objekty mimo vlastní kontejnment a bazény skladování vyhořelého paliva.

Tato doporučení byla přijata a v průběhu roku 2016 naplněna, což vedlo k rozšíření kontrol stavu zařízení. Preventivní opatření jsou prováděna především s ohledem na provozní podmínky, které mají dopad na změnu materiálových vlastností stavebních objektů během jejich provozování, a to:

- Kultura provozování, tj. dodržování provozních předpisů, stanovených limit a podmínek

V případě bazénů skladování vyhořelého paliva jsou opatření pro zmírňování stárnutí prováděna především s ohledem:

- Na provozní podmínky, které mají dopad na změnu materiálových vlastností BDO během jejich provozování, a to např.:
 - Rozložení kazet vyhořelého paliva v BSVP tak, aby bylo zajištěno plynulé rozložení teplot jak roztoku, tak i stěn bazénu
 - Dodržení povoleného gradientu teploty roztoku při napouštění všech bazénů při výměně palivových článků
 - Nepřekračování maximální předepsané teploty roztoku při provozu bloku i při výměně paliva

7.1.4.2 Preventivní a nápravná opatření pro konstrukci haly výzkumného reaktoru LVR-15

Na základě závěrů Souhrnné zprávy „Hodnocení odolnosti výzkumného reaktoru LVR-15 a skladu VAO v ÚJV Řež při zemětřesení a ostatních vnějších mimořádných iniciačních událostech, Stevenson and Associates, září 1996“, kdy je možnost vnější zátopy budovy reaktoru, bylo doporučeno realizovat areálová opatření k zamezení vniknutí vody do objektu při extrémních záplavách. Po záplavách v roce 2002 provedla divize ÚJV Řež, a.s. č. 1600 – Technický úsek řadu opatření pro zamezení/zmírnění následků možné záplavy.

Také byl doplněn Program provozních kontrol reaktoru LVR-15 o vizuální kontrolu objemových změn podloží a případný vznik a rozvoj trhlin vzniklých vlivem nerovnoměrného sesedání, způsobeného změnami hladiny spodní vody vyvolaných záplavami. Kontroly podle PPK s ročním intervalem jsou pravidelně prováděny specialistou pro statiku a dynamiku konstrukcí.

7.2 Zkušenosti provozovatele s implementací programů řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů

7.2.1 Zkušenosti provozovatele jaderných elektráren Dukovany a Temelín s implementací programů řízeného stárnutí železobetonových kontejnmentů

JE Dukovany

- *PŘS Monitoring staveb* - Každoroční „Závěrečné hodnotící zprávy“ pro jednotlivé stavební objekty jsou zpracovávány od r. 2017
- *PŘS Sledování stavu stavebních konstrukcí EDU* - po zavedení PŘS Sledování staveb (pasportizace), bude přehledně sledován vývoj fyzického stavu stavebních objektů a jednotlivých stavebních konstrukcí na EDU. Tento proces odstartoval začátkem roku

2017 pro reaktorové bloky 3 a 4, v roce 2018 bude zaveden pro reaktorové bloky 1 a 2.

- *PŘS měření sedání stavebních objektů* (budova reaktoru s kontejnmentem je součástí tohoto programu). Průběh sedání objektu HVB I odpovídá teoretickým předpokladům, kdy v první fázi po výstavbě docházelo ke konsolidaci podloží vlivem přetížení stavbou a následně se trend sedání zpomalil, případně již k dalšímu sedání vůbec nedochází. Hodnoty sedání jsou daleko pod maximální mezí sedání, která byla stanovena dle ČSN 73 1001. V případě měření sedání objektu HVB II jednotlivé měřicí body vykazují pohyby velmi malé a není tedy překročena maximální mez sedání. Je možné konstatovat, že výsledky dlouhodobého monitoringu sedání objektů HVB I a HVB II potvrzují bezproblémovou funkčnost založení těchto objektů.
- *PŘS kontejnmentů (KTMT) v EDU*
 - Hermetické ocelové výstelky
 - *Tloušťka hermetické výstelky* od roku 2017 bude pro zjišťování tloušťky ocelové hermetické výstelky použita Plošná ultrazvuková metoda Phased Array. Pracovní postup i místa měření jsou definována v příloze PŘS kontejnmentů (KTMT) v EDU.
 - *Celkový únik z hermetické zóny při těsnostní zkoušce PERIZ*
Výsledky dosud provedených tlakových zkoušek ukazují plnění povolené velikosti úniku kontejnmentu s dostatečnou rezervou a nepřesahuje tedy maximální povolený únik 13%hm./24hodin.
 - *Únik z hermetické zóny při těsnostní zkoušce přes systém TZ – drenáže organizovaných úniků z BSVP.*
Trend celkových úniků z bazénů a šachet č. 1 na blocích 1 až 4 je „zlepšující se“ či „setrvalý“.
 - Hermetické poklopy, uzávěry a dveře na hranici a uvnitř hermetické zóny
Těsnost těchto hermetických částí je ověřována při lokálních těsnostních zkouškách. Případné vady jsou ihned odstraňovány a výsledkem lokální zkoušky těsnosti musí být protokol o vyhovujícím stavu zařízení.
 - Průběh teplot
Naměřené hodnoty teplot se pohybují pod maximálními dovolenými limitními teplotami v jednotlivých částech reaktorové šachty.
 - Deformace střechy a stěny šachty lokalizace havárií
Maximální deformace naměřené při zkouškách těsnosti a integrity kontejnmentu jsou pod stanovenou hodnotou pro maximální dovolenou deformaci konstrukce.
 - Institut svědečných vzorků betonu (Prováděno dle časového plánu hodnocení svědečných vzorků)
Výsledky dlouhodobého sledování Institutu svědečných vzorků potvrzují, že na dynamické charakteristiky betonu nemá zatím radioaktivní záření vliv; byl pozorován vliv různé vlhkosti vzorku betonu.
 - Výzkumný program Vlivu kyseliny borité na beton
V roce 2016 byl zahájen program zkoušek vlivu roztoku kyseliny borité na beton. Pro zajištění co nejlepší vypovídací schopnosti byly vzorky betonu vyrobeny dle receptury použité v projektu EDU.

Z výsledků hodnocení vyplývá, že nedochází k překročení limitních hodnot sledovaných parametrů.

Stávající stav stavebního objektu s ohledem na úroveň trvale udržitelných funkčních vlastností požadovaných pro dlouhodobý provoz jaderné elektrárny Dukovany po dobu dalších minimálně 10 let, lze hodnotit jako „Přijatelný“.

- *PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU*
 - Bazén skladování vyhořelého paliva
 - Sledování množství naměřeného úniku roztoku do systému organizovaných úniků TZ z bazénů skladování vyhořelého paliva
Dlouhodobá analýza automatických záznamů ukazuje, že množství naměřeného úniku do systému organizovaných úniků TZ dlouhodobě nepřekračuje limitní hodnotu.
 - Počet cyklů napouštění a vypouštění
Monitorování cyklů napouštění/vypouštění bazénů ukazuje, že naměřené hodnoty se pohybují pod stanovenými limitami.
 - Průběh teploty roztoku
Teplota v bazénech skladování nepřekročila za minulá období limitní hodnotu stejně tak i rychlosti teplotních změn roztoku.
 - Necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky nad hladinou trhlinami nebo mechanicky
Způsob sledování tohoto parametru je pomocí vizuálních kontrol, které začnou probíhat v průběhu roku 2017 – 2018.
 - Stav povrchů nerezové výstelky bazénu na výskyt koroze
Způsob sledování tohoto parametru je pomocí vizuálních kontrol, které začnou probíhat v průběhu roku 2017 – 2018.
 - Mechanické usazeniny
Způsob sledování tohoto parametru je pomocí vizuálních kontrol, které začnou probíhat v průběhu roku 2017 – 2018.
 - Šachta č. 1
 - Množství naměřeného úniku do systému organizovaných úniků
Dlouhodobá analýza ukazuje, že množství naměřeného úniku do systému organizovaných úniků TZ dlouhodobě nepřekračuje limitní hodnotu.
Parametry, které jsou sledovány pomocí vizuálních kontrol, budou hodnoceny v průběhu roků 2017 – 2018.
 - Dekontaminační vany a šachty skladování aktivního zařízení
Od roku 2017 – 2018 bude probíhat sledování výše uvedených parametrů (kapitola 7.1.3) pomocí vizuálních kontrol.

Z výsledků hodnocení vyplývá, že nedochází k překročení limitních hodnot sledovaných parametrů. Nejsou tedy známa žádná omezení pro provoz zařízení.

JE Temelín

- *PŘS stavební části kontejnmentu (KTMT) v ETE*
 - **Kontrola předpínací síly**
Vyhodnocení jednotlivých měřících systémů ukázalo splnění požadavku minimální úrovně předpětí s dostatečnou rezervou.
 - **Odezva konstrukce na zatížení (komponenta ŽB konstrukce hermetické hranice)**
Měření odezvy konstrukce na působící zatížení ukazuje stabilizovaný stav konstrukce, vývoj napjatostně-deformačního stavu konstrukce odpovídá předpokládanému vývoji.
 - **Stav předpínacího systému**
Dosud provedené kontroly předpínacího systému neukázaly žádné závady nebo poškození, které by snižovaly funkčnost tohoto systému. Přítomnost vody pod kryty kotev je řešena odvodněním krytů a přípravou úpravy krytů (odvětrání), příčina je řešena přípravou opravy střešní krytiny.
 - **Stav železobetonu (ŽB konstrukce hermetické hranice)**
Vizuální kontroly betonového povrchu ochranné obálky neukázaly žádné závady, které by snižovaly její funkčnost.
 - **Stav krytiny kopule, římsy a opěrného věnce**
Vizuální kontroly ukázaly, že bude nutno provést celkovou opravu střešního pláště kopule ochranné obálky a dokončit opravy hydroizolace střechy obestavby z důvodu degradace materiálů.
 - **Kontrola rozvoje trhlin v betonu**
Zjištěné závady (trhliny) betonového povrchu nemají vliv na aktuální funkci konstrukce, budou ale provedeny opravy těchto jednotlivých závad.
 - **Zkoušky železobetonu (provádění na konstrukci bez odběru vzorků)**
Výsledky nedestruktivních měření ukázaly, že pevnost betonu v tlaku splňuje požadavek na minimální zaručenou pevnost betonu v tlaku použité třídy betonu.
Dále vizuální kontroly povrchu prokazují, že na povrchu ochranné obálky se nevyskytují žádné závady, které by snižovaly funkčnost konstrukce.
 - **Kontrola základové části ochranné obálky (ŽB konstrukce hermetické hranice)**
Vizuální kontroly základové části ochranné obálky neukázaly žádné závady, které by snižovaly její funkčnost.
 - **Stav hermetického ocelového obkladu ochranné obálky**
Kontrola ocelového obkladu ochranné obálky prokázala, že ocelový obklad je celistvý, bez mechanického poškození, bez trhlin ve svarových spojích a základního materiálu, včetně nátěrů na něm provedených a jeho stav je podle protokolů o vizuální kontrole hodnocen jako vyhovující.
Tloušťka ocelového obkladu ochranné obálky je v toleranci předepsané výrobní normou pro hutní výrobky a jako celek vyhovuje.
 - **Stav ocelového obkladu vestavby**
Kontrola ocelového obkladu vestavby (místností uvnitř ochranné obálky) prokázala, že ocelový uhlíkatý obklad je celistvý, bez mechanického poškození, bez trhlin ve svarových spojích a základním materiálu, včetně

nátěrů na něm provedených, nerezový obklad je rovněž bez povrchové koroze a nečistot.

Lze konstatovat, že uhlíkatý a nerez obklad je ve vyhovujícím stavu pro další provoz.

- Stav hermetického ocelového obkladu transportního koridoru
Kontrola ocelového obkladu transportního koridoru prokázala, že obklad je celistvý a je vyhovující pro další provoz.
Tloušťka ocelového obkladu transportního koridoru je v toleranci předepsané výrobní normou pro hutní výrobky a jako celek vyhovuje.
- Stav hermetických uzávěrů ochranné obálky
Kontrola hermetických uzávěrů a vrat ukázala, že jsou pro období dalšího provozu plně funkční.
- Stav hermetických uzávěrů transportního koridoru
Kontrola těsnosti tlakových komor je hodnocena jako vyhovující.
- Stav stavebních hermetických průchodek z vnitřní strany ochranné obálky
Kontroly průchodek ve stavební části jsou hodnoceny jako vyhovující.
- Stav stavebních hermetických průchodek z vnější strany ochranné obálky
Kontroly průchodek ve stavební části jsou hodnoceny jako vyhovující.
- Celková těsnost ochranné obálky
Výsledky dosud provedených tlakových zkoušek ukazují plnění povolené velikosti úniku z kontejnmentu s dostatečnou rezervou. Průběh v čase ukazuje postupný nárůst netěsností spolu s postupným poklesem trendu nárůstu. Změny v čase jsou obdobné na obou blocích. Tlakové zkoušky celého kontejnmentu neumožňují identifikaci míst nárůstu netěsností. Z hlediska stavebních konstrukcí kontejnmentu neukazují lokální zkoušky těsnosti stavebních konstrukcí nebo kontroly stavu stavebních konstrukcí na hranici kontejnmentu nárůst netěsností stavebních konstrukcí ani vady, jejichž následkem by mohl být nárůst netěsností. Z hlediska stavebních konstrukcí nevyžaduje opatření.
- Lokální těsnost
Z hlediska stavebních konstrukcí kontejnmentu neukazují lokální zkoušky těsnosti stavebních konstrukcí nebo kontroly stavu stavebních konstrukcí na hranici kontejnmentu nárůst netěsností stavebních konstrukcí ani vady, jejichž následkem by mohl být nárůst netěsností.
- Stav betonů vestaveb
Na základě časového průběhu hodnot vlhkosti, lze konstatovat, že transport vlhkosti v objemu betonů vestaveb je menší než úbytek vlhkosti v důsledku odvětrání měřených míst při provádění měření a stále tak dochází k vysušování betonu v okolí měřících míst. Nátoky do betonů vestaveb prostřednictvím úniků z bazénů lze tedy považovat za nulové nebo jen velmi malé a není předpokládána inicializace degradace konstrukcí vestaveb úniky z bazénů.

Vyhodnocení kontrol a měření provedených na KTMT HVB I a HVB II ukazuje vyhovující stav ochranné obálky a plnění všech projektových požadavků, čímž je zajištěna bezpečnostní funkce ochranné obálky.

- *PŘS Stavební části bazénů s dvojitým obkladem (BDO) v ETE*
 - Vizuální kontrola austenitické výstelky bazénů
Výsledky vizuální kontroly austenitické výstelky bazénů potvrzují, že povrch je celistvý bez mechanického poškození a trhlin. K usazování solí kyseliny borité vlivem výtoku roztoku z meziprostoru do bazénu nedochází a výkvěty se také nevyskytují, nebyly nalezeny ani mechanické usazeniny.
Naměřená tloušťka austenitické ocelové výstelky je v rozmezí 95% - 100% tloušťky projektované.
 - Monitorování cyklů napouštění bazénu nebo změn hladin
Monitorování cyklů napouštění/vypouštění bazénů nebo změn výšek hladin ukazuje, že naměřené hodnoty se pohybují pod stanovenými limitami.
 - Monitorování teploty roztoku trvale zaplavených prostor v čase
Rychlost změny teploty nemá vliv na velikost napětí ve výstelkách, rozhodující vliv má velikost změny teploty. Měření za uplynulá období nevykazují podstatné teplotní změny. Maximální teplota v bazénech nepřekračuje limitní hodnotu a ani se k této teplotě neblíží.
 - Zjištění a sledování průsaků skrz výstelku všech bazénů mimo bazén boru do meziprostoru výstelek
Úniky jsou dlouhodobě zanedbatelné a obklady dvojitě obličovaných bazénů plní svoji funkci
 - Zjištění a sledování průsaků skrz výstelku bazénu boru do meziprostoru výstelek
Průsaky se nevyskytují
 - Údaje o rozmístění tyčí vyhořelého paliva v čase a prostoru BSVP ve vazbě na tepelné namáhání výstelek
Zatím nebyl žádný vliv rozmístění tyčí vyhořelého paliva na namáhání výstelek pozorován

Bazény s dvojitým obkladem HVB I, HVB II ETE lze považovat za dlouhodobě provozuschopné. Konstrukce splňuje předpoklady pro bezpečný provoz JE v následujícím období.

7.2.2 Zkušenosti provozovatele výzkumného reaktoru s řízeným stárnutím stavebních konstrukcí výzkumného reaktoru LVR-15

Z hlediska velikosti odezvy stavební konstrukce má dominantní vliv seismické zatížení, jehož účinky převyšují účinky ostatních vnějších událostí. Z HCLPF hodnot hraniční seismické odolnosti vypočtených pro dílčí stavební konstrukce vyplývá, že budova jako celek při daném zemětřesení se neporuší, avšak může dojít k dílčím poruchám jednotlivých nosných prvků jejich stavební konstrukce. Z nich jsou významné trhliny ve zdivu obvodových konstrukcí budovy reaktoru. Tyto trhliny však v důsledku spolupůsobící ocelové, resp. železobetonové hlavní nosné konstrukce neovlivní odolnost objektu jako celku, avšak mohou způsobit dílčí poškození. Rovněž je potřeba počítat při zemětřesení s rozbitím okenních skel, okenních vyzdívek a zkřížením nebo vyboulením okenních ráků, dveří a vrat. Pro hodnocení seismické odolnosti technologického zařízení byla vypočtena rovněž seismická spektra odezvy ve vybraných místech uvnitř objektů.

Co do intenzity účinků je dalším významným zatížením pád letadla a náraz tlakové vlny při vnějším výbuchu. I jejich působením nedojde v žádném případě k celkovému porušení objektů, nýbrž jen k výskytu lokálních poškození typu trhlin ve zdivu, rozbití okenních skel a okenních vyzdívek, které působením zbytku tlaku budou vrženy do nitra objektu.

Při pádu letadla na objekt reaktoru, zejména pak do okenní konstrukce a obvodového pláště, dojde k jeho proražení a proniknutí motorové části uvažovaného malého letadla do nitra objektu. Rozbitím letadla, při tomto průrazu, budou mít jeho trosky již relativně malou energii, kterou není možné poškodit reaktor, který je uložen v ochranné betonové šachtě zhruba uprostřed reaktorové haly.

Doplňujícími analýzami stávajících konstrukcí bylo prokázáno, že nosné konstrukce budovy reaktoru i navazujících objektů jsou v dobrém stavu a jsou schopny odolávat všem vnějším mimořádným extrémním vlivům dle platné legislativy ČR a doporučení IAEA. Provedený způsob hodnocení je plně v souladu s uznávanou mezinárodní praxí pro hodnocení výzkumných reaktorů.

V objektu byla v minulosti identifikována trhlina ve stěně haly reaktoru, která se nachází v místnosti jeřábnické kabiny na třetím nadzemním podlaží. Stabilita této trhliny je dlouhodobě sledována a ověřena pomocí sádrového kontrolního odlitku. V roce 2016 byl tento odlitek na doporučení statika modifikován s penetrací do hloubky jádra stěny.

7.3 Závěry regulátora a jeho posouzení programů řízeného stárnutí kontejnmentů

7.3.1 Závěry regulátora a jeho posouzení řízení stárnutí kontejnmentů jaderných elektráren Dukovany a Temelín

SÚJB vyhodnotil informace týkající se řízeného stárnutí stavebních částí, konstrukcí a objektů, jež byly do této zprávy poskytnuty provozovatelem JE Dukovany a JE Temelín, spolu s informacemi získanými ze své kontrolní a hodnotící činnosti.

Stav stavebních částí a konstrukcí je ze strany SÚJB pravidelně vyhodnocován. To jednak v rámci hodnocení informací uvedených v každoročně aktualizované provozní bezpečnostní zprávě, ve které jsou zapracovány informace z pravidelného ročního hodnocení životnosti stavebních částí a konstrukcí a Programů řízeného stárnutí stavebních částí obou JE a dále během pravidelné plánované nebo namátkové kontrolní činnosti.

Při kontrolní a hodnotící činnosti inspektoři prověřují a vyhodnocují informace týkající se stavu stavebních částí a konstrukcí, schopnosti zařízení plnit své funkce a vyhodnocují další dokumentaci prokazující schopnost stavebních částí a konstrukcí plnit své funkce (hlavně zabránit úniku RA látek a ionizujícího záření do životního prostředí – pevnostní a těsnostní funkce systému ochranné obálky kontejnmentu). Dále je kontrolován a hodnocen soulad činností prováděných držitelem povolení v rámci konkrétních procesů s relevantními požadavky platných právních předpisů a normativních dokumentů týkajících se stavebních částí a konstrukcí.

V průběhu licenčního procesu vydání povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany po 30-ti letech provozu (tedy k "LTO") byl celý systém řízení stárnutí stavebních konstrukcí detailně prověřen. Díky komplexnímu hodnocení problematiky stavebních konstrukcí SÚJB na základě zpětné vazby z provozu JE a na základě výsledků vlastní kontrolní a hodnotící činnosti identifikoval drobné nedostatky v provádění, zaznamenávání a dokladování skutečného stavu stavebních objektů a konstrukcí. Nebyly nastaveny a zavedeny všechny programy řízeného stárnutí ve srovnání s dobrou světovou praxí. Jednalo se hlavně o PŘS pro sledování stavu stavebních konstrukcí a PŘS monitoring staveb a provádění zaznamenávání a dokladování údajů o provedené údržbě a zkoušení stavebních

částí. Žadatel vytvořil akční plán, ve kterém si navrhl nápravná opatření reagující na zjištěné nedostatky, spolu s termíny jejich plnění, kterými se zavázal tyto nedostatky odstranit. Dále žadatel v průběhu správního řízení doplnil informace a údaje z provedené ověřovací zkoušky integrity kontejnmentu, kterými dokladovat stav a schopnost plnit bezpečnostní funkci systému ochranné obálky na maximální projektovou nehodu.

Celkově byly úřadem vyhodnoceny všechny dostupné informace jako vyhovující, s několika formálními nedostatky, které ale nebrání bezpečnému provozu jaderné elektrárny Dukovany. SÚJB je ale při vydávání rozhodnutí o povolení provozu JZ shledal významné z hlediska neustálého zlepšování úrovně JB a jejich vyřešení bylo termínováno v rámci podmínek vydaného rozhodnutí k provozu za hranici projektové životnosti pro provozované bloky JE Dukovany.

V současné době jsou nastaveny programy řízeného stárnutí ve shodě s požadavky platné legislativy i s dobrou světovou praxí pro obě JE. V rámci plnění programů řízeného stárnutí provádí držitel povolení na JE Dukovany nebo jeho dodavatelé příslušné řízené činnosti. Od provádění, hodnocení a dokladování pravidelných prohlídek vůči provedenému pasportu vad a poruch na stavebních konstrukcích, naplňování programu monitoringu staveb, přes měření sedání a náklonů bezpečnostně významných staveb, vizuální kontroly a měření na vybraných místech stavu hermetické ocelové oblicovky, stanovování a pravidelné přezkušování těsnosti kontejnmentu během pravidelných zkoušek, zkoušení hermetických poklopů, uzávěrů a dveří na hranici a uvnitř hermetické zóny, měření průběhů teplot, měření deformací střechy a stěny šachty lokalizace havárií, plánované provádění a hodnocení institutu svědečných vzorků betonu a zavedeného výzkumného programu vlivu kyseliny borité na beton. Dále se v dalším programu PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU sleduje a vyhodnocuje množství naměřeného úniku roztoku do systému organizovaných úniků TZ z bazénů skladování vyhořelého paliva, sleduje a zaznamenává cykly napouštění a vypouštění, průběh teploty roztoku, vizuálními kontrolami se prověřuje necelistvost, poškození povrchu nerezové výstelky nad hladinou trhlinami. Poslední z uvedených sledovaných parametrů je nově zavedeným sledovaným parametrem a jeho vyhodnocení proběhne v roce 2018.

Na JE Temelín je doplněn ještě program řízeného stárnutí o kontrolu předpínací síly, odezvu konstrukce na zatížení, stav předpínacího systému a stav krytiny kopule, římsy a opěrného věnce. Tyto programy vycházejí z rozdílné konstrukce systému ochranné obálky – kontejnmentu u obou JE.

Misí SALTO v rámci hodnocení připravenosti JE Dukovany k dlouhodobému provozu byly zjištěny drobné nedostatky, které se týkaly identifikace relevantních degradačních mechanismů/účinků stárnutí a začlenění dat z pochůzek, včetně provozních zkušeností EDU i mezinárodních zkušeností do roční závěrečné hodnotící zprávy každého hodnoceného stavebního objektu. Tyto nedostatky držitel povolení v navržených termínech odstranil tím, že si nechal dodavatelsky provést pasportizaci stavebních objektů a závěrečnou zprávu o stavu stavebních konstrukcí doplnil a začlenil do nedávno zavedeného PŘS Monitoring staveb a její otisk pravidelně aktualizuje v PrBZ.

Dlouhodobým problematickým místem je otázka sledování stavu nerezové výstelky bazénů skladování vyhořelého jaderného paliva, kde je omezený přístup i možnosti, jak zjišťovat stav a míru projevů degradačních mechanismů na primární nerezové, i sekundární ocelové výstelce bazénů skladování za provozu nebo naplněného stavu. Tuto problematiku řeší držitel povolení investiční akcí, kde si nechává zpracovávat analýzu možností, jakými způsoby by mohl dosáhnout zlepšení v této oblasti.

I přes výše uvedené problematické téma sledování stavu hermetické výstelky bazénů skladování SÚJB vyhodnotil nastavené programy řízeného stárnutí stavebních částí a konstrukcí pro

JE Dukovany a JE Temelín za adekvátně nastavené a dostatečně účinné a dbá při výkonu své kontrolní a hodnotící činnosti na jejich dodržování a pravidelné hodnocení ze strany držitele povolení, a klade důraz na jejich zlepšování s uplatněním nejnovějších poznatků vědy a techniky a dobré světové praxe.

7.3.2 Závěry regulátora a jeho posouzení řízení stárnutí konstrukce objektu výzkumného reaktoru LVR-15

Stavební konstrukce výzkumného reaktoru LVR-15 nejsou v současné době zařazeny do Programu řízeného stárnutí reaktoru LVR-15. Stav stavebních objektů je sledován v rámci pravidelně prováděných kontrol Programu provozních kontrol. Dále byla posouzena, v reakci na události v JE Fukushima Daiichi, odolnost stavebních konstrukcí vůči externím vlivům. Vzhledem k vydání nové legislativy, bude Program řízeného stárnutí reaktoru LVR-15 přizpůsoben novému Atomovému zákonu do konce roku 2018 (přechodná ustanovení). Ze strany SÚJB bude poté naplnění požadavků nové legislativy (včetně zařazení důležitých stavebních objektů) po uplynutí přechodných ustanovení nového atomového zákona zhodnocen.

8. Předepjatá betonová tlaková nádoba (AGR)

V České republice nejsou v provozu reaktory typu AGR.

9. Celkové zhodnocení a závěry

Obecné požadavky na řízené stárnutí byly obsaženy v české legislativě od počátku využívání jaderné energie. Jednalo se např. o zákon č. 28/1984 Sb. a jeho prováděcí předpisy. Legislativní dokumenty byly postupem času aktualizovány na základě aktuálního stavu poznání, výsledků vědy a techniky a rostoucí potřebě po zvyšování jaderné bezpečnosti.

Detailní požadavky na řízené stárnutí jsou v České republice implementovány v národní legislativě. Od 1. 1. 2017 vstoupil v platnost nový atomový zákon, který obsahuje požadavky na provádění procesu řízeného stárnutí definovaného v programech řízeného stárnutí, bližší specifikaci těchto požadavků obsahují prováděcí předpisy. V nové legislativě jsou zapracovány požadavky vycházející z bezpečnostních principů a požadavků IAEA i bezpečnostních úrovní (kritérií) WENRA.

Sledování životnosti tlakových nádob reaktorů JE bylo prováděno od počátku provozu obou jaderných elektráren, systematické sledování životnosti hlavních komponent primárního okruhu a dalších zařízení důležitých z hlediska bezpečnosti bylo zaváděno postupně.

Předchozí právní úprava, která měla účinnost do konce r. 2016, obsahovala požadavek na určení kritérií pro sledování životnosti obsažených v konečné výstupní dokumentaci procesu návrhu vybraného zařízení zařazeného v bezpečnostní třídě 1 nebo 2 a byly stanoveny i další implicitní povinnosti. Detailněji jsou definice a postupy týkající se provádění řízeného stárnutí předmětem bezpečnostního návodu SÚJB BN-JB-2.1 „Řízení stárnutí jaderných zařízení“ [5]. Z důvodu vydání nové legislativy je naplánováno revidování tohoto bezpečnostního návodu.

Dále byl požadavek na sledování stárnutí a predikci zbytkové životnosti nejdůležitějších komponent obsažen v rozhodnutích o povolení provozu JE Dukovany po 10-ti i 20-ti letech provozu i v rozhodnutích o povolení provozu JE Temelín. Každoročně aktualizované výsledky těchto hodnocení jsou přenášeny do provozní bezpečnostní zprávy. Pro výzkumné jaderné reaktory nebyl, kromě těch požadavků na sledování životnosti specifikovaných v předchozí právní úpravě, stanoveno detailnější návod na řízení stárnutí těchto zařízení.

Základní požadavky na řízení stárnutí dle nové legislativy má držitel povolení provozu JE (ČEZ, a.s.) implementovány ve svých interních procesech. Implementace požadavků pro důležité komponenty či významné degradační mechanismy je popsána v souboru komponentních či specifických programů řízeného stárnutí. Tento soubor je na základě pravidelného hodnocení účinnosti procesu řízeného stárnutí (s využitím vnitřní i vnější zpětné vazby z provozu, aktuální úrovně vědy a techniky, výsledků výzkumu apod.) aktualizován. Proces, podle kterého je řízené stárnutí prováděno i jeho implementace na komponenty zařazené do rozsahu zařízení pro prokázání spolehlivosti při provozu za projektem stanovenou mez byl prověřen v rámci licenčního řízení o povolení provozu JE Dukovany po 30-ti letech provozu. Požadavky na vyřešení nalezených nedostatků byly specifikovány v rozhodnutích o povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany po 30-ti letech provozu. Ze strany SÚJB byly dále hodnoceny výsledky periodického hodnocení bezpečnosti, provádění procesu řízeného stárnutí na úrovni jednotlivých komponent či degradačních mechanismů je také sledováno v rámci kontrolní činnosti.

Základem procesu řízeného stárnutí je prokázání platnosti a dostatečnosti určených bezpečnostních rezerv a nastavení kritérií používaných v řízeném stárnutí.

Během přezkoumání zastřešujícího programu řízeného stárnutí zjistil držitel povolení i SÚJB nutnost ověření projektové i návrhové dokumentace. Dále byla přezkoumána a dokompletována dokumentace dodavatelů (zařízení i údržby). Z různých důvodů dochází během provozu ke změnám v konfiguraci celého jaderného zařízení. Stárnutí je jedním z mnoha časově závislých procesů, jejichž

monitorování a hodnocení je sofistikovanou inženýrskou disciplínou. Proto je proces řízení modifikací (tzv. configuration management proces) považován jako klíčový proces podporující řízení spolehlivosti zařízení.

Z mezinárodního hlediska byl systém prověřen misemi plnorozsahovými misemi SALTO, které na JE Dukovany proběhly v letech 2008 (follow-up v r. 2011) a 2014 (follow-up v r. 2016). ČEZ, a.s. je také aktivním účastníkem projektu IAEA IGALL, jehož výsledky jsou následně do programu řízeného stárnutí implementovány.

Stav kabelů a predikce jejich životnosti je ze strany SÚJB pravidelně vyhodnocován v rámci hodnocení každoročně aktualizované provozní bezpečnostní zprávy. V provozní bezpečnostní zprávě jsou uvedeny informace z pravidelného ročního hodnocení životnosti kabelů spadajících pod komponentní program řízeného stárnutí kabelů. Při své inspekční a hodnotící činnosti inspektoři SÚJB pravidelně vyhodnocují stav kabelových souborů, hodnoceny a kontrolovány jsou činnosti prováděné v rámci odstávek i mimo ně (kontroly, výměny, rekonstrukce apod.). Program je nastaven pro všechny bezpečnostně významné kabely, bez ohledu na to, zda jsou vysokonapěťové, či nízkonapěťové. V rámci programu je prováděna celá řada činností, např. kvalifikace kabelů na drsné prostředí, sledování a vyhodnocování parametrů prostředí v místech, kde jsou kabely instalovány, vizuálních kontrol instalovaných kabelů, hodnocení kabelů vyjmutých při obnovách z technologie, instalování kabelů v depozitech (svědečný program). V rámci zkušenosti z provozu nebyly identifikovány žádné závažné problémy s kabeláží. PŘSK byl oceněn i mezinárodně – misí SALTO v rámci hodnocení připravenosti JE Dukovany k dlouhodobému provozu, tak i uskupením EPRI (PŘSK získalo v r. 2016 za implementaci programu řízeného stárnutí kabelů ocenění).

Z výše uvedených důvodů považuje SÚJB nastavený program řízeného stárnutí kabelů JE Dukovany a Temelín za správně nastavený a dostatečně účinný. Nastavení programu je možné nazvat dobrou praxí.

SÚJB prostřednictvím podmínky rozhodnutí o povolení provozu bloků jaderné elektrárny Dukovany ("LTO") uložil provozovateli JE EDU povinnost zavést metodiku pro sledování fyzického stavu systému TVD (včetně nepřístupných potrubních rozvodů). Četnost a rozsah kontrol mají být nastaveny tak, aby v dostatečném předstihu odhalovaly nesrovnalosti a závady vzniklé provozem systému a předcházely tak významným poruchám tohoto systému. Plněním této podmínky rozhodnutí byl v r. 2016 u provozovatele zaveden Program řízeného stárnutí pro nedostupná (zakopaná) potrubí a rovněž Program řízeného stárnutí technických vod a upraven Program provozních kontrol. Zavedení těchto programů předcházely výzkumné projekty či aktivity, např. při vývoji metody EDMET, spolupráce s EPRI při implementaci programu BPWORKS™. Z pohledu SÚJB sice oba tyto Programy formálně naplňují atributy požadované legislativou ČR, přesto však, vzhledem k nedávnému datu jejich zavedení, ještě nelze formulovat závěry o jejich efektivitě. SÚJB sleduje činnosti prováděné v rámci tohoto programu v rámci své hodnotící a inspekční činnosti.

Koponentní program řízeného stárnutí reaktorů (jehož jsou tlakové nádoby součástí) je založen na celém spektru prováděných činností. Mezi nejdůleži patří monitorování a hodnocení radiačního křehnutí a výsledky kvalifikovaných provozních kontrol svarů, návarů a základního materiálu tlakových nádob reaktorů. Do konečného závěru o aktuálním stavu tlakových nádob a predikci životnosti vstupuje rovněž hodnocení únavy, tepelného stárnutí apod. Činnosti zaměřené na sledování aktuálního stavu a hodnocení životnosti tlakových nádob reaktorů byly prováděny od počátku provozu a na základě aktuálního stavu poznání a vnější i vnitřní zpětné vazby v této oblasti byly rozšiřovány. Optimalizovány byla např. konfigurace zavážení paliva (ke získání tzv. low-leakage zóny), nastavení programu svědečných vzorků od tzv. standardního, přes doplňkový až po

prodloužený, díky kterému bude pokryta i fáze tzv. dlouhodobého provozu JE Dukovany. Rovněž byly provedeny změny v trendech náhřevu a ochlazování z důvodu snížení únavového namáhání či změny v programu provozních kontrol. V současné podobě pokrývá komponentní program řízeného stárnutí reaktoru všechny významné a očekávané degradační mechanismy a jeho nastavení je v souladu s mezinárodními osvědčenými postupy. Výsledky periodického hodnocení životnosti reaktoru jsou uváděny v každoročně aktualizované provozní bezpečnostní zprávě, kterou SÚJB vyhodnocuje. V rámci inspekční činnosti je pozornost věnována zejména aktuálním výsledkům provozních kontrol a úkonů údržby, provádění případných modifikací a oprav během odstávek na výměnu paliva jednotlivých bloků. Program řízeného stárnutí reaktorů odpovídá požadavkům platné legislativy i dalších dokumentů spadajících do národního legislativního a dozorného rámce České republiky. Z výše uvedených důvodů považuje SÚJB komponentní program řízeného stárnutí reaktorů Dukovany a Temelín za správně nastavený a dostatečně účinný.

Soubor programů řízeného stárnutí stavebních částí, konstrukcí a objektů byl zkompletován teprve nedávno. Nekompletní set programů byl i jedním z nálezu mise SALTO na JE Dukovany. Na základě hodnotících a kontrolních činností byly ze strany SÚJB definovány požadavky ke zlepšení celého procesu řízeného stárnutí ve stavební oblasti:

- Držitel povolení doplní dokumentaci řízeného stárnutí stavebních konstrukcí EDU (zahrnující zprávy o hodnocení řízení stárnutí, health reporty, TLAA a závěrečné zprávy efektivního systému údržby) o charakteristiky hodnocení a výsledky hodnocení všech degradačních mechanismů působících v procesu stárnutí stavebních konstrukcí majících vliv na plnění bezpečnostních funkcí EDU.
- Držitel povolení zapracuje do PrBZ výsledky dlouhodobého monitoringu sedání bezpečnostně významných stavebních objektů na EDU a pasportizaci vad a poruch na stavebních konstrukcích a výsledky hodnocení stárnutí stavebních konstrukcí.
- Držitel povolení zavede program řízeného stárnutí „Sledování stavu stavebních konstrukcí“ pro stavební konstrukce důležité pro jadernou bezpečnost a o výsledcích plnění tohoto programu bude žadatel informovat SÚJB v rámci aktualizací PrBZ.
- Držitel povolení zpracuje a zavede metodiky pro sledování hermetické obličovky a výstelky BSVP a zapracuje kontroly vyplývající z předmětných metodik do Programu provozních kontrol.

V současné době jsou všechny výše zmíněné požadavky, které byly formulovány jako podmínky rozhodnutí o povolení provozu JE Dukovany, splněny a implementovány plně v souladu s dobrou světovou praxí.

Provedení posledního zhodnocení stavu řízení stárnutí (AMR) a s tím související licenční proces směřující k vydání povolení provozu JE Dukovany po 30-ti letech, zahrnovalo široké spektrum aktivit. Bez ohledu na dobré výsledky národního i mezinárodního hodnocení z něj vyplynula potřeba zlepšení některých oblastí. Mnoho nápravných opatření bylo včas ukončeno, přesto však z výsledků hodnotící a kontrolní činnosti SÚJB vyplynuly oblasti možného zlepšení např. v nastavení některých procesů a činností či kvality dokumentace. Z toho důvodu SÚJB formuloval podmínky rozhodnutí o povolení provozu jednotlivých bloků JE Dukovany. Příklady takovýchto podmínek týkajících se oblasti řízeného stárnutí jsou (ve zjednodušené formě):

- Držitel povolení bude SÚJB jednou za rok předkládat sumární aktualizaci PrBZ popisující aktuální stav EDU s vyznačením změn, ke kterým došlo v předchozím roce,

a se souhrnnými informacemi o hodnocení stavu a zbytkové životnosti vybraných zařízení (dále jen „VZ“) a bezpečnostně významných systémů.

- Držitel povolení zpracuje a předá SÚJB posouzení platnosti výsledků analýz postulovaného porušení vysoko a středně energetických potrubí a únavového poškození ocelových hermetických výstelek a zaktualizuje seznamu dokumentace TLAA pro EDU.
- Žadatel, v návaznosti na program řízení stárnutí a na PPK pro parogenerátory na EDU, ověří citlivost používaných RTG kontrol prováděných na parogenerátorech a na základě výsledků tohoto ověření navrhne v případě potřeby modifikaci těchto kontrol, nebo jejich doplnění.
- Žadatel bude průběžně aktualizovat dokumentaci dokladující stav řízení stárnutí a stav VZ, stavebních konstrukcí důležitých pro plnění bezpečnostních funkcí a zařízení, jejichž selhání či poruchy mohou ohrozit funkčnost VZ (tj. dokumenty AMR, HR, TLAA a nastavené šablony údržby)

Pro výzkumný reaktor LVR-15 byl vytvořen program řízeného stárnutí, při jeho tvorbě byly posouzeny významné komponenty z hlediska vlivu stárnutí a predikce jejich životnosti. Na základě provedených analýz byla provedena nápravná opatření zajišťující bezpečný provoz nejméně 10 let nad rámec projektem stanovenou mezí. Požadavky nové legislativy nejsou u držitele povolení k provozu tohoto jaderného zařízení zcela implementovány, po uplynutí přechodných ustanovení nového atomového zákona bude naplnění těchto požadavků ze strany SÚJB prověřeno.

10. Reference

- [1] Report, Topical Peer Review 2017, Ageing Management of Nuclear Power Plants, Technical Specification for the National Assessment Reports, RHWG Report to WENRA, 21 December 2016
- [2] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
- [3] Report, WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, 2014
- [4] Vyhláška č. 21/2016 Sb. o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení
- [5] BN-JB-2.1 – Řízení stárnutí jaderných zařízení, SÚJB, 2015
- [6] IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.12, – Ageing Management for Nuclear Power Plants, Vienna, 2009
- [7] IAEA Safety Reports Series No. 57, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Vienna, 2008
- [8] BN-JB-1.15 - Zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti výzkumných jaderných zařízení“, SÚJB, 2013
- [9] Vyhláška č. 162/2017 Sb. o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
- [10] BN-JB-1.2 – Periodické hodnocení bezpečnosti, SÚJB, 2012
- [11] IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.10, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, Vienna 2003
- [12] Vyhláška č. 358/2016 Sb. o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení
- [13] Vyhláška č. 408/2016 Sb. o požadavcích na systém řízení
- [14] Vyhláška č. 329/2017 Sb. o požadavcích na projekt jaderného zařízení
- [15] ČEZ_ST_0065 Jaderná bezpečnost při provozování JE
- [16] IAEA Safety Standards Series No. SF-1, Fundamental Safety Principles: Safety Fundamentals, Vienna 2006
- [17] IAEA Safety Standards Series No. SSG-25, Periodic safety review for nuclear power plants: specific safety guide, Vienna 2012
- [18] IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design Specific Safety Requirements, Vienna, 2016
- [19] IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/2 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation Specific Safety Requirements, Vienna, 2016
- [20] IAEA Services Series No. 26, Guidelines for Peer Review of Safety Aspects of Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Vienna, January 2014
- [21] IAEA-TECDOC-1736, Approaches to ageing management for nuclear power plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) Final report, Vienna, 2014
- [22] IAEA Safety Reports Series No. 82, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Vienna, 2015
- [23] ČEZ_PP_0404 Řízení stárnutí JE
- [24] SKČ_PP_0133 Strategie péče o aktiva
- [25] ČEZ_PP_0413 Řízení konfigurace a správa projektové báze JE
- [26] ČEZ_ME_0987 Výběr a hodnocení zařízení pro LTO
- [27] ČEZ_ME_0865 Tvorba Programu řízení životnosti
- [28] ČEZ_ME_0870 Tvorba Programu řízeného stárnutí
- [29] ČEZ_ME_1031 Určení a vypracování TLAA
- [30] IAEA Specific Safety Guide No. SSG-10: Ageing Management for Research Reactors

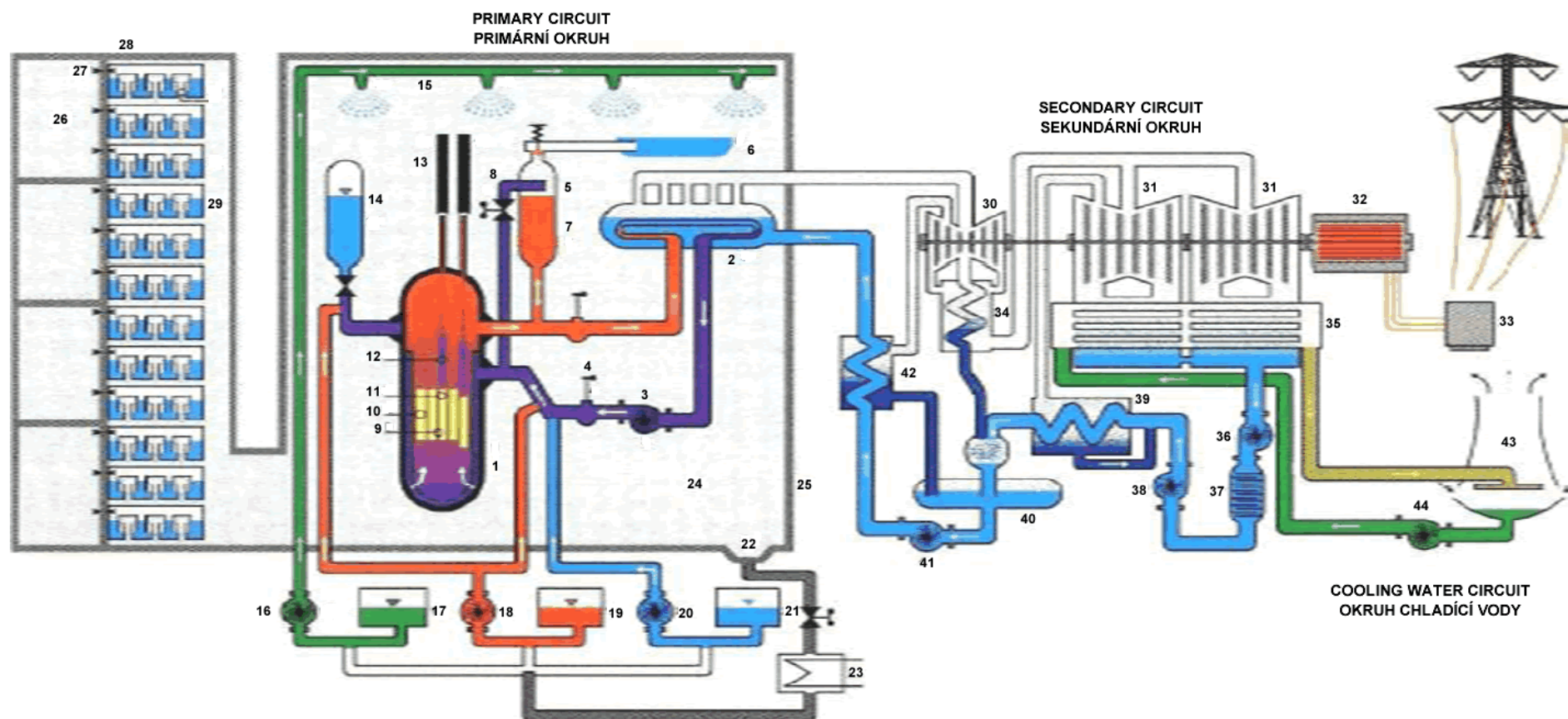
- [31] IAEA-TECDOC-792: Management of research reactor ageing, Vienna, 1995
- [32] ČEZ_ST_0006 Řízení životnosti zařízení elektráren
- [33] ČEZ_ST_0072 Požadavky na řízení spolehlivosti ČEZ_ME_0608 Stanovení kategorie SKK v divizi výroba
- [34] ČEZ_ME_0608 Stanovení kategorie SKK v divizi výroba
- [35] ČEZ_ME_0901 Klasifikace systémů, konstrukcí a komponentů JE z hlediska JB
- [36] ČEZ_ME_0898 Efektivní strategie údržby
- [37] ČEZ_PG_0001 Provozní program řízeného stárnutí
- [38] ČEZ_ME_0225 Preventivní údržba v Asset Suite pro JE
- [39] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/535, Katalog degračních mechanismů elektráren EDU a ETE pro účely hodnocení současného stavu řízení životnosti a zavádění PLIM program, 2009
- [40] Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report NUREG 1801, Rev2, USA, 2010
- [41] IAEA-TECDOC-1025, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings, Vienna, 1998
- [42] ACI 349.3R-02, Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures, Ronald J. Janowiak a spol, 2002
- [43] Nuclear Maintenance Applications Center: Passive Components Maintenance Guide for Nuclear Power Plant Personnel
- [44] EPRI Technical Report, Augmented Containment Inspection and Monitoring Report, 2013
- [45] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/310, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení ARMATURA S ELEKTROPOHONEM
- [46] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/314, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení UZAVÍRACÍ ARMATURA S PNEUPOHONEM
- [47] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/309, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení POTRUBNÍ ÚSEK
- [48] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/311, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení PŘÍRUBOVÝ SPOJ (podmnožina potrubního úseku)
- [49] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/312, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení TLAKOVÁ NÁDOBA
- [50] Zpráva ÚJV Řež, DITI 301/313, Použitelné informace pro řízení životnosti typického zařízení VÝMĚNÍK TEPLA
- [51] ČEZ_ME_0351 Tvorba programů a plánů kontrol, jejich realizace a vyhodnocení v JE
- [52] BN-JB-1.9 - Bezpečnostní návod „Údržba, provozní kontroly a funkční zkoušky“, SÚJB, prosinec 2010
- [53] IAEA Safety guide No. NS-G-2.6 Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants, Vienna, 2002
- [54] A004a,b – Limity a podmínky bezpečného provozu
- [55] B099j - Monitorování a řízení provozních režimů
- [56] ČEZ_ME_0919 Sledování výkonnosti a stavu technologických systémů a zařízení JE
- [57] PZB EDU (č. PZB_2016_04_26)
- [58] PZB ETE (č. PZB_2016_04_28)
- [59] ČEZ_PP_0205 Zpětná vazba z provozních zkušeností
- [60] ČEZ_ME_0482 Sledování bezpečnostních neshod
- [61] ČEZ_ME_0258 - Realizace prací v Asset Suite pro JE

- [62] ČEZ_ME_0723 Vnitřní a vnější zpětná vazba z provozních zkušeností v JE
- [63] SKČ_SM_0038 Řízení příležitostí a projektů v portfoliu Výzkum a vývoj (VaV)
- [64] ČEZ_ME_0766 Posouzení změny konfigurace zařízení v JE
- [65] ČEZ_PP_0327 Komunikace s úřady
- [66] ČEZ_PP_0328 Spolupráce na tvorbě legislativy
- [67] ČEZ_PP_0326 Aplikace legislativy
- [68] ČEZ_ME_0889 Vyhodnocování stavu majetku
- [69] ČEZ_TST_0024 PŘS bezpečnostně významných kabelů
- [70] ČEZ_ME_0791 Bezpečnostní kabely JE
- [71] ČEZ_ME_Vizuální prohlídky – kabely JE
- [72] ČSN EN 61226 Jaderné elektrárny - Systémy kontroly a řízení důležité pro bezpečnost - Klasifikace kontrolních a řídicích funkcí
- [73] Jaderné elektrárny – Elektrické zařízení bezpečnostního systému – Ověření způsobilosti. ČSN IEC60780, 2001
- [74] IEC/IEEE 60780-323:2016; Nuclear facilities – Electrical Equipment important to safety – Qualification
- [75] IEEE STD383-2003: IEEE STD Standard for Qualification Class 1E Electric Cables and Field Splices for Nuclear Power Generating Stations
- [76] IEEE Std 383-2015: IEEE Standard for Qualifying Electric Cables and Splices for Nuclear Facilities
- [77] Zpráva ÚJV Řež, DITI 2305/140, Metodika řízeného stárnutí kabelů na českých jaderných elektrárnách, Bezpečnostní kabely, září 2014 (základní verze vydána v březnu 2003)
- [78] IAEA-TECDOC-1188, Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: In-Containment Instrumentation and Control Cables, Vienna, 2000
- [79] Management of Ageing of Instrumentation and Control equipment in Nuclear Plants, MAGIC, Project EURATOM, FP6, report D-N 1.1, Degradation mechanisms
- [80] Assessing and Managing Cable Ageing in Nuclear Power Plants, IAEA Nuclear Energy Series Report NP-T-3.6, 2012
- [81] The final report of the project of “Assessment of cable ageing for nuclear power plants”, Japan Nuclear Energy Safety Organization, JNES-SS-0903, July 2009
- [82] Aging Management Program Development Guidance for AC and DC Low-Voltage Power Cable Systems for Nuclear Power Plants, EPRI 1020804, June 2010
- [83] Initial Acceptance Criteria Concepts and Data for Assessing Longevity of Low-Voltage Cable Insulations and Jackets. Report č. 1008211, EPRI, Palo Alto, CA, březen 2005
- [84] Ageing diagnostics and prognostics of low voltage IC cables, ADVANCE, Project EURATOM, FP7, final report, 2011 to 2013
- [85] International Nuclear Plant Electrical Cable Aging Management Symposium, September 17 - 19, 2013, Moret-sur-Loing ceres, Francie; Organized jointly by EPRI, ÚJV Řež and EdF
- [86] International workshop “Cables ageing in nuclear power plants; R&D current status and forecast”, 24 – 25 May 2015, ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, Czech Republic. Organized jointly by ÚJV Řež, EdF and IRSN
- [87] Technical Basis for Commendable Practices on Ageing Management - SCC and Cable Ageing Project (SCAP), Final Report, NEA/CSNI/R(2010)5, December 2010
- [88] SALTO peer review mission for Dukovany nuclear power plant in the Czech Republic, IAEA-SALTO-OSS, Issued February 2015

- [89] DITI 2305/137 „Ověření funkčnosti kabelových systémů na základě měření vybraných okruhů MaR pro podmínky jejich dalšího provozu v lokalitě LVR-15, Centrum výzkumu Řež s.r.o., včetně havarijního režimu“
- [90] IEC/IEEE 62582-3-2012 Nuclear Power Plants - Instrumentation and control important to safety - Electrical equipment condition monitoring methods - Part 3: Elongation at break
- [91] IEC/IEEE 62582-4-2011 Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Electrical equipment condition monitoring methods - Part 4: Oxidation induction techniques
- [92] IEC/IEEE 62582-5-2015 Nuclear Power Plants - Instrumentation and control important to safety - Electrical equipment condition monitoring methods - Part 5: Optical time domain reflektometry
- [93] ČEZ_ME_0777 Aplikace SSK - závazný postup pro modifikace s dopadem do kabeláže EDU
- [94] ČEZ_ME_1036 PŘS nedostupná (zakopaná) potrubí
- [95] ČEZ_ME_1043 PŘS technických vod
- [96] Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, NTD A.S.I. Sekce III
- [97] ČSN EN 13480-3 Kovová průmyslová potrubí - Část 3: Konstrukce a výpočet
- [98] PP 095j Stabilní hasicí zařízení a stabilní skrápěcí zařízení
- [99] P132j Požární vodovod EDU
- [100] Vyhláška č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- [101] ČEZ_TST_0033 Program řízení stárnutí reaktoru
- [102] ČEZ_ME_0780 PŘS tlakových nádob reaktoru JE
- [103] ČEZ_ME_0773 PŘS Nízkocyklová únava na JE – strojní zařízení pasivní
- [104] Zpráva ÚJV Řež, DITI 304/268, Posouzení životnosti vybraných komponent výzkumného reaktoru LVR-15
- [105] Hodnocení zbytkové životnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, NTD A.S.I. Sekce IV
- [106] VERLIFE: Guidelines for Integrity and Life time Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, IAEA, 2008.
- [107] VERLIFE: Guidelines for Integrity and Life time Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, IAEA, to be published in 2013
- [108] Pravidla ustrojstva i bezopasnoj ekspluatacii oborudovanija truboprovodov atomnych energetičeskich ustanovok (PNAEG-7-008-89)
- [109] Normy rasčota na pročnoť oborudovanija i trunoprovodov atomnych energetičeskich ustanovok (PNAEG-7-002-87)
- [110] Oborudovanije i truboprovody atomnych energetičeskich ustanovok. Svarka i naplavka. Osnovnye položenija. (PNAEG-7-009-89)
- [111] Předpisy pro kontrolu svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren a výzkumných jaderných reaktorů a zařízení PK1514/72, Gosgortekhnadzor, 1974
- [112] Návody a doporučeními pro hodnocení životnosti tlakové nádoby a vnitřních částí reaktorů JE VVER během provozu JE“, vydanými SÚJB v 12/1998
- [113] Prediction of Mechanical Properties of Irradiated Austenitic Stainless Steels, ENES, Moskva 2007

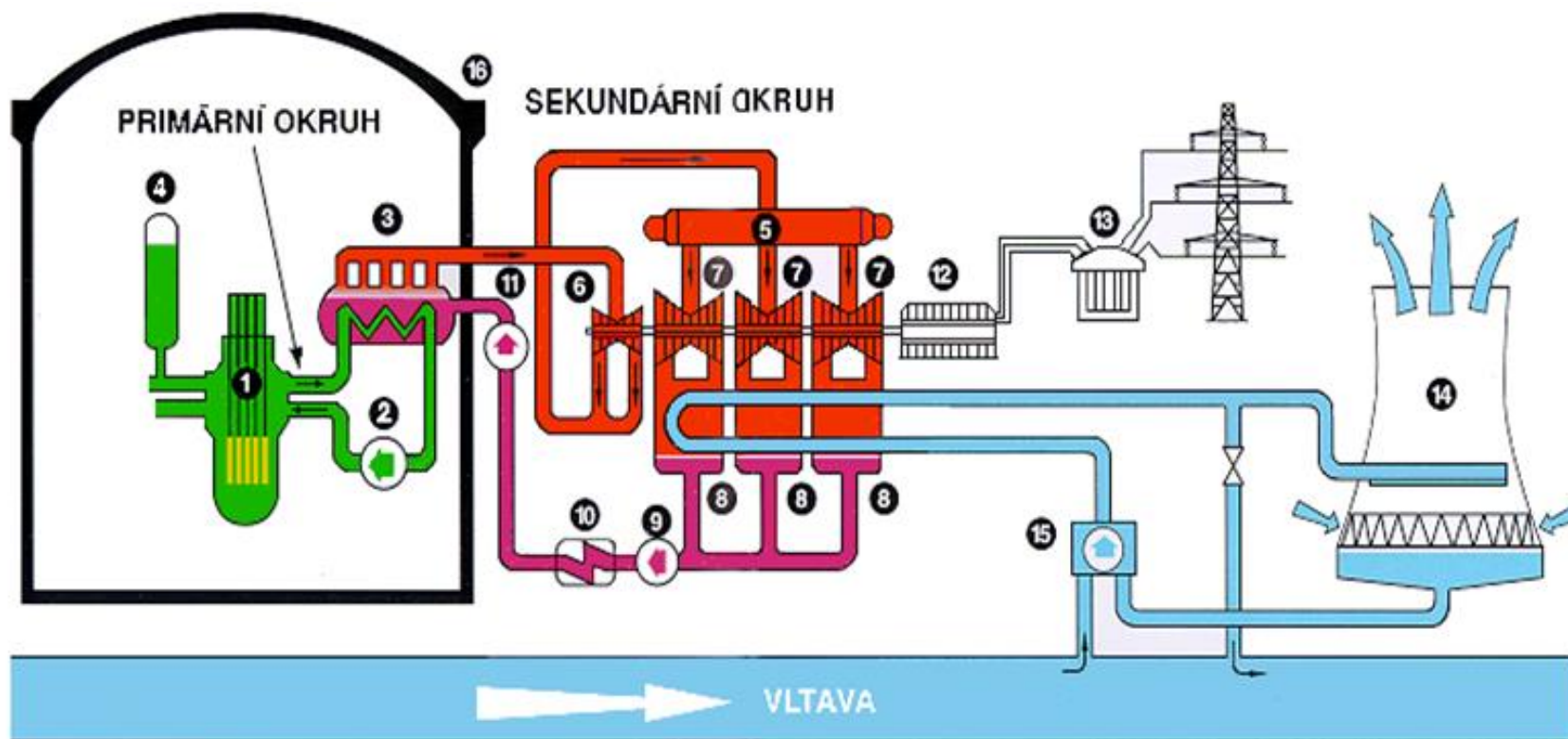
- [114] ČEZ_ME_1029 PŘS Monitoring staveb EDU
- [115] ČEZ_ME_1030 PŘS sledování stavu stavebních konstrukcí EDU
- [116] ČEZ_ME_0934 PŘS měření sedání stavebních objektů
- [117] ČEZ_ME_0937 PŘS kontejnmentů (KTMT) v EDU
- [118] ČEZ_ME_0936 PŘS bazénů skladování a výměny paliva (BSVP) v EDU
- [119] ČEZ_ME_0966 PŘS Stavební části kontejnmentu (KTMT) v ETE
- [120] ČEZ_ME_0964 PŘS Stavební části bazénů s dvojitým obkladem v ETE
- [121] IAEA NP-T-3.5, Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants, Vienna, 2016
- [122] ACI 349.3R-02, Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures, Ronald J. Janowiak a spol, 2002
- [123] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [124] INPO AP-913, Equipment Reliability Process Description, Rev. 4, 2013

Příloha A: Obrázky



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

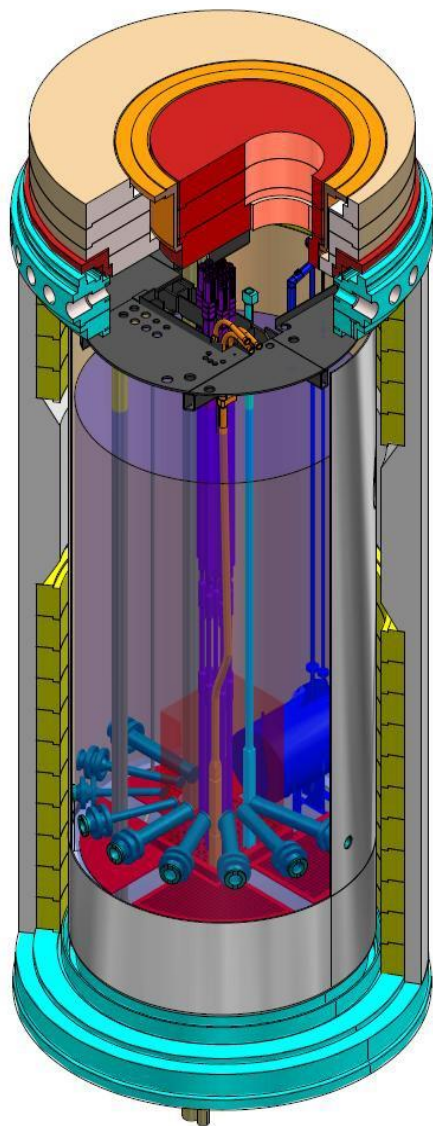
Obrázek č. A.1: Technologické schéma EDU



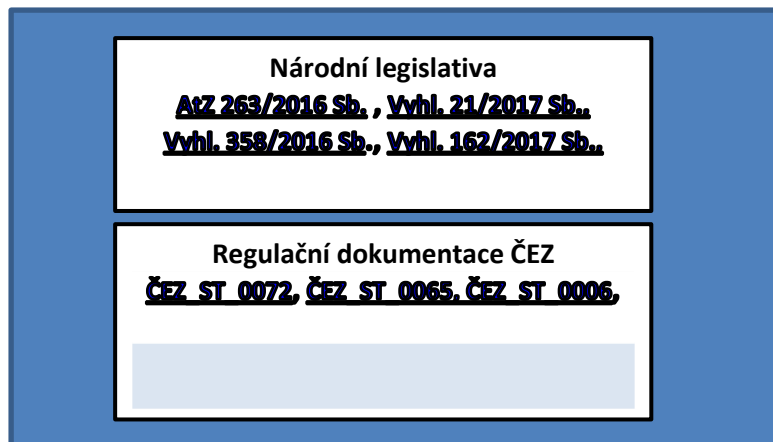
Popis schématu:

1. Reaktor 2. Hlavní cirkulační čerpadla 3. Parogenerátor 4. Kompenzátor objemu
 5. Separátor-přihřivač 6. Vysokotlaký díl turbíny 7. Nizkotlaký díl turbíny 8. Kondenzátor
 9. Kondenzátní čerpadlo 10. Regenerace 11. Napájecí čerpadlo 12. Generátor 13. Transformátor
 14. Chladicí věž 15. Čerpací stanice cirkulační chladicí vody 16. Ochranná obálka (kontejnment)

Obrázek č. A.2: Technologické schéma JE Temelín



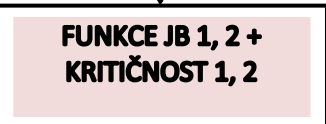
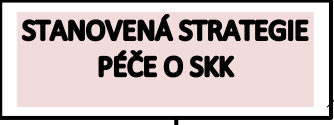
Obrázek č. A.3: Technologické schéma výzkumného reaktoru LVR-15

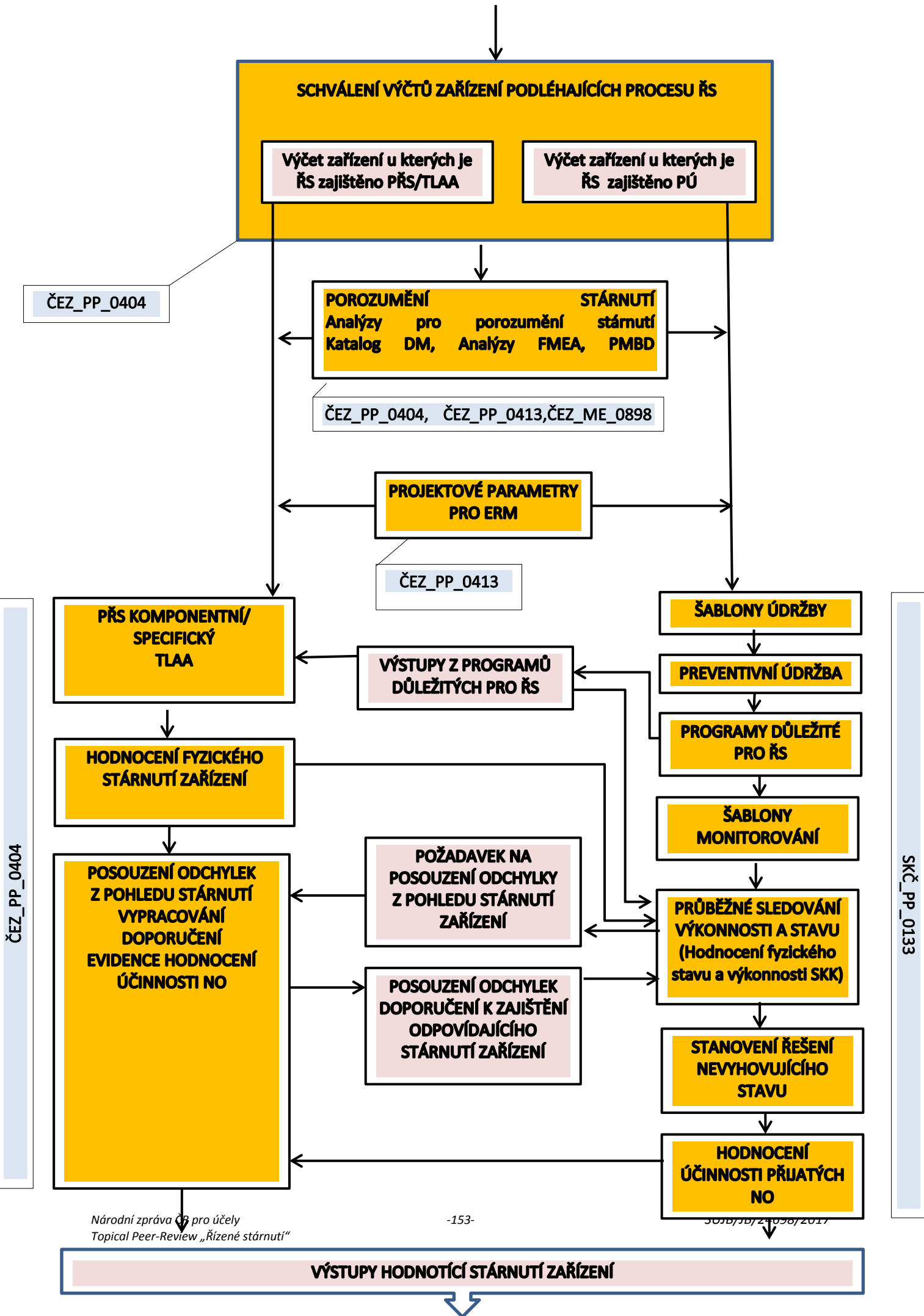


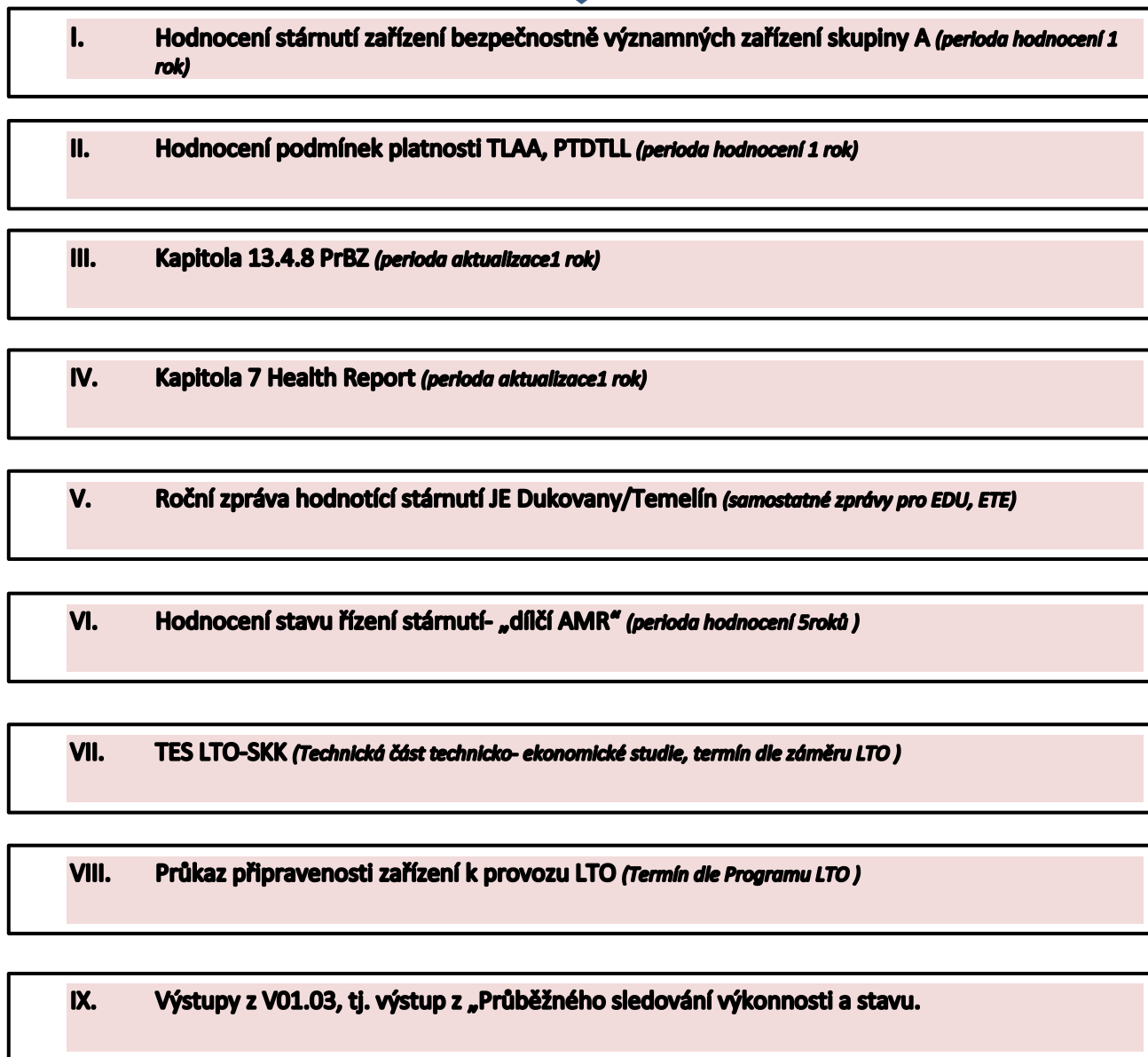
ČEZ_PP_0404



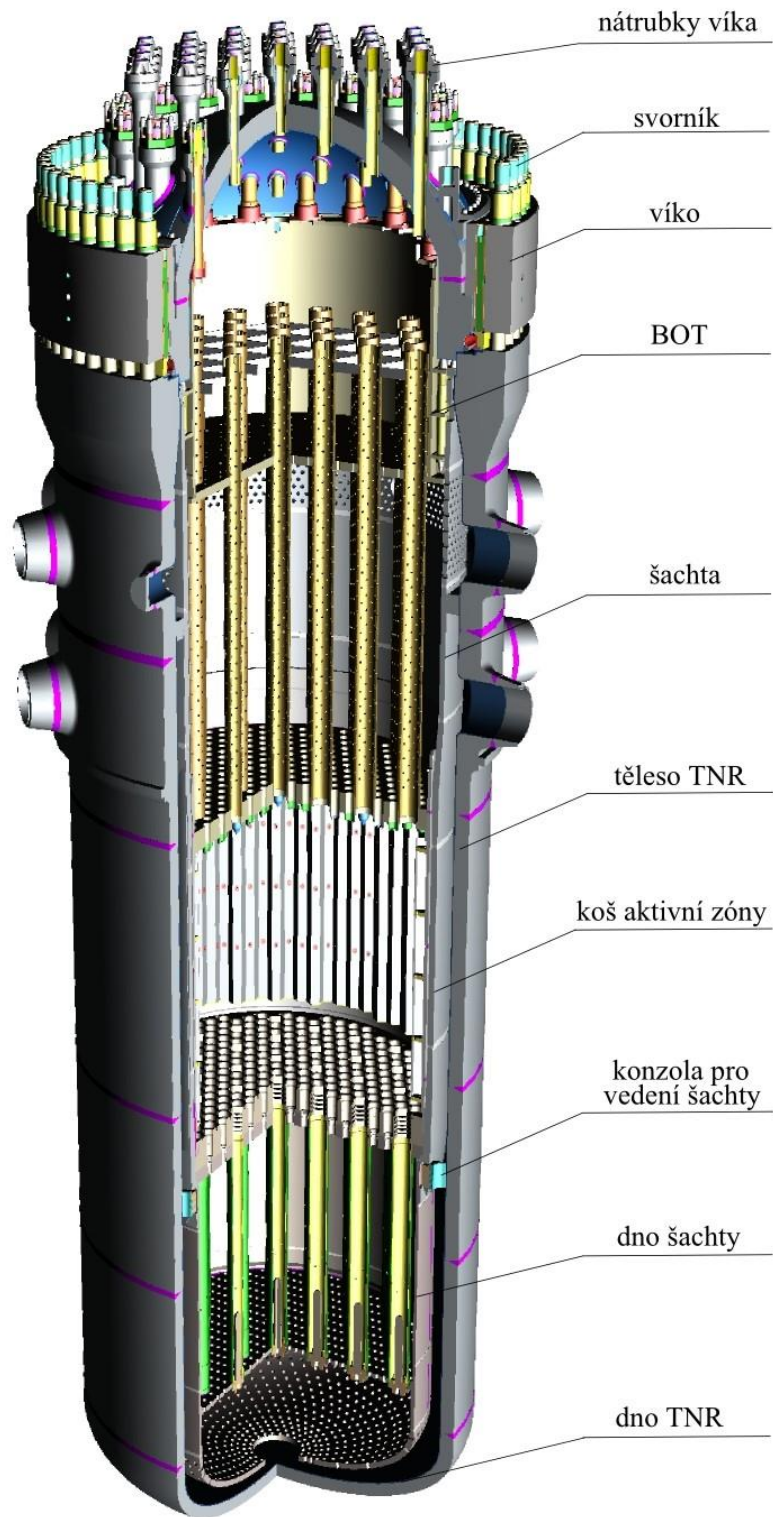
SKČ_PP_0133



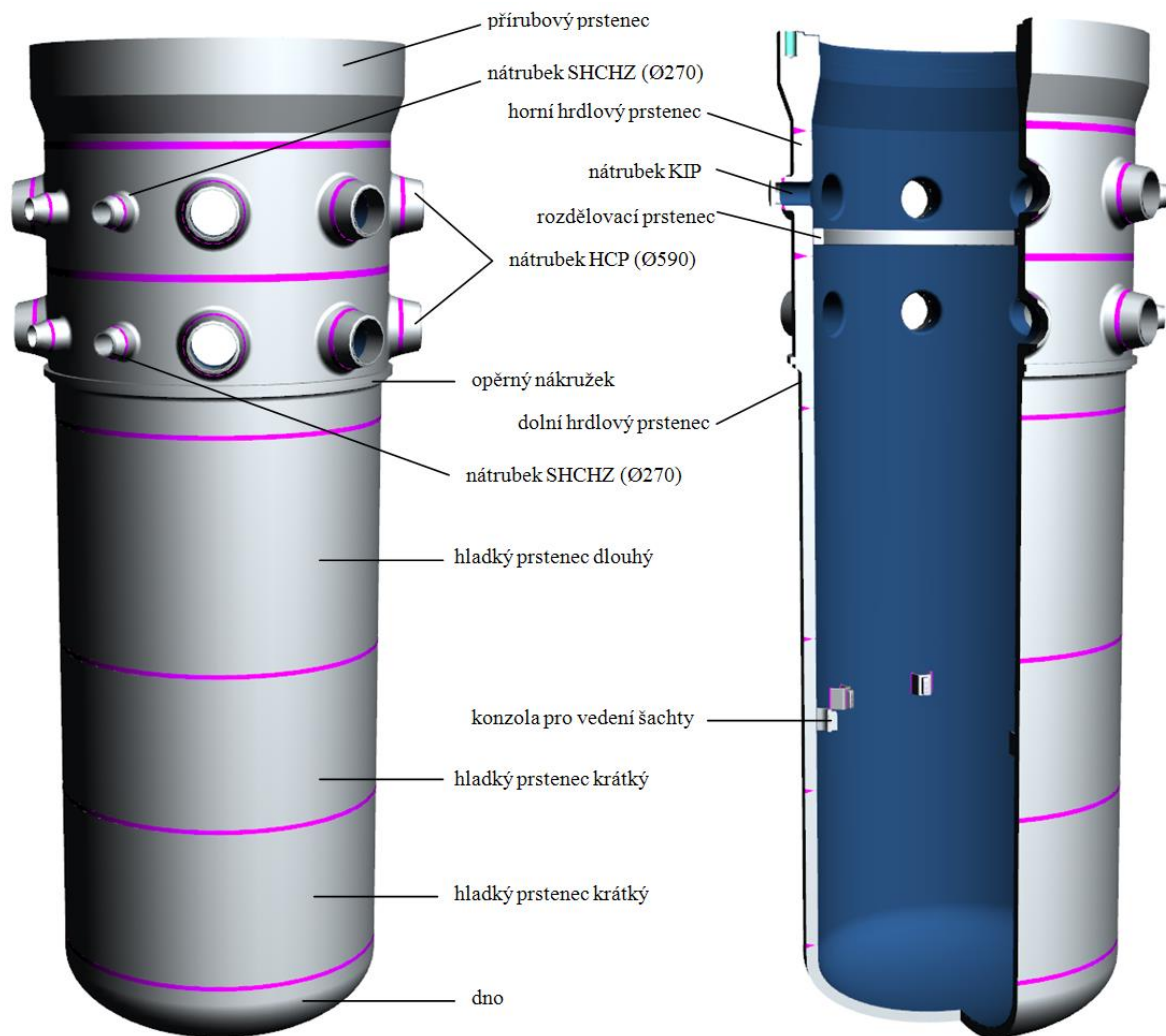




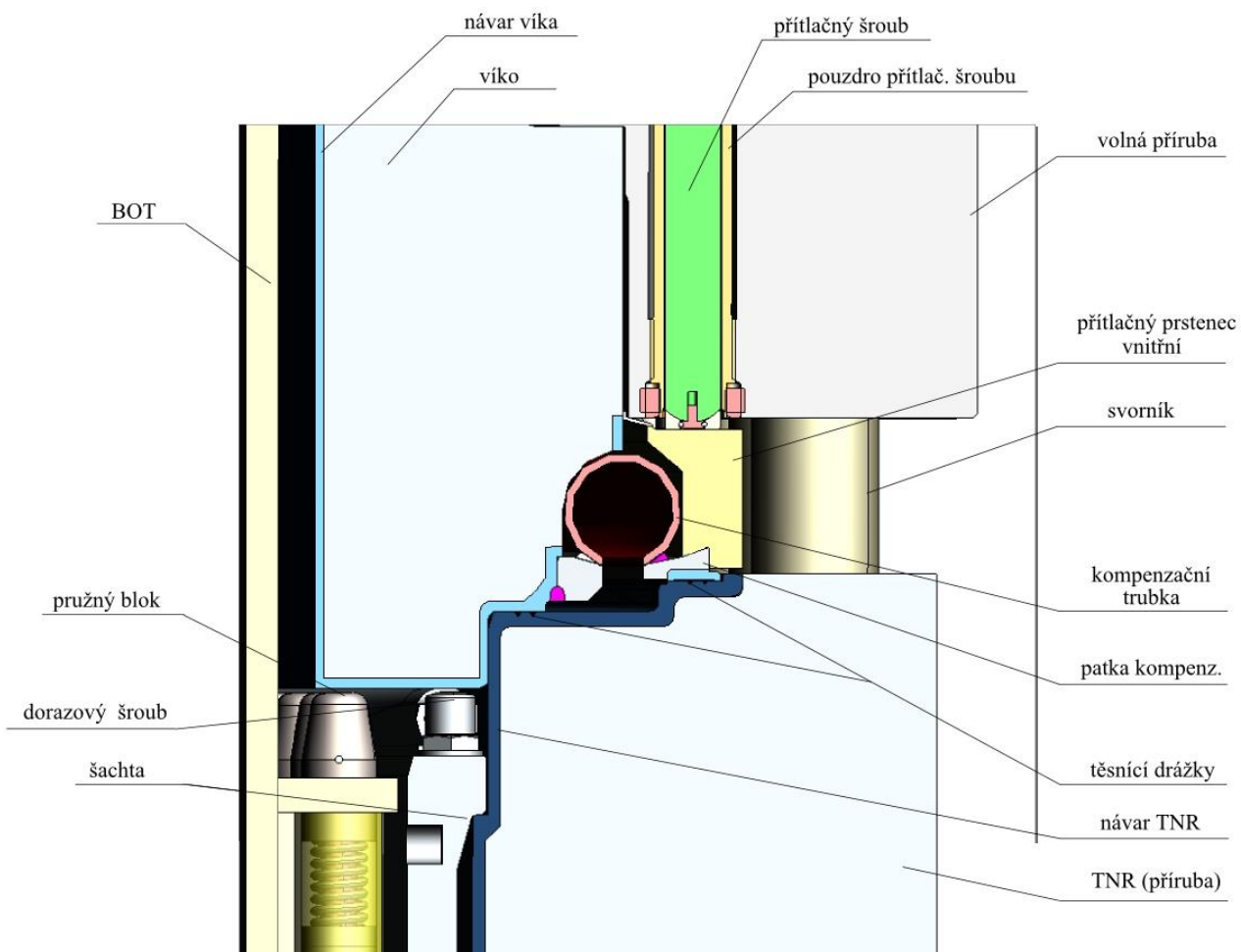
Obrázek č. A.4: Schéma zajištění řízeného stárnutí zařízení jaderných elektráren v ČR



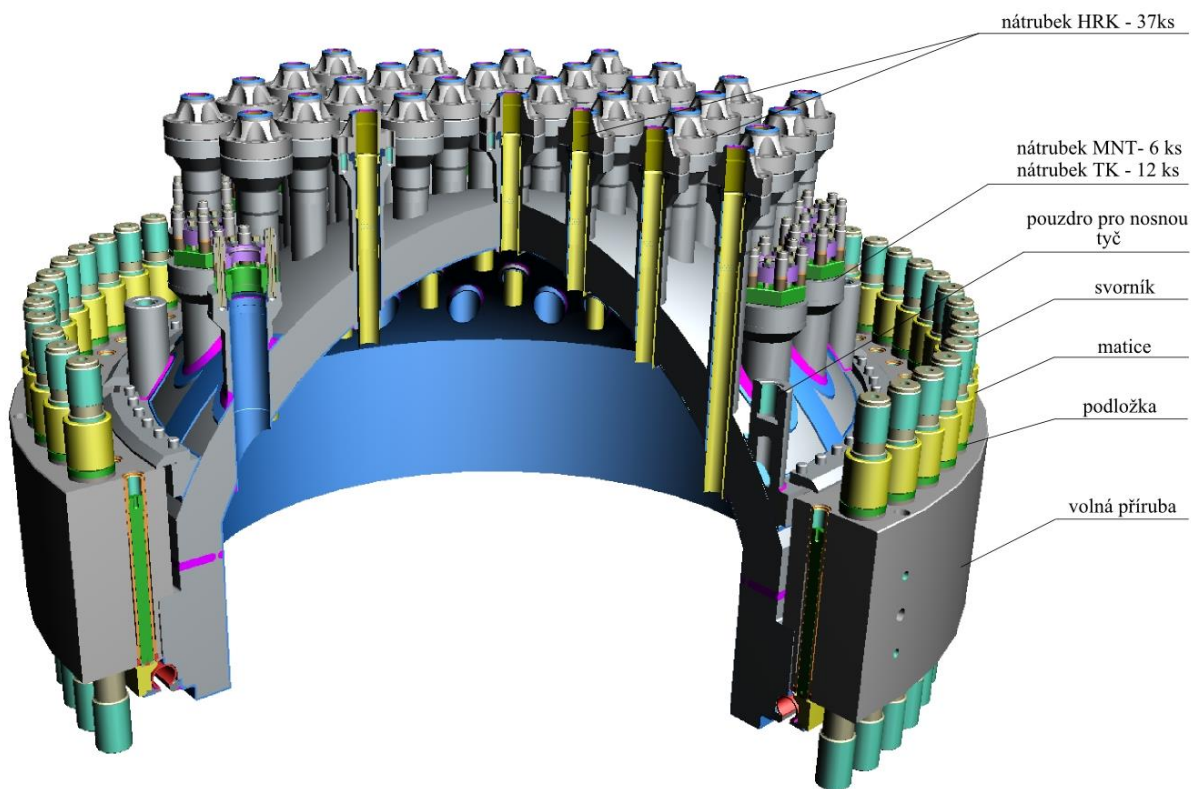
Obrázek č. A.5: Reaktor VVER 440/213-Č



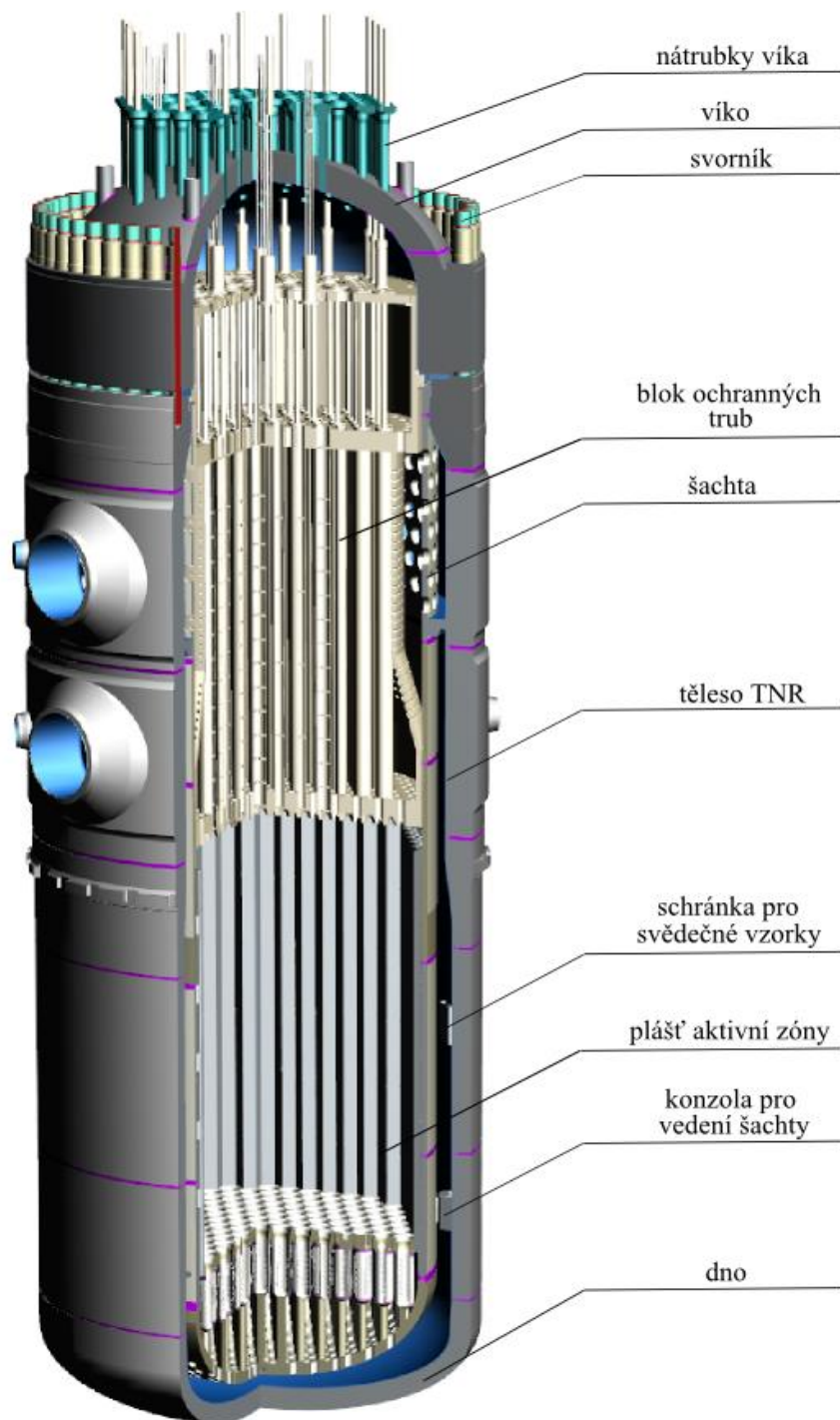
Obrázek č. A. 6: Těleso tlakové nádoby reaktoru VVER 440/213-Č



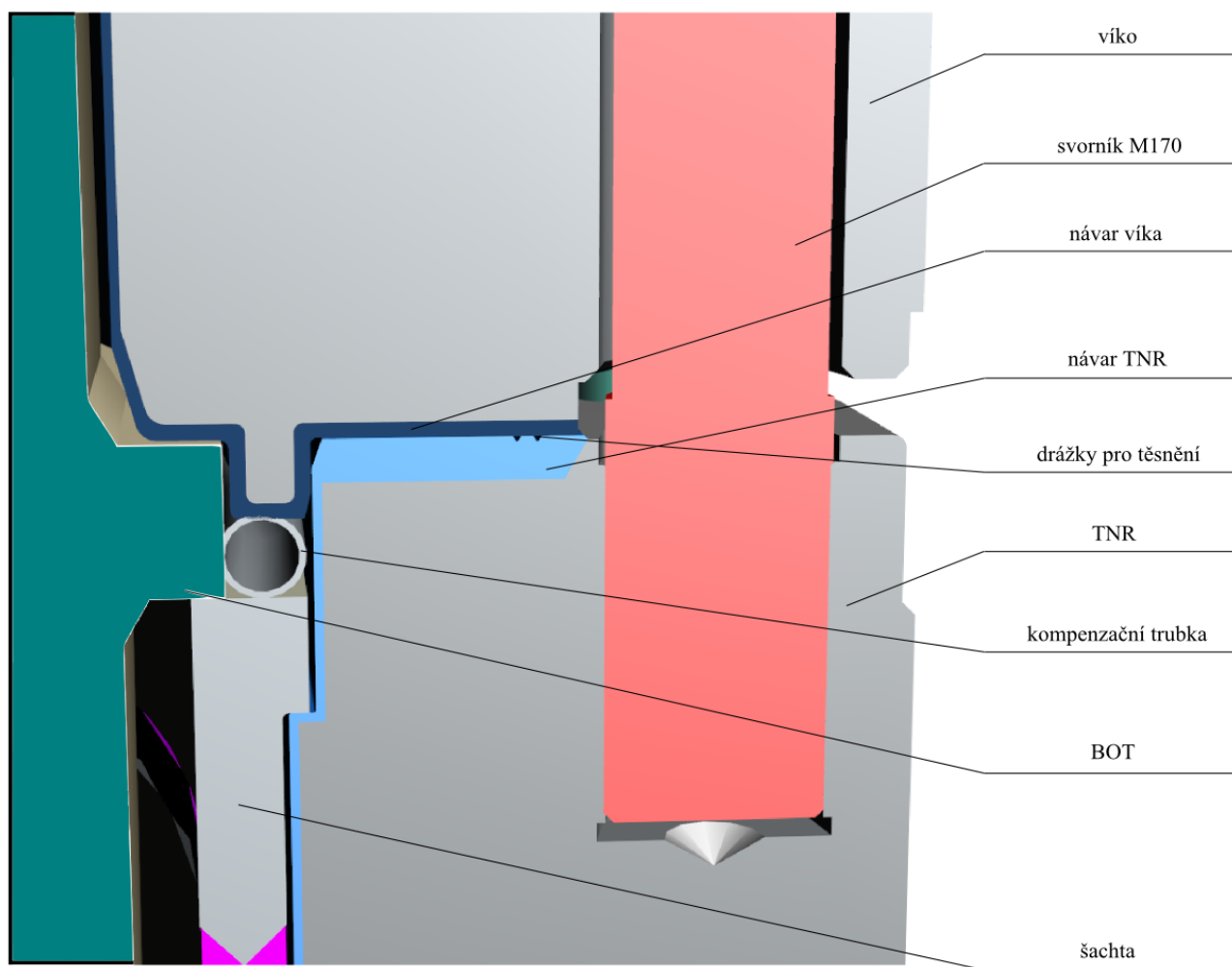
Obrázek č. A.7:- Detail dělicí roviny reaktoru (těsnicí uzel) VVER 440/213-Č



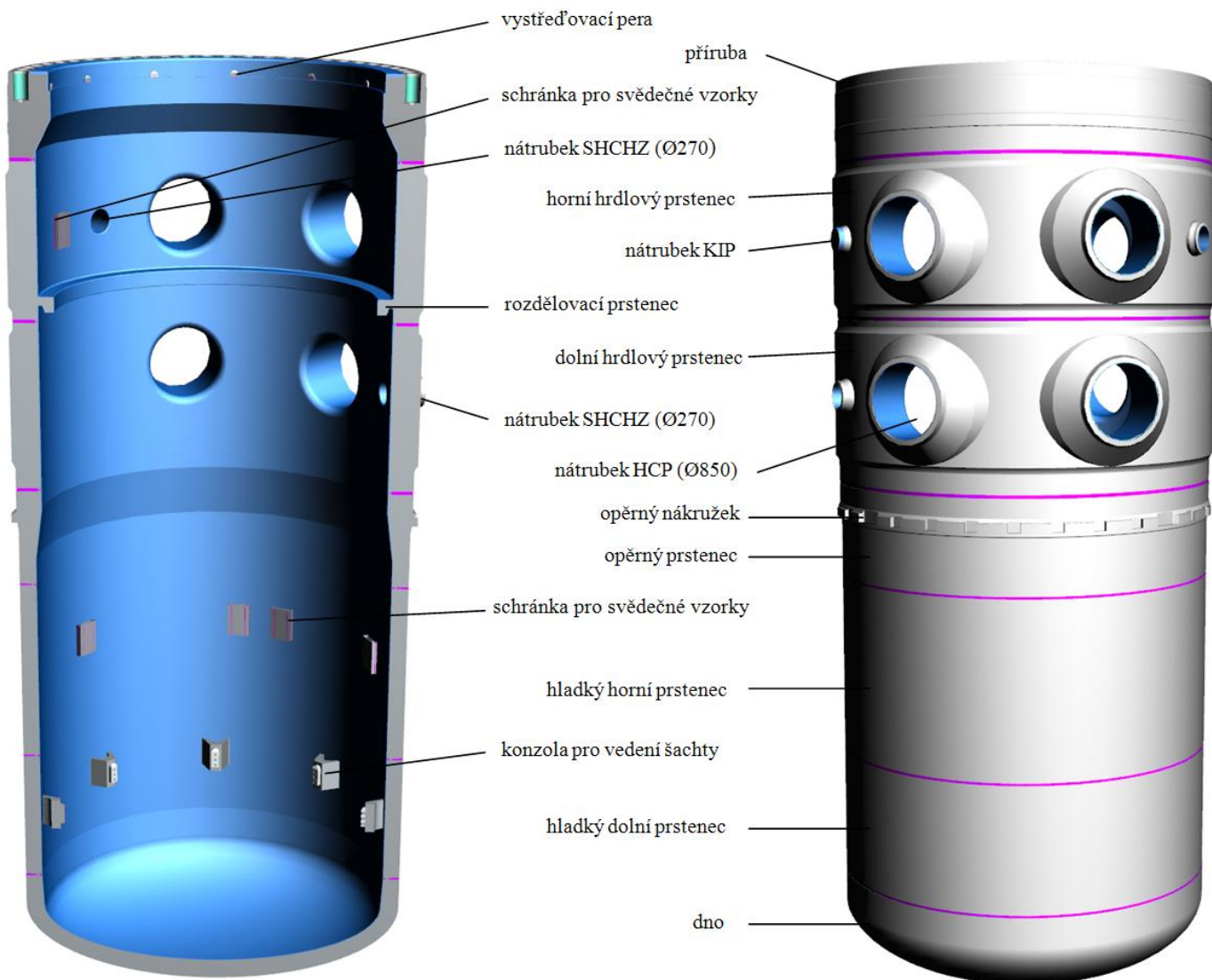
Obrázek č. A.8: Víko tlakové nádoby reaktoru VVER 440/213-Č



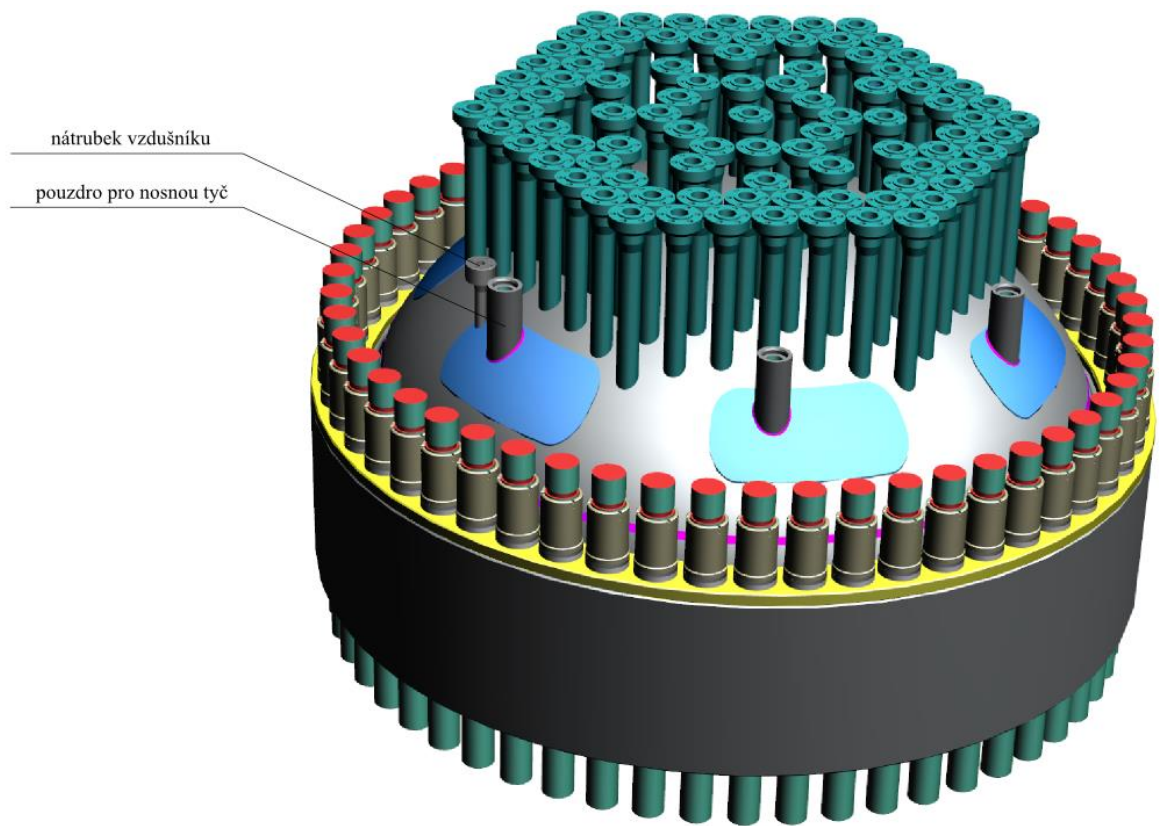
Obrázek A.9: Reaktor VVER 1000



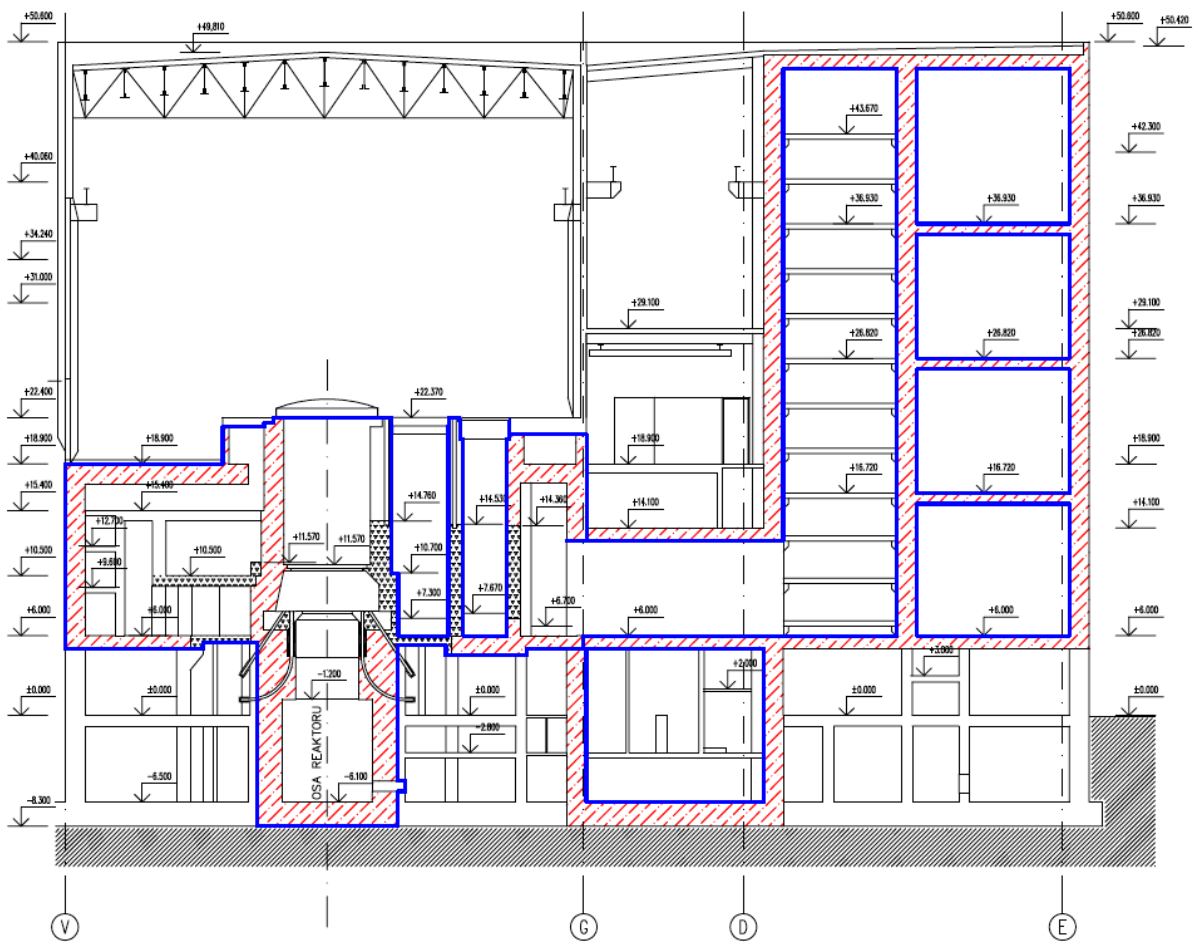
Obrázek A.10: Těsnicí uzel - detail dělicí roviny reaktoru VVER 1000



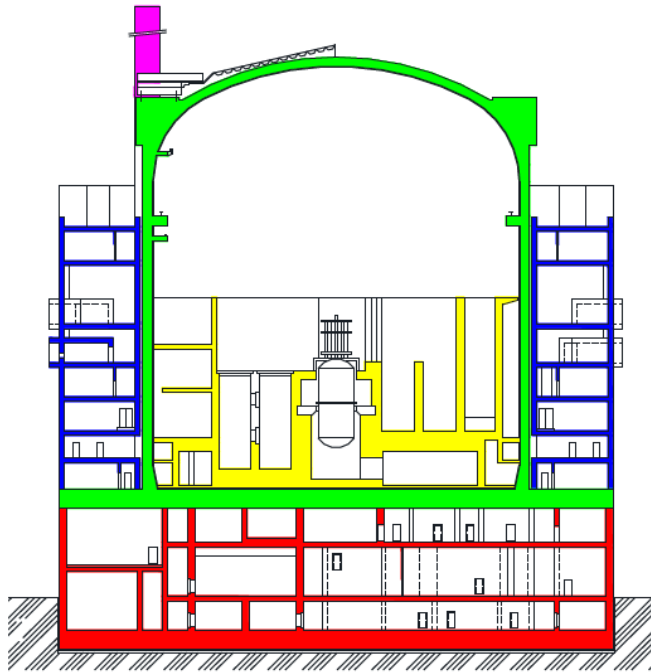
Obrázek A.11: Těleso tlakové nádoby reaktoru VVER 1000



Obrázek A.12: Víko tlakové nádoby reaktoru VVER 1000

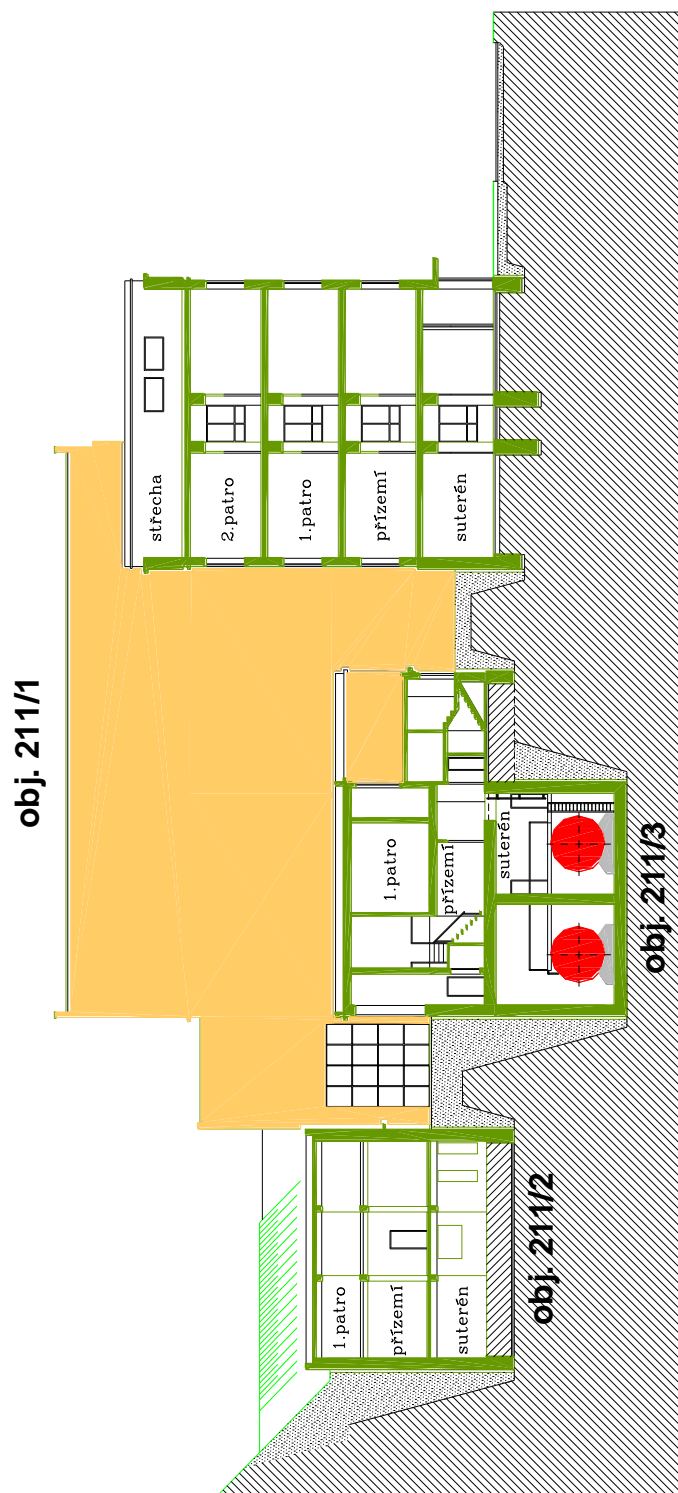


Obrázek č. A.13: Schéma budovy reaktoru EDU



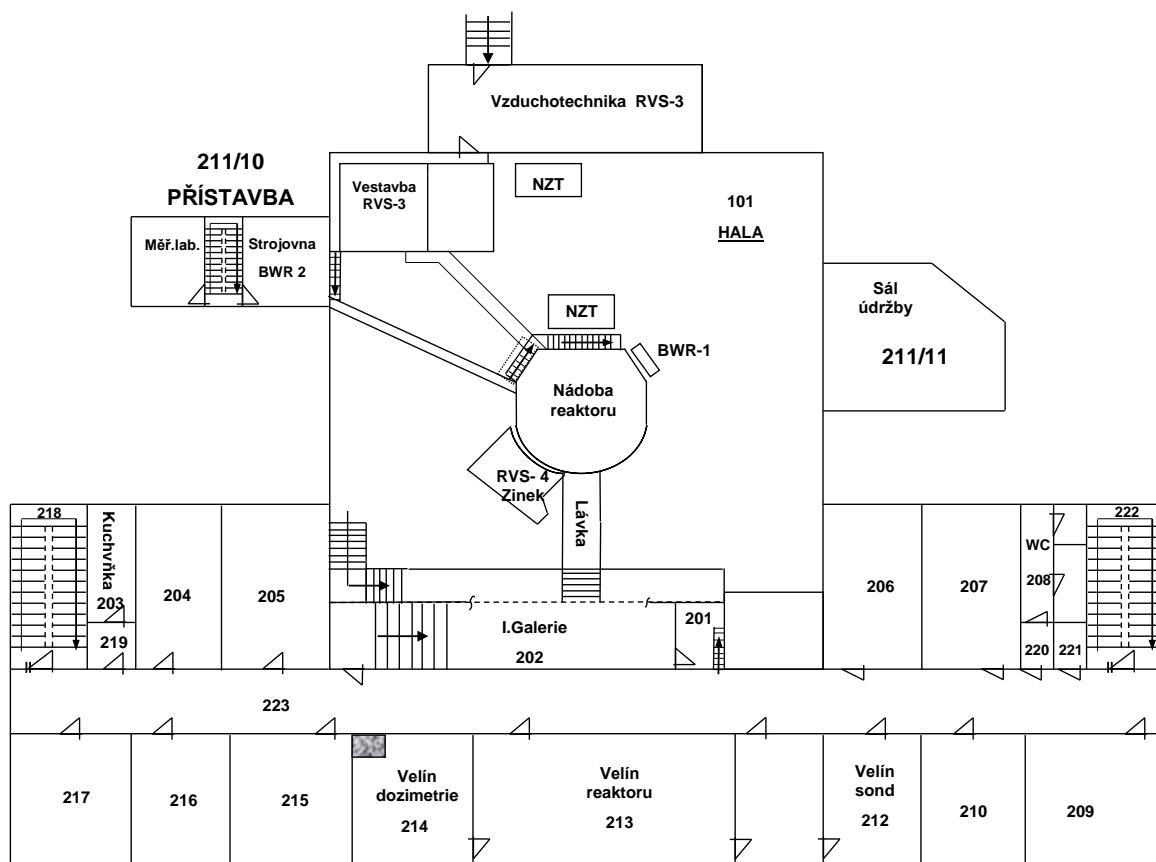
Dělení budovy reaktoru: základová část, hermetická část (kontejnment), hermetická část (vnitřní vestavba), obestavba, ventilační komín

Obrázek č. A.14: Schéma budovy reaktoru ETE



Obrázek č. A.15: Schéma objektu reaktoru LVR-15

LVR-15 II.patro



Obrázek č. A.16: Schéma objektu reaktoru LVR-15

Příloha B:

Tabulka B.1: Souhrn bezpečnostních kabelů EDU zahrnutých v PŘSK

Seznam byl vytvořen podle výpisu z SSK dne 2. 11. 2016. Jen malá část kabelů (žlutě označeno) z celkového množství je zahrnuta v požadavku WENRA (seznam AAR, kapitola 0.3.1.1 [1]).

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
Typy kabelů v drsných podmínkách s požadavkem na odolnost při MPH			
CXFE-R(V)/LOCA	2002		
CXKE-R(V)	2002		
CXKE-R(V)/HELB	2011		
CXKE-R(V)/LOCA	2002		
CHKE-R(V)	2000		
CHKE-R(V)/LOCA	2002		
JCXFE-R(V)/HELB	2011		
JCXFE-R(V)/LOCA	2011		
JE-H(ST)H	2002		
JYTY	1985		
KPOBOV/T3	1987		
KPOSG	1985		
KSC	2002		
KX-1-1-F-V/LOCA	2002		
LiHFKFHQE-R(V)	2002		
NU-THXHCHX/LOCA	2002		
SiHGLCSi/N2GMH2G	2000		
SISIF	2012		
TKC (Mirion, USA)	2015	ano	NIS
VCXJE-V (Kabelovna Kabex, ČR)	2015	ano	NIS
Typy kabelů v drsných (i mírných) podmínkách. Odolnost při MPH není požadována			
ANKOY	1985		
AYKCY (Kablo Kladno, ČSSR)	1985	ano	vn kabel
AYKY	1985		
BYFY			
CPDEX PV	2013		
CXFE-R(V)	2002		
CYAY	1985		
CYKY	1985		
CYLY	1985		
CH(X)KE	1996		
CHKCE-R(V)	1995		
JCXFE-R(V)	2002		
J-LIHH(St)	2002		
JXFE-R(V)	2000		
K-ALUMEL-V/LOCA	2000		

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
KMPEVE	1985		
KMTVEV	1985		
KPETI	1985		
KPOBOV	1985		
KPOESV	1985		
KVVGE	1985		
LiHKFHQE-R(V)	2002		
LYS	1985		
MK	1985		
NCEY	1985		
NSKB	2010		
PVSG (SSSR)	1985	ano	vn kabel
SHFKHFHQE-R(V)	2002		
SHKFHQE-R(V)	2000		
TCEKFY	1985		
Typy kabelů, které se vyskytují jen v mírných podmínkách			
(N)HXH-O	2015		
AMP	2010		
AYY	1985		
CBL300	2002		
CGAU	1985		
CGSG	1985		
CGTG	1985		
CMFM	1985		
CMSM	1985		
CNKOY	1985		
CXKCE-R(V)	2000		
CXKFE-R(V)	2000		
CXKH-R	2002		
CYA	1985		
FTP CAT.5E	2015		
HSLCH	2014		
CHAH-R(V)	1985		
CHBU	2014		
CHFE-R	1995		
CHKFE-R(V)	2014		
CHTH-R(V)	1995		
J/A-DQ(ZN)HH	2015		
JCXFOE-R(V)	2002		
JQTQ	1985		
JZ500	2014		
KEFS	1985		
KJB	2010		

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
Koax RK 75	1985		
KSB	2000		
KUGVEV	1985		
KUHSB	2010		
KX-1-1-F-R	2000		
LAN 1A	2004		
N05Z1Z1-K	2010		
N2XH	2010		
NCYY	1985		
PAARTRONIC	2002		
Pirelli CP(Prysmian, Francie)	2002	ano	NIS
RADOX	2000		
SCXFOE-R(V)	2000		
SHKFE-R	2000		
SY	1988		
SYKFY	1985		
TCEKE	1985		
YY	1985		

Tabulka B.2: Souhrn bezpečnostních kabelů ETE zahrnutých v PŘSK

Seznam byl vytvořen podle výpisu z SSK dne 2. 11. 2016. Jen malá část kabelů z celkového množství je zahrnuta v požadavku WENRA (seznam AAR, kapitola 0.3.1.1 [1]).

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
Typy kabelů v drsných podmínkách s požadavkem na odolnost při MPH			
KJA	2001		
KJTA	2001		
NSKA	2001		
NSKFA	2001		
NSKJA	2001		
WEC1031210	2001		
WEC1031211	2001		
Typy kabelů v drsných (i mírných) podmínkách. Odolnost při MPH není požadována			
C5XKE-R(V)	2007		
CXKE-R(V)	2001		
CXKE-R(V)/LOCA	2006		
EUPEN TXCR/2	2001		
CHAH-V	2001		
CHFE-R/LOCA	2006		
CHKE-R(V)	2001		
CHKE-R/LOCA	2006		
CHTH-R(V)	2001		
JCXFE-R(V)	2007		
JCXFE-R(V)/LOCA	2015		
KJB (Alcatel, Francie)	2001	ano	NIS
KJC	2001		
KSA	2001		
KSB	2001		
KSC	2001		
KSD	201		
KUHS	2001		
KUHSC (Alcatel, Francie)	2001	ano	vn kabel
NSKB	2001		
NSKC	2001		
NSKJB	2001		
NSLB	2001		
NSLC	2001		
RADOX	2001		
Typy kabelů které se vyskytují jen v mírných podmínkách			
2020206-WEC	2001		
2090399-Alpha Wire	2001		

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
2090999-VGA cable	2001		
4010304 WEC	2001		
9010220 - WEC	2001		
AMP	2013		
AMP datový	2013		
AMP optický	2013		
C5HKE-R(V)	2001		
C5XFE-R(V)	2011		
CGLG	2001		
CGTU	2001		
CXFE-R(V)	2001		
CXKH-R(V)	2001		
H07V-K 10	2014		
H07V-K 16	2014		
CHBU	2015		
CHFE-R	2001		
CHKCE-R(V)	2001		
JXFE-R(V)	2001		
JZ-500 HMM	2014		
KJD	2001		
KJFB	2001		
KJSD	2001		
KJTB	2001		
KJFD	2001		
KOAX SRG8/U	2001		
KPETI	2001		
KUHSB	2001		
NFKB	2001		
NSFKD	2001		
NSKJD	2001		
NU-2XSEH	2014		
PRAFLASAFE X	2000		
S5XFE-R(V)	2008		
S5XKE-R(V)	2010		
SCXFOE-V	2010		
WEC 3A98892H02	2001	ano	NIS
WEC 406A066H01	2001		
WEC 406A066H02	2001		
WEC 406A100H01	2001		
WEC 406A100H02	2001		
WEC 4A06390H01	2001		
WEC 4A06390H02	2001		
WEC 4A07459H01	2001		
WEC 4A07467H01	2001		

Kabel	Provozován od	V seznamu AAR	Položka v AAR
WEC 4A07469H01	2001		
WEC 4A07470H01 (Chromatic Technologies, USA)	2001	ano	NIS



POSLEDNÍ STRANA

SÚJB

Státní úřad pro jadernou bezpečnost