

NÁRODNÁ HODNOTIACA SPRÁVA SLOVENSKEJ REPUBLIKY



**pre účely tematickeho partnerskeho hodnotenia riadenia starnutia
v zmysle smernice Rady 2014/87/EURATOM**

december 2017

Obsah

Použité skratky	3
Preambula	5
Zhrnutie	7
1 Všeobecné informácie	11
1.1 Identifikácia jadrových zariadení	11
1.2 Proces vypracovania národnej hodnotiacej správy	14
2 Požiadavky a implementácia celkového programu riadenia starnutia	15
2.1 Národný regulačný rámec	15
2.2 Medzinárodné štandardy	15
2.3 Opis celkového programu riadenia starnutia	16
2.4 Revízia a aktualizácia programu riadenia starnutia	28
2.5 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou celkového PRS	30
2.6 Proces regulačného dohľadu	31
2.7 Zhodnotenie regulátora k celkovému programu riadenia starnutia a závery	32
3 Elektrické káble	35
3.1 Opis programov riadenia starnutia pre elektrické káble	35
3.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre elektrické káble	45
3.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia elektrických káblov	46
4 Skryté potrubia	47
4.1 Opis programov riadenia starnutia pre skryté potrubia	47
4.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre skryté potrubia	54
4.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia skrytých potrubí	55
5 Tlakové nádoby reaktorov	57
5.1 Opis programov riadenia starnutia pre TNR	57
5.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre TNR	69
5.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia TNR	69
6 Calandria/tlakové rúrky (CANDU)	71
7 Betónové konštrukcie kontajnementu	72
7.1 Opis programov riadenia starnutia pre betónové konštrukcie kontajnementu	72
7.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre betónové konštrukcie kontajnementu	77
7.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia betónových konštrukcií kontajnementu	78
8 Tlakové nádoby z predpätého betónu (AGR)	79
9 Celkové zhodnotenie a všeobecné závery	80
10 Referencie	83
Príloha č. 1 Organizačné začlenenie Skupiny pre riadenie životnosti	87
Príloha č. 2 Detailný opis činností riadenia starnutia	88
Príloha č. 3 Zoznam PRS	89
Príloha č. 4 Systém farebného hodnotenia a trendovania výkonnosti	90
Príloha č. 5 Základná schéma procesu SNAP	91
Príloha č. 6 Schéma tlakovej nádoby reaktora	92
Príloha č. 7 Budova kontajnementu s vákuo-barbotážnym kondenzátorom	93

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1-1 Základné údaje o JE	14
Tabuľka 3-1 Káble napätovej úrovne 6 kV zahrnuté v PRS	36
Tabuľka 3-2 Káble napätovej úrovne 0,4/ 1 kV zahrnuté v PRS	36
Tabuľka 3-3 Káble SKR zahrnuté v PRS	37

Tabuľka 3-4	Zoznam typov káblov zahrnutých v programe overovacích vzoriek	38
Tabuľka 3-5	Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS	39
Tabuľka 3-6	Zhrnutie hlavných mechanizmov starnutia v rámci PRS	40
Tabuľka 3-7	Vykonávané činnosti pre prvok – vodič	41
Tabuľka 3-8	Vykonávané činnosti pre prvok – izolácia	42
Tabuľka 3-9	Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – plášť	42
Tabuľka 3-10	Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – ukončenie trasy	43
Tabuľka 3-11	Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – celý kábel	43
Tabuľka 5-1	Degradačné mechanizmy v jednotlivých častiach TNR	59

Zoznam obrázkov

Obrázok 1-1	Umiestnenie jadrových elektrární na Slovensku	11
Obrázok 1-2	Celkový pohľad na lokalitu Bohunice	12
Obrázok 1-3	Celkový pohľad na lokalitu Mochovce	12
Obrázok 1-4	Celková schéma VVER 440/V213	13

Použité skratky

ASME	Americká spoločnosť strojných inžinierov (angl. „American Society of Mechanical Engineers“)
AZ	aktívna zóna
BT	bezpečnostná trieda
CADAK	Cable Ageing Data and Knowledge
CČS	centrálne čerpacia stanica
CCHV	cirkulačná chladiaca voda
CODAP	Component Operational Experience, Degradation and Ageing Programme
ČS TVD	čerpacia stanica technickej vody dôležitej
DATD	digitálny archív technickej dokumentácie
DGS	diesलगenerátorová stanica
DRS	databanka riadenia starnutia
ENSREG	Skupina európskych regulačných orgánov pre jadrovú bezpečnosť
EPR	etylén propylénová guma (angl. „Ethylene Propylene Rubber“)
EPRI	Electric Power Research Institute
EQR	Spoľahlivosť zariadení (angl. „Equipment Reliability“)
EÚ	Európska únia
GO	generálna odstávka
HCČ	hlavné cirkulačné čerpadlo
HCP	hlavné cirkulačné potrubie
HDR	hlavná deliaca rovina
HELB	roztrhnutie vysokoenergetického potrubia (angl. „High Energy Line Break“)
HPK	hlavný parný kolektor
HRK	havarijná a regulačná kazeta
HSCHZ	havarijný systém chladenia aktívnej zóny
IGALL	International Generic Ageing Lessons Learned
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
IPZK	individuálny program zabezpečenia kvality
ISM	integrovaný systém manažérstva kvality
JE	jadrová elektrárň
JE EBO V2	jadrová elektrárň Bohunice
JE EMO	jadrová elektrárň Mochovce (bloky 1 a 2)
JE MO34	jadrová elektrárň Mochovce vo výstavbe (blok 3 a 4)
JZ	jadrové zariadenie
KO	kompensátor objemu
LaP	limity a podmienky
LOCA	havária so stratou chladiiva (angl. „Loss Of Coolant Accident“)
LTO	dlhodobá prevádzka (angl. „Long Term Operation“)
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (angl. „International Atomic Energy Agency“, t. j. IAEA)
MNA	metodický návod
MNT	monitorovanie neutrónového toku
MTS	monitorovanie teplotného starnutia
NA	návod
NDT	nedeštruktívna kontrola
NHS	národná hodnotiaca správa
NG	všeobecná notifikácia/hlásenie (angl. „Notification General“)
OIT(p)	čas/teplota do začiatku oxidácie (Oxidation Induction Time/Temperature)

PE	polyetylén
PG	parogenerátor
PHJB	periodické hodnotenie jadrovej bezpečnosti
PK	plán kvality
PO	primárny okruh
PRS	program riadenia starnutia
PSA	Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti (angl. „Probabilistic Safety Assessment“)
PSA	prepúšťacia stanica do atmosféry
PTS	tlakovo-teplotný šok (angl. „Pressurized Thermal Shock“)
PVC	polyvinylchlorid
RHWG	Reactor Harmonisation Working Group
RS	riadenie starnutia
SALTO	Safety Aspects of Long Term Operation
SAP	SW aplikácia
SCC	zlyhanie v dôsledku korózie pod napätím (angl. “Stress Corrosion Cracking”)
SE, a. s.	Slovenské elektrárne, a. s.
SHN	superhavarijné napájanie
SKK	system, konštrukcia, komponent
SKR	system kontroly a riadenia
SNaP	system nápravy a prevencie
SO	sekundárny okruh, stavebný objekt
SPT	Small Punch Test (neštandardná skúška mechanických vlastností)
SR	Slovenská republika
STaPD	stredisko technickej a projektovej dokumentácie
STD	sprievodná technická dokumentácia
STN	slovenská technická norma
SUP	surveillance programy
SUS	stratégia udržiavania systému
ŠU	šablóna údržby
TDR	Time Domain Reflectometry
TK	technologický kanál
TLAA	analýza s časovo obmedzenou platnosťou (angl. „Time Limited Ageing Analysis“)
TNR	tlaková nádoba reaktora
TOZ	teplom ovplyvnená zóna
TPP	technologický prevádzkový predpis
TPR	Tematická partnerská preverka (angl. „Topical Peer Review“)
TVD	technická voda dôležitá
TVN	technická voda nedôležitá
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
VCHV	ventilátorová chladiaca veža
VKS	vysokotlaková kompresorová stanica
VVER	vodo-vodný energetický reaktor
VZT	vzduchotechnika
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
XPE	zosietený polyetylén
ZK	zvarový kov
ZM	základný materiál

Preambula

Slovensko je krajina s viac ako 60-ročnými skúsenosťami s výstavbou a prevádzkou jadrových elektrární (JE). V súčasnosti sú na Slovensku v prevádzke štyri bloky typu VVER 440/V213 – dva v Bohuniciach a dva v Mochovciach. V lokalite Mochovce sú vo výstavbe aj dva bloky typu VVER 440/V213. Celkový inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov je 1 950 MWe. Iné tri jadrové bloky v lokalite Bohunice sú v procese vyradovania z prevádzky – prvý československý blok A1 chladený plynom a moderovaný ťažkou vodou a dva bloky staršieho typu VVER 440/V230.

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

Smernica Rady 2014/87 EURATOM z 8. júla 2014, ktorou sa mení smernica 2009/71 EURATOM, ktorou sa zriaďuje rámec spoločenstva pre jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení Európskej únie požaduje, aby členské štáty Európskej únie uskutočnili tematické partnerské hodnotenie (angl. „Topical Peer Review – TPR“) každých šesť rokov, s prvým hodnotením v roku 2017. Cieľom procesu tematického partnerského hodnotenia, tak ako bolo dohodnuté Skupinou európskych regulačných orgánov pre jadrovú bezpečnosť (ENSREG), je:

- umožniť zúčastneným krajinám preveriť ich opatrenia pre riadenie starnutia jadrových elektrární, identifikovať dobrú prax a oblasti pre zlepšenie,
- vykonať európske partnerské hodnotenie, zdieľať prevádzkové skúsenosti a identifikovať spoločné problémy, ktorým čelia členské štáty EÚ,
- poskytnúť pre zúčastnené krajiny otvorený a transparentný rámec, aby určili vhodné následné opatrenia na nápravu oblastí pre zlepšenie.

Členské štáty EÚ, konajúce prostredníctvom ENSREG sa dohodli, že témou pre prvé tematické partnerské hodnotenie bude riadenie starnutia. Úloha je bližšie špecifikovaná a jej rozsah načrtnutý v dokumente „Report Topical Peer Review 2017 – Ageing Management Technical Specification for the National Assessment Reports“, ktorý vypracovala WENRA a schválila ENSREG.

V zmysle smernice Rady 2014/87 EURATOM a atómového zákona (Zákon č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov) je držiteľ povolenia povinný zapojiť sa do tematickej partnerskej preverky podľa špecifikácie ÚJD SR. Predmetom TPR 2016-2017 je riadenie starnutia v týchto jadrových zariadeniach:

- jadrové elektrárne,
- výskumné reaktory s výkonom 1 MW_{th} alebo vyšším.

Na dobrovoľnej báze môžu byť zahrnuté aj výskumné reaktory s výkonom nižším ako 1 MW_{th}.

Národná hodnotiacia správa má zahŕňať všetky jadrové zariadenia, ktoré:

- boli v prevádzke k 31. decembru 2017,
- alebo boli vo výstavbe k 31. decembru 2016.

Zariadenia, ktoré sú trvalo odstavené a majú dozorným alebo iným kompetentným orgánom uloženú povinnosť neprevádzkovať alebo nevyrábať elektrickú energiu po 31. decembri 2017, sú z národnej hodnotiacej správy vylúčené.

Jadrové zariadenia vo výstavbe sú tie, ktorým bolo vydané povolenie na výstavbu. Pre tieto sa očakáva, že javy starnutia už majú zohľadnené v projektových predpokladoch. Niektoré podrobné časti tejto špecifikácie preto teraz nebudú všeobecne aplikovateľné.

Následne SR pristúpila k vykonaniu požadovaného hodnotenia v oblasti riadenia starnutia na prevádzkovaných a budovaných JE a k spracovaniu národnej hodnotiacej správy.

Táto národná hodnotiaca správa opisuje použitú metodológiu, postup a výsledky získané z hodnotenia riadenia starnutia na 6 blokoch VVER, patriacich do troch závodov na Slovensku: Bohunice V2 (EBO V2) a Mochovce 1. a 2. blok (EMO), ktoré sú v prevádzke a Mochovce 3. a 4. blok (MO34), ktoré sú vo výstavbe. Správu vypracoval ÚJD SR v úzkej spolupráci so SE, a. s., na základe slovenskej legislatívy a podkladov dodaných zo SE, a. s.

Zhrnutie

Na Slovensku sú v súčasnosti v prevádzke štyri jadrové bloky typu VVER 440/V213, dva bloky v lokalite Jaslovské Bohunice a dva bloky v lokalite Mochovce. Okrem toho sú v Mochovciach vo výstavbe ďalšie dva bloky VVER 440/V213. Celkový inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov je 1 950 MWe. Vlastníkom a držiteľom povolenia na prevádzku všetkých uvedených blokov na Slovensku je spoločnosť Slovenské elektrárne, a. s. (SE, a. s.).

Štátny dozor nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení vykonáva Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky (ÚJD SR). Štátny dozor sa vykonáva v zmysle Atómového zákona (zákon č. 541/2004 Z. z. v znení neskorších predpisov) a s ním súvisiaceho súboru vyhlášok, najmä s vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť a vyhláškou ÚJD SR č. 33/2012 Z. z. o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti v znení vyhlášky č. 106/2016 Z. z. Celý súbor tohto legislatívneho rámca je pravidelne aktualizovaný v súlade s bezpečnostnými štandardmi MAAE a referenčných úrovni WENRA [2].

Všetky jadrové elektrárne majú bezpečnostné správy, ktoré sú aktualizované v zmysle požiadaviek dozoru a sú preverené dozorom. V súlade s platnou národnou legislatívou sa v súčasnosti aktualizácia bezpečnostnej správy na jadrových zariadeniach na Slovensku realizuje priebežne. Existujúce štúdie pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti (PSA 1. a 2. úrovne) potvrdzujú, že jadrové elektrárne vyhovujú medzinárodne uznávaným bezpečnostným cieľom. Štúdie pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti (PSA 1. a 2. úrovne) sú pravidelne aktualizované. Posledná aktualizácia pre JE EBO V2 bola v roku 2015 a pre JE EMO v roku 2016. Na základe výsledkov zo záťažových testov EÚ boli aktualizované niektoré špecifické časti bezpečnostnej dokumentácie, ktoré súvisia s hodnotením zriedkavých extrémnych vonkajších rizík a zavedením opatrení na riadenia ťažkých havárií.

V zmysle požiadaviek národnej legislatívy podliehajú všetky jadrové elektrárne na Slovensku periodickému hodnoteniu bezpečnosti, ktoré sa vykonáva v pravidelných 10 ročných intervaloch. Posledné periodické hodnotenie pre JE EBO V2 bolo vykonané v roku 2008 (nové periodické hodnotenie pre JE EBO V2 prebieha), pre JE EMO v roku 2011 (nové periodické hodnotenia pre JE EMO prebieha). Na základe výsledkov previerky týchto hodnotení ÚJD SR schvaľuje programy ďalšieho zvyšovania bezpečnosti, ktoré majú za cieľ dosiahnuť ešte tesnejšiu zhodu so súčasnými bezpečnostnými štandardmi. Schválené programy zahŕňajú aj implementáciu komplexných opatrení na zmiernenie následkov ťažkých havárií.

Všetky prevádzkované bloky na Slovensku boli predmetom nezávislých previerok mnohých medzinárodných misií. Od roku 1991 to bolo spolu viac ako 20 misií MAAE (previerka lokality, projektu, misie OSART a IPSART), niekoľko misií WANO, dve misie RISKAUDIT a jedna misia WENRA.

V roku 2003 iniciovala MAAE mimorozpočtový program nazvaný SALTO (Bezpečnostné aspekty dlhodobej prevádzky vodou moderovaných reaktorov). Okrem zjednocovania a optimalizácie prístupov pri povoľovaní dlhodobej prevádzky (LTO) sa MAAE tiež usilovala o ďalší cieľ, ktorým bolo poskytnúť usmernenie členským štátom, v ktorých sa očakáva proces udeľovania povolenia na dlhodobú prevádzku.

Na základe výsledkov a záverov programu SALTO vydala MAAE bezpečnostný návod SRS-57 "Bezpečná dlhodobá prevádzka jadrových elektrární".

Bezpečnostný návod SRS-57 "Bezpečná dlhodobá prevádzka jadrových elektrární" poskytuje informácie o správnych inžinierskych postupoch, na ktoré sa možno odvolávať pri vývoji národných programov dlhodobej prevádzky jadrových elektrární. Prevádzkovateľovi a dozorným orgánom poskytuje usmernenia na preukázanie a overovanie bezpečnosti jadrových elektrární. Tento bezpečnostný návod bol základom prípravy usmernení pre medzinárodné partnerské hodnotenia, ktoré sa zamerali na bezpečnosť dlhodobej prevádzky „Guidelines for peer review of long-term operation and ageing management of Nuclear Power Plants“.

Na žiadosť vlády Slovenskej republiky navštívil JE EBO V2 v roku 2010 preverovací tím MAAE pre bezpečnosť prevádzky (OSART). Účelom tejto misie bolo preskúmať prevádzkové postupy v oblasti organizácie a správy riadenia – prevádzky, údržby, technickej podpory, ochrany pred žiarením, prevádzkových skúseností, chémie a havarijného plánovania a pripravenosti. Na požiadanie výrobného závodu tím preskúmal aj programy dlhodobej prevádzky. Okrem toho sa medzi expertami misie a ich náprotivkami z prevádzky uskutočnila výmena odborných skúseností a poznatkov o spôsobe, akým by sa dal ďalej sledovať spoločný cieľ excelentnosti v oblasti prevádzkovej bezpečnosti.

V súvislosti s programom dlhodobej prevádzky sa programy riadenia starnutia SKK vyvíjajú pre obdobie 60 rokov prevádzky, čo misia WANO Peer Review, ktorá bola na JE EMO v roku 2013 a misia OSART (rozšírená o LTO modul), ktorá bola na JE EBO V2 v roku 2010, klasifikovala ako dobrú prax.

Išlo najmä o rozšírenie programu overovacích vzoriek na JE EBO V2, aby zahŕňal nové materiály nachádzajúce sa v aktívnej zóne a pokrýval podmienky prevádzky pri zvýšenom výkone blokov a použití nového typu jadrového paliva pre obdobie 60 rokov. Misia OSART 2010 na JE EBO V2 označila tento program za dobrú prax.

Táto národná hodnotiacia správa (NHS) obsahuje zhodnotenie procesu riadenia starnutia na JZ v SR pre účely tematickej partnerskej preverky, ktorá sa má vykonať v roku 2018 podľa smernice Rady 2014/87 EURATOM z 8. júla 2014, ktorou sa mení smernica 2009/71 EURATOM, ktorou sa zriaďuje rámec spoločenstva pre jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení Európskej únie. Štruktúra a obsah NHS je spracovaný podľa špecifikácie ENSREG. NHS vypracoval ÚJD SR v úzkej spolupráci so SE, a. s., na základe slovenskej legislatívy a podkladov dodaných zo SE, a. s. Predmetom hodnotenia sú prevádzkované i budované jadrové elektrárne na Slovensku (kapitola 1.1). V súčasnosti sú na Slovensku prevádzkované, respektíve budované, len JE typu VVER 440/V213 a vlastníkom/držiteľom povolenia na prevádzku všetkých uvedených blokov na Slovensku je len spoločnosť Slovenské elektrárne, a. s. (SE, a. s.). Hodnotenie je však zdokumentované pre konkrétny typ JE, s uvedením odlišností medzi jednotlivými lokalitami JE, pokiaľ sú tieto odlišnosti významné a dôležité z hľadiska hodnotenia riadenia starnutia. Príklady implementácie celkového PRS v praxi sú predstavené pre vybrané zariadenia, ktoré zahŕňujú elektrické káble, skryté potrubia, tlakovú nádobu reaktora a betónové konštrukcie kontajntmentu.

Riadenie starnutia a hodnotenie životnosti sa implementuje od roku 1991, pričom riadenie starnutia bolo súčasťou viacerých projektov zameraných na zvyšovanie jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky JE.

Pravidlá systematického prístupu k riadeniu starnutia SKK sú legislatívne zadefinované vo viacerých dokumentoch ÚJD SR. Dokumenty vychádzajú napríklad z odporúčaní MAAE „Requirements for Commissioning and Operation of NPPs“ [9], bezpečnostného návodu na riadenie starnutia [1]

a WENRA [2]. Riadenie starnutia je jednou z preverovaných oblastí v rámci periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení.

Základné legislatívne požiadavky sú u držiteľa povolenia premietnuté v procesnej dokumentácii integrovaného systému manažérstva kvality (ISM) a v príslušných programoch riadenia starnutia vypracovaných pre SKK dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti. Držiteľ povolenia má pre SKK dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti zavedený proaktívny systém riadenia starnutia (t. j. s predvídavosťou a očakávaním), s cieľom zachovania ich projektových bezpečnostných funkcií počas dlhodobej prevádzky. Proces riadenia starnutia je implementovaný na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2, JE EMO, ako aj na blokoch JE MO34 vo výstavbe.

Pre realizáciu riadenia starnutia je v SE, a. s., vytvorená Skupina pre riadenie životnosti – jadro. Riadenie starnutia je v procesnom modeli držiteľa povolenia zaradené do vrcholového procesu Výroba, proces Inžiniering.

Program riadenia starnutia (PRS) káblov je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom – Program riadenia starnutia káblov. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Jednotlivými čiastkovými programami v rámci PRS káblov (program overovacích vzoriek, merania funkčných káblov v prevádzke) pokrýva držiteľ povolenia hlavné degradačné mechanizmy identifikované na základe skúseností z prevádzky a medzinárodných odporúčaní. Držiteľ povolenia vykonáva aj monitoring parametrov prostredia (teplota, radiačná dávka, relatívna vlhkosť), ktorým sú káble v prevádzke vystavené. Monitoring zahŕňa priestory kontajntentu aj mimo kontajntentu na oboch prevádzkovaných jadrových elektrárnach.

Riadenie starnutia skrytých potrubí je súčasťou PRS potrubí TVD – Program riadenia starnutia potrubí technickej vody dôležitej. Tento návod je platný pre prevádzkované JE EBO V2 i JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo fáze výstavby bude PRS uvedený do platnosti pred ich spustením. Rozsah činností v rámci PRS TVD (monitorovanie korózie, monitorovanie betónového monolitu, merania hrúbky stien, vizuálne kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degradačných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Na základe vykonaného monitorovania stavu potrubí TVD na JE EBO V2 bola realizovaná rekonštrukcia a výmena týchto potrubí.

Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom – Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Rozsah činností v rámci PRS TNR (program overovacích vzoriek, monitorovanie fluencie, hodnotenie únavového poškodenia, prevádzkové kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degradačných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Program overovacích vzoriek bol rozšírený o nové materiály nachádzajúce sa v aktívnej zóne. Program pokrýva podmienky prevádzky pri zvýšenom výkone jadrových blokov a použití nového typu jadrového paliva.

Držiteľ povolenia v zmysle rozhodnutia [3] zasiela na ÚJD SR pravidelné hlásenie o výsledkoch programov riadenia starnutia zamerané na čerpanie životnosti tlakovej nádoby reaktora a vybraných zariadení bloku vrátane kritickej teploty krehkého lomu TNR, vyhodnotenie kritickej teploty krehkosti TNR na základe skúšok reťazca overovacích vzoriek TNR, vyhodnotenie programov prevádzkových kontrol.

Program riadenia starnutia kontajnementu jadrovej elektrárne je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom – Program riadenia starnutia hlavného výrobného bloku. Tento návod je platný pre JE EBO V2 a JE EMO v prevádzke. Pre bloky JE MO34 vo výstavbe bude PRS kontajnementu uvedený do platnosti pred ich spustením. Od uvedenia blokov JE do prevádzky sa vykonáva periodické monitorovanie tesnosti a pevnosti kontajnementu, ako aj geodetické meranie a vyhodnotenie sadania objektu hlavného výrobného bloku.

Držiteľ povolenia je zapojený do medzinárodných projektov: MAAE IGALL, OECD/NEA CADAK, OECD/NEA CODAP a OECD HALDEN. Držiteľ povolenia má prístup k databázam a materiálom Electric Power Research Institute (EPRI) v oblasti riadenia starnutia. Je členom International Equipment Reliability Working Group, ktorá je zameraná na výmenu skúseností v procese Spôľahlivosť zariadení.

Vykonané hodnotenia potvrdzujú, že Slovensko má ustanovenú legislatívnu bázu pre riadenie starnutia. Riadenie starnutia na jadrových elektrárňach na Slovensku je systémovo zabezpečené a možno ho považovať za vyspelé. Držiteľ povolenia má zavedený program riadenia starnutia na identifikáciu všetkých mechanizmov starnutia týkajúci sa systémov, konštrukcií a komponentov (SKK) dôležitých pre bezpečnosť. V rámci tohto programu riadenia starnutia držiteľ povolenia analyzuje, monitoruje a dokladuje degradáciu SKK starnutím. Vymedzuje možné dôsledky starnutia a stanovuje potrebné činnosti na udržanie prevádzkyschopnosti a spoľahlivosti SKK.

Pravidelné inšpekcie vykonáva ÚJD SR u držiteľa povolenia, aby overil súlad s legislatívnymi požiadavkami a medzinárodnými bezpečnostnými štandardmi a dobrou praxou. Držiteľ povolenia je povzbudzovaný, aby ďalej realizoval AMP účasťou na medzinárodných projektoch a vymieňal si skúsenosti s inými prevádzkovateľmi JE.

Pri príprave národnej správy bola identifikovaná táto dobrá prax:

- v strategických zámeroch v oblasti RS sa v metodologickej dokumentácii držiteľ povolenia zaoberá nielen problematikou zastarávania, ale aj vývojom dlhodobej ozdravnej stratégie SKK,
- držiteľ povolenia vedie špeciálnu databázu na účely RS,
- vývoj PRS pre vybrané zariadenia pre dlhodobú prevádzku.

Proces tiež identifikoval výzvy:

- nedostatky vo výkresovej dokumentácii SKK vo vzťahu ku skutočnému stavu,
- nekontinuálna aktualizácia databázy RS, aby odrážala skutočný stav SKK a vedomostí.

Schopnosť systémov, štruktúr a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti, plniť svoje bezpečnostné funkcie, považuje ÚJD SR za zabezpečenú.

1 Všeobecné informácie

Na Slovensku sú v súčasnosti v prevádzke štyri jadrové bloky typu VVER 440/V213, dva bloky v lokalite Jaslovské Bohunice a dva bloky v lokalite Mochovce. Okrem toho sú v Mochovciach vo výstavbe ďalšie dva bloky VVER 440/V213 značne vylepšeného projektu. Celkový inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov je 1 950 MWe. Vlastníkom a držiteľom povolenia na prevádzku všetkých uvedených blokov na Slovensku je spoločnosť – Slovenské elektrárne, a. s. (SE, a. s.).

1.1 Identifikácia jadrových zariadení

Slovensko je vnútrozemská krajina nachádzajúca sa v miernom klimatickom pásme v strednej Európe. Na Slovensku sa nachádzajú dve jadrové lokality: Jaslovské Bohunice s dvoma prevádzkovanými blokmi JE EBO V2 a Mochovce s dvomi prevádzkovanými blokmi EMO a ďalšími dvomi blokmi vo výstavbe – JE MO34, ktoré spolu tvoria JE Mochovce (pozri umiestnenie lokalít na mape a pohľad na jednotlivé lokality na Obrázku 1-1, 1-2 a 1-3).

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



Obrázok 1-1 Umiestnenie jadrových elektrární na Slovensku

Areál Jaslovských Bohuníc sa nachádza na západnom Slovensku; najbližšími mestami sú Trnava, Hlohovec a Piešťany. Chladiaca voda sa privádza z rieky Váh, ktorý sa nachádza približne 8 km východne od areálu; rozdiel v nadmorskej výške je vyše 20 m. Na rieke Váh je vybudovaná vodná nádrž Sĺňava s vodnou rozlohou približne 480 ha a maximálnym objemom vody 12,3 miliónov m³. Technická voda z nádrže Sĺňava sa dodáva pre JE EBO V2 cez čerpaciu stanicu. Odber priemyselnej vody z nádrže Sĺňava je realizovaný štyrmi násoskovými potrubiami do čerpacej stanice Drahovce, odkiaľ voda preteká štyrmi potrubiami gravitačne cez armatúrnu šachtu do sacej jímky čerpacej stanice Pečeňady. Z čerpacej stanice je voda výtlačnými čerpadlami dodávaná cez dva výtlačné rády do objektov chemickej úpravy vody JE EBO V2.



Obrázok 1-2 Celkový pohľad na lokalitu Bohunice

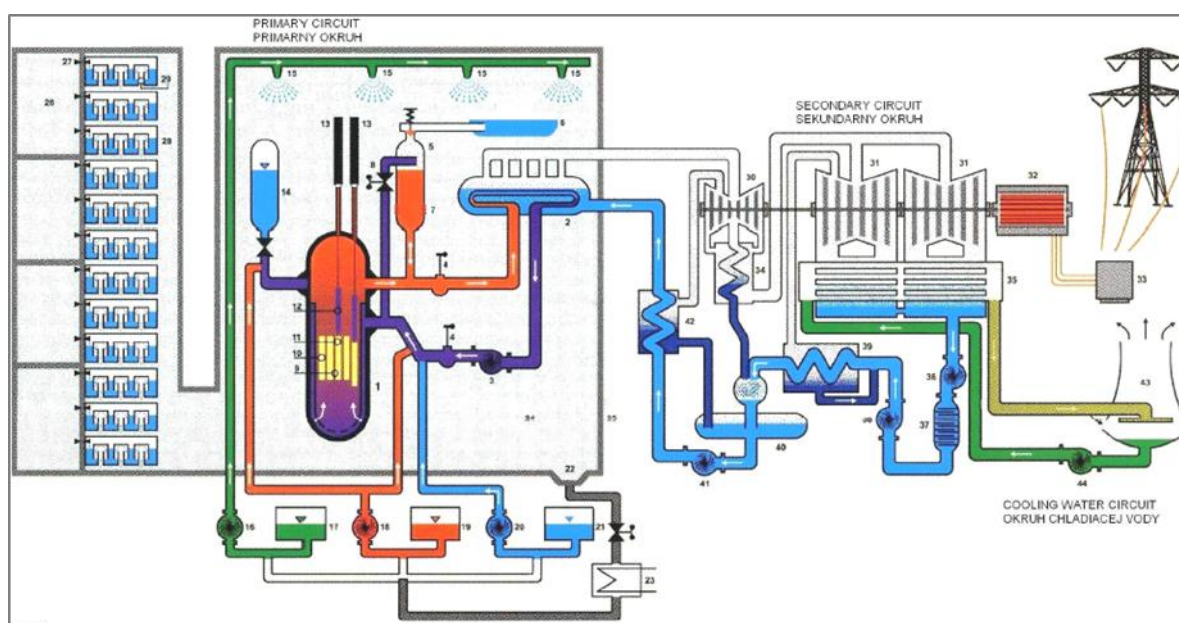
JE EMO sa nachádza približne 90 km východne od Bratislavy. Najbližšími mestami sú Tlmače, Levice a Zlaté Moravce. Referenčná výška elektrárne $\pm 0,000$ m je v nadmorskej výške 242,3 m. Chladiaca voda pre JE Mochovce je dodávaná z rieky Hron. Na rieke Hron je vybudovaná umelá vodná nádrž s celkovým objemom 2,6 milióna m^3 . Hladina vodnej nádrže je vo výške 175,0 m n. m. pri maximálnej prevádzkovej hladine a 171,5 m n. m. pri minimálnej prevádzkovej hladine. Z nádrže je surovou vodou zásobovaná JE EMO. Voda sa čerpá z čerpacej stanice približne 5 km dlhým potrubím do zásobníkov vody $2 \times 6\,000\ m^3$ a odtiaľ gravitačne do JE EMO.



Obrázok 1-3 Celkový pohľad na lokalitu Mochovce

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

Základné údaje o JE sú zhrnuté v Tabuľke 1-1. Všetky jadrové bloky na Slovensku sú vybavené tlakovodnými reaktormi VVER 440/V213 vyrobenými spoločnosťou Škoda v bývalom Československu, s relatívne malým tepelným výkonom reaktora 1 471 MWt. Systém chladenia reaktora sa nachádza vo veľkom kontajneri s potlačovaním tlaku. K reaktoru je pripojených šesť slučiek, z ktorých každá je vybavená izolačnými ventilmi, a horizontálne parogenerátory s veľkým objemom chladiva na sekundárnej strane parogenerátorov. Aktívna zóna reaktora pozostáva z 349 šesťhranných palivových kaziet; v každej kazete sa nachádza 126 palivových tyčí. 37 HRK má pod neutrónovými absorpčnými časťami palivové časti, takže účinnosť havarijného odstavenia reaktora sa zvyšuje vysunutím časti paliva z aktívnej zóny zároveň so zasúvaním riadiacich tyčí. Všetky bloky využívajú dve parné turbíny. Elektrická energia sa vyrába v synchronných generátoroch na spoločnom hriadeľi s turbínou a budiacim generátorom. Výkon z každého reaktorového bloku je vyvedený do siete cez dve paralelné vedenia, vždy z hlavného generátora cez príslušný blokový transformátor s príslušenstvom. Obe vetvy sú pripojené k výstupnej rozvodni k jednému 400 kV vedeniu.



Obrázok 1-4 Celková schéma VVER 440/V213

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

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

v blízkosti tlakovej nádoby reaktora. Vyhoené palivo je chladené v bazéne vyhoeného paliva (v kompaktnej skladovacej mreži v bazéne naplnenom bórovanou vodou) približne 4 až 7 rokov.

Tabuľka 1-1 Základné údaje o JE

Elektrárň	JE EBO V2	JE EMO	JE MO34
Areál	Bohunice	Mochovce	Mochovce
Typ reaktora	VVER 440/V213	VVER 440/V213	VVER 440/V213
Tepelný výkon reaktora, MWt	1471	1471	1375
Celkový elektrický výkon, MWe	505	470	470
Stav elektrárne	v prevádzke	v prevádzke	vo výstavbe
Dátum prvej kritickosti	1984-85	1998-99	2018-19 (plánovaný)
Posledné periodické hodnotenie bezpečnosti	2008	2011	-

1.2 Proces vypracovania národnej hodnotiacej správy

Na základe smernice Rady 2014/87/EURATOM a atómového zákona (zákon č. 541/2004 Z. z.) je držiteľ povolenia povinný vykonať TPR na základe špecifikácie ÚJD SR.

Koordináciu spracovania NHS v SR zabezpečoval ÚJD SR. ÚJD SR interným príkazom predsedu č. PP 240:002:17 zriadil na ÚJD SR pracovnú skupinu na spracovanie NHS a držiteľa povolenia vyzval na dodanie podkladov k spracovaniu NHS. Príkaz predsedu obsahoval zámer, zdôvodnenie pracovnej činnosti, metodiku, časový a obsahový plán úloh na spracovanie NHS, ohraničenia, uvádzal zdroje vyčlenené na spracovanie NHS, právomoci a zodpovednosti pre určených zamestnancov ÚJD SR, spôsob komunikácie medzi členmi pracovnej skupiny a s držiteľom povolenia, očakávané výstupy, kontrolné termíny, možné riziká a pod. Pracovná skupina predstavovala prierezové zoskupenie zamestnancov ÚJD SR z rôznych organizačných útvarov, ktorí majú skúsenosti zo spracovania NHS a podieľajú sa na hodnotiacej a inšpekčnej činnosti ÚJD SR v oblasti riadenia starnutia. ÚJD SR stanovil rozsah a obsah NHS podľa špecifikácie WENRA RHWG [4] a prediskutoval ho s držiteľom povolenia. V priebehu spracovania NHS sa uskutočnilo niekoľko pracovných stretnutí členov pracovnej skupiny a držiteľa povolenia. Stretnutia boli zamerané na koordináciu činností, výmenu informácií o postupe a stave spracovania NHS i na riešenie otvorených otázok. Výsledky stretnutí boli zdokumentované. NHS bola spracovaná na základe slovenskej legislatívy a z podkladov dodaných držiteľom povolenia, príspevkov členov pracovnej skupiny, z výsledkov činnosti ÚJD SR i externých hodnotení. ÚJD SR vyhodnotil a doplnil podklady pre NHS, ktoré poskytli SE, a. s., pridal vlastné hodnotenie, zostavil a dokončil NHS. NHS bola schválená na porade predsedu ÚJD SR, preložená do anglického jazyka, rozoslaná zúčastneným stranám, doručená na EK a zverejnená na adrese webového sídla ÚJD SR.

Spracovaniu NHS predchádzala špecifikácia obsahu a rozsahu NHS, ktorú pripravila ENSREG za podpory WENRA a jej pracovnej skupiny RHWG. Stálymi členmi WENRA RHWG sú aj zástupcovia ÚJD SR, ktorí sa na spracovávaní špecifikácie tiež podieľali.

V SR sú držiteľom povolenia na prevádzku JE iba Slovenské elektrárne, a. s. Pre organizačné zabezpečenie spracovania NHS v SE, a. s. bola vydaná dokumentácia ISM SE/NAR-02/2017 „Spracovanie Národnej hodnotiacej správy Riadenie starnutia na JE v SR“. Riadenie starnutia je súčasťou hlavného procesu „Výroba“ a organizačne je zaradený na útvar jadrového inžinieringu. Spracovanie NHS bolo realizované internými zamestnancami útvarov jadrového inžinieringu a inžinierskej podpory elektrárni SE, a. s.

2 Požiadavky a implementácia celkového programu riadenia starnutia

2.1 Národný regulačný rámec

Základné požiadavky ÚJD SR na vypracovanie, zavedenie a realizáciu programov riadenia starnutia SKK sú stanovené vo vyhláske ÚJD SR č. 430/2011 [19] a v bezpečnostnom návode [5]. Tento návod vychádza z odporúčaní požiadaviek MAAE [9], bezpečnostného návodu [1] a požiadaviek WENRA [2].

Pre riadenie starnutia požaduje ÚJD SR v zmysle rozhodnutia [3] od JE EBO V2 a JE EMO pravidelné hlásenie o:

- čerpaní životnosti tlakovej nádoby reaktora a vybraných zariadení bloku vrátane kritickej teploty krehkého lomu TNR,
- vyhodnotení kritickej teploty krehkosti TNR na základe skúšok reťazca overovacích vzoriek TNR,
- vyhodnotení programov prevádzkových kontrol.

Požiadavka vykonať pravidelné, komplexné a systematické hodnotenie jadrovej bezpečnosti (PHJB) je daná zákonom [6], podľa ktorého je držiteľ povolenia povinný vykonávať PHJB s prihliadnutím na aktuálny stav poznatkov v oblasti hodnotenia a prijímať opatrenia na odstránenie zistených nedostatkov. Oblasti pre ktoré sa PHJB vykonáva sú definované vo vyhláske ÚJD SR [7]. Medzi preverované oblasti patrí aj „Riadenie starnutia SKK“ a „Prevádzka jadrového zariadenia po dosiahnutí projektom uvažovanej životnosti“.

Požiadavky kladené na realizáciu prác potrebných pre zaistenie bezpečnej dlhodobej prevádzky (LTO) jadrových zariadení sú definované v bezpečnostnom návode ÚJD SR [8].

2.2 Medzinárodné štandardy

Základným dokumentom MAAE, ktorý sa zaoberá problematikou riadenia starnutia je bezpečnostný návod [1]. Odporúčania tohto návodu sú použité pri tvorbe, implementácii a zlepšovaní programov riadenia starnutia SKK dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti na JE v SE, a. s., vrátane odporúčaní kľúčových atribútov efektívneho programu riadenia starnutia. Efektívne riadenie starnutia počas celej životnosti SKK vyžaduje použitie systematického prístupu k riadeniu starnutia. Bezpečnostný návod [1] zahŕňa odporúčania potrebné k naplneniu požiadaviek, ktoré sú nadefinované v bezpečnostnom štandarde MAAE [9].

Pre vypracovanie periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti JE EMO a JE EBO V2, ktoré je držiteľ povolenia povinný vykonávať v zmysle zákona [6], sa pre oblasť riadenia starnutia využívajú odporúčania a pokyny uvedené v [10].

Pri formulovaní hlavných zásad, postupnosti a obsahu jednotlivých krokov programu LTO sa používajú odporúčania [11]. Tieto odporúčania sú súčasťou bezpečnostného návodu [8] a návodov SE, a. s. [12], [13].

2.3 Opis celkového programu riadenia starnutia

2.3.1 Rozsah celkového PRS

2.3.1.1 Zodpovedností odborných útvarov v procese PRS

Organizačná štruktúra držiteľa povolenia jadrových blokov je daná procesným modelom spoločnosti SE, a. s.

Pre realizáciu riadenia starnutia je v SE, a. s. vytvorená Skupina pre riadenie životnosti – jadro. Organizačné začlenenie skupiny pre riadenie životnosti je uvedené v Prílohe č. 1. Riadenie starnutia je v procesnom modeli držiteľa povolenia zaradené do vrcholového procesu „Výroba“. Vlastníkom vrcholového procesu je Riaditeľ úseku výroby. V rámci vrcholového procesu Výroba je zaradené do procesu Inžiniering, ktorého vlastníkom je Riaditeľ jadrového inžinieringu. Proces je klasifikovaný ako kľúčový (hlavný). V rámci Inžinieringu je skupina pre riadenie životnosti zaradená do útvaru Inžiniering jadrových projektov, ktorý koordinuje a zabezpečuje všetky potrebné vstupy pre činnosti riadenia starnutia od iných útvarov držiteľa povolenia.

Detailný opis činností riadenia starnutia je uvedený v Prílohe č. 2. Vyplývajú z neho nasledovné zodpovednosti:

- Útvar Inžiniering jadrových projektov zodpovedá za:
 - koordináciu činností v oblasti RS SKK,
 - definovanie rozsahu SKK pre RS,
 - definovanie zoznamu dokumentácie pre RS,
 - tvorba, riadenia a aktualizácia PRS,
 - definovanie požiadaviek na zber a archiváciu údajov o stave SKK,
 - zabezpečuje vypracovanie nápravných opatrení,
 - vykonáva spätnú väzbu z plnenia PRS,
 - zabezpečuje vypracovanie programov prevádzkových kontrol,
 - za poskytnutie výsledkov prevádzkových kontrol SKK
- Útvar Inžinierska podpora elektrárne zodpovedá za:
 - poskytnutie údajov z prevádzkových meraní,
 - poskytnutie údajov o vykonaných opravách SKK,
 - poskytnutie údajov o vykonaných odborných prehliadkach, skúškach a revíziách,
 - poskytnutie údajov z celkového hodnotenia SKK,
 - vystavuje hlásenia v systéme SAP na výmenu jednotlivých SKK pre zapracovanie do plánov údržby,
 - definovanie a aktualizáciu technických miest v systéme SAP.
- Útvar Prevádzka zodpovedá:
 - za poskytnutie informácií o chemických režimoch a analýzach,
 - vykonáva prevoz overovacích vzoriek TNR na vyhodnotenie,
 - vykonáva zavážanie a vyberanie reťazcov overovacích vzoriek do/z TNR.
- Útvar Údržba zodpovedá:
 - za poskytnutie výsledkov prevádzkových a technických kontrol SKK,
 - za poskytnutie údajov o vykonaných údržbárskych zásahoch, opravách a rekonštrukciách SKK.
- Útvar Bezpečnosť zodpovedá:
 - za poskytnutie záznamov o prevádzkových režimoch jadrového bloku,
 - za poskytnutie prehľadov o čerpaní kritérií podľa LaP.

2.3.1.2 Rozsah dokumentácie PRS

Základným dokumentom definujúcim činnosti riadenia starnutia držiteľa povolenia na prevádzku jadrových blokov je metodický návod [14]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky na Slovensku, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Stanovuje pravidlá, ktorými sú zabezpečené požiadavky a odporúčania ÚJD SR a medzinárodných štandardov.

Nadväzujúcimi dokumentmi k tomuto metodickému návodu sú individuálne programy riadenia starnutia SKK, ktoré majú formu návodov. Držiteľ povolenia má vypracovaných celkom 19 programov riadenia starnutia pre jednotlivé SKK uvedené v Prílohe č. 3. Programy sú vypracované a záväzné pre bloky v prevádzke JE EBO V2 a JE EMO. Pre bloky vo fáze výstavby JE MO34 budú príslušné PRS uvedené do platnosti k termínu fyzikálneho spúšťania 3. bloku JE MO34.

Pri tvorbe programov riadenia starnutia pre SKK JE VVER 440 sú využívané skúsenosti z projektu „Riadené starnutie a optimalizácia životnosti blokov JE VVER 440“.

2.3.1.3 Výber SKK pre riadenie starnutia

Základným krokom v procese riadenia starnutia je určenie rozsahu sledovaných SKK. Výber SKK pre riadenie starnutia je realizovaný na základe nasledovných kritérií:

- plnenie bezpečnostnej funkcie SKK,
- požiadavky ÚJD SR,
- požiadavky WENRA,
- kvalifikácia zariadení,
- skúsenosti z prevádzky JE,
- vzťah SKK k dlhodobej prevádzke,
- výsledky realizovaných výskumných úloh,
- výstupy medzinárodného projektu MAAE IGALL.

Výsledkom definovania rozsahu SKK pre riadenie starnutia je „Zoznam SKK pre RS“, ktorý je definovaný pre jadrové bloky JE EBO V2 v dokumente [15], pre JE EMO v dokumente [16] a pre JE MO34 v dokumente [17].

Stanovenie výberu SKK pre RS pre jadrové bloky JE EBO V2 a JE EMO sa vykonávalo v rámci programu LTO podľa metodiky [18]. Táto metodika je v plnom súlade s požiadavkami legislatívy ÚJD SR a predmetného návodu MAAE [11]. V zmysle požiadavky návodu MAAE sú zaradené do výberu a hodnotenia pre LTO:

- zariadenia zabezpečujúce dôležité bezpečnostné funkcie – táto skupina SKK je v zmysle legislatívy SR [19] o klasifikácii vybraných zariadení, do bezpečnostných tried, plne pokrytá rozsahom zariadení BT I až BT III,
- zariadenia, ktoré napomáhajú zmierňovaniu určitých typov udalostí, ktorých funkcia vyplynula z bezpečnostných analýz (napr. použitie tlmičov na potrubných systémoch v prípade seizmickej udalosti),
- zariadenia dôležité pre LTO – na základe špeciálnej požiadavky držiteľa povolenia.

V rámci dostavby jadrových blokov JE MO34 boli vo všetkých etapách projektovania zohľadňované požiadavky súvisiace s riadením starnutia SKK. Bolo tak uskutočnené už v rámci revízie úvodného projektu v dokumente „Zásady tvorby a implementácie programov riadeného starnutia pre bloky JE MO34“ a tiež vypracovaním bezpečnostných konceptov pre najčastejšie sa vyskytujúce degradačné

mechanizmy. Uvedené koncepty zahŕňali špecifiká projektu JE MO34 a skúsenosti z realizácie PRS na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2 a JE EMO. V etape vykonávacieho projektu boli rozpracované konkrétne projekty tých dodávok, ktoré sú nevyhnutné pri realizácii jednotlivých programov RS (overovací program TNR, monitorovanie teplotného starnutia materiálov primárneho okruhu, korózna slučka pre sledovanie korózných procesov v materiáloch primárneho okruhu, sledovanie eróznej korózie na komponentoch sekundárneho okruhu, overovací program pre sledovanie životnosti káblov).

Programy riadenia starnutia sa predovšetkým vypracovávajú pre kategóriu zariadení, ktoré sa nazývajú „zariadenia s dlhodobou životnosťou“. Sú to zariadenia, u ktorých sa nepredpokladá, že sa budú periodicky vymieňať počas prevádzky JE. Ide o zariadenia, ktorých výmena by bola zložitá, nákladná alebo ich obstarávacia cena je vysoká.

Zariadenia s krátkodobou životnosťou sú sledované programom údržby, resp. kvalifikačnými programami. Aktivity v rámci programu údržby musia byť plánované tak, aby zabezpečili detekciu zhoršenia stavu komponentov ešte pred ich zlyhaním [20]. Činnosti údržby sú opísané v metodickom návode [21].

Držiteľa povolenia má zavedený proces „Spôľahlivosť zariadení“, v rámci ktorého je JE rozdelená na systémy, pričom systém je pre účely spoľahlivosti zariadenia definovaný ako skupina zariadení, ktoré spoločne zabezpečujú definovanú projektovú funkciu. Pre každý systém je vypracovaná „Stratégia udržiavania systému“, ktorá predstavuje zdokumentovanú preventívnu údržbu pre konkrétny systém, obsahujúci zoznam funkcií daného systému, komponentov systému, ich kritickosť a šablóny údržby priradené komponentom systému.

Opis činnosti údržby pre jednotlivé komponenty je v „šablónach údržby“ (ŠÚ), ktoré obsahujú zoznam typov a opisov činností preventívnej a prediktívnej údržby (monitorovanie, skúšky, inšpekcie, bežné a generálne opravy, kontroly, diagnostické kontroly na zistenie porúch), ktoré sa vykonávajú na kritických (A) a nekritických (B) komponentoch rovnakého alebo podobného typu (napr. armatúry, čerpadlá, elektromotory) s vyznačením frekvencie činnosti. Pri tvorbe ŠU sa využívajú odporúčania výrobcu a STD. Požiadavky výrobcu, ktoré sú uvedené v STD vo väzbe na údržbu zariadenia po modifikácií v rámci záručnej doby sú nadradené schváleným ŠU. Požiadavky na údržbu komponentov vybraných zariadení vyplývajúce z plánov kvality a IPZK sú záväzné, sú nadradené požiadavkám ŠU a sú zohľadňované pri tvorbe a aktualizácií ŠU. Šablóny údržby sú podkladom pre tvorbu SUS.

Hlavné časti „šablóny údržby“ pre daný komponent sú nasledovné:

- definícia komponentu
 - konštrukčné diely
 - bežné príčiny porúch
 - prvky, ktoré prispievajú k riziku vykonávanej údržby
 - definície – dôležitosť, pracovný cyklus, prevádzkové podmienky
 - dôležitosť – rozdelenie na kritický/nekritický komponent
 - definícia pracovného cyklu - vysoký/nízky
 - prevádzkové podmienky – sťažené/normálne
- opis činností udržiavania – vymenovanie činností, ktoré sa vykonávajú na komponente. Pre každú činnosť sú opísané nasledovné body:
 - cieľ činnosti
 - obsah činnosti
 - hlavné miesta a príčiny porúch

- vývoj degradácie v čase
- podpora pre interval úlohy a vzťah k ostatným úlohám
- tabuľka činností udržiavania s uvedením opisu a intervalu činností udržiavania, kódmi porúch, zdrojmi požadovaných činností (program, zákon, odborné prehliadky) pre daný pracovný cyklus, pracovné podmienky, kritickosť a kategóriu komponentu.

Samostatné činnosti údržby predpísané v šablónach údržby sa vykonávajú podľa technologických postupov údržby v súlade s návodom [22].

Proces Spoľahlivosť zariadení integruje a koordinuje široký rozsah činností vykonávaných na zariadeniach do jedného procesu [23], v rámci ktorého sa vyhodnotí stav dôležitých zariadení.

Vstupy pre definovanie rozsahu monitorovania sú uvedené v metodickom návode [24]:

- identifikované funkcie systémov,
- identifikované kritické, nekritické komponenty a komponenty prevádzkované do poruchy,
- dokumenty SUS,
- dokumenty SU,
- požiadavky z procesu SNaP,
- história monitorovania,
- výstupy z programov (PRS, tesniaci program),
- spätná väzba z realizovanej preventívnej a korektívnej údržby,
- spätná väzba z realizovaných SUP,
- údaje zo stabilných on-line diagnostických systémov,
- dáta zhromažďované v SAP,
- proces kontinuálneho zvyšovania spoľahlivosti zariadenia.

Z údajov, ktoré sú zbierané a vyhodnocované sú vypracovávané tzv. „Health reporty“ systémov a komponentových podskupín.

„Health report“ systému spravidla obsahuje:

- aktuálny stav výkonnosti systému a jeho trend,
- všeobecné zdôvodnenie hodnotenia výkonnosti systému,
- opis a štruktúru systému,
- scorecard systému,
- výstupy zo SUP a PRS,
- analýzy problémov (opis, riziko, stratégia, návrh opatrení),
- záver.

„Health report“ komponentovej podskupiny spravidla obsahuje:

- aktuálny stav výkonnosti komponentovej podskupiny, zhodnotenie a trend,
- opis a štruktúra komponentovej podskupiny,
- základné módy porúch,
- stratégia preventívnej údržby,
- analýza spoľahlivosti,
- analýza problémov (opis, riziko, stratégia, návrh opatrení),
- záver (zhodnotenie stavu komponentovej podskupiny z pohľadu do budúcnosti).

Na základe hodnotení jednotlivých systémov a komponentových podskupín a výstupov z procesu dlhodobého plánovania definovaných v metodickom návode [12] sa vypracováva „Správa o stave zariadenia elektrárne“.

2.3.2 Posudzovanie starnutia

Individuálne programy riadenia starnutia majú v zmysle metodického návodu [14] definovanú nasledujúcu štruktúru:

- opis základných informácií o SKK,
- identifikácia degradačných mechanizmov,
- zber a evidencia údajov,
- hodnotenie aktuálneho stavu SKK,
- preventívne a nápravné opatrenia.

2.3.2.1 Opis základných informácií o SKK

Každý individuálny PRS SKK obsahuje nasledujúce základné údaje o SKK:

- opis konštrukcie a funkcie SKK
 - základné informácie o SKK – názov, typ, umiestnenie, technologické označenie, bezpečnostná funkcia
 - technické parametre SKK – výrobca, výkon, opis konštrukcie, technické podmienky, výrobné číslo
 - opis funkcie a použitie – opis funkcie SKK a základné požiadavky kladené na SKK z hľadiska funkčnosti, bezpečnosti a kvalifikácie
- opis materiálových charakteristík
 - pre jednotlivé SKK uvedený druh materiálu, materiálové zloženie
- opis prevádzkových podmienok SKK
 - parametre prevádzkového prostredia (tlak, teplota), parametre okolia (teplota, tlak a vlhkosť) počas normálnych a havarijných podmienok.

2.3.2.2 Identifikácia degradačných mechanizmov

Spôsob identifikácie degradačných mechanizmov pôsobiacich na SKK je opísaný v metodickom návode [14] v kapitole „Identifikácia degradačných mechanizmov“. Vykonáva sa na základe znalostí:

- základného projektu,
- výroby,
- spôsobu prevádzkovania,
- prevádzkovej diagnostiky,
- programu údržby,
- programu prevádzkových kontrol,
- skúseností iných prevádzkovateľov,
- najnovších poznatkov vedy a výskumu.

V individuálnych programoch riadenia starnutia SKK sú v rámci opisu degradačných mechanizmov uvedené nasledujúce informácie:

- opis degradačného mechanizmu a určenie miest degradácie
 - zoznam degradačných mechanizmov vplyvajúcich na SKK

- definícia a opis rozhodujúceho degradačného mechanizmu (resp. viac mechanizmov, ak sa uplatňujú)
- stanovenie alebo určenie spôsobu výberu miest maximálneho pôsobenia degradačného mechanizmu.
- stanovenie metodiky hodnotenia degradačného mechanizmu
 - pre degradačné mechanizmy sú definované spôsoby ich hodnotenia [25] vrátane definovania indikátorov stavu a určenia kritérií prijateľnosti.

Identifikácia degradačných mechanizmov pre účely LTO JE EBO V2 bola realizovaná v súlade s dokumentmi [18] a [25].

Kritériá prijateľnosti pre jednotlivé degradačné mechanizmy sú uvedené v individuálnych PRS. Sú navrhnuté v súlade s metodickým návodom [14] tak, aby zabezpečili bezpečnú a spoľahlivú prevádzku SKK.

2.3.2.3 Zber a evidencia údajov

Pre potreby hodnotenia aktuálneho stavu SKK sa vykonáva zber a evidenciu potrebných údajov pre kvantifikáciu pôsobenia degradačného mechanizmu. Vstupné údaje poskytujú odborné útvary z nasledovných zdrojov (pozri Príloha č. 2):

Databáza skúšok (SUP) – podporná aplikácia skupiny riadenia režimov. Slúži na evidenciu a archiváciu výsledkov prevádzkových skúšok.

DATD – digitálny archív útvaru STaPD. Slúži na evidenciu, archiváciu a poskytovanie dokumentácie stavby. Prístup je zabezpečený prostredníctvom aplikácie DATD-NET.

PREV-DOK – sieťová aplikácia útvaru STaPD. Slúži na evidenciu, archiváciu a poskytovanie prevádzkovej dokumentácie.

DEFK (JE EBO V2), ASSIK (JE EMO) – aplikácie útvaru NDT. Slúžia na evidenciu, archiváciu, vyhodnocovanie a poskytovanie záznamov (protokolov) z vykonaných kontrol.

CHEMIS32 – databázová aplikácia odborného útvaru chemickej kontroly. Slúži na spracovanie dát z laboratórneho vyhodnotenia vzoriek a kontinuálnych kontrolných meraní.

TPS (JE EBO V2), BIS (JE EMO) – viacúrovňový informačno-riadiaci systém. Slúži pre priame meranie a spracovanie technologických údajov zo sekundárneho, primárneho a terciárneho okruhu JE a pre komunikáciu s inými informačnými a riadiacimi systémami. Spracované údaje sú archivované a prezentované obsluhu dozorní a ďalšiemu personálu JE.

SAP-QM – aplikácia pre riadenie kvality a pozostáva z niekoľkých modulov. Modul PM je určený na archiváciu a vyhodnocovanie protokolov z vykonaných kontrol kvality a údržbárskych zásahov.

Program pre evidenciu a vyhodnotenie správ z vykonaných odborných prehliadok a odborných skúšok vyhradených technických zariadení a vybraných zariadení. Táto databázová aplikácia útvaru revízných činností slúži na evidenciu, archiváciu a vyhodnocovanie protokolov z vykonaných činností.

Zdrojové databázy sú pravidelne aktualizované príslušnými správcami zdrojových databáz. Intervaly

zberu a evidencie údajov potrebných pre hodnotenie stavu SKK sú definované v individuálnych PRS.

Pre účely riadenia starnutia je vytvorená SW databázová aplikácia „Databanka riadenia starnutia“, ktorá slúži na evidenciu, archiváciu a hodnotenie údajov o SKK, potrebných pre hodnotenie aktuálneho stavu SKK zaradených v jednotlivých PRS. Riadenie databázy sa vykonáva podľa špeciálneho predpisu [26] a zodpovedá pravidlám pre riadenie dokumentácie stanovených v metodických návodoch [27], [28]. Udržiavanie databázovej aplikácie vykonávajú pracovníci „Skupiny pre riadenie životnosti“, vrátane riadenia prístupov do databázy.

Originály protokolov z kontrolných činností v oblasti prevádzkových kontrol, technickej kontroly, odborných prehľadok a odborných skúšok na vyhradených technických zariadeniach a diagnostiky odosielajú zodpovedné odborné útvary do registratúrneho strediska technickej dokumentácie v JE EMO a JE EBO V2, kde sú uložené po celú dobu životnosti elektrárne.

Všetky záznamy sú uchovávané v zmysle metodického návodu [29].

Záznamy sú špeciálnou skupinou dokumentácie, ktorá vzniká počas prevádzky JE EBO V2 a JE EMO. Môžu mať formu vyplnených formulárov, prevádzkových denníkov, protokolov, registračných pásov, digitálnych záznamov zapisovačov, atď.

Riadenie záznamov sa vykonáva podľa pravidiel stanovených v metodických návodoch [27], [28].

V prípadoch, keď vznikajúce záznamy nie sú riadené centrálné, ale ich riadenie je v kompetencii odborných útvarov, je postup riadenia záznamov súčasťou dokumentov, podľa ktorých sa činnosti vykonávajú (inštrukcie, prevádzkové inštrukcie, pracovné postupy, špeciálne predpisy).

Záznamy dokumentácie operatívneho riadenia (záznamy z porád, rozhodnutia) sú riadené z úrovne vedenia podniku (SE, a. s.) podľa metodického návodu [29].

2.3.2.4 Hodnotenie aktuálneho stavu SKK

Pre hodnotenie aktuálneho stavu SKK je vypracovaná:

- metodika hodnotenia degradačného mechanizmu,
- opis meraných veličín pre stanovenie stupňa degradácie SKK,
- stanovenie intervalu sledovania degradačného mechanizmu.

Hodnotenie degradačného mechanizmu v zmysle príslušnej metodiky hodnotenia je zabezpečované Skupinou pre riadenie životnosti. V prípade, že hodnotenia, výpočty a laboratórne merania nie je možné z odborného hľadiska vykonať Skupinou pre riadenie životnosti, sú spracovávané externou odbornou organizáciou. Hodnotenia SKK vrátane kritérií a intervalov hodnotenia sú popísané v individuálnych PRS. Výsledky z interných a externých analýz a výpočtov sumarizuje Skupina pre riadenie životnosti.

Porovnaním parametrov aktuálneho stavu SKK so stavom v predchádzajúcich hodnotených obdobiach sa vykonáva trendovanie degradácie materiálov sledovaných SKK.

V rámci procesu spoľahlivosti zariadení je v SE, a. s. zavedený systém hodnotenia a trendovania výkonnosti (Príloha č. 4).

V prípade zmeny parametra sa realizujú nasledovné opatrenia:

- V prípade zlepšenia stavu parametra, sa analyzuje, či je táto zmena stochastická (náhodná), alebo nastala ako odozva na nápravnú činnosť. Skutočnosť, na základe ktorých sa hodnoty parametra zmenili, sa stručne popíšu do scorecardu resp. „Health reportu“.
- V prípade zhoršenia stavu parametra, sa vykoná analýza. Ak nie je príčinou zhoršenia stavu parametra nesprávne monitorovanie (nesprávne nastavené parametre alebo kritériá parametra monitorovania), zistia sa dôvody zhoršenia, nájdu sa príčiny zmeny parametra a postupuje sa podľa metodického návodu [30]. Výsledok z analýzy sa uvedie krátkym komentárom v „Health reporte“.
- Ak sa zlepší celkový stav systému/komponentovej podskupiny o dve farebné škály, vykoná sa zásah do farebného hodnotenia a trendu zlepšenia celkového stavu systému/komponentovej podskupiny v „Health reporte“. Uvedená skutočnosť sa vysvetlí komentárom.
- Ak sa zhorší celkový stav systému/komponentovej podskupiny vykoná sa analýza a prijme sa akčný plán na zlepšenie.

Ak je stav SKK nezmenený, skontrolujú sa trendy jednotlivých parametrov. Ak je stav systému/komponentu akceptovateľný v súčasnosti, preverí sa či trendy nesmerujú k zhoršovaniu.

Výsledky hodnotení sú prerokované na Komisii spoľahlivosti zariadení a poskytované vedeniu jadrovej elektrárne.

V zmysle metodického návodu [14] sa pre vybrané SKK zaradené do PRS, vypracovávajú v stanovených intervaloch nasledovné hodnotiace dokumenty:

- Ročná hodnotiaca správa o stave SKK – podkladom pre túto správu sú výsledky a aktivity z jednotlivých PRS vybraných zariadení. Správa sa vypracováva v nasledujúcom rozsahu:
 - vyhodnotenie aktuálneho stavu SKK zaradených do PRS na základe určených indikátorov stavu
 - vyhodnotenie plnenia harmonogramov hodnotenia jednotlivých PRS SKK
 - návrh opatrení na odstránenie alebo zmiernenie účinkov degradačných mechanizmov na SKK
 - vyhodnotenie účinnosti prijatých opatrení
 - návrh plánovaných aktivít v rámci PRS.
- Správa o periodickom hodnotení jadrovej bezpečnosti pre oblasť Riadenie starnutia – správa je vypracovávaná v súlade so súčasnými legislatívnymi požiadavkami [6] a [7]. Hodnotenú oblasť za oblasť riadenia starnutia sú:
 - stratégia a dokumentácia programov riadenia starnutia
 - úplnosť zoznamu vybraných zariadení zahrnutých do PRS
 - záznamy a vhodnosť výberu zaznamenávaných údajov ovplyvňujúcich starnutie, ako aj údajov identifikujúcich stav životnosti vybraných zariadení
 - výsledky sledovania životnosti a efektívnosť PRS vymeniteľných vybraných zariadení
 - kritériá prijateľnosti, aktuálne a požadované bezpečnostné rezervy vybraných zariadení
 - úroveň pochopenia fyzikálnych podmienok, dominantných mechanizmov starnutia, aktuálnej bezpečnostnej rezervy a ďalších vplyvov, ktoré by mohli znížiť životnosť vybraných zariadení
 - možnosti zmiernenia následkov procesu starnutia vybraných zariadení.
- Po ukončení generálnej odstávky každého bloku je predkladaná ÚJD SR „Správa o čerpaní životnosti vybraných komponentov bloku“. V prípade, ak oproti predchádzajúcemu roku došlo k výraznejším nepriaznivým zmenám hodnôt poškodenia, sú v správe uvedené príčiny a navrhované, pripravované alebo už realizované nápravné opatrenia.
- Pred fyzikálnym spustením bloku po príslušnej GO sa uskutočňuje zasadnutie Komisie pre vyhodnotenie výsledkov PK vybraných zariadení, na ktorom sú prezentované informácie o:
 - priebehu GO bloku, realizovaných projektových zmenách

- výsledkoch programu prevádzkových kontrol (NDT a technické kontroly)
- výsledkoch odborných prehliadok a skúšok technických zariadení
- výsledkoch kontrol a prác na hermetickej zóne
- výsledkoch diagnostických systémov
- výsledkoch čerpania životnosti (TNR, káble, potrubia TVD).

Prezentované výsledky sú spracované do správy „Vyhodnotenie výsledkov programu PK VZ bloku vykonaných počas GO“ a sú zasielané v zmysle príslušného rozhodnutia [3] na ÚJD SR.

2.3.2.5 Využitie programov výskumu a vývoja

Držiteľ povolenia sa podieľal ako realizátor na riešení úlohy výskumu a vývoja 1300 „Riadené starnutie a optimalizácia životnosti blokov jadrových elektrární s VVER 440“. Výsledky projektu sa využívajú pri tvorbe individuálnych PRS a systematického prístupu k riadenému starnutiu.

Všetky inovačné aktivity pre držiteľa povolenia koordinuje v súlade s metodickým návodom [31] Centrum inovácií, ktoré spadá pod útvar Inžinieringu. Toto centrum má koordinačnú úlohu a zohráva rolu jednotného miesta kontaktu pre témy a aktivity v oblasti inovácií, ktoré prebiehajú na úrovni prevádzkovaných jadrových blokov JE EBO V2, JE EMO a JE MO34.

V súčasnosti v rámci rôznych projektov výskumných organizácií a prevádzkovateľov prebieha intenzívna výmena informácií o nových poznatkoch a výsledkoch výskumu v oblasti degradácie SKK jadrových elektrární. Držiteľ povolenia má trvalé zastúpenie v týchto projektoch, čím je zabezpečený prenos informácií do procesov RS na JE.

Držiteľ povolenia má zastúpenie v nasledovných projektoch:

- V rokoch 2005 – 2007 sa dodávateľská organizácia, ktorá sa podieľa na aktivitách v oblasti riadenia starnutia SKK zúčastnila projektu SALTO zameraného na vypracovanie základných princípov LTO, hlavne na procesy riadenia starnutia. V roku 2012 sa zástupca držiteľa povolenia zúčastnil misie SALTO v JE Pakš ako pozorovateľ za oblasť „Stavebné konštrukcie“.
- Od roku 2010 sa držiteľ povolenia zúčastňuje projektu MAAE IGALL – projekt zameraný na vypracovanie praktického návodu na riadenie starnutia zariadení JE dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti vrátane odporúčaní pre efektívne riadenie programov starnutia. Projekt je rozdelený na tri profesijné oblasti: oblasť strojných zariadení, oblasť elektrických zariadení a oblasť stavebných konštrukcií JE. V každej pracovnej skupine má držiteľ povolenia zastúpenie.
- OECD/NEA CADAK – projekt zameraný na rozšírenie existujúcich databáz a vedomostí v oblasti riadenia starnutia a kvalifikácie káblov. Do tohto projektu je držiteľ povolenia zapojený od roku 2011.
- OECD/NEA CODAP – projekt zameraný na rozšírenie existujúcich databáz o poruchy pasívnych komponentov primárneho okruhu ako aj ostatných komponentov, ktorých porucha má významný vplyv na prevádzku vrátane opatrení z pohľadu degradačných mechanizmov. Držiteľ povolenia má zabezpečený prístup do databázy prevádzkových skúseností ako i možnosť prispievať informáciami o vyskytnutých udalostiach v prevádzkovaných jadrových elektrárnach.
- VERLIFE MAAE – v rámci projektu je vypracovaný Návod pre hodnotenie integrity a životnosti komponentov a potrubí v JE typu VVER [32]. Návod bude po validácii v jednotlivých krajinách prevádzkujúcich JE typu VVER využívaný pre hodnotenie integrity a životnosti vytypovaných SKK. Aplikácia návodu zabezpečí unifikáciu používaných výpočtových postupov a metodík hodnotenia s cieľom možného porovnávania výsledkov a rozširovania vedomostnej databázy o degradácii konštrukčných materiálov JE typu VVER.

- MAAE – Research Coordination Meeting on the Review and Benchmark of Calculation Methods on Piping Wall Thinning due to Erosion – Corrosion in Nuclear Power Plants. Projekt trval od roku 2011-2014. Výstupom projektu bude vypracovaný návod na sledovanie eróznej korózie vrátane teoretických aspektov erózie.
- OECD Halden Reactor project – Fuels and Materials – projekt je zameraný na rozvoj metodiky Small Punch Test (SPT), ktorá umožňuje stanovenie základných mechanických vlastností pomocou malých vzoriek. Cieľom celého projektu bola priama korelácia výsledkov s aktuálne riešenými programami overovacích vzoriek pre JE EBO V2 a JE EMO a posúdenie vplyvu ožarovania vzoriek v energetickom a výskumnom reaktore na rýchlosť degradácie mechanických vlastností.
- Dodávateľská organizácia, ktorá sa podieľa na aktivitách v oblasti riadenia starnutia a kvalifikácie káblov bola jedným z riešiteľov projektu MAAE „Coordinated research program on Qualification, Condition Monitoring and Management of Aging of Low Voltage Cables in Nuclear Power Plant Life Management“, 2012-2015. Hlavným cieľom projektu bola identifikácia monitorovacích metód s potenciálom na monitorovanie degradácie a hodnotenie starnutia rôznych typov izolačných materiálov.
- Držiteľ povolenia má prístup k databázam a materiálom EPRI „Electric Power Research Institute“, v oblasti riadenia starnutia.
- Držiteľ povolenia je členom International Equipment Reliability Working Group, ktorá je zameraná na výmenu skúseností v procese Spôľahlivosť zariadení.

2.3.2.6 Využitie interných a externých skúseností

Držiteľ povolenia má detailne spracovaný postup pri získavaní, analyzovaní a uplatňovaní prevádzkových skúseností opísaný v dokumentoch [33], [34] pri ktorom rozlišuje externú a internú prevádzkovú skúsenosť. Pri využívaní prevádzkových skúseností sa uplatňuje zásada, že na externé prevádzkové skúsenosti sa prihliada ako na vlastné interné skúsenosti.

Zdrojom skúseností sú zvyčajne:

- Interné skúsenosti na JE
 - databáza interných udalostí, udalostí bez následkov a skoroudalostí (SAP)
 - databáza nápravných opatrení (SAP), databáza JIT (Just in Time) – súhrn informácií o prevádzkových skúsenostiach (SAP) databáza záznamov z prevádzky.
- Externé skúsenosti
 - databáza skúseností, spracované správy z WANO/INPO/IRS/ČEZ/SE (SAP)
 - databáza preventívnych opatrení (SAP)
 - ostatné relevantné WANO/INPO dokumenty
 - informácie z komunikácie s inými JE a informácie od dodávateľov
 - spolupráca s koordinátorom využívania prevádzkových skúseností.
- Ostatné zdroje skúseností
 - elektronické rozširovanie pre okamžité upozornenie vybraných skupín zamestnancov, periodiká, časopisy, informačné centrá (nástenky), video informačný systém JE.

Okrem uvedených aktivít využívania prevádzkových skúseností držiteľ povolenia uplatňuje tiež princípy samohodnotenia a benchmarkingu v súlade so smernicou [35]. Program samohodnotenia a benchmarkingu je založený na základných princípoch stanovených v návode WANO [36].

Benchmarking v prevádzke JE slúži na systematické porovnávanie postupov, metód a očakávaní manažmentu s inými vysokovýkonnými organizáciami s cieľom určiť najlepšie postupy a metódy a stanoviť plán na zlepšovanie výkonnosti alebo procesov.

Samohodnotenie predstavuje hodnotenie špecifických činností, zariadení, útvarov, oblastí výkonnosti, programov, procesov alebo systémov voči špecifickým kritériám. Samohodnotenia sú využívané na porovnanie aktuálnej výkonnosti voči najvyšším štandardom výroby, očakávaniam manažmentu a požiadavkám dozorných orgánov, s cieľom identifikovať a napraviť oblasti vyžadujúce si zlepšenie.

Držiteľ povolenia má zavedený proces „Využívania prevádzkových skúseností“. Výstupy z procesu sú využívané v procese „Riadenia starnutia“. Na základe dôležitých poznatkov z útvarov prevádzky, údržby zariadenia a kontroly sa vypracovávajú podnety na elimináciu nadmerného poškodzovania jednotlivých SKK spätne v procese RS.

Okrem vyššie uvedených zdrojov z interných a externých skúseností sa pravidelne organizuje:

- „Seminár výmeny skúseností v oblasti riadenia starnutia a LTO“ za účasti špecialistov SE, a. s., ČEZ, a. s., ÚJV Řež, a. s. a VÚJE Trnava., a. s.,
- stretnutia v oblasti riadenia spoľahlivosti – Slovensko, Česko, Maďarsko,
- benchmarkig “Databáza chemických režimov“ – Slovensko, Česko, Maďarsko, Fínsko,
- partnerské previerky a technické podporné stretnutia WANO,
- previerky OSART a technické podporné stretnutia MAAE.

2.3.3 Monitorovanie, testovanie, odber vzoriek a kontrolné činnosti

Tieto činnosti má držiteľ povolenia v rámci procesu riadenia starnutia pokryté nasledovne:

- Overovacie programy na sledovanie stavu SKK
 - program overovacích vzoriek TNR
 - program monitorovania teplotného starnutia zariadení PO
 - program na monitorovanie parametrov prostredia pre účely realizácie PRS káblov
 - program overovacích vzoriek káblov
 - program na monitorovanie protipožiarneho nástreku káblov
 - program na sledovanie korózneho stavu materiálov PO – Korózna slučka
 - program na sledovanie korózneho stavu materiálov SO.
- Program prevádzkových kontrol [37], [38], [39] – tento má držiteľ povolenia zavedený od začiatku prevádzky jadrových elektrární. Rozsah a frekvencia skúšania, sledovania a kontrol vybraných zariadení sú stanovené na základe ich bezpečnostnej dôležitosti a vychádzajú z platných plánov kvality vybraných zariadení, limit a podmienok bloku, národnej legislatívy [6], [40], odporúčaní MAAE, prevádzkovej skúsenosti, požiadaviek dlhodobej prevádzky, odporúčaní vyplývajúcich z výsledkov výpočtových analýz poškodenia, zavedenia nových kvalifikovaných metód skúšania a zmeny intervalu kontrol SKK. Ďalšími zdrojmi pre vypracovanie programov prevádzkových kontrol sú technické podmienky, resp. návody na obsluhu zariadení. Na základe vyššie uvedených podkladov je pre každý jadrový blok spracovaný pracovný postup [41], [42], [43], [44]. Všetky zmeny programe prevádzkových kontrol, ich frekvencia, spôsob vyhodnocovania, sú schvaľované ÚJD SR.
- Programy predprevádzkových kontrol SKK jadrových blokov vo výstavbe JE MO34 zahŕňajú prevádzkové skúsenosti z prevádzkovaných blokov JE EBO V2 a JE EMO. V rámci predprevádzkových kontrol SKK JE MO34 boli zozbierané nielen výsledky už uskutočnených NDT kontrol, ale boli uskutočnené aj nulté merania všetkých teplo-výmenných rúrok PG, komponentov potrubných trás sekundárneho okruhu zaradených do sledovania v rámci PRS potrubí sekundárneho okruhu, boli uskutočnené odbery z komponentov sekundárneho okruhu pre overenie chemického zloženia, pripravené overovacie vzorky káblov pre uloženie v reálnych

podmienkach prevádzky. Údaje z týchto meraní sú zaevidované v DRS a budú slúžiť pre hodnotenie životnosti SKK JE MO34.

- Monitorovanie prevádzky JE je zabezpečené nasledovnými činnosťami
 - program dozorovania (SUP) – program, pomocou ktorého sa zabezpečuje vykonávanie kontrolných činností pre overenie, že jadrová elektrárňa je prevádzkovaná v rámci predpísaných LaP (prípadne iných technických špecifikácií) a zaisťuje včasnú detekciu každého zhoršenia stavebných konštrukcií, systémov a zariadení a tiež všetky nepriaznivé trendy, ktoré by mohli viesť k zníženiu úrovne jadrovej bezpečnosti
 - funkčné skúšky – plánované a periodicky vykonávané skúšky, ktoré musia zaručiť, že skúšaný systém alebo zariadenie je schopné vykonávať jeho projektom stanovenú funkciu v súlade s požiadavkami technologických a prevádzkových predpisov, LaP, dozorných orgánov a noriem
 - monitorovanie a analyzovanie údajov z technologického procesu a prevádzkových stavov zariadení a navrhovanie nápravných opatrení
 - analýza, hodnotenie a optimalizácia režimov normálnej prevádzky a poruchových prevádzkových stavov blokov
 - skúšky ochrán a blokad – slúžia na preverovanie správnej činnosti a nastavenia úrovni automatík, ochrán a blokad
 - skúšky prevádzkyschopnosti – skúšobná prevádzka zariadenia za účelom preverenia ich pripravenosti k prevádzke a schopnosti plniť svoje projektové funkcie
 - tvorba, posudzovanie a optimalizovanie prevádzkovej dokumentácie pre normálnu prevádzku (prevádzkové predpisy, programy, pracovné postupy) pre zabezpečenie riadenia režimov blokov, dodržiavania jadrovej bezpečnosti a požiadaviek LaP.

2.3.4 Preventívne a nápravné opatrenia

Držiteľ povolenia má zavedený Systém prevencie a nápravy, ktorý vychádza zo základných princípov návodu WANO [36]. Základné požiadavky a pravidlá sú stanovené v metodickom návode [45]. Cieľom procesu SNaP je cez identifikáciu problémov a včasné odstraňovanie ich príčin zabrániť výskytu závažných prevádzkových udalostí a zabezpečiť bezpečnosť, spoľahlivosť a ekonomickú efektívnosť prevádzkovaných jadrových zariadení.

Analýza problémov/udalostí je vykonávaná na základe metodík uvedených v metodickom návode [46]. Výsledkom analýzy príčin problémov je návrh nápravných opatrení, realizácia ktorých je zabezpečovaná v súlade s metodickým návodom [47]. Podrobné požiadavky a postupy na zisťovanie a analýzu trendov sú stanovené v metodickom návode [48].

V prípade závažných prevádzkových udalostí zabezpečuje okamžité vyšetrenie príčin udalosti aj s prijatými nápravnými opatreniami na obnovu normálnej prevádzky bloku „Mimoriadna poruchová komisia“. Podrobné požiadavky na jej činnosť sú stanovené v metodickom návode [49].

Pravidelné monitorovanie výkonnosti a efektívnosti SNaP je realizované prostredníctvom správ, ktoré sú predkladané na rokovaní výboru SNaP. Na základe správ výbor SNaP prijíma nápravné opatrenia na zabránenie opakovanému výskytu závažných problémov a na zlepšenie efektívnosti procesu [48]. Základná schéma procesu SNaP je uvedená v Prílohe č. 5. Nápravné a preventívne opatrenia sú vstupom pre proces Spoľahlivosť zariadení, sú súčasťou „Health reportov“ jednotlivých systémov. Administratívne kontroly sa vykonávajú postupmi stanovenými riadiacim dokumentom [50].

Posúdenie vhodnosti preventívnych a nápravných opatrení pred uvedením bloku do prevádzky po pravidelnej GO je v kompetencii Komisie pre hodnotenie výsledkov prevádzkových kontrol, ktorej činnosť je popísaná v návode [51].

V prípade potreby riešenia nápravného opatrenia v procese riadenia starnutia sa postupuje v zmysle návodu [14]. Za týmto účelom sa vytvárajú pracovné skupiny, ktorých cieľom je analyzovať príčiny zvýšeného pôsobenia degradačného mechanizmu a navrhovať nápravné opatrenia vedúce k zníženiu trendu pôsobenia degradačného mechanizmu.

V prípade, keď kontrola, revízia, údržbársky zásah alebo informácia o nálezoch a poruchách preukáže poškodenie SKK v dôsledku pôsobenia iného degradačného mechanizmu, ktorý nebol uvažovaný alebo sa preukáže odchýlka od projektu, ktorá nebola použitím monitorovacích prostriedkov odhalená, v súlade s metodickým návodom [14] sa vykonajú analýzy, ktorých výsledky sa použijú pre aktualizáciu PRS, údržbárskych zásahov alebo sa na ich základe vykoná rozšírená oprava a údržba SKK alebo sa iniciuje zmena podmienok prevádzky.

Hodnotenia, výpočty, skúšky a laboratórne merania, ktoré nie je možné z odborného hľadiska vykonať internými zdrojmi sú spracovávané externou odbornou organizáciou. Výsledky týchto analýz a z nich vyplývajúce opatrenia sa evidujú v databanke riadenia starnutia.

Pre účely definovania postupov pre zber a spracovanie informácií o udalostiach, šetrenie príčin vzniku udalosti, prijímanie nápravných opatrení a sledovanie ich plnenia počas realizácie výstavby, neaktívnych skúšok a spúšťania má držiteľ povolenia vo výstavbe JE MO34 vypracovaný metodický návod [52]. Pre účely spätnej väzby z prevádzky má držiteľ povolenia jadrového bloku vo výstavbe JE MO34 vypracovaný metodický návod [53].

2.4 Revízia a aktualizácia programu riadenia starnutia

Aktualizáciu PRS vykonáva Skupina pre riadenie životnosti formou revízie v nasledovných prípadoch:

- zmena metodiky, resp. kritérií hodnotenia degradačného mechanizmu,
- identifikácia nových miest degradácie SKK,
- skúseností z realizácie PRS,
- prevádzkové skúsenosti,
- zistenia z auditov,
- projektové zmeny,
- zmena organizačnej štruktúry,
- analýzy s časovo obmedzenou platnosťou,
- nové kvalifikované metódy skúšania,
- periodické hodnotenie bezpečnosti.

Držiteľ povolenia pravidelne, najmenej jedenkrát za tri roky preskúmava a aktualizuje jednotlivé PRS v súlade s ISM SE, a. s. a vyhláškou ÚJD SR [19]. Ak z tohto preskúmania vznikne potreba aktualizácie dokumentácie, ktorú ÚJD SR neschvaľuje alebo neposudzuje, držiteľ povolenia vykoná jej revíziu do troch mesiacov od preskúmania.

Hodnotenie procesu riadenia starnutia sa vykonáva jedenkrát za 10 rokov formou „Hodnotiacej správy za oblasť RS“, ktorá je súčasťou hodnotiacej správy PHJB v súlade s vyhláškou ÚJD SR [7]. Po ukončení PHJB držiteľ povolenia realizuje akčný plán nápravných opatrení.

Hodnotenie a aktualizácia PRS boli realizované aj v rámci Programu dlhodobej prevádzky JE EBO V2 v súlade s dokumentom [54] v rozsahu legislatívnych požiadaviek [7]. Cieľom previerky bola identifikácia vhodnosti, dostatočnosti a úplnosti jednotlivých zavedených PRS.

Výstupom z hodnotenia sú hodnotiace protokoly o previerke PRS. V zmysle záverov a odporúčaní z hodnotiacich protokolov a listov bol vypracovaný „Akčný plán nápravných opatrení programu LTO JE EBO V2“.

2.4.1 Vyhodnotenie modifikácií elektrárne, ktoré môžu ovplyvniť celkový PRS

Držiteľ povolenia má zavedený proces „Riadenie konfigurácie“, ktorého podprocesmi sú:

- riadenie konfigurácie úvodného procesu – „Design Authority“ (DA),
- riadenie technických zmien v JE,
- udržiavanie bezpečnostnej správy,
- riadenie SNaP,
- riadenie procesu prevádzky a udržiavania technológie JE.

„Design Authority“ je zameraný na nezávislý dozor v procese technických zmien. Má povinnosť skontrolovať, overiť a schváliť alebo zamietnuť technické zmeny SKK.

Technická zmena sa iniciuje prostredníctvom systému SAP Nuclear cez transakciu „Založenie návrhu na technickú zmenu hlásenia“. Riešenie iniciácie zmeny je zabezpečené vypracovaním a následným schválením návrhu na zmenu v súlade s návodom [55]. Každý zaevidovaný a na odborných útvaroch držiteľa povolenia schválený návrh na zmenu je následne prerokovaný a schválený na Technickom výbore prevádzkovaných blokov JE EBO V2 a JE EMO.

Z dôvodu prenosu prevádzkových skúseností na jadrový blok v etape výstavby JE MO34 sú prostredníctvom Technického výboru prevádzkovaného bloku JE EMO zasielané na útvary Konfigurácie úvodného projektu jadrového bloku vo výstavbe JE MO34 návrhy na technickú zmenu, s odporúčením ich realizácie v priebehu výstavby, spúšťania alebo prevádzky.

Po zabezpečení všetkých činností spojených s realizáciou zmien z prevádzkových nákladov vrátane funkčných skúšok sú zmeny realizované na SKK, zapracované do dokumentácie skutočného stavu podľa metodických návodov [56]. Na základe zrealizovaných zmien na SKK sú v prípade potreby následne individuálne PRS aktualizované.

Všetky implementované projektové zmeny klasifikované ako „Významné zmeny“ a „Malé zmeny“ vykonané počas fázy projektovania, výroby, výstavby, montáže a spúšťania jadrových blokov vo výstavbe JE MO34 sú zaznamenané v Databáze projektových zmien JE. Prístup do Databázy projektových zmien je zabezpečený cez Intranet SE, a. s. Ostatné projektové zmeny, ku ktorým môže dôjsť počas etapy projektovania sú riadené ako revízie jednotlivých dokumentov podliehajúcich schvaľovaniu útvarom Inžinieringu. Proces modifikácií Úvodného projektu jadrových blokov vo výstavbe JE MO34 je stanovený Príkazom riaditeľa [57], ktorý opisuje systém riadenia projektových zmien a jeho princípy.

V rámci procesu SNaP je proces Design Authority zameraný na posudzovanie a spracovanie stanovísk k interným a externým prevádzkovým udalostiam a nápravným opatreniam z pohľadu Design Basis JE [58].

2.4.2 Vyhodnotenie a meranie efektívnosti riadenia starnutia

Hodnotenie efektívnosti riadenia starnutia jednotlivých SKK sa realizuje na základe vyhodnotenia definovaných indikátorov stavu a určených kritérií prijateľnosti, ktoré sú súčasťou všetkých individuálnych PRS. Informácie o identifikátoroch, ktoré vypovedajú o stave sledovaných SKK v rámci RS sú súčasťou „Ročnej hodnotiacej správy o stave SKK“.

Okrem aktivít vyplývajúcich z procesu RS má držiteľ povolenia v rámci procesu „Spôľahlivosť zariadení“ zavedený proces „Monitorovania výkonnosti“.

Pre každú dôležitú funkciu systému sú zadané monitorovacie parametre, potrebné pre efektívne sledovanie nepriaznivých trendov a degradácie, ktorá môže ovplyvniť výkonnosť systému. V správach o stave systémov „Health report“ systému je pravidelne vyhodnocovaný aktuálny stav výkonnosti systému a jeho trend v súlade s metodickým návodom [24]. Monitorovanie výkonnosti systému a trendovanie je opísané v kapitole 2.3.2.4 a v kapitole 2.4.2.

2.4.3 Vyhodnotenie analýz s časovo obmedzenou platnosťou

Požiadavka na revíziu analýz bezpečnosti s časovo obmedzenou platnosťou (angl. „TLAA“) je definovaná v slovenskej legislatíve [7]. TLAA sú typy bezpečnostných analýz špecifických pre konkrétnu JE, ktoré majú základ na explicitne uvažovanej dobe prevádzky alebo projektovom technickom živote zariadenia a zahŕňajú vplyvy starnutia na zariadenie. Revízia analýz TLAA sa vykonáva pre časť SKK na JE identifikovaných ako „bezpečnostne významné zariadenia s dlhodobou životnosťou“. Cieľom revízie je identifikovať príslušné TLAA pre jednotlivé hodnotené SKK a zhodnotiť ich platnosť pre celú predpokladanú dobu LTO. Podobne ako v prípade revízie PRS, pred zahájením vlastného hodnotenia je vypracovaná a schválená metodika hodnotenia [59]. Záznam o priebehu a výsledkoch previerky je vo forme hodnotiacich protokolov.

2.4.4 Postup zapracovania legislatívnych zmien do PRS

Držiteľ povolenia sa podieľa na tvorbe legislatívy v súlade s [60] a [61]. Riadenie komunikácie s príslušnými dozornými orgánmi s cieľom zapracovania pripomienok a návrhov držiteľa povolenia v legislatíve pre jadrové zariadenia sa vykonáva v súlade s metodickým návodom [62].

Zmeny v medzinárodnej legislatíve sa zapracovávajú do PRS formou revízie programov.

Na jadrovom bloku vo výstavbe JE MO34 je nastavený systém pravidelnej aktualizácie informácií a znalostí o pripravovanej alebo schválenej legislatíve SR a EÚ pre umožnenie hodnotenia ich vplyvu na samotný proces licencovania Projektu SE-MO34 [63].

2.5 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou celkového PRS

Riadenie starnutia a hodnotenie životnosti sa na JE v SR začalo implementovať od roku 1991, pričom bolo súčasťou viacerých projektov zameraných na zvyšovanie jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky JE [64]. Pravidlá systematického prístupu k riadeniu starnutia SKK boli zadané v roku 2001 v návode ÚJD SR „Riadenie starnutia SKK“ [65]. Postupne sa začali vypracovávať a zavádzať individuálne programy riadenia starnutia SKK.

Individuálne programy riadenia starnutia boli vypracované na začiatku procesu riadenia starnutia držiteľom povolenia. V súvislosti s programom dlhodobej prevádzky sa programy riadenia starnutia

SKK vypracovávajú na obdobie 60 rokov prevádzky, čo bolo na misii WANO Peer Review na prevádzkovanom jadrovom bloku JE EMO v roku 2013 a misii OSART (rozšírená o modul LTO) na prevádzkovanom bloku JE EBO V2 v roku 2010 klasifikované ako dobrá prax.

V rámci zvyšovania výkonu jadrových blokov JE EBO V2 a JE EMO boli vykonané analýzy dopadu zvýšenia výkonu na SKK. Na základe výstupov z jednotlivých analýz boli aktualizované individuálne PRS. Analýza vplyvu zvýšeného výkonu na potrubia sekundárneho okruhu bola na misii WANO Peer Review na prevádzkovanom jadrovom bloku JE EMO v roku 2013 tiež klasifikovaná ako dobrá prax.

Zavedením procesu „Spôľahlivosť zariadení“ boli vykonané zmeny v procese riadenia starnutia SKK definujúce nové zodpovednosti a väzby jednotlivých odborných útvarov.

Skúsenosti držiteľa povolenia s procesom riadenia starnutia na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2 a JE EMO sa implementovali na jadrový blok v etape výstavby JE MO34. Boli realizované konštrukčné úpravy a vylepšenia:

- oprava horného zvaru tepelného tienenia na nátrubkoch HRK viek TNR,
- zámery úchytovej tyče za nové prevedenie, ktoré umožňuje zvýšiť dovolenú hodnotu tvrdosti počas prevádzky,
- zmena materiálu potrubí SHN PG za nehrdzavejúcu oceľ, ktorá viedla k odstráneniu heterogénneho spoja na nátrubku SHN PG,
- zmena konštrukcie potrubí napájacej vody v PG, čím bol presunutý heterogénny spoj nad hladinu napájacej vody,
- zmena materiálu teplo-výmenných rúrok kondenzátorov z mosadzných za titánové, čo umožní prevádzkovanie sekundárneho okruhu s vyšším pH,
- zmena materiálu kritických potrubí sekundárneho okruhu za nízkoalloyované ocele s vyššou odolnosťou voči eróznej korózii,
- použitie nových typov oheň nešíracích káblov,
- Z dôvodu zvýšeného čerpania životnosti nátrubkov napájacej vody parogenerátorov JE EBO V2 bola vypracovaná analýza príčin zvýšeného čerpania životnosti. Výstupom analýzy bola úprava prevádzkových režimov v etape nábehu bloku, ktorá mala za následok zníženie čerpania životnosti nátrubkov napájacej vody parogenerátorov.

2.6 Proces regulačného dohľadu

Opatrenie na zvýšenie jadrovej bezpečnosti prevádzkovaných reaktorov jadrovej elektrárne JE EBO V1 (momentálne v procese vyradovania) vychádzajúce zo záverov expertíz komplexného stavu tejto jadrovej elektrárne a požadované bývalým štátnym dozomom ČSKAE jeho rozhodnutím č. 5/1991 boli prvé kroky smerujúce k aktivitám, ktoré sa týkali sledovania niektorých komponentov jadrového zariadenia (JZ) z hľadiska ich životnosti. Na základe výsledkov stanovených analýz držiteľ povolenia zaviedol diagnostické systémy na tlakovej nádobe reaktora (TNR), parogenerátoroch (PG), kompenzátore objemu (KO) a potrubí primárneho okruhu. Tieto opatrenia možno považovať za implicitné riadenie starnutia vybraných komponentov JZ. Metodiky sledovania týchto komponentov boli použité v Slovenskej republike aj na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2.

ÚJD SR, ako novovytvorený štátny dozor, svojimi rozhodnutiami neskoršie stanovil požiadavky a rozsah vybraných zariadení, pre ktoré je potrebné predkladať hodnotenie čerpania životnosti, rozsah a periodicitu hlásení držiteľa povolenia o čerpaní kritérií na palivo za danú kampaň a čerpaní

limitovaného počtu prevádzkových režimov hlavných komponentov PO, potrubia pary a napájacej vody za danú kampaň a súhrnne od začiatku prevádzky. Tieto požiadavky boli uplatnené na všetkých prevádzkovaných blokoch v Slovenskej republike (JE EBO V2 a JE EMO).

Požiadavky na proces riadeného starnutia sa medzi požiadavkami ÚJD SR systematicky objavujú od roku 2001 vydaním bezpečnostného návodu ÚJD SR „Riadenie starnutia jadrových elektrární. Požiadavky, BNS I.9.2/2001, ÚJD SR, Bratislava, 2000“.

Aktuálne základné požiadavky ÚJD SR na vypracovanie, zavedenie a realizáciu programov riadenia starnutia SKK dôležitých pre bezpečnosť sú stanovené v bezpečnostnom návode [5]. Tento návod vychádza z odporúčaní bezpečnostného návodu MAAE [1] a WENRA [2].

Relevantnou požiadavkou v slovenskej legislatíve na riadenie starnutia je ustanovenie uvedené vo vyhláske ÚJD SR č. 431/2011 Z. z., Príloha č. 5 časť I. písm. g) – Požiadavky na riadenie starnutia vybraného zariadenia v plánoch kvality VZ. Podľa daného ustanovenia je vydanie súhlasu ÚJD SR na prevádzku JZ podmienené existenciou systému riadenia starnutia na JZ. Dokumentáciu, ktorá zahŕňa aj plán kvality, resp. požiadavky na riadenie starnutia vybraného zariadenia, úrad schvaľuje pri každej jej zmene počas prevádzky JZ, resp. pre každé nové vybrané zariadenie.

Požiadavka vykonať pravidelné, komplexné a systematické hodnotenie jadrovej bezpečnosti (PHJB) je daná zákonom [6], podľa ktorého je držiteľ povolenia povinný vykonávať PHJB s prihliadnutím na aktuálny stav poznatkov v oblasti hodnotenia a prijímať opatrenia na odstránenie zistených nedostatkov. Oblasti, pre ktoré sa PHJB vykonáva sú definované vo vyhláske ÚJD SR [7]. Medzi preverované oblasti patrí aj „Riadenie starnutia SKK“ a „Prevádzka jadrového zariadenia po dosiahnutí projektom uvažovanej životnosti“.

ÚJD SR k zosúladieniu pravidiel pre vyhotovenie a hodnotenie výstupov z PHJB vydal aj relevantný BNS I.7.4/2016 Komplexné periodické hodnotenie [66], ktorý konkretizuje a dopĺňa požiadavky ÚJD SR ustanovené vo vyhláske [7]. Podkladom pri spracovaní BNS boli relevantné dokumenty Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (IAEA, Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, SSG-25), ako aj požiadavky Western European Nuclear Regulator's Association (WENRA).

2.7 Zhodnotenie regulátora k celkovému programu riadenia starnutia a závery

ÚJD SR stanovuje požiadavky na programy riadenia starnutia, posudzuje programy riadenia starnutia držiteľa povolenia a kontroluje ich implementáciu na JZ vzhľadom na relevantné požiadavky všeobecno-záväzných právnych predpisov, rozhodnutí ÚJD SR, požiadaviek/odporúčaní bezpečnostných návodov ÚJD SR, bezpečnostných štandardov MAAE i WENRA. Hodnotenia a kontroly vykonávajú zamestnanci ÚJD SR ale aj MAAE a kontrahované organizácie. Hodnotenia a kontroly programov riadenia starnutia sú vykonávané v rámci licenčného procesu JZ, previerok naplnenia požiadaviek na kvalitu vybraných zariadení, periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti a ďalších činností. Výsledky hodnotení a kontrol sú dokumentované v rozhodnutiach vydaných ÚJD SR, hodnotiacich správach, záznamoch/ protokoloch z inšpekcií, stanoviskách a posudkoch. V rámci kontrol ÚJD SR dostáva od držiteľov povolení pravidelné hlásenia o výsledkoch programu prevádzkových kontrol, čerpaní životnosti komponentov VZ, poruchách VZ, indikátoroch bezpečnosti prevádzky JZ a ďalšie.

Príklady niekoľkých hodnotiacich činností vykonaných držiteľom povolenia a následne i ÚJD SR v ostatnom čase týkajúcich sa riadenia starnutia a celkového programu riadenia starnutia sú zhrnuté v nasledujúcom texte.

Pred uvedením bloku JE do prevádzky po jeho odstávke zasadá komisia, ktorá posúdi vyhodnotenie výsledkov programu prevádzkových kontrol ako aj vyhodnotenie čerpania životnosti vytipovaných komponentov JZ (je súčasťou pravidelných hlásení posielaných na ÚJD SR). K záverom zasadania tejto komisie vydáva ÚJD SR stanovisko.

Z titulu plánovanej dlhodobej prevádzky JE EBO V2, boli v januári 2014 na ÚJD SR predložené výsledky špeciálneho periodického hodnotenia JE EBO V2, na základe požiadavky uvedenej vo vyhláske ÚJD SR č. 33/2012 Z. z. o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení. ÚJD SR vykonal inšpekciu č. 235/2014. Cieľom inšpekcie bolo preskúmať dokumentáciu dlhodobej prevádzky JE EBO V2, zhodnotiť existujúce programy riadenia starnutia pre jednotlivé vybrané objekty, ich primeranosť z hľadiska identifikácie mechanizmov starnutia a ako realizácie nápravných opatrení na identifikáciu príznakov starnutia. V spolupráci s externými odborníkmi ÚJD SR hodnotil:

- metodiku výberu systémov, konštrukcií a komponentov (SKK), pre ktoré sa vyžaduje program riadenia starnutia (PRS)
- metodiku hodnotenia PRS,
- výsledky hodnotenia PRS.

Inšpekcia potvrdila, že JE EBO V2 úspešne zaviedla komplexný program dlhodobej prevádzky. Na základe pripomienok ÚJD SR k vypracovaniu PSR vypracoval držiteľ povolenia dokument s názvom "Akčný plán nápravných opatrení programu dlhodobej prevádzky JE EBO V2", ktorý obsahuje súbor integrovaných nápravných opatrení z PRS – časť strojná, PRS – časť elektro, PRS – časť stavba a PRS – hardvérové zmeny. ÚJD SR zobral akčný plán JE EBO V2 pre dlhodobú prevádzku na vedomie. Plnenie opatrení bolo overené inšpekciami (kontrola ÚJD SR č. 216/2016 a č. 215/2017).

V nadväznosti na posledné periodické hodnotenie bezpečnosti (PHJB) EBO V2, vykonal ÚJD SR inšpekciu č. 206/2017, s cieľom overiť výsledky PHJB (vrátane výsledkov v oblasti - riadenie starnutia).

V druhej polovici roku 2017 vykonal ÚJD SR inšpekciu ÚJD SR č. 905/2017, za účasti externých odborníkov. Inšpekcia sa zamerala na kontrolu programov riadenia starnutia v JE EBO V2 a JE EMO. Kontrola sa týkala týchto oblastí:

- PRS vytypovaných stavebných konštrukcií,
- PRS vytypovaných elektrických zariadení,
- PRS vytypovaných zariadení strojnej technológie.

Počas kontroly PRS v daných oblastiach sa pozornosť sústredila na úplnosť identifikácie možných degradačných mechanizmov, indikátorov stavu stavebných štruktúr a zariadení a určenie kritérií prijateľnosti, modelov predikcie identifikovaných prejavov starnutia a nápravných opatrení, ktoré boli prijaté na zabezpečenie funkčnosti stavebných konštrukcií a zariadení. V rámci inšpekcie sa kontroloval:

- stav údajov v databáze indikátorov, ktoré charakterizujú rôzne degradačné mechanizmy (starnutie) stavebných konštrukcií a zariadení,
- kompletnosť implementácie nápravných opatrení Akčného plánu nápravných opatrení programu dlhodobej prevádzky JE EBO V2 v oblasti riadenia starnutia stavebných konštrukcií, elektrických zariadení a vybranej strojnej technológie,
- presnosť a úplnosť súhrnných správ z PHJB JE EBO V2 (riadenie starnutia a prevádzka jadrového zariadenia po dosiahnutí jeho projektom uvažovanej životnosti).

Z posúdení vykonaných ÚJD SR vyplýva, že držiteľ povolenia má stanovené dlhodobé strategické ciele v oblasti riadenia starnutia (RS) predvídajúce dlhodobú prevádzku. Stratégia RS sa zameriava hlavne na aktivity súvisiace s plnením legislatívnych požiadaviek a procesov riadenia starnutia, vývojom a realizáciou dlhodobých rehabilitačných programov SKK a otázkou zastarávania SKK. Dokumentácia tiež ukazuje, že hlavné priority a ciele JE EBO V2 v súčasnosti zahŕňajú implementáciu opatrení pre dlhodobú prevádzku elektrárne a neustále zlepšovanie stavu zariadenia. Na implementáciu programov riadenia starnutia držiteľ povolenia vytvoril vhodnú a fungujúcu organizačnú štruktúru, ako aj technickú podporu a podporu ľudských zdrojov na vykonávanie všetkých potrebných činností.

Základné legislatívne požiadavky sú u držiteľa povolenia premietnuté v procesnej dokumentácii ISM [14] a v príslušných programoch riadenia starnutia vypracovaných pre SKK dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti. Držiteľ povolenia má pre SKK dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti zavedený systém riadenia starnutia s cieľom zachovania ich projektových bezpečnostných funkcií počas uvažovanej dlhodobej prevádzky. Proces riadenia starnutia je implementovaný na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2, JE EMO ako aj blokoch JE MO34 vo výstavbe.

Z hodnotení vykonaných ÚJD SR vyplýva, že držiteľ povolenia má stanovené dlhodobé strategické zámery v oblasti riadenia starnutia (RS). Stratégia v oblasti RS je zameraná hlavne na aktivity súvisiace s plnením požiadaviek legislatívy a požiadaviek procesov riadenia starnutia, na tvorbu a implementáciu dlhodobých ozdravných programov SKK a problematiku zastarávania SKK. Programy RS sú zamerané na dlhodobú prevádzku JE. Dokumentácia tiež preukazuje, že medzi hlavné priority a ciele JE EBO V2 v súčasnosti patrí realizácia opatrení dlhodobej prevádzky elektrárne a trvalé zlepšovanie stavu zariadení. Pre realizáciu programov riadenia starnutia má držiteľ povolenia vytvorenú vhodnú a fungujúcu organizačnú štruktúru, ako i technické a personálne zabezpečenie pre výkon všetkých vyplývajúcich potrebných činností.

Pre účely RS VZ má držiteľ povolenia požadovanú riadiacu a vykonávaciu dokumentáciu. Rozsah a systém riadenia dokumentácie RS zodpovedá požiadavkám ÚJD SR (podľa BNS I.7.4/2016 kapitola 6.4 [66]. a BNS I.9.2/2014 odsek 5.3.8 [5]). Držiteľ povolenia má zavedený systém administratívnych kontrol v súlade s požiadavkami ÚJD SR (podľa BNS I.7.4/2016 kapitola 6.4. a BNS I.9.2/2014 odsek 5.3.8). Držiteľ povolenia vykonáva previerku prevádzkových predpisov súvisiacich s RS a má zavedený preverovací systém v súlade s požiadavkami ÚJD SR (podľa BNS I.7.4/2016 kapitola 6.4).

Na základe celkového hodnotenia možno medzi silné stránky zavedeného programu RS zaradiť:

- držiteľ povolenia v rámci strategických zámerov v oblasti RS v metodologickej dokumentácii rieši nielen problematiku zastarávania ale aj tvorbu dlhodobej ozdravnej stratégie SKK.
- držiteľ povolenia pre účely RS vedie špecializovanú databázu.
- spracovávanie programov riadenia starnutia vybraných zariadení pre dlhodobú prevádzku.

Medzi identifikované slabé stránky patria nedostatky vo výkresovej dokumentácii SKK vo vzťahu ku skutočnému stavu. Databázy riadenia starnutia by sa mali priebežne aktualizovať, aby odrážali skutočný stav a vedomosti.

Celkový program riadenia starnutia VZ na JE na Slovensku možno považovať za primeraný. Pri jeho kontrole neboli identifikovaní žiadne nedostatky, ktoré by vyžadovali prijať okamžité nápravné opatrenia.

3 Elektrické káble

3.1 Opis programov riadenia starnutia pre elektrické káble

Program riadenia starnutia káblov je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [67]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Program je vypracovaný v zmysle národných [5] a medzinárodných návodov a odporúčaní a obsahuje základné atribúty efektívneho programu riadenia starnutia [1].

S programom riadenia starnutia káblov sa začalo v období 2000-2003, kedy bol vykonaný výber káblov pre periodické merania káblov v prevádzke pre JE EMO a JE EBO V2, boli vytvorené metodiky pre sledovanie životnosti káblov a takisto bol začatý program overovacích vzoriek pre JE EMO [68], [69], [70].

3.1.1 Rozsah riadenia starnutia pre elektrické káble

Pri tvorbe programu bol zvolený postup výberu reprezentatívnych vzoriek z typov káblov použitých na elektrárni. Pri výbere káblov pre program riadeného starnutia boli primárne použité nasledovné kritériá:

- Bezpečnostné hľadisko – káble zaradené do PRS patria medzi bezpečnostné, resp. s bezpečnosťou súvisiace káble, ktoré slúžia na elektrické napájanie spotrebičov (prenos informácií u káblov SKR) patriacich do bezpečnostnej triedy 2 a 3 podľa [19],
- Prostredie, v ktorom je kábel umiestnený – toto kritérium je dôležité vo vzťahu k pôsobeniu stresorov od okolitého prostredia a z toho vyplývajúcim degradačným mechanizmom a efektom starnutia pôsobiacim na káble. Na základe tohto bol dôraz kladený na káble inštalované v priestoroch hermetickej zóny (pôsobenie zvýšenej teplota a radiácie) a vytypované priestory mimo hermetickej zóny so zvýšenou teplotou.

V rámci PRS sa stav káblov a miera ich degradácie zisťuje nasledovnými čiastkovými programami:

- Meranie funkčných káblov v prevádzke – tento program spočíva v periodickom meraní vybraných elektrických parametrov na vytypovaných kábloch v prevádzke za účelom overenia stavu káblov v podmienkach prevádzky. Merania sa vykonávajú počas plánovaných odstávok blokov JE. V rámci tohto čiastkového programu sa mechanizmy starnutia sledujú prostredníctvom zmien elektrických vlastností káblov. Program bol zavedený na oboch JE EBO V2 a JE EMO v roku 2001.
- Program overovacích vzoriek – program pozostáva z prípravy, uloženia a periodických odberov a vyhodnocovania vzoriek reprezentatívnych typov káblov uložených vo vybraných priestoroch JE. Vzorky sú uložené v najviac teplotne a radiačne exponovaných priestoroch JE. V rámci tohto čiastkového programu sa mechanizmy starnutia sledujú prostredníctvom zmien mechanických, termicko-oxidačných a elektrických vlastností káblov. Program bol zavedený na JE EMO v rokoch 1999 a 2001 a na JE EBO V2 v rokoch 2002 až 2004.

Zoznam káblov zaradených do PRS je uvedený v [15], [16], [17]. Káble zaradené do PRS sa z hľadiska napät'ovej úrovne rozdeľujú na tri hlavné kategórie:

- Káble napät'ovej úrovne 6 kV – tieto káble sú hodnotené prostredníctvom programu meraní funkčných káblov v prevádzke. Stručný prehľad káblov 6 kV sledovaných v rámci meraní funkčných káblov v prevádzke je uvedený Tabuľke 3-1.

- Káble napäťovej úrovne 0,4/1 kV – tieto káble sú hodnotené prostredníctvom programu meraní funkčných káblov v prevádzke a programu overovacích vzoriek. Stručný prehľad káblov 0,4/1 kV sledovaných v rámci meraní funkčných káblov v prevádzke je uvedený v Tabuľke 3-2.
- Káble systému kontroly a riadenia (SKR) – tieto káble sú hodnotené prostredníctvom programu meraní funkčných káblov v prevádzke a programu overovacích vzoriek. Primárnym dôvodom pre zaradenie káblov SKR do PRS je ich umiestnenie v teplotne a radiačne exponovaných priestoroch. Stručný prehľad káblov SKR sledovaných v rámci meraní funkčných káblov v prevádzke je uvedený v Tabuľke 3-3.

Tabuľka 3-1 Káble napäťovej úrovne 6 kV zahrnuté v PRS

Napájaný spotrebič	Trasovanie kábla	Elektrárň (počet)		
		JE EBO V2	JE EMO	JE MO34
Hlavné cirkulačné čerpadlo	mimo kontajnement/kontajnement	12	9	6
Napájacie čerpadlo	mimo kontajnement	2	5	6
Čerpadlo TVD	mimo kontajnement/vonkajšie kanály	1	10	6
Čerpadlo chladiacej vody	mimo kontajnement/vonkajšie kanály	1	4	4
Diesलगenerátor	mimo kontajnement/vonkajšie kanály	1	4	4
Čerpadlo havarijného systému	mimo kontajnement	1	2	4
Hlavné doplňovacie čerpadlo	mimo kontajnement	1	4	2
Havarijné. doplň. čerpadlo	mimo kontajnement	-	1	4
Superhavarijné nap. čerpadlo	mimo kontajnement/vonkajšie kanály	-	1	2
Transformátor	mimo kontajnement/vonkajšie kanály	-	9	6

Tabuľka 3-2 Káble napäťovej úrovne 0,4/ 1 kV zahrnuté v PRS

Napájaný spotrebič	Trasovanie kábla	Elektrárň (počet)		
		JE EBO V2	JE EMO	JE MO34
Čerpadlo havarijného systému	mimo kontajnement	2	1	2
Armatúry bezpečn. systémov	mimo kontajnement/kontajnement	5	-	-
Hav. doplňovacie čerpadlo demivody	mimo kontajnement/vonkajšie	1		

Napájaný spotrebič	Trasovanie kábla	Elektrárň (počet)		
		JE EBO V2	JE EMO	JE MO34
	kanály			
Armatúra PSA	mimo kontajnement/HELB	-	6	6
Ventilátor VZT	mimo kontajnement/kontajnement	-	4	4
Elektroohrievák KO	mimo kontajnement/kontajnement	-	4	6
Čerpadlo chladenia BS	mimo kontajnement	-	3	2
Čerpadlo vloženého okruhu	mimo kontajnement	-	3	4
Čerpadlo dochladzovania	mimo kontajnement	-	1	2
Pomocné cirkulačné čerpadlo	mimo kontajnement/kontajnement	-	2	2
Čerpadlo bórneho koncentrátu	mimo kontajnement	-	-	2
Čerpadlo organiz. únikov	mimo kontajnement	-	-	2

Tabuľka 3-3 Káble SKR zahrnuté v PRS

Meranie	Trasovanie kábla	Elektrárň (počet)		
		JE EBO V2	JE EMO	JE MO34
Tlak v HPK	mimo kontajnement/HELB	-	9	12
Tlak chladiva v slučkách	mimo kontajnement/kontajnement	-	6	6
Tlak v boxe PG	mimo kontajnement/kontajnement	-	7	-
Hladina v PG, KO, A201	mimo kontajnement/kontajnement	-	2	8
Teplota chladiva v HCP	mimo kontajnement/kontajnement	-	3	6
Teplota v KO	mimo kontajnement/kontajnement	-		6
Teplota na výstupe z palivovej kazety	mimo kontajnement/kontajnement	-	2	2
Ostatné merania teploty	mimo kontajnement/kontajnement	-	14	4

Vysvetlenie k položke „trasovanie kábla“:

- mimo kontajnementu – priestory bez pôsobenia havarijných podmienok typu LOCA s celkovou projektovou dávkou za dobu životnosti menej ako 100Gy a priestory mimo vonkajších káblových kanálov,
- kontajnement - priestory s možnosťou vzniku havarijných podmienok prostredia typu LOCA,
- vonkajšie kanály – podzemné káblové kanály medzi jednotlivými stavebnými objektmi,
- HELB - priestory mimo kontajnementu s možnosťou vzniku havarijných podmienok prostredia typu HELB.

Ako materiály izolácie žíl a plášťov sú použité PVC, PE, XPE a EPR. Polyvinylchlorid sa nachádza predovšetkým na káblach v JE EMO a JE EBO V2. Zvyšné materiály (PE, XPE a EPR) sú použité na všetkých elektrárnach.

Zoznam typov káblov zahrnutých v programe overovacích vzoriek je uvedený v Tabuľke 3-4. S výnimkou jedného typu 6 kV kábla uloženého v JE EBO V2 sú v programe overovacích vzoriek obsiahnuté signálne a kontrolné káble napätovej úrovne 0,4/1 kV a káble SKR.

Tabuľka 3-4 Zoznam typov káblov zahrnutých v programe overovacích vzoriek

P. č.	Typ kábla	EBO 3. blok	EBO 4. blok	EMO 1. blok	EMO 2. blok
1	6-CXKFE-R 1x240/LOCA	X	X		
2	AYKY 3Bx4	X			
3	AYKY 4Bx16			X	X
4	CXKE-V/LOCA 12Cx1,5		X		
5	CXKE-V/LOCA 24Cx1,5	X			
6	CXKE-V/LOCA 4Bx1,5		X		
7	CXKE-V/LOCA 7Cx1,5	X			
8	CYKY 3x4	X			
9	CYKY 7Cx1,5			X	X
10	CHKE-V J 4x1,5	X			
11	CHKE-V/LOCA 7Cx1,5	X			
12	CHKH-V180 12Cx2,5		X		
13	JC5XFE-R/LOCA 12x2x0,35		X		
14	JC5XFE-R/LOCA 8x2x0,35		X		
15	JXFE-R 1x2x0,8	X	X		
16	JYTY 7Cx1			X	X
17	JYTY 7Dx1			X	
18	KMPEVEng 37x0,35			X	
19	KMPEVEng 4x0,35			X	X
20	KMTVEV-CHK 8x2,5			X	X
21	KPETI 1x2x0,7			X	
22	KPETI 7x2x0,7	X		X	X
23	KPETI-XA 1x2x0,7	X		X	X
24	KPoBVng 27x1,5			X	
25	KPoBVng 7x2,5			X	X
26	KPoEVng 7x1,5			X	X
27	KPOSG 14x1,5	X			
28	KVVGE 10x1,5	X			

Z porovnania rozsahu káblov v PRS s cieľovými skupinami káblov definovanými v TPR Technical specification vyplýva, že:

- V prvej skupine v TPR (angl. „high voltage cables subject to adverse environment“) zodpovedajú káble skupiny 6 kV. Káble 6 kV uložené v priestore kontajmentu na JE EBO V2 a JE EMO sú zahrnuté v PRS – jedná sa o káble na HCC. Ostatné káble 6 kV obsiahnuté v PRS sú umiestnené mimo kontajmentu a vo vonkajších káblových kanáloch, kde medzi stresory pôsobiace na káble

patrí teplota a vlhkosť okolitého prostredia a ohmický ohrev. Významným faktorom pri výbere týchto 6 kV káblov bolo bezpečnostné hľadisko.

- V druhej skupine v TPR (angl. „medium voltage cables buried or in trenches“) zodpovedajú z pohľadu napät'ovej úrovne káble skupiny 0,4/1 kV. Zakopané (angl. „BURIED“) bezpečnostné káble 0,4/1 kV sa na JE v SR nevyskytujú. Káble 0,4/1 kV sú uložené v žľaboch vo vonkajších káblových kanáloch, alebo v žľaboch a na lávkach vo vnútri stavebných objektov a sú prístupné vo vzťahu k vizuálnym obhliadkam. Pri výbere káblov 0,4/1 kV do PRS bolo zohľadnené bezpečnostné hľadisko (napájanie čerpadiel havarijných systémov) spolu s prostredím, v ktorom sú káble umiestnené (pôsobenie zvýšenej teploty a radiácie).
- Tretia skupina – káble pre meranie neutrónového toku – nie je priamo zahrnutá v PRS. Tretiu skupinu káblov v PRS z pohľadu napät'ovej úrovne tvoria káble SKR. Primárnym dôvodom pre zahrnutie káblov SKR do PRS je ich umiestnenie v teplotne a radiačne najviac exponovaných priestoroch elektrárne. Káble pre meranie neutrónového toku v časti od ionizačnej komory po blok prevodu sú na všetkých JE vo vyhotovení s minerálnou izoláciou, čiže neobsahujú polymérne materiály a sledovanie efektov starnutia u nich nemá opodstatnenie.

V rámci jednotlivých čiastkových programov realizovaných v PRS sa komplexne sleduje celý kábel, resp. jeho jednotlivé subkomponenty. Priradenie prvkov kábla čiastkovými programami v rámci PRS je uvedené v Tabuľke 3-5. Podrobný opis vykonávaných činností a skúšok na jednotlivých prvkoch kábla v rámci čiastkových programov je uvedený v kapitole 3.1.3.

Tabuľka 3-5 Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS

Prvok kábla	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek
Vodič	ÁNO	NIE
Izolácia	ÁNO	ÁNO
Pancier/Tienenie	NIE	NIE
Plášť	ÁNO	ÁNO
Ukončenie trasy	ÁNO	NIE
Celý kábel	ÁNO	ÁNO

V rámci PRS káblov sa vykonáva aj monitoring parametrov prostredia, ktorým sú káble v prevádzke vystavené. Monitoring zahŕňa meranie teploty, radiačnej dávky a relatívnej vlhkosti vo vybraných priestoroch kontajntentu a takisto aj mimo kontajntentu (potrubný priestor na etažérke +14,7 m) na oboch prevádzkovaných elektrárnach. Medzi základné ciele monitoringu patrí overenie projektových hodnôt parametrov prostredia a identifikácia horúcich miest. Informácie získané z monitoringu sú dôležité pre vykonanie spätnej väzby; t. j. kvalifikovaná životnosť kábla môže byť korigovaná podľa aktuálnych podmienok prostredia a prostredníctvom identifikácie horúcich miest je možné vykonať preventívne opatrenia na zmiernenie účinkov starnutia, resp. príslušné nápravné opatrenia.

3.1.2 Posúdenie starnutia elektrických káblov

Životnosť kábla je všeobecne limitovaná vlastnosťami izolačných materiálov vodičov a plášťov kábla.

Káble prevádzkované v podmienkach elektrárne sú vystavené pôsobeniu stresorov, ktoré majú za následok zmenu materiálových vlastností jednotlivých častí kábla. Najvýznamnejším stresorom je vplyv parametrov prostredia na izolačné časti kábla, ktoré sú limitujúcou zložkou funkčnosti kábla nielen za normálnych podmienok prevádzky, ale predovšetkým počas havarijných podmienok, kedy je na bezpečnostne dôležité káble kladená požiadavka na funkčnosť.

Z parametrov prostredia pôsobiacich na káble má najväčší vplyv teplota a radiácia. Tieto parametre sú kvantifikované v rámci monitoringu prostredia (pozri kapitola 3.1.1). U silových káblov 6 kV je ďalším prispievajúcim faktorom ohmický ohrev v dôsledku prúdovej záťaže. Pôsobením teploty a radiácie dochádza k fyzikálnym a chemickým procesom v polymérnych materiáloch káblov, ktoré sa na makroskopickú úroveň prejavujú predovšetkým zmenou elastických vlastností izolačných materiálov, t. j. stratou pružnosti - krehnutím. Tieto zmeny elastických vlastností sa hodnotia prostredníctvom merania ťažnosti a pevnosti v ťahu polymérnych izolačných materiálov kábla (izolácia vodičov a plášť). Meranie ťažnosti sa realizuje v rámci programu overovacích vzoriek káblov. Skúška je štandardizovaná, overená a celosvetovo považovaná ako hlavná metóda pre hodnotenie degradácie polymérnych materiálov. Akceptačné kritérium pre meranie ťažnosti pre káble prevádzkované káble je stanovené na $\geq 50\%$ absolútnej hodnoty. V rámci PRS káblov reprezentuje táto hodnota hlavné kritérium pre hodnotenie starnutia káblov a takisto predstavuje limitnú hodnotu pod ktorou je kábel považovaný za nevyhovujúci. Výber akceptačného kritéria bol vykonaný na základe dobrej praxe a odporúčanií MAAE [71], [72]. Novo inštalované káble musia spĺňať hodnoty ťažnosti predpísané výrobcom.

Ďalším stresorom pôsobiacim na kábel je vlhkosť. Pôsobeniu zvýšenej vlhkosti sú vystavené predovšetkým káble uložené vo vonkajších káblových kanáloch. Vplyv vlhkosti sa prejavuje predovšetkým znížením dielektrickej pevnosti a izolačného stavu kábla. Tieto zmeny sa v rámci PRS hodnotia prostredníctvom merania elektrických parametrov – izolačný odpor, polarizačný index, stratový činiteľ a reflektometrické meranie TDR. Meranie elektrických parametrov je aplikované predovšetkým na káble inštalované v prevádzke (merací systém ECAD) a takisto aj v programe overovacích vzoriek. Pri výbere akceptačných kritérií pre elektrické merania v rámci PSR boli zohľadnené interné predpisy ako aj medzinárodné dokumenty [73], [74].

Zhrnutie hlavných identifikovaných mechanizmov starnutia v rámci PRS je uvedená v Tabuľke 3-6.

Tabuľka 3-6 Zhrnutie hlavných mechanizmov starnutia v rámci PRS

Mechanizmus starnutia	Stresor	Efekt starnutia	Časť kábla	Čiastkový program v rámci PRS	Aplikovaná monitorovacia metóda
Teplotné a Radičné krehnutie	teplota (vplyv prostredia + ohmický ohrev) <small>dávzková príkon</small>	tvorba trhlín	izolácia plášť	program overovacích vzoriek	meranie ťažnosti
		pokles dielektrickej pevnosti zvýšenie únikových prúdov		meranie funkčných káblov v prevádzke program overovacích vzoriek	meranie elektrických vlastností
Prienik vlhkosti	vlhkosť	pokles dielektrickej pevnosti zvýšenie únikových prúdov	izolácia plášť celý kábel	meranie funkčných káblov v prevádzke	meranie elektrických vlastností

Držiteľ povolenia je zapojený do nasledovných medzinárodných projektov v oblasti riadenia starnutia káblov:

- CADA (angl. „Cable Ageing Data and Knowledge“) – jedná sa o medzinárodný projekt riadený OECD/NEA, ktorý je zameraný na zdieľanie a výmenu informácií a výsledkov výskumu v oblasti hodnotenia starnutia a kvalifikácie káblov,
- IGALL (angl. „International Generic Ageing Lessons Learned“),

- International Equipment Reliability Working Group.

Dodávateľská organizácia, ktorá sa podieľa na aktivitách v oblasti riadenia starnutia a kvalifikácie káblov bola jedným z riešiteľov projektu MAAE „Coordinated research program on Qualification, Condition Monitoring and Management of Aging of Low Voltage Cables in Nuclear Power Plant Life Management“, 2012-2015. Hlavným cieľom projektu bola identifikácia monitorovacích metód s potenciálom na monitorovanie degradácie a hodnotenie starnutia rôznych typov izolačných materiálov.

3.1.3 Monitorovanie, testovanie, odber vzoriek a kontrolné činnosti pre elektrické káble

V súlade s odporúčaným formátom správy je opis činností vykonávaných na kábloch v rámci PRS opísaný po prvkoch kábla a káblových skupinách (NAR example) ako sú uvedené v kapitole 3.1.1.

3.1.3.1 Prvok – vodič

Tabuľka 3-7 Vykonávané činnosti pre prvok – vodič

Káblová skupina	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek	Ostatné aktivity
Káble 6 kV	meranie jednosmerného odporu, TDR	-	-
Káble 0,4/1 kV	meranie jednosmerného odporu, TDR	-	-
Káble SKR	meranie jednosmerného odporu, TDR	-	-

Ako je uvedené v kapitole 3.1.2 mechanizmy starnutia majúce vplyv na životnosť a funkčnosť káblov nie sú u vodičov predpokladané. U vodiča sa v rámci uvedených činností sleduje predovšetkým jeho kontinuita (neporušenosť), jednosmerný odpor a u otvorených koncov aj ich vzhlad. V rámci meraní funkčných káblov v prevádzke sa vykonáva meranie jednosmerného odporu a kontinuita vodiča sa hodnotí meraním TDR.

Frekvencia skúšok je daná harmonogramom jednotlivých činností – vid' kapitola 3.1.3.6.

Akceptačné kritériá pre skúšky špecificky zamerané na vodiče nie sú stanovené.

3.1.3.2 Prvok – izolácia

Z pohľadu potenciálnej degradácie a efektov starnutia predstavuje izolácia vodiča najdôležitejší prvok majúci vplyv na životnosť a funkčnosť káblov. V rámci meraní funkčných káblov v prevádzke sa vykonáva meranie elektrických parametrov a to izolačný odpor, polarizačný index, stratový činiteľ a TDR. Tieto merania nie sú realizované špecificky len na izolácií ale na celom kábli v konfiguráciách „vodič/vodič“ a „vodič/zem“. Z toho vypláva, že zahŕňajú aj izoláciu vodičov a preto sú tu uvedené. V programe overovacích vzoriek sa okrem merania elektrických parametrov (izolačný odpor, polarizačný index, stratový činiteľ) vykonávajú aj merania mechanických vlastností (ťažnosť, pevnosť v ťahu) a termicko-oxidačné charakteristiky (čas/teplota do začiatku oxidácie). Z tohto súboru skúšok predstavuje meranie ťažnosti izolácie najreprezentatívnejší parameter, ktorým sa sleduje degradácia izolácia vplyvom pôsobenia vonkajších stresorov.

Mimo PRS sa vykonáva aj meranie izolačného stavu káblov v rámci revízných činností, pričom ich rozsah a frekvencia je daná požiadavkami národnej legislatívy [75].

Frekvencia skúšok je daná harmonogramom jednotlivých činností. Merania funkčných káblov v prevádzke sa vykonávajú na JE EBO V2 v intervale 1-krát ročne (1-krát za 3 roky pre HCČ) a na JE EMO v intervale 1-krát za 3 roky. Frekvencia odberov overovacích vzoriek je pre bloky JE EBO V2 1-krát za 4 roky a pre bloky JE EMO 1-krát za 2 roky, pričom príslušný typ kábla (nie konštrukcia) sa hodnotí minimálne raz za 5 rokov. Vyššia frekvencia odberov na JE EMO je daná väčším množstvom vzoriek materiálu v porovnaní s JE EBO V2.

Tabuľka 3-8 Vykonávané činnosti pre prvok – izolácia

Káblková skupina	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek	Ostatné aktivity
Káble 6 kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	revízne činnosti
Káble 0,4/1 kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	revízne činnosti
Káble SKR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	-

Akceptačné kritériá pre skúšky špecificky zamerané na izoláciu vodičov sú nasledovné:

- meranie funkčných káblov v prevádzke – vid' kapitola 3.1.3.6,
- program overovacích vzoriek,
 - skúška ťažnosť - min. 50% absolútnej hodnoty
 - pre elektrické parametre vid' kapitola 3.1.3.6.

Ostatné skúšky (pevnosť v ťahu a OIT(p)) sú vykonávané ako doplnkové skúšky a nie sú pre ne stanovené akceptačné kritériá.

3.1.3.3 Prvok – pancier/tienenie

Pancier a tienenie kábla nie sú špecificky sledované v rámci PRS, keďže sú vyrobené z kovových materiálov a sledovanie efektov starnutia u nich nemá praktické opodstatnenie. Pre správnu funkciu tienenia sa v rámci údržbárskych aktivít sleduje jeho správne uzemnenie.

3.1.3.4 Prvok – plášť

Tabuľka 3-9 Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – plášť

Káblková skupina	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek	Ostatné aktivity
Káble 6 kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	revízne činnosti
Káble 0,4/1 kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	revízne činnosti
Káble SKR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	ťažnosť, pevnosť v ťahu, Riz, stratový činiteľ, OIT(p)	-

Stav plášťov káblov sa primárne hodnotí v rámci programu overovacích vzoriek prostredníctvom merania mechanických vlastností (ťažnosť, pevnosť v ťahu). Okrem toho sa na overovacích vzorkách sledujú aj termicko-oxidačné charakteristiky (čas/teplota do začiatku oxidácie) a elektrické vlastnosti. V rámci meraní funkčných káblov v prevádzke sa vykonáva meranie elektrických parametrov a to izolačný odpor, polarizačný index, stratový činiteľ a TDR. Tieto merania sa realizujú na celom kábli v konfiguráciách „vodič/zem“. Z toho vyplýva, že zahŕňajú aj plášť kábla a preto sú tu uvedené. Mimo PRS sa vykonáva aj meranie izolačného stavu káblov v rámci revízných činností, kde je rozsah a frekvencia daná požiadavkami národnej legislatívy [75].

Frekvencia skúšok ako aj akceptačné kritéria sú rovnaké ako v kapitole 3.1.3.2.

3.1.3.5 Prvok – ukončenie trasy

Tabuľka 3-10 Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – ukončenie trasy

Káblová skupina	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek	Ostatné aktivity
Káble 6 kV	meranie jednosmerného odporu	-	údržba
Káble 0,4/1 kV	meranie jednosmerného odporu	-	údržba
Káble SKR	meranie jednosmerného odporu	-	-

Ukončenie káblvej trasy sa sleduje v rámci PRS nepriamo prostredníctvom merania jednosmerného odporu celej káblvej trasy (vrátane prechodových skriň) aj s pripojeným spotrebičom.

Mimo PRS sa pri činnostiach údržby zariadení realizovanej v procese EQR vykonáva podľa príslušných šablón údržby vizuálna kontrola káblových spojov v rozvádzači a prechodovej skrini a na vybraných vývodoch aj termovízne merania.

Frekvencia skúšok je daná harmonogramom jednotlivých činností – viď kapitola 3.1.3.6. Činnosti v rámci EQR sa realizujú podľa SUS.

3.1.3.6 Prvok – celý kábel

Tabuľka 3-11 Pokrytie prvkov kábla aktivitami v rámci PRS – celý kábel

Káblová skupina	Meranie funkčných káblov v prevádzke	Program overovacích vzoriek	Ostatné aktivity
Káble 6kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ	revízne činnosti
Káble 0,4/1kV	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ	revízne činnosti
Káble SKR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ, TDR	Riz, polarizačný index, stratový činiteľ	kalibrácia MO

Stav celého kábla sa sleduje prostredníctvom merania elektrických vlastností. V rámci meraní funkčných káblov v prevádzke sa vykonáva meranie izolačného odporu, polarizačného indexu, stratového činiteľa a meranie TDR. Tieto merania sú realizované v konfiguráciách „žila voči žile“ a „žila voči zemi“. Elektrické veličiny (izolačný odpor, polarizačný index, stratový činiteľ) sa takisto sledujú aj v programe overovacích vzoriek, kde je meraná celá dĺžka vzorky, t. j. min. 6 m.

Mimo PRS sa vykonáva aj meranie izolačného stavu káblov 6 kV a 0,4/1 kV v rámci revízných činností, kde je rozsah a frekvencia daná požiadavkami národnej legislatívy [75]. Stav vybraných káblov SKR, ktoré sú súčasťou meracieho obvodu sa sleduje v rámci pravidelných kalibrácií a verifikácií meracieho obvodu.

Frekvencia skúšok je daná harmonogramom jednotlivých činností. Merania funkčných káblov v prevádzke sa vykonávajú na JE EBO V2 v intervale 1x ročne (1-krát za 3 roky pre HCČ) a na JE EMO v intervale 1-krát za 3 roky. Frekvencia odberov overovacích vzoriek je pre bloky JE EBO V2 1-krát za 4 roky a pre bloky JE EMO 1-krát za 2 roky, pričom príslušný typ kábla (nie konštrukcia) sa hodnotí minimálne raz za 5 rokov. Vyššia frekvencia odberov na JE EMO je daná väčším množstvom vzoriek materiálu v porovnaní s JE EBO V2.

Akceptačné kritériá pre skúšky špecificky zamerané na izoláciu vodičov sú nasledovné:

- Meranie funkčných káblov v prevádzke
 - izolačný odpor
 - pre káble 0,4/1kV – podľa dokumentu EPRI [74]
 - pre káble 6kV – podľa interného dokumentu SE [73]
 - polarizačný pomer – viac ako 1, vypočítaný z hodnôt Riz v čase 60 s a 15 s,
 - stratový činiteľ $\leq 0,3$ (platí pre PVC káble).

Pre meranie TDR sa akceptačné kritérium neuvádza, vykonáva sa porovnanie s predošlým meraním.
- Program overovacích vzoriek
 - izolačný odpor
 - pre nové káble - podľa technických podmienok výrobcu
 - pre zostaruté káble 1 MOhm.km
 - polarizačný pomer – viac ako 1, vypočítaný z hodnôt Riz v čase 60 s a 15 s.

3.1.4 Preventívne a nápravné opatrenia pre elektrické káble

V súlade s návodom [67] sa v rámci programu riadenia starnutia káblov aplikujú pre jednotlivé čiastkové aktivity nasledovné nápravné opatrenia:

- Merania funkčných káblov v prevádzke:
 - skrátenie intervalu medzi meraniami – ak hodnota indikátora stavu (izolačný odpor, polarizačný pomer) ukazuje veľkú zmenu parametra, Tento mechanizmus bol v PRS aplikovaný u kábla na čerpadlo chladiacej vody na JE EMO, kde po významnom poklese izolačného odporu došlo k skráteniu pôvodného intervalu z troch rokov na jeden rok.
 - oprava/výmena kábla v prípade ak hodnota indikátora stavu nespĺňa kritérium prijateľnosti, Tento mechanizmus nebol doteraz v PRS aplikovaný.
 - vizuálna obhliadka trasy v prípade detekcie abnormalít na priebehu TDR, Tento mechanizmus nebol doteraz v PRS aplikovaný.
 - rozšírenie meraných veličín o ďalšiu, ktorá lepšie detekuje daný mechanizmus starnutia, Tento mechanizmus nebol doteraz v PRS aplikovaný. V spolupráci s organizáciou realizujúcou tieto činnosti však boli na vybratých kábloch vykonané paralelné merania existujúcim systémom a systémom využívajúcim princíp lineárnej rezonančnej analýzy.
- Rozšírenie (zníženie) rozsahu káblov v prípade ak je v danom priestore umiestnenia, resp. na danom type kábla pozorovaná zvýšená degradácia.

Tento mechanizmus bol aplikovaný na JE EMO, kde bol rozsah káblov rozšírený o káble na PSA, Uvedená armatúra, ako aj veľká časť trasy je umiestnená v priestore s vysokou teplotnou záťažou, kde bola pozorovaná zvýšená degradácia.

- Program overovacích vzoriek
 - skrátenie intervalu medzi odberom/hodnotením overovacích vzoriek v prípade,
 - ak hodnoty indikátora stavu (izolačný odpor, ťažnosť) merané na odobranej vzorke sú horšie ako hodnoty merané počas kvalifikačného procesu,
 - ak hodnoty indikátora stavu (izolačný odpor, ťažnosť) merané na odobranej vzore vykazujú rapidnú negatívnu zmenu,Tento mechanizmus nebol doteraz v PRS aplikovaný.
 - predĺženie intervalu medzi odberom/hodnotením overovacích vzoriek v prípade ak hodnoty indikátora stavu (izolačný odpor, ťažnosť) merané na odobranej vzorke nevykazujú zmenu, resp. vykazujú zanedbateľnú zmenu,
Tento mechanizmus bol aplikovaný u overovacích vzoriek na JE EBO V2, potom ako výsledky skúšok nevykazovali významnú zmenu parametrov a z dôvodu dostatočnosti káblového materiálu pre potreby dlhodobej prevádzky. Interval odberov bol predĺžený z dvoch rokov na štyri roky.
 - rozšírenie meraných veličín o ďalšiu, ktorá lepšie detekuje daný mechanizmus starnutia,
Tento mechanizmus bol aplikovaný tak, že v priebehu programu boli existujúce elektrické a mechanické skúšky rozšírené a termicko-oxidačné skúšky – meranie času/teploty do začiatku oxidácie.
 - rozšírenie rozsahu overovacích vzoriek,
Tento mechanizmus sa aplikuje priebežne v prípade, ak dôjde k výmene káblov predovšetkým v kontajnmente. Ako príklad možno uviesť rozšírenie overovacích vzoriek na JE EBO V2 o kábel na HCC (primárna strana od hermetickej priechodky k motoru), ktorý bol inštalovaný v rokoch 2015 a 2016 ako náhrada za pôvodný kábel.
 - v prípade, ak vzorka nespĺňa požadované kritérium prijateľnosti, malo by byť vykonané kontrolné meranie na inej vzorke; ak toto kontrolné meranie potvrdí pôvodné výsledky, potom by malo byť vydané odporúčanie na výmenu kábla.
Tento mechanizmus bol aplikovaný na JE EBO V2 v roku 2005, keď bola pri východiskovom meraní overovacej vzorky novo inštalovaného kábla zistená nevyhovujúca hodnota ťažnosti izolácií žíl. Kábel bol následne vymenený za nový s vyhovujúcimi parametrami.

V prípade ak hodnota indikátora stavu nespĺňa kritérium prijateľnosti, tak sa postupuje v súlade so zavedeným Systémom nápravy a prevencie, t. j. vypísaním NG hlásenia.

3.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre elektrické káble

S programom riadenia starnutia káblov začal držiteľ povolenia v elektrárňach JE EBO V2 a JE EMO v období 1999 – 2001. Za obdobie aplikácie programu riadenia starnutia káblov došlo k jeho viacerým zmenám, ktoré vyplývali z interných skúseností a potrieb držiteľa povolenia, resp. z najnovších trendov v oblasti monitorovania stavu káblov. Príklady takýchto zmien aplikovaných v PRS sú uvedené v kapitole 3.1.4.

Účasťou v medzinárodných projektoch CADAK a IGALL si udržiava držiteľ povolenia prístup k najnovším poznatkom a trendom v oblasti riadenia starnutia a hodnotenia životnosti káblov.

Jednotlivými čiastkovými činnosťami v rámci PRS káblov (program overovacích vzoriek, merania funkčných káblov v prevádzke) pokrýva držiteľ povolenia hlavné degradačné mechanizmy identifikované na základe skúseností z prevádzky a medzinárodných odporúčaní.

3.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia elektrických káblov

Program riadenia starnutia káblov je u držiteľa povolenia implementovaný v súlade s návodom [67]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Jednotlivými čiastkovými programami v rámci PRS káblov (program overovacích vzoriek, merania funkčných káblov v prevádzke) pokrýva držiteľ povolenia hlavné degradačné mechanizmy identifikované na základe skúseností z prevádzky a medzinárodných štandardov. Držiteľ povolenia vykonáva aj monitoring parametrov prostredia (teplota, radiačná dávka, relatívna vlhkosť), ktorým sú káble v prevádzke vystavené. Monitoring zahŕňa priestory kontajntmentu aj mimo kontajntmentu na oboch prevádzkovaných elektrárnach.

Po výmene paliva na každom pracujúcom bloku a pred jeho nábehom sú výsledky prevádzkových kontrol vybraných zariadení vyhodnotené za účasti ÚJD SR. Následne držiteľ povolenia zasiela na ÚJD SR správy z predbežného vyhodnotenia výsledkov a z vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení vo forme pravidelných hlásení v zmysle rozhodnutia ÚJD SR [3] a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. Prevádzkové kontroly vybraných zariadení vykonáva držiteľ povolenia podľa programov prevádzkových kontrol, ktoré schvaľuje ÚJD SR. Držiteľ povolenia je povinný v zmysle vyhlášky Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny č. 508/2009 Z. z. vykonávať revízie technických zariadení elektrických. V priebehu plánovaných inšpekcí ÚJD SR zameraných na previerky vykonávania prevádzkových kontrol a revízií elektrických zariadení a inšpekcí po výmene paliva, inšpektori ÚJD SR náhodným výberom kontrolujú aj dokumentáciu predpísanú programami riadeného starnutia napájacích káblov a skutočný stav napájacích káblov. Okrem spomenutých plánovaných inšpekcí ÚJD SR vykonáva tiež neplánované inšpekcie, ako odozvy na rôzne udalosti vo svete. Riadenie starnutia je predmetom inšpekcí k periodickému hodnoteniu jadrovej bezpečnosti.

Vo väčšine prípadov boli inšpekcie bez zistení. V prípade zistenia ÚJD SR vystaví držiteľovi povolenia protokol s nápravnými opatreniami a s termínmi ich plnenia a následne kontroluje plnenie týchto nápravných opatrení v stanovených termínoch. Pri kontrolách neboli identifikované žiadne zásadné nedostatky, ktoré by vyžadovali prijať okamžité nápravné opatrenia. Spôsobilosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti plniť ich bezpečnostné funkcie je zabezpečená.

4 Skryté potrubia

4.1 Opis programov riadenia starnutia pre skryté potrubia

4.1.1 Rozsah riadenia starnutia pre skryté potrubia

Riadenie starnutia skrytých potrubí sa u držiteľa povolenia realizuje u podzemných potrubí TVD, pre ktoré je implementovaný program riadenia starnutia [76]. Program je vypracovaný v zmysle národných [5] a medzinárodných návodov a odporúčaní a obsahuje základné atribúty efektívneho programu riadenia starnutia [1]. Tento návod je platný pre prevádzkované JE EBO V2 a JE EMO.

S činnosťami zameranými na riadenie starnutia skrytých potrubí TVD sa začalo v JE EMO od spustenia prevádzky v rámci programu prevádzkových kontrol a v JE EBO V2 v roku 2008.

4.1.1.1 Identifikácia skrytých potrubí

Pri identifikácii skrytých potrubí bolo uvažované s podzemnými potrubiami. V JE EBO V2, JE EMO a JE MO34 sa nachádzajú rôzne skryté technologické aj netechnologické potrubné systémy, ktoré sú rozdielne z hľadiska bezpečnostnej významnosti, spôsobu uloženia v zemi a dostupnosti monitorovania. Nebolo uvažované s odpadovými vodami z prevádzky JE EBO V2, JE EMO a JE MO34, u ktorých je kontrolovaný obsah rádioaktívnych látok a taktiež so skrytými potrubiami, ktoré nie sú podzemné, ale sa nachádzajú v kontrolovanom pásme v objekte hlavného výrobného bloku. Žiadna z potrubných trás v SE umiestnených v zemi neobsahuje rádioaktívne látky.

Skryté potrubia, ktoré sú uložené v zemi, sú súčasťou systémov uvedených nižšie.

Technická voda dôležitá

Potrubia technickej vody dôležitej sú bezpečnostne významné oceľové potrubia, ktoré sú v JE EBO V2 z veľkej časti uložené v betónovom bloku. V úsekoch medzi ventilátorovými chladiacimi vežami (VCHV) a centrálnou čerpacou stanicou (CČS) sú potrubia zakopané v zemi a sú chránené z vonkajšej strany ochrannou izoláciou a aktívnou katódovou ochranou a v úsekoch pri CČS a VCHV sa nachádzajú nad zemou a sú chránené z vonkajšej strany ochranným náterom a tepelnou izoláciou, pod ktorou je inštalované odporové vykurovanie. Potrubia TVD k DGS a VKS sú vedené v priechodných potrubných kanáloch a sú z vonkajšej strany chránené ochranným náterom.

V JE EMO a JE MO34 sú potrubia TVD uložené v priechodných potrubných kanáloch a sú z vonkajšej strany chránené ochranným náterom.

Superhavarijné napájanie parogenerátorov

Potrubia výtlaku čerpadiel superhavarijného napájania sú bezpečnostne významné oceľové potrubia, chránené z vonkajšej strany ochranným náterom, ktoré sú vedené z časti v priechodných a z časti v polopriechodných, seizmicky odolných kanáloch. V JE EBO V2 sú potrubia navyše chránené tepelnou izoláciou.

Požiarne voda

V JE EBO V2 potrubia požiarnej vody nie sú súčasťou seizmického konceptu. V rokoch 1993 – 2000 bola v JE EBO V2 v štyroch etapách realizovaná výmena pôvodného kovového potrubia za potrubie z PVC. Potrubia sú z časti zakopané v zemi a z časti sú uložené v priechodnom potrubnom kanáli.

V JE EMO a JE MO34 je časť potrubí seizmicky odolná. Tieto potrubia sú oceľové a sú vedené v priechodných, seizmicky odolných potrubných kanáloch. Z vonkajšej strany sú chránené

ochranným náterom. Potrubia, ktoré nie sú súčasťou seizmického konceptu, sú plastové a sú uložené v zemi.

Cirkulačná chladiaca voda

Potrubia cirkulačnej chladiacej vody sú oceľové potrubia, ktoré sú v JE EBO V2 z veľkej časti uložené v betónovom bloku, okrem úsekov pred chladiacimi vežami a pri CČS, ktoré sú zakopané v zemi a chránené z vonkajšej strany ochranným náterom. V JE EMO a JE MO34 sú potrubia CCHV uložené podobne ako v JE EBO V2. Taktiež sú uložené v betónovom bloku, okrem krátkych úsekov napojenia do budovy čerpacej stanice, ktoré sú zakopané v zemi a chránené z vonkajšej strany ochranným náterom.

Dekarbonizovaná voda pre dopĺňanie strát CCHV a odluh CCHV

Potrubie dekarbonizovanej vody pre dopĺňanie strát CCHV a potrubie odluhu CCHV sú oceľové potrubia, ktoré sú v JE EBO V2 zakopané v zemi a chránené z vonkajšej strany ochranným náterom. V JE EMO a JE MO34 je potrubie oceľové uložené v betónovom bloku paralelne s potrubiami CCHV.

Prídavná voda pre dopĺňovanie systému TVD

Potrubie prídavnej vody pre dopĺňovanie systému TVD je oceľové potrubie, ktoré je v JE EBO V2 zakopané v zemi a je z vonkajšej strany chránené ochranným náterom. V JE EMO a JE MO34 je oceľové potrubie vedené po potrubných mostoch a priechodných kanáloch a je opatrené vonkajším ochranným náterom. Odluh TVD v JE EMO je vedený v zemi a je zaústený do vtokového objektu ČS CCHV (pred sanie čerpadiel chladiacej vody).

Technická voda nedôležitá

Potrubie technickej vody nedôležitej (TVN) je v JE EBO V2 z veľkej časti uložené v betónovom bloku, okrem nadzemného úseku pri CČS ktorý je chránený od vonkajších poveternostných podmienok náterom, vyhrievaním a tepelnou izoláciou. Potrubia TVN sú v JE EMO a JE MO34 uložené podobne - v betónovom bloku, okrem trás úseku dopĺňovania do budovy CCHV, ktoré sú uložené v zemi a chránené z vonkajšej strany ochranným náterom.

Nafta

Potrubie pre transport paliva z palivového hospodárstva do DGS je oceľové potrubie, ktoré je v JE EBO V2 uložené v priechodných a nepriechodných potrubných kanáloch. V JE EMO a JE MO34 je oceľové potrubie nafty uložené v nepriechodných kanáloch a opatrené ochranným náterom.

Vodík a dusík

V roku 2016 bola v JE EBO V2 realizovaná výmena rozvodov vodíkového hospodárstva, potrubných trás uložených v zemi a potrubných rozvodov v strojovni k jednotlivým generátorom. Pôvodné dve potrubné trasy medzi redukčnou stanicou vodíka a strojovňou boli nahradené novými plastovými potrubiami. Potrubia boli v zemi uložené do pieskového lôžka prekryté izoláciou a zasypané zeminou. Prechody plastového potrubia pod cestnou komunikáciou sú cez betónové priechodky. Rozvod vodíka v strojovni a v samotnej redukčnej stanici je z nerezového materiálu. Rozvod dusíka je v JE EBO V2 uložený v potrubných kanáloch.

Potrubie pre rozvod vodíka a dusíka v JE EMO je uložené v nepriechodných potrubných kanáloch, opatrené izoláciou. Potrubie vodíka je z dôvodu zvýšenia bezpečnosti zapieskované v celom priezeve potrubného kanála.

4.1.1.2 Skryté potrubia pokryté programom riadenia starnutia

Program riadenia starnutia skrytých potrubí v SE, a. s., je zameraný na skryté potrubia TVD. Pre zabezpečenie prevádzkyschopnosti potrubí TVD počas projektovej životnosti, ako aj počas plánovanej dlhodobej prevádzky jadrových blokov SE, a. s., bol spracovaný Program riadenia starnutia potrubí technickej vody dôležitej [76] je spoločný pre elektrárne JE EBO V2 a JE EMO a JE MO34.

Program sa zaoberá riadením starnutia vonkajšieho a vnútorného spojovacieho potrubia TVD.

Podľa vyhlášky ÚJD [19] patrí systém TVD medzi vybrané zariadenia a je kategorizovaný do bezpečnostnej triedy BTIII: „odvod tepla z bezpečnostných systémov až do prvého akumuláčného objemu dostačujúceho z hľadiska plnenia bezpečnostných funkcií okrem základných systémov odvodu tepla zaradených do bezpečnostnej triedy II. písm. d) a e)“.

Systém TVD je projektovaný ako redundantný 3×100%, pričom v JE EBO V2 sú v každom systéme 2 čerpadlá na blok (2×100%) a 2 sekcie VCHV (2×100%), a v JE EMO a JE MO34 sú v každom systéme 3 čerpadlá na blok (3×100%) a 2 sekcie VCHV (2×100%). Systém TVD je odolný voči jednoduchej poruche (jednej jednoduchej poruche aktívnych zariadení na blok alebo jednej jednoduchej poruche tlakových pasívnych zariadení na obidva bloky) a poruche so spoločnou príčinou (požiar, zaplavenie, seizmické účinky, interakcie od vysoko-energetických potrubí, letiace úlomky, pád bremena, podmienky okolia a extrémne klimatické podmienky). Časti okruhov TVD sú vzájomne fyzicky separované. Každý systém TVD je napájaný z inej sekcie zaisteného napájania II. kategórie v súlade s napájaním nezávislých okruhov havarijného chladenia aktívnej zóny.

Systém TVD je spoločný pre oba bloky jednotlivých JE v časti bazénov, čerpadiel TVD a hlavných potrubných rozvodov.

V strojovni sa potrubné rozvody pre každý systém rozvetvujú na jednotlivé bloky, oddelené blokovými uzatváracími armatúrami. Potrubné trasy na chladenie dieselgenerátorov sú v JE EBO V2 pripojené na hlavnú trasu TVD v strojovni a v JE EMO a JE MO34 v potrubných kanáloch.

Vonkajšie spojovacie potrubie TVD zabezpečuje dopravu TVD:

- z bazénov ventilátorových chladiacich veží do sacích jám čerpadiel TVD v CČS,
- od čerpacej stanice TVD ku spotrebičom v strojovni a reaktorovni – prírodné potrubie,
- od spotrebičov k ventilátorovým chladiacim vežiam – vratné potrubie.

Vonkajšie spojovacie potrubie TVD tvoria 3 nezávislé systémy TVD členené rovnako v JE EBO V2 ako aj JE EMO a JE MO34 na samostatné trasy podľa prevádzkovej teploty a tlaku:

- prírodné trasy výtlačných potrubí od čerpadiel TVD v CČS po strojovňu,
- prírodné a vratné trasy do dieselgenerátorovej stanice (DGS) a vysoko-tlakovej kompresorovej stanice (VKS),
- trasy prírodného a vratného potrubia pre objekt dusíkového hospodárstva,
- trasy vratného potrubia ku VCHV,
- trasy vratného gravitačného potrubia od VCHV do CČS.

Vonkajšie spojovacie potrubie v JE EBO V2

Trasy prírodného a vratného potrubia TVD medzi CČS a strojovňou sú spoločne s potrubiami TVN a cirkulačnej vody z väčšej časti zaliate v betónovom bloku, ktorý je zakopaný v zemi. Úsek prírodného potrubia medzi CČS a betónovým blokom a úsek vratného potrubia medzi blokom

a VCHV boli pôvodne zakopané v zemi. Po modifikácii týchto úsekov prívodné potrubie vystupuje z ČČS nad zemou a vchádza do kontrolnej šachty, v ktorej je potrubie pripojené k potrubiu v betónovom bloku. Vratné potrubie TVD vychádza pri VCHV č. 582c z monolitu do kontrolnej šachty, z ktorej 1. systém TVD pokračuje voľne uložený v zemi k VCHV č. 582a a 2. a 3. systém TVD vystupujú zo šachty nad povrch zeme a pokračujú nad zemou k VCHV č. 582b a VCHV č. 582c. Potrubie v šachte a nadzemné potrubie je chránené ochranným náterom a tepelnou izoláciou pod ktorou je inštalované odporové vykurovanie. Potrubie 1. systému, voľne uloženého v zemi, je chránené vonkajšou PE izoláciou. Vratné (gravitačné) potrubia TVD sú v úseku od VCHV po ČČS voľne zasypané v zemi v hĺbke 3 až 7m, a sú chránené z vonkajšej strany viskóznou – elastickou izoláciou STOPAQ a katódovou ochranou.

Vonkajšie spojovacie potrubie v JE EMO a JE MO34

Potrubný systém je v JE EMO a JE MO34, rovnako ako v JE EBO V2, rozdelený na tri samostatné systémy a na samostatné úseky podľa prevádzkovej teploty a tlaku. Umiestnený je s ohľadom na požiadavku kategórie seizmickej odolnosti 1b v seizmicky odolných priechodných potrubných kanáloch.

4.1.2 Posúdenie starnutia skrytého potrubia

Hodnotenie skrytých potrubí v SE je systematické u potrubí TVD, pre ktoré je v SE zavedený PRS [76]. V programe riadenia starnutia sú obsiahnuté parametre potrubných trás systémov TVD ako aj charakteristiky komponentov potrubných trás. Výsledky meraní hrúbky stien komponentov a výsledky merania hmotnostných úbytkov kupónov v korózných slučkách sú výstupom PRS.

Hodnotenie zakopaných potrubí TVD je realizované aj podľa metodiky implementovanej v softvéri EPRI BPWORKS™, ktorý bol v roku 2016 v rámci PRS zavedený v JE EBO V2 a JE EMO. Do databázovej časti programu boli vložené údaje o potrubných trasách TVD, izolácii potrubí, pôde, konštrukčné parametre trás a jednotlivých komponentov. V programovom module „Hodnotenia rizika“, bolo následne určené riziko degradácie jednotlivých úsekov potrubných trás. Hodnotenie bolo realizované u potrubí TVD v JE EBO V2 a tiež v JE EMO.

Pochopenie starnutia pozostáva zo znalosti nasledovných údajov:

- materiály a materiálové vlastnosti,
- prevádzkové zaťaženie,
- mechanizmy starnutia,
- miesta degradácie,
- indikátor stupňa degradácie,
- dôsledky degradácie starnutím a následných porúch pri normálnej a abnormálnej prevádzke.

4.1.2.1 Identifikácia degradačných mechanizmov

Dominantným degradačným procesom, ktorý limituje životnosť skrytých potrubí je korózia. Jej nepriaznivé pôsobenie rastie s agresivitou vonkajšieho prostredia a s vplyvom chemických účinkov pracovného média. Dôležitú úlohu okrem typu materiálu má úroveň napätia a technológie výroby, hlavne kvalita povrchových vrstiev komponentov potrubí. Veľký vplyv na životnosť zakopaných potrubí má nedôsledné dodržiavanie kvality vykonávaných montážnych prác - poškodenie materiálu, nepoužitie podsypového materiálu, tolerovanie netesností okolitých potrubí, nedôsledné vykonávanie izolačných prác.

Na vnútorné povrchy skrytých potrubí pôsobí:

- rovnomerná/plošná/korózia,
- jamková korózia.

Na vonkajšie povrchy skrytých potrubí pôsobí:

- atmosférická korózia prevažne plošného charakteru,
- mikrobiologická korózia – u potrubí voľne uložených,
- bludné prúdy - u potrubí voľne uložených.

4.1.2.2 Posúdenie starnutia potrubí TVD

Rozsah sledovaných systémov, konštrukcií a komponentov (SKK) v rámci PRS TVD [76] je v JE EBO V2 uvedený v [77], [78] a pre JE EMO [79], [80].

Pre posúdenie stavu jednotlivých SKK sú stanovené indikátory stavu. Indikátor stavu zariadenia je definovaná charakteristika, ktorá môže byť sledovaná alebo meraná a slúži pre odhad alebo priamu indikáciu súčasnej alebo budúcej spôsobilosti zariadenia, resp. jeho časti plniť svoju funkciu v rámci akceptovateľných kritérií.

Stav potrubia TVD sa hodnotí na základe:

- vybraných chemických parametrov (obsah Fe, Zn, pH),
- vizuálnych obhliadok potrubných trás TVD,
- merania hmotnostných úbytkov kupónov v korózných slučkách,
- merania hrúbky stien potrubí TVD,
- stavu betónovej ochrany.

Výsledkami meraní sú informácie o:

- rýchlosti korózie v mm/rok ako rozdielu nominálnej (alebo prvej nameranej) a poslednej nameranej hrúbky vzťahnutá k danému obdobiu (od začiatku prevádzky alebo dátumu posledného merania)
- zostatkovej životnosti hodnoteného komponentu

Na základe týchto údajov sú potom komponenty navrhované na výmenu (ak životnosť je menšia ako 2 roky), resp. na kontrolu (ak životnosť je menšia ako 5 rokov).

Výstupom PRS TVD sú informácie o zostatkovej životnosti hodnoteného komponentu, koróznom úbytku a návrhy na meranie a výmenu komponentov. Tieto informácie sú súčasťou Ročnej hodnotiacej správy o stave SKK a „Health reportov“.

4.1.3 Monitorovanie, testovanie, odber vzoriek a kontrolné činnosti skryté potrubia

4.1.3.1 Monitorovanie TVD v JE EBO V2

Na JE EBO V2 boli v minulosti potrubia TVD kontrolované v kontrolných výkopoch a v miestach vzniku netesností. Po realizácii modifikácie potrubí TVD v rokoch 2015 a 2016 je monitoring diferencovaný v závislosti od spôsobu uloženia potrubí.

Rehabilitované potrubia TVD uložené v zemi sú aktívne chránené katódovou ochranou, takže monitoring spočíva v sledovaní údajov zo systému katódovej ochrany. Potrubia sú navyše chránené novou hydroizoláciou.

Vymenené potrubia TVD sú prístupné pre monitoring v dvoch šachtách – pri vstupe potrubia do betónového monolitu pri ČČS a výstupe potrubia z monolitu pri VCHV. Časť vymeneného potrubia, ktoré sú vedené nad zemou sú kontrolované vizuálne. Po sňatí ochrannej plechovej izolácie a ochrannej PE izolácie je potrubie prístupné aj pre realizáciu ručných ultrazvukových meraní hrúbky stien. Meracie miesta a interval kontroly sú uvedené v IPZK. Detailné zmapovanie hrúbky steny na malej ploche povrchu komponentu zamerané na monitorovanie jamkovej korózie je možné realizovať pomocou automatizovaného skúšobného systému ultrazvukom. Realizácia merania automatizovaným skúšobným systémom je náročná na prípravu povrchu meranej oblasti. Spočíva v očistení celej plochy povrchu na čistý kov bez farby, povrchovej korózie, usadenín, či iných nečistôt.

Potrubia zaliate v betónovom monolite sú nepriamo monitorované geofyzikálnym monitoringom betónového monolitu, ktorý je realizovaný v pravidelných intervaloch. V rámci tohto monitoringu sú realizované georadarové merania za účelom zmapovania stavu betónového monolitu a merania bludných prúdov.

4.1.3.2 Monitorovanie TVD v JE EMO a v JE MO34

V JE EMO a v JE MO34 je realizovaná kontrola vonkajšieho povrchu potrubí TVD uložených v potrubných kanáloch. Monitoring je realizovaný pomocou ručného merania hrúbky stien ultrazvukovou metódou v bodoch príslušnej meracej siete.

Prvý výber miest na meranie hrúbky stien bol urobený na základe IPZK. Na základe skúseností z prvých rokov meraní je tento výber komponentov na meranie pravidelne aktualizovaný. Meranie hrúbky stien sa realizuje na:

- segmentových kolenách, u ktorých hodnoty napätia dosahujú viac ako 75% dovolenej hodnoty napätia,
- ostatných segmentových kolenách a rovných úsekoch vybraných na základe inžinierskych skúseností.

4.1.3.3 Vizuálne prehliadky

Pri vizuálnych prehliadkach sa zbežne kontroluje stav jednotlivých konštrukcií, časti komponentov, zvarové spoje s príľahlou časťou základného materiálu a ich chyby, pokiaľ sa na prehliadanom povrchu zjavne prejavujú.

Vizuálnou prehliadkou sa sledujú nasledovné parametre:

- poškodenie vonkajších ochranných náterov spôsobených koróziou (vydutie náteru), príp. mechanicky,
- prítomnosť stôp po unikajúcich kvapalinách,
- mechanické poškodenie potrubia a uchytení,
- lokálne korózne poškodenie.

O vizuálnej prehliadke vystaví technik NDT „Protokol o vizuálnej prehliadke“. Protokol o vizuálnej prehliadke s výsledkom „Nevyhovuje“ postúpi útvar NDT skupine pre riadenie životnosti. Špecialista riadenia životnosti zaznamená indikácie do DRS.

4.1.3.4 Nedeštruktívne skúšky – meranie hrúbky steny potrubia

Nedeštruktívne skúšky – ultrazvukové meranie hrúbky steny potrubia – sú aplikované na vytypovaných miestach a v počte, navrhnutom skupinou pre riadenie životnosti a schválené komponentovým inžinierom na základe výsledkov predchádzajúcich meraní a odporúčení IPZK (individuálny program zaistenia kvality).

Meria sa hrúbka steny potrubia, pričom nameraná hrúbka steny potrubia nesmie byť menšia ako minimálna dovolená hrúbka steny potrubia.

Z rozdielu skutočnej hrúbky steny a nominálnej hrúbky podľa projektu sa pomocou rýchlosti korózneho úbytku (resp. z kupónovej rýchlosti korózie) stanovuje zostatková životnosť potrubia TVD, resp. jeho jednotlivých komponentov.

Na základe vypočítanej hodnoty zostatkovej životnosti sa stanovuje ďalší postup riadenia starnutia potrubia TVD voľbou vhodnej chemickej ochrany, alebo plánovaním výmeny kritických komponentov.

Kritériá pre stanovenie minimálnej dovolenej hrúbky steny potrubia vychádzajú z požiadavky zabezpečenia spoľahlivosti prevádzky systému pri všetkých projektoch uvažovaných stavoch. Zahŕňajú úbytok materiálu vplyvom korózie a maximálnu výrobnú toleranciu.

Komponenty s priemerom DN <50 mm sa ultrazvukovou metódou zvyčajne nekontrolujú, z dôvodu malej styčnej plochy ultrazvukovej sondy s povrchom komponentu, ktorá neumožňuje stabilné ustavenie sondy na kontrolovanom povrchu. O skúške ultrazvukom technik NDT vystaví „Protokol o skúške ultrazvukom“. Protokol o skúške ultrazvukom postúpi útvar NDT skupine pre riadenie životnosti. Špecialista riadenia životnosti zaeviduje výsledky meraní do DRS.

4.1.3.5 Analýza vplyvu chemického zloženia na mechanizmus starnutia potrubí TVD

V procese sledovania vplyvu média na koróziu vnútorných stien potrubia je dôležitým ukazovateľom obsah Fe uvoľňovaný koróznym procesom do prepravovaného média. Analýza a vyhodnocovanie obsahu Fe, Cl poskytuje aktuálny obraz o stave korózneho prostredia a jeho účinkoch na sledovaný materiál. Podrobne je opis všetkých analyzovaných chemických parametrov uvedený v predpise [81] pre JE EMO, resp. [82] pre JE EBO V2.

Odber vzoriek, analýzu a vyhodnotenie vykonáva oddelenie chemickej kontroly pravidelne v intervaloch daných predpisom [81] v JE EMO a [82] v JE EBO V2. Zaznamenávajú sa do systému CHEMIS.

Za účelom monitorovania korózneho procesu sú v systémoch TVD umiestnené korózne slučky, do ktorých sú vložené vzorky (korózne kupóny) z uhlíkovej ocele. Rýchlosť korózie (rovnomerná korózia) sa stanovuje z úbytku hmotnosti korózných kupónov za dané obdobie ich umiestnenia v slučke. Hmotnostné úbytky sa prepočítavajú na úbytky hrúbky stien. Rýchlosť korózneho úbytku sa uvádza v mm/rok. Systém je v JE EMO umiestnený na bočnej filtrácii ČS TVD. V JE EBO V2 je systém umiestnený v objekte strojovne na prívodnom potrubí TVD z ČČS.

4.1.3.6 Monitoring mikrobiálne stimulovanej korózie

Monitoruje sa analýzou nánosov a sledovaním platničiek (skúšobných kupónov), vyhodnocovanie je vizuálne, pomocou hmotnostných úbytkov, metalograficky na priečných rezoch.

4.1.4 Preventívne a nápravné opatrenia pre skryté potrubia

Nápravné opatrenia sú vykonávané na základe zistení z vizuálnych obhliadok, meraní hrúbok stien a chemického zloženia prúdiaceho média.

Systémové opatrenia zamerané na zlepšenie stavu sú:

- výmena komponentu,
- úprava konštrukcie komponentu, resp. geometrie trasy,
- zmena materiálu použitého pri výrobe komponentu,
- zmena parametrov prevádzky,
- aplikácia ochranného náterového systému,
- aplikácia systému katódovej ochrany podzemných potrubí.

Nápravné opatrenia na udržanie projektového stavu sú:

- oprava poškodenej izolácie potrubia uloženého v zemi,
- oprava poškodeného náteru na vonkajšom povrchu potrubia,
- odstránenie hrdze z vonkajšieho povrchu potrubia,
- oprava komponentu aplikovaním vonkajšieho návaru v mieste so zníženou hrúbkou steny,
- oprava komponentu aplikáciou studených a horúcich objímok na poškodené miesta, resp. miesta so zníženou hrúbkou steny,
- výmena komponentu so zníženou hrúbkou steny, v prípade ak nie je možné alebo nie je efektívne aplikovať niektorý so spôsobov opravy,
- upravenie rozsahu meraní na základe skutočných korózných úbytkov,
- oprava uchytení - závesov a podpíer,
- úprava chemického režimu, ktorá spočíva v ochrane potrubia riadeným dávkovaním kondicionérov na zníženie rýchlosti korózie.

Výber chemikálií, dávkovanie a kontrola chémie vody je v kompetencii útvaru chémie.

4.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre skryté potrubia

Program riadenia starnutia TVD bol zavedený v rokoch 2008-2011.

Na JE EBO V2 bolo v rokoch 2010 a 2011 realizované zmapovanie stavu vonkajších potrubí, v ktorom bol zistený nevhodný spôsob uloženia potrubí v zemi, zlý stav hydroizolácie a rozvoj korózných jamiek v miestach s porušenou hydroizoláciou. V roku 2013 bol v rámci stavebno-technického prieskumu betónového monolitu a potrubí uložených v monolite, realizovaný georadarový prieskum v mieste s uloženým betónovým monolitom. Táto kontrola preukázala, že na betónovej konštrukcii neboli evidované žiadne významné chyby, poruchy či anomálie a odhalená plocha potrubí TVD (po vysekaní betónového obalu) bola bez porúch a chýb. V roku 2015 bol realizovaný opätovný georadarový prieskum.

Na základe vykonaného monitorovania stavu bola realizovaná rekonštrukcia potrubí TVD JE EBO V2 v rozsahu:

- Projekt rehabilitácie vratného (gravitačného) potrubia v úseku od VCHV po CČS bol realizovaný za prevádzky v rokoch 2015 a 2016. Bolo vykonané odkopanie potrubí, odstránenie starej izolácie, očistenie a kontrola potrubia, v prípade potreby oprava povrchu a aplikácia novej hydroizolácie. Oprava poškodeného potrubia bola realizovaná studenými objímkami a technológiou navárania. Netesnosti, ktoré vznikli pri odhalení potrubia, boli opravené horúcimi objímkami. Zároveň bola pri rehabilitácii aplikovaná katódová ochrana potrubí.
- Projekt výmeny prírodných potrubí v úseku od CČS po betónový monolit a vratných potrubí v úseku od betónového monolitu po VCHV bol realizovaný počas spoločnej odstávky 3. a 4. bloku JE EBO V2 v roku 2016. Projekt zahŕňal výmenu pôvodných zakopaných potrubí novými potrubiami, vybudovanie kontrolných šácht pri betónovom monolite, v ktorých sa nové potrubia pripájajú k pôvodným potrubiam v betónovom monolite, realizáciu pripojenia potrubí v CČS a VCHV a výmenu vybraných uzatváracích armatúr v strojojni a DGS. Potrubie vedené nad terénom je tepelne izolované a bolo vybavené samoregulačným vyhrievacím káblom, ktorý slúži ako ochrana pred zamrznutím.

Na JE EMO nebolo na základe výsledkov meraní hrúbky stien komponentov potrubí potrebné realizovať výmenu žiadneho potrubného komponentu.

V JE MO34 boli pre potvrdenie súladu s projektovými údajmi zrealizované kontrolné „nulté“ merania hrúbok stien potrubí TVD.

4.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia skrytých potrubí

Riadenie starnutia skrytých potrubí je súčasťou PRS potrubí TVD [76], ktorý je u držiteľa povolenia implementovaný. Tento návod je platný pre prevádzkované JE EBO V2, JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo výstavbe bude PRS uvedený do platnosti pred ich spustením. Rozsah činností v rámci PRS TVD (monitorovanie korózie, monitorovanie betónového monolitu, merania hrúbky stien, vizuálne kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degradačných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Na základe vykonaného monitorovania stavu potrubí TVD bola realizovaná rekonštrukcia a výmena týchto potrubí na JE EBO V2.

Po výmene paliva na každom pracujúcom bloku a pred jeho nábehom sú výsledky prevádzkových kontrol vybraných zariadení vyhodnotené za účasti ÚJD SR. Následne držiteľ povolenia zasiela na ÚJD SR správy z predbežného vyhodnotenia výsledkov a z vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení vo forme pravidelných hlásení v zmysle rozhodnutia ÚJD SR [3] a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. Prevádzkové kontroly vybraných zariadení vykonáva držiteľ povolenia podľa programov prevádzkových kontrol, ktoré schvaľuje ÚJD SR. V priebehu plánovaných inšpekcií ÚJD SR zameraných na previerky vykonávania prevádzkových kontrol vybraných zariadení a plánovaných inšpekcií po výmene paliva, inšpektori náhodným výberom kontrolujú aj dokumentáciu predpísanú programami riadeného starnutia skrytých potrubí. Okrem spomenutých plánovaných inšpekcií ÚJD SR vykonáva tiež neplánované inšpekcie ako odozvy na rôzne udalosti vo svete. Riadenie starnutia je predmetom inšpekcií k periodickému hodnoteniu jadrovej bezpečnosti.

Vo väčšine prípadov boli inšpekcie bez negatívnych zistení. V prípade negatívneho zistenia ÚJD SR vystaví držiteľovi povolenia protokol s nápravnými opatreniami a s termínmi ich plnenia a následne kontroluje plnenie týchto nápravných opatrení v stanovených termínoch. Pri kontrolách neboli

identifikované žiadne zásadné nedostatky, ktoré by vyžadovali prijať okamžité nápravné opatrenia. Spôsobilosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti plniť ich bezpečnostné funkcie je zabezpečená.

5 Tlakové nádoby reaktorov

Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora (TNR) je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [83]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. PRS TNR [83] je vypracovaný v zmysle národných [5] a medzinárodných návodov a odporúčaní a obsahuje základné atribúty efektívneho programu riadenia starnutia [1].

Program riadenia starnutia pre TNR je aplikovaný od spustenia JE EBO V2 a JE EMO do prevádzky a pokrýva aj TNR inštalované na elektrárni vo výstavbe JE MO34.

5.1 Opis programov riadenia starnutia pre TNR

5.1.1 Rozsah riadenia starnutia pre TNR

PRS TNR je zameraný na monitorovanie hlavných degradačných mechanizmov, ktorými sú radiačné krehnutie, únavové a korózne poškodenie. Sledovanie vplyvu korózie pod napätím a opotrebenia je vykonávané nedeštruktívnymi kontrolami v rámci predprevádzkových prípadne prevádzkových kontrol a realizáciou údržbárskych zásahov. V rámci PRS TNR je sledovaný aj vplyv teplotného starnutia na materiály primárneho okruhu prostredníctvom projektu monitorovania teplotného starnutia.

Úlohou programu riadenia starnutia TNR je:

- zabezpečiť prevádzkyschopnosť a spoľahlivosť TNR vrátane nátrubkov, tesniaceho uzla a veka počas projektovej životnosti, ako aj plánovanej dlhodobej prevádzky jadrových blokov SE, a. s.,
- zbierať a poskytovať informácie o čerpaní životnosti TNR a predikcii jej vývoja.

Program riadenia starnutia TNR obsahuje tieto základné oblasti:

- opis základných informácií,
- identifikácia degradačných mechanizmov,
- zber a evidencia údajov,
- hodnotenie aktuálneho stavu TNR,
- nápravné opatrenia a spätná väzba,
- výstupy programu riadenia starnutia.

5.1.1.1 Opis základných informácií o TNR

V tejto kapitole sú uvedené informácie k základným uzlom TNR, na ktoré je orientovaný program riadenia starnutia. Jedná sa o tieto uzly:

- teleso tlakovej nádoby vrátane základného materiálu, zvarov a austenitického návaru,
- veko tlakovej nádoby vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK,
- vstupné a výstupné nátrubky TNR,
- tesniaci uzol hlavnej deliacej roviny TNR.

5.1.1.1.1 Teleso TNR vrátane základného materiálu, zvarov a austenitického návaru

Tlaková nádoba reaktora je oceľová vertikálna valcová nádoba zvarená zo šiestich kovaných prstencov a poloeliptického dna. Teleso TNR je ukončené prírubovým prstencom, na ktorom je vytvorená hlavná deliaca rovina so závitovými dierami pre závrtné skrutky hlavného prírubového

spoja, dve dvojice drážok pre niklové tesniace krúžky a na vnútornej strane kruhové osadenie pre zavesenie šachty reaktora.

Pod prírubovým prstencom sú dve sekcie nátrubkov, medzi ktorými je z vnútornej strany nádoby umiestnený deliaci krúžok. Pod nátrubkami dolnej sekcie je oporný krúžok, ktorým TNR dosadá na oporný rám betónovej šachty. TNR je spojená s ostatnými zariadeniami primárneho okruhu pomocou potrubí šiestich cirkulačných slučiek a potrubiami bezpečnostných a havarijných systémov. Všetky potrubia nadväzujúcich potrubných systémov sú pripojené k TNR zvarovými spojmi. Zvarovými spojmi sú taktiež pripevnené kontrolné a meracie zariadenia. Rozoberateľným spojom je realizovaný tesniaci uzol spojenia horného bloku s hlavnou deliacou rovinou TNR.

Teleso TNR (prstence a dno) je vyrobené z chróm-molybdén-vanádovej ocele typu 15Ch2MFA podľa GOST, pričom časť nádoby obklopujúca aktívnu zónu je vyrobená z ocele s veľmi nízkou koncentráciou sprievodných nečistôt. Prípustné koncentrácie sú stanovené tak, aby bola zabezpečená požadovaná radiačná odolnosť materiálu nádoby. Jednotlivé prstence TNR vrátane dna sú zvarené materiálom Sv10ChMFT. Pre zabezpečenie koróznej ochrany TNR je na jej celom vnútornom povrchu nehrdzavejúci austenitický návar. Tlakové nádoby reaktorov VVER 440/V213, inštalované na JE EBO V2, na JE EMO a JE MO34 boli vyrobené na základe sovietskeho technického projektu v Škode – Jaderné strojírenství Plzeň.

5.1.1.1.2 Veko tlakovej nádory reaktora vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK

Veko TNR je výkovok polguľovitého tvaru s nátrubkami pre puzdrá pohonov HRK v hornej časti, nátrubkami TK a MNT umiestnenými po obvode a výstupkom pre utesnenie HDR na obvode telesa veka. Teleso veka TNR je vyrobené z materiálu 18Ch2MFA, základný materiál nátrubkov HRK, MNT a TK je 22K. Vnútny návar veka reaktora je vyrobený z rovnakého materiálu ako na tlakovej nádobe.

5.1.1.1.3 Vstupné a výstupné nátrubky TNR

Nátrubky na TNR zabezpečujú spojenie s ostatnými systémami primárneho okruhu a nachádzajú sa na hornej a dolnej sekcii nasledovne:

- horná sekcia nátrubkov:
 - 6 nátrubkov DN 500 pre pripojenie na hlavné cirkulačné potrubie,
 - 2 nátrubky DN 250 pre pripojenie na havarijné systémy (HSCHAZ),
 - 1 nátrubok SKR,
- dolná sekcia nátrubkov:
 - 6 nátrubkov DN 500 pre pripojenie na hlavné cirkulačné potrubie,
 - 2 nátrubky DN 250 pre pripojenie na havarijné systémy (HSCHAZ).

Hrdlové nástavce DN 500, nátrubky HSCHAZ a nátrubok SKR sú vyrobené z austenitického materiálu 08Ch18N10T a sú privarené k telesu TNR heterogénnym zvarovým spojom.

5.1.1.1.4 Tesniaci uzol hlavnej deliacej roviny TNR

Funkciou tesniaceho uzla hlavnej deliacej roviny zabezpečenie tesnosti rozoberateľného spojenia TNR a veka horného bloku a pozostáva z:

- závrtné skrutky s maticami,
- kompletná voľná príruha,
- kompletne niklové tesnenie,

- horná a dolná podložka.

Voľná príruha je vyrobená z materiálu 25CH3MFA, svorníky z materiálu 38CHN3MFA.

Schéma tlakovej nádoby reaktora vrátane veka TNR je uvedená v Prílohe č. 6.

5.1.2 Posúdenie starnutia TNR

Program riadenia starnutia je orientovaný na tieto základné uzly TNR:

- teleso tlakovej nádoby vrátane základného materiálu, zvarov a austenitického návaru,
- veko tlakovej nádoby vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK,
- vstupné a výstupné nátrubky TNR,
- tesniaci uzol hlavnej deliacej roviny TNR.

5.1.2.1 Identifikácia mechanizmov starnutia

Tlaková nádoba reaktora pracuje v podmienkach, ktoré vyvolávajú zmenu vlastností materiálov nádoby pôsobením viacerých degradačných mechanizmov s rôznou intenzitou a v rôznych častiach TNR. Identifikácia degradačných mechanizmov vychádza z prevádzkových skúseností a národných a medzinárodných odporúčaní (IGALL).

Medzi degradačné mechanizmy pôsobiace na TNR patria::

- radiačné krehnutie,
- únavové poškodenie,
- teplotné starnutie,
- korózia pod napätím (SCC),
- korózia,
- opotrebenie,
- strata predpätia skrutkových spojov.

V jednotlivých častiach TNR sa prejavujú degradačné mechanizmy opísané v Tabuľke 5-1.

Tabuľka 5-1 Degradačné mechanizmy v jednotlivých častiach TNR

	Radiačné krehnutie	Únavové poškodenie	Teplotné starnutie	SCC	Korózia	Opotrebenie
Teleso tlakovej nádoby vrátane základného materiálu, zvarov a návaru	X	X	X	-	X	-
Veko tlakovej nádoby vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK	-	-	X	X	X	-
Vstupné a výstupné nátrubky TNR	-	X	X	-	X	-
Tesniaci uzol hlavnej deliacej roviny TNR	-	X	-	X	X	X

5.1.2.2 Opis degradačných mechanizmov

5.1.2.2.1 Radiačné krehnutie

Ožarovaním materiálu rýchlymi neutrónmi dochádza k významným zmenám mechanických vlastností konštrukčných materiálov. Vplyvom ožarovania výrazne narastajú hodnoty medze klzu a medze pevnosti v ťahu, rastie tvrdosť a klesá lomová a vrubová húževnatosť. Radiačné krehnutie je ovplyvňované najmä hustotou toku neutrónov, energetickým spektrom neutrónov, teplotou ožarovania, chemickým zložením a mikroštruktúrou materiálov v oblasti AZ (zvar a základný materiál v okolí).

Radiačné krehnutie je považované za dominantný degradačný mechanizmus tlakovej nádoby reaktora s vysokou významnosťou, ktorému je venovaná mimoriadna pozornosť.

5.1.2.2.2 Únavové poškodenie

Únavové poškodenie je spôsobené cyklickým zaťažovaním komponentov, preto sa často označuje pojmom kumulácia únavového poškodenia. Únavové poškodenie prebieha v dvoch štádiách. V prvom štádiu prebieha kumulácia nevratných lokálnych plastických deformácií, ktorá má za následok iniciáciu trhlín (mikrotrhlín). V druhom štádiu nasleduje cyklický rast z iniciovanej trhliny až do kritických rozmerov, pričom proces poškodzovania môže byť zavŕšený záverečným lomom konštrukcie. Pre hodnotenie a predikciu procesu poškodzovania, ktorý vzniká únavou materiálu, existujú fyzikálne podložené a matematicky prepracované postupy kodifikované v národných normatívnych štandardoch, napr. ASME a PNAE-G. Pre hodnotenie únavového poškodenia je nevyhnutná znalosť vlastností materiálov a histórie zaťažovania (tlak, teplota a prebehnuté režimy bloku). Najviac namáhaným uzlom z pohľadu únavového poškodenia sú nátrubky na vstupe a výstupe z tlakovej nádoby reaktora.

5.1.2.2.3 Teplotné starnutie

Jedným z degradačných mechanizmov materiálov primárneho okruhu je teplotné starnutie. Uvedený mechanizmus starnutia je pozorovaný u komponentov, ktoré sú dlhodobo prevádzkované pri teplotách 280 až 300 °C. Dôsledkom tohto procesu je postupná negatívna zmena mechanických vlastností materiálu spôsobená difúznymi procesmi podporovaných prevádzkovou teplotou materiálu.

5.1.2.2.4 Korózia

Korózia je druh degradácie materiálu, ktorý je spôsobený jeho chemickou alebo elektrochemickou reakciou s okolitým prostredím. Účinky korózie sú viazané na existenciu korózneho prostredia pozostávajúceho z kovového materiálu a korozívneho média (prostredia). Prejavuje sa zmenami v štruktúre a tvare materiálu. Je charakterizovaná úbytkom materiálu a zhoršovaním jeho mechanických vlastností. Jednou z foriem korózie je napadnutie v dôsledku kontaminácie kyselinou boritou (boric acid corrosion). Korózne poškodenie sa uplatňuje predovšetkým na vonkajších povrchoch tlakovej nádoby reaktora, veku reaktora a ostatných konštrukčných častiach, ktoré nie sú chránené austenickým návarom.

5.1.2.2.5 Korózia pod napätím

Špeciálnym prípadom korózneho poškodenia je korózne praskanie (korózia pod napätím, SCC), ktorá je charakterizovaná kvázi-krehkým porušením bez detekovateľných korózných produktov. Jej vznik je podmienený súčasným pôsobením troch faktorov t. j. dostatočne vysoké ťahové napätie, agresívne prostredie a citlivý materiál.

Korózne praskanie možno rozdeliť do troch etáp:

- prvá etapa končí iniciáciou mikrodefektu,
- druhá etapa je charakterizovaná stabilným rastom defektu,
- v tretej etape dochádza k rýchlym nestabilným rastom makrodefektu.

Posledná etapa prebieha vždy po prekročení istej prahovej hodnoty súčiniteľa intenzity napätia K_{ISCC} . Samotný priebeh, dĺžka trvania jednotlivých etáp, rýchlosť korózneho rastu a prahová hodnota K_{ISCC} sú ovplyvnené lokálnymi vlastnosťami materiálu a pôsobiaceho médiá (vodivosť, korózny potenciál, chemické zloženie - najmä obsah kyslíka).

5.1.2.2.6 Opotrebenie

Opotrebenie je charakterizované stratou materiálu v dôsledku kontaktu medzi dvomi vzájomne sa pohybujúcimi povrchmi komponentov. Má za následok neustále vytváranie plasticky deformovaných obnažených mikropovrchov. Ak je prítomné chemicky aktívne prostredie, môže dôjsť v istých oblastiach tohto excitovaného povrchu k chemickým reakciám. Následne môže vzniknúť povrchová oxidová vrstva, ktorá redukuje tendenciu k adhézii, redukuje opotrebenie a súčasne aj koeficient trenia. Môže viesť aj k chemickým reakciám, ktoré urýchlia opotrebenie. Za určitých podmienok rozpadom povrchovej korózneho oxidovej vrstvy vznikajú čiastočky, ktoré ak ich nie je možné odstrániť z kontaktnej oblasti, urýchľujú abrazívne opotrebenie.

5.1.2.2.7 Strata predpätia skrutkových spojov

Tento degradačný mechanizmus sa uplatňuje na skrutkových spojoch svorníkov hlavnej deliacej roviny a svorníkov nátrubkov pohonov HRK. K strate predpätia dochádza v dôsledku relaxácie napätí od zvýšenej teploty resp. dôsledkom vibrácií, kedy dochádza k uvoľňovaniu skrutkových spojov. Kritériá pre hodnotenie prípustnosti straty predpätia sú stanovené v príslušných inštrukciách pre prevádzkové kontroly a sú monitorované vždy pri rozoberaní skrutkových spojov v perióde 1-krát ročne.

5.1.3 Monitorovanie, testovanie, odber vzoriek a kontrolné činnosti pre TNR

Hodnotenie aktuálneho stavu TNR sa vykonáva sledovaním stupňa degradácie v dôsledku pôsobenia degradačných mechanizmov. Indikátor stavu zariadenia je definovaná charakteristika, ktorá môže byť sledovaná, alebo meraná a slúži pre odhad, alebo priamu indikáciu súčasnej, alebo budúcej spôsobilosti zariadenia, resp. jeho časti plniť svoju funkciu v rámci akceptovateľných kritérií.

Na hodnotenie stupňa degradácie jednotlivých častí TNR sa využívajú údaje z:

- hodnotenia radiačného poškodenia,
- hodnotenia únavového poškodenia,
- monitorovania teplotného starnutia,
- prevádzkových kontrol,
- údržbárskych činností,

- odborných posudkov a analýz.

V nasledujúcich kapitolách sú opísané pre jednotlivé hodnotené uzly tlakovej nádoby reaktora spôsoby sledovania degradačných mechanizmov prostredníctvom programov overovacích vzoriek, monitorovania, testovania, odberu vzoriek, programov prevádzkových kontrol, či inými kontrolnými činnosťami pre TNR.

5.1.3.1 Teleso TNR vrátane základného materiálu, návaru a zvaru

5.1.3.1.1 Hodnotenie radiačného poškodenia

Monitorovanie fluencie rýchlych neutrónov

Fluencia rýchlych neutrónov je na blokoch JE EBO V2 a JE EMO kontinuálne meraná na vonkajšej stene TNR a je vyhodnocovaná vždy po ukončení príslušnej palivovej kampane. Hodnoty fluencie neutrónov sú následne použité pre výpočet radiačného poškodenia materiálov tlakovej nádoby reaktora v oblasti aktívnej zóny a to pre základný materiál a zvarový kov pomocou stanovenia hodnoty kritickej teploty krehkosti T_{KF} .

Radiačné poškodenie je definované zmenou teploty krehkého lomu. Do výpočtu pre posun kritickej teploty krehkosti vstupujú hodnoty východiskovej teploty krehkosti materiálu pred ožiareními (T_{K0}), koeficientu radiačného skrehnutia (A_f) a fluencie rýchlych neutrónov (s energiou 0,5 MeV) meraných za tlakovou nádobou.

Východisková teplota T_{K0} je definovaná v passpote tlakovej nádoby reaktora. Koeficient radiačného skrehnutia A_f je experimentálne získavaný na základe zmien mechanických vlastností materiálu TNR v rámci programu overovacích vzoriek TNR.

Program overovacích vzoriek materiálov TNR

Súčasťou dodávky reaktorov typu VVER 440/V213 inštalovaných na JE EBO V2 bol štandardný program overovacích vzoriek TNR, ktorý obsahoval originálne materiály základného a zvarového kovu z výroby. Tento program prebiehal od spustenia blokov v rokoch 1984/1985 (JE EBO V2) po dobu 10 palivových kampaní. Po ukončení tohto programu bol na JE EBO V2 aplikovaný doplnkový program overovacích vzoriek TNR, ktorého ožarovacie reťazce boli zavezené do pôvodných ožarovacích kanálov reaktora v rokoch 1995 až 1996. Program prebiehal postupným vyberaním ožiarovaných vzoriek po dobu 10 palivových kampaní.

Na JE EMO bol zavedený tzv. modernizovaný program overovacích vzoriek, ktorý prebiehal od spustenia blokov v roku 1998/2000 s dobou ožarovania vzoriek 10 kampaní.

V súčasnosti je na JE EBO V2 a JE EMO aplikovaný tzv. zdokonalený program overovacích vzoriek. V rámci tohto overovacieho programu boli v rokoch 2008 až 2012 na JE EBO V2 a v rokoch 2011 až 2013 na JE EMO zavezené do ožarovacích kanálov reťazce s ožarovacími vzorkami. Program pre jeden jadrový blok pozostáva zo šiestich ožarovacích sád, ktoré sú z reaktora vyberané postupne v zmysle definovaného harmonogramu.

V rámci programu overovacích vzoriek je stanovovaná aj maximálna dosiahnutá teplota v jednotlivých ožarovacích puzdrách. Tieto merania sú realizovaná prostredníctvom eutektických zliatin, ktorých vlastnosťou je, že pri dosiahnutí určitej teploty dochádza k ich roztaveniu.

Do zdokonaleného programu overovacích vzoriek sú zaradené vzorky z nasledovných materiálov:

- zvarový kov,
- austenitický návar,
- TOZ z blízkosti zvaru v oblasti AZ,
- podnávarová TOZ,
- austenitický materiál 08Ch18N10T (ako zástupca materiálu vnútroreaktorových častí).

Pre JE MO34 je pripravený program overovacích vzoriek materiálov TNR, ktorý je na je tvorený celkovo 8 ožarovacími reťazcami s ožarovacími puzdrami, ktoré obsahujú okrem materiálov TNR aj materiály vnútroreaktorových častí. Tieto sa budú vyhodnocovať po expozícii 10 a 20 kampaní.

Hodnotenie mechanických vlastností materiálov, zaradených do overovacieho programu sa vykonáva nasledovnými deštruktívnymi skúškami: skúška statickej lomovej húževnatosti, skúška vrubovej húževnatosti a SPT skúška:

- Skúška statickej lomovej húževnatosti – pri skúške je použitá metóda poddajnosti na skúšobných telieskach s nacyklovanou trhlinou. Metóda poddajnosti zahŕňa postupné zaťažovanie skúšobného telesa s čiastočným periodickým odľahčením v celom teplotnom rozsahu. Z výsledkov skúšok sú vypočítané experimentálne hodnoty statickej lomovej húževnatosti. Z regresných kriviek teplotnej závislosti lomovej húževnatosti sú odčítané hodnoty prechodovej teploty TT_{100LH} pri hodnote statickej lomovej húževnatosti $100 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.
- Skúška vrubovej húževnatosti – pri skúške vrubovej húževnatosti (resp. skúške rázom v ohybe) sa používajú skúšobné teliesko s vrubom.

Hlavným kritériom je:

- energetické kritérium (t. j. teplota pri ktorej je hodnota nárazovej práce 50 J/cm^2). Pomocnými kritériami sú:
- kritérium priečného rozšírenia (T_k sa stanovuje pre hodnotu $\delta = 0,9 \text{ mm}$)
- kritérium húževnatého lomu (T_k zodpovedá 50 % podielu húževnatého lomu meraného na lomovej ploche Charpy vzoriek).

Experimentálne získanými hodnotami teplotnej závislosti vrubovej húževnatosti sa preložia metódou najmenších štvorcov regresné krivky pre ZM a ZK. Z regresných kriviek sa odčítajú hodnoty teploty prechodu ku krehkému porušeniu pri hodnote vrubovej húževnatosti 50 J/cm^2 .

- SPT skúška – skúška predstavuje progresívnu metódu pre stanovenie mechanických vlastností materiálov. Základnou výhodou tejto skúšky je veľkosť skúšobného telieska (priemer 8 mm a hrúbku 0,5 mm) s potrebou relatívne malého objemu materiálu, čo umožňuje hodnotiť vlastnosti tepelne ovplyvnenej zóny v blízkosti zvarového spoja, tepelne ovplyvnenú zónu pod austenitickým návarom, alebo samotný austenitický návar TNR. Práve tieto typy materiálov sú predmetom zdokonaleného programu overovacích vzoriek, ktorý je v súčasnosti aplikovaný na JE EBO V2 a JE EMO.

Prechodová teplota krehkého a húževnatého lomu získaná z teplotnej závislosti spotrebovanej SPT energie je porovnateľná s výsledkami získanými pomocou Charpyho-V skúšky rázom v ohybe. Lomové chovanie materiálov používaných na jadrovo-energetických zariadeniach je možné posudzovať na základe lomovej energie z SPT skúšky. Získané výsledky SPT skúšky sa používajú pre stanovenie medze pevnosti a medze sklzu, prechodovej teploty medzi krehkým a húževnatým lomom, prípadne pre posúdenie lomových vlastností skúšaného materiálu.

Pre celkové posúdenie stavu materiálu a jeho vlastností sa vykonávajú skúšky pri rôznych skúšobných teplotách [84].

Kritériá prijateľnosti

Maximálne prípustné hodnoty teploty krehkosti T_{ka} pre ožiarený materiál zvarového spoja v oblasti aktívnej zóny boli stanovené na základe analýzy PTS pre TNR JE EBO V2 a JE EMO. Táto analýza bola spracovaná podľa projektu VERLIFE [32], obsahujúceho doporučené postupy pre analýzy životnosti zariadení JE VVER a návodu MAAE [85] pre analýzy PTS JE s VVER. Ako najnepriaznivejší scenár bola uvažovaná udalosť LOCA 25 na horúcej vetve hlavnej cirkulačnej slučky č. 1.

Maximálna prípustná kritická teplota krehkosti T_{ka} pre zvar v oblasti aktívnej zóny je nasledovná:

- 3. a 4. blok JE EBO V2 99,4°C,
- 1. a 2. blok JE EMO 107,3°C.

5.1.3.1.2 Hodnotenie únavového poškodenia TNR

Na základe predprevádzkovej analýzy bola na telese TNR identifikovaná oblasť s významnou kumuláciou únavového poškodenia na valcovej časti v oblasti zvaru v aktívnej zóne. Pri výpočte únavového poškodenia sa berú do úvahy nasledovné podklady:

- skutočne namerané prevádzkové údaje o teplote a tlaku v PO,
- história prevádzky bloku s presnou špecifikáciou (dátum a čas) prevádzkových režimov podľa LaP,
- počet tlakových skúšok PO a SO,
- výsledky NDT kontrol TNR.

Hodnotenie únavového poškodenia sa vykonáva vždy po ukončení príslušnej palivovej kampane. Výsledkom výpočtových analýz únavovej životnosti je kumulácia poškodenia vyjadrená v percentách pre obdobie od začiatku prevádzky po aktuálnu kampaň.

V rámci systému prevádzkových ukazovateľov bezpečnosti sú v súčasnosti prijaté nasledovné hodnotiace kritériá pre hodnotenie čerpania únavovej životnosti najviac namáhaných uzlov TNR:

- strategický cieľ 1 % za kampaň,
- plánovaná hodnota 1,2 % za kampaň,
- medza prijateľnosti 1,5 % za kampaň.

5.1.3.1.3 Monitorovanie teplotného starnutia

Monitorovanie teplotného starnutia materiálov je v SE, a. s. zabezpečené prostredníctvom projektu, v rámci ktorého sú do prevádzkového prostredia uložené vzorky materiálov TNR pre dlhodobú teplotnú expozíciu. Súčasťou projektu je odber reálne teplotne zaťaženého materiálu prostredníctvom odberu povrchových vzoriek z telesa tlakovej nádoby reaktora. Výstupom projektu je kvantifikácia zmien materiálových vlastností v dôsledku teplotného starnutia realizovaná vyhodnotením mechanických skúšok na SPT vzorkách – stanovenie ťažnosti, medze klzu a medze pevnosti, meraním mikrotvrdości a mikroštruktúrnou analýzou vzoriek.

V rámci projektu MTS sú na TNR JE EBO V2 a JE EMO vykonávané nasledovné činnosti:

- vyhodnotenie materiálov TNR v „0“ stave,
- expozícia materiálu TNR prostredníctvom nosiča vzoriek umiestneného na hlavnom cirkulačnom potrubí,
- odber povrchových vzoriek materiálu TNR.

Kritériá pre hodnotenie teplotného starnutia

Vyhodnotenie materiálov TNR v „0“ stave je vykonané jednorazovo pre zistenie východiskových vlastností materiálov. Odbery povrchových vzoriek materiálu TNR sú vykonávané v zmysle požiadavky. Exponovaný materiál TNR umiestnený na hlavnom cirkulačnom potrubí je vyhodnocovaný v zmysle definovaného harmonogramu projektu MTS. Podmienkou pre toto hodnotenie je dostatočné množstvo archívneho materiálu.

Kritériá pre hodnotenie exponovaných materiálov sú definované príslušnými normami pre realizáciu jednotlivých skúšok.

5.1.3.1.4 Korózia

Vzhľadom na to, že korózne procesy nie je možné na základe súčasného poznania exaktne predikovať, je pri ich monitorovaní kladený hlavný dôraz na kombináciu periodických prevádzkových NDT kontrol s následným expertným posúdením typu korózneho procesu.

5.1.3.1.5 Prevádzkové kontroly

Prevádzkové NDT kontroly TNR sú v SE a. s. vykonávané v pravidelnom 8-ročnom cykle. Kontroly sú realizované z vonkajšieho a vnútorného povrchu, pričom kontrola z vnútorného povrchu sa vykonáva po úplnom vyvezení paliva počas RGO. Kontrola z vonkajšieho povrchu sa vykonáva so 4 ročným posunom voči kontrole zvnútra. Kontroly zvnútra a zvonka sú vykonávané podľa jednotnej technickej špecifikácie, pričom sú rešpektované odlišnosti v prístupnosti ku kontrole k jednotlivým kontrolným miestam z vonkajšieho a vnútorného povrchu.

NDT kontrolám podliehajú tieto miesta telesa tlakovej nádoby vrátane základného materiálu, zvarov a austenitického návaru,

- všetky obvodové zvary, vrátane základného materiálu v tepelne ovplyvnenej zóne,
- vybrané oblasti základného materiálu na každom prstenci TNR,
- vybraná časť eliptického dna.

Kontroly z vnútorného povrchu TNR sú vykonávané nasledovnými NDT metódami:

- skúška ultrazvukom zvarov, základného materiálu a návaru,
- skúška vírivými prúdmi povrchu návaru,
- nepriama vizuálna skúška vnútorného povrchu.

Kontroly z vonkajšieho povrchu TNR sú vykonávané nasledovnými NDT metódami:

- skúška ultrazvukom zvarov, základného materiálu a návaru,
- nepriama vizuálna skúška vonkajšieho povrchu.

Všetky kontroly sú mechanizované, automatizované a používajú sa pri nich moderné skúšobné prístroje a riadiace systémy. Pri ultrazvukovej skúške telesa TNR sa skúša vykonáva z vnútorného aj vonkajšieho povrchu materiálu po celej hrúbke steny TNR. Skúška ultrazvukom a vírivými prúdmi všetkých kontrolovaných miest je kvalifikovaná podľa Európskej metodológie, na základe požiadaviek UJD SR. Kvalifikačné kritériá pre ultrazvukovú skúšku materiálu v blízkosti rozhrania návaru sú stanovené metodikou Verlife.

Program prevádzkových NDT a technických kontrol je pre JE EBO V2 a JE EMO definovaný v príslušných prevádzkových dokumentoch [41], [42], [38], [39].

5.1.3.2 Veko tlakovej nádoby reaktora vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK

5.1.3.2.1 Monitorovanie korózie pod napätím

Korózia pod napätím je špeciálnym prípadom korózneho poškodenia, ktorej dôsledkom je kvázi-krehké porušenie materiálu bez detekovateľných korózných produktov. Rizikové konštrukčné uzly sú charakterizované prítomnosťou troch faktorov:

- dostatočne vysoké ťahové napätie,
- agresívne prostredie,
- citlivý materiál.

5.1.3.2.2 Korózia

Vzhľadom na to, že korózne procesy nie je možné na základe súčasného poznania exaktne predikovať, je pri ich monitorovaní kladený hlavný dôraz na kombináciu periodických prevádzkových NDT kontrol s následným expertným posúdením typu korózneho procesu.

5.1.3.2.3 Prevádzkové kontroly

V rámci NDT kontrol sú na veku tlakovej nádoby vrátane nátrubkov TK, MNT a HRK vykonávané kontroly nasledujúcich konštrukčných oblastí:

- tesniace plochy veka a tesniace plochy nátrubkov TK, MNT a HRK,
- návar vnútorného povrchu,
- obvodový zvar veka,
- prítlačný prstenec,
- vnútorné a vonkajšie zvary nátrubkov TK, MNT a HRK s vekom.

NDT a technické kontroly sa vykonávajú v predpísaných intervaloch a rozsahu v zmysle príslušných prevádzkových dokumentov [41], [42], [38], [39].

5.1.3.3 Vstupné a výstupné nátrubky TNR

5.1.3.3.1 Hodnotenie únavového poškodenia nátrubkov TNR

Na základe predprevádzkovej analýzy bola identifikovaná oblasť s významnou kumuláciou únavového poškodenia na vstupných a výstupných nátrubkoch TNR. Pre výpočet únavového poškodenia sú potrebné nasledujúce podklady:

- skutočne namerané prevádzkové údaje o teplote a tlaku v PO,
- história prevádzky bloku s presnou špecifikáciou (dátum a čas) prebehnutých režimov podľa LaP,
- počet úspešných aj neúspešných tlakových skúšok PO,
- výsledky NDT kontrol TNR.

Hodnotenie únavového poškodenia sa vykonáva vždy po ukončení príslušnej palivovej kampane. Výsledkom výpočtových analýz únavovej životnosti je kumulácia poškodenia vyjadrená v percentách pre obdobie od začiatku prevádzky po aktuálnu kampaň.

V rámci systému prevádzkových ukazovateľov bezpečnosti sú v súčasnosti prijaté nasledovné hodnotiace kritériá pre hodnotenie čerpania únavovej životnosti najviac namáhaných uzlov TNR:

- Strategický cieľ - 1 % za kampaň,
- Plánovaná hodnota - 1,2 % za kampaň,
- Medza prijateľnosti - 1,5 % za kampaň.

5.1.3.3.2 Korózia

Vzhľadom na to, že korózne procesy nie je možné na základe súčasného poznania exaktne predikovať, je pri ich monitorovaní kladený hlavný dôraz na kombináciu periodických prevádzkových NDT kontrol s následným expertným posúdením typu korózneho procesu.

5.1.3.3.3 Prevádzkové kontroly

V rámci prevádzkových kontrol sa na vstupných a výstupných nátrubkoch TNR vykonávajú kontroly nasledujúcich konštrukčných oblastí:

- zvary a základný materiál nátrubkov Dn500 a Dn250,
- vnútorné rádiusové prechody nátrubkov Dn500.

NDT a technické kontroly sa vykonávajú v predpísaných intervaloch a rozsahu v zmysle príslušných prevádzkových dokumentov [41], [42], [38], [39].

5.1.3.4 Tesniaci uzol hlavnej deliacej roviny TNR

5.1.3.4.1 Hodnotenie únavového poškodenia

Na základe predprevádzkovej analýzy bola identifikovaná oblasť s významnou kumuláciou únavového poškodenia na tesniacom uzle hlavnej deliacej roviny TNR. Pre výpočet únavového poškodenia sa používajú nasledujúce podklady:

- skutočne namerané prevádzkové údaje o teplote a tlaku v PO,
- história prevádzky bloku s presnou špecifikáciou (dátum a čas) prebehnutých režimov podľa LaP,
- počet úspešných aj neúspešných tlakových skúšok PO,
- výsledky NDT kontrol.

Hodnotenie únavového poškodenia sa vykonáva vždy po ukončení príslušnej palivovej kampane. Výsledkom výpočtových analýz únavovej životnosti je kumulácia poškodenia vyjadrená v percentách pre obdobie od začiatku prevádzky po aktuálnu kampaň.

V rámci systému prevádzkových ukazovateľov bezpečnosti sú v súčasnosti prijaté nasledovné hodnotiace kritériá pre hodnotenie čerpania únavovej životnosti najviac namáhaných uzlov TNR:

- Strategický cieľ - 1 % za kampaň,
- Plánovaná hodnota- 1,2 % za kampaň,
- Medza prijateľnosti - 1,5 % za kampaň.

5.1.3.4.2 Korózia pod napätím

Korózia pod napätím je špeciálnym prípadom korózneho poškodenia, ktorej dôsledkom je kvázi-krehké porušenie materiálu bez detekovateľných korózných produktov. Rizikové konštrukčné uzly sú charakterizované prítomnosťou troch faktorov:

- dostatočne vysoké ťahové napätie,
- agresívne prostredie,
- citlivý materiál.

Lokality, ktoré sú citlivé na tento spôsob porušenia sú detekované prostredníctvom prevádzkových kontrol opísaných v kapitole 5.1.3.4.5.

5.1.3.4.3 Korózia

Vzhľadom na to, že korózne procesy nie je možné na základe súčasného poznania exaktne predikovať, je pri ich monitorovaní kladený hlavný dôraz na kombináciu periodických prevádzkových NDT kontrol s následným expertným posúdením typu korózneho procesu.

5.1.3.4.4 Opotrebenie

Opotrebenie je charakterizované stratou materiálu v dôsledku kontaktu medzi dvomi vzájomne sa pohybujúcimi povrchmi komponentov. Lokality, ktoré sú citlivé na tento spôsob porušenia sú detekované prostredníctvom prevádzkových NDT kontrol.

5.1.3.4.5 Prevádzkové kontroly

V rámci prevádzkových kontrol sa uzle hlavnej deliacej roviny vykonávajú kontroly nasledujúcich konštrukčných oblastí:

- návar tesniacich plôch a drážok hlavnej tesniacej roviny,
- spojovací materiál.

NDT a technické kontroly sa vykonávajú v predpísaných intervaloch a rozsahu v zmysle príslušných prevádzkových dokumentov [41], [42], [38], [39].

5.1.3.5 Údržbárske zásahy

Typ a počet údržbárskych zásahov na zariadení je významným indikátorom pre posudzovanie stavu zariadenia. Z hľadiska životnosti zariadenia sú dôležité tie zásahy pri ktorých bola vykonaná oprava zariadenia, resp. výmena jeho časti z dôvodu neprípustných indikácií. Medzi uvedené zásahy predovšetkým patria brúsenie, zváranie resp. naváranie, mechanické obrábanie a výmena zariadenia alebo jeho časti.

5.1.4 Preventívne a nápravné opatrenia pre TNR

Pri vypracovaní nápravného opatrenia sa identifikuje zdrojová príčina nadmerného starnutia sledovaného miesta TNR a navrhuje sa opatrenia na elimináciu zistených príčin degradácie.

K tomuto účelu sa vytvorí pracovná skupina, ktorej cieľom je analyzovať príčiny zvýšeného pôsobenia degradačného mechanizmu a navrhnúť účinné opatrenia vedúce k zníženiu trendu pôsobenia degradačného mechanizmu (napr. návrhom zmeny materiálu SKK, prevádzkových režimov a pod.)

Pracovná skupina sumarizuje všetky dostupné informácie o stave, prevádzke a údržbe komponentu a taktiež zisťuje, či na SKK neboli realizované projektové zmeny, ktoré by mohli ovplyvniť prevádzku SKK.

Pracovná skupina navrhuje pracovné postupy pre lepšie pochopenie vzťahu medzi prevádzkou SKK a pôsobením degradačného mechanizmu. V prípade potreby sa vykonávajú doplnkové analýzy, ktoré napomôžu lepšiemu pochopeniu účinkov degradačného mechanizmu a okolností, ktoré ho spôsobujú.

Na základe vyhodnotenia degradačného mechanizmu po niekoľkých palivových kampaniach pracovná skupina vyhodnotí účinnosť zapracovaných opatrení na zmiernenie účinku degradačného mechanizmu.

Ak bolo sledovaním indikátora stavu zistené dosiahnutie limitnej hodnoty reprezentovanej kritériom prijateľnosti, pracovná skupina navrhuje riešenia vo forme opravy časti SKK, výmeny celej SKK za nový alebo na základe analýz navrhuje predĺženie životnosti SKK s podmienkou splnenia prijatých

a schválených opatrení na určitú dobu prevádzky. V takýchto prípadoch sú uvedené návrhy podložené analýzami a predložené v dostatočne dlhom časovom horizonte dozorným orgánom na schválenie.

5.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre TNR

Rozsah činností v rámci PRS TNR pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degradačných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia.

Na základe výsledkov programu riadenia starnutia TNR možno konštatovať, že všetky hodnoty sledovaných degradačných mechanizmov nepresahujú kritériá prijateľnosti a na základe prognózy pri doterajšom spôsobe prevádzkovania v období dlhodobej prevádzky nedosiahnu limitné hodnoty.

Za významný progres v sledovaní degradácie materiálov TNR možno považovať rozšírenie overovacích programov o nové materiály nachádzajúce sa v aktívnej zóne TNR, ktoré doteraz neboli hodnotené. Jedná sa o materiál tepelne ovplyvnenej zóny (TOZ) v blízkosti zvaru, podnávarová TOZ a samotný austenitický návar. Nakoľko sa v týchto prípadoch jedná o materiál z úzkych konštrukčných oblastí, pre ich hodnotenie je použitá metóda SPT, ktorá je progresívnou metódou pre sledovanie zmien mechanických vlastností materiálu.

Významný progres bol dosiahnutý v oblasti hodnotenia únavového poškodenia TNR. Boli vytvorené nové výpočtové modely s novým dostatočne jemným rozdelením hodnotených uzlov telesa TNR na konečné prvky, čo zabezpečuje spoľahlivú distribúciu deformácií vznikajúcich pri jeho zaťažovaní a teda zároveň aj prepočítaných napätí.

V rámci zvyšovania výkonu jadrových blokov JE EBO V2 a JE EMO boli vykonané výpočty fluencií rýchlych neutrónov dopadajúcich na stenu TNR pri zvýšenom výkone reaktora na 107% pre dlhodobú prevádzku.

Ďalším rozšírením PRS TNR bolo zavedenie programu monitorovania teplotného starnutia materiálov TNR, v rámci ktorého boli vykonané odbery povrchových vzoriek z oblastí zvaru a základného materiálu TNR a do prevádzkového prostredia boli uložené vzorky materiálov TNR pre dlhodobú teplotnú expozíciu.

Degradačné mechanizmy ako radiačné krehnutie, únavové poškodenie a teplotné starnutie si vyžadujú špecifické aktivity založené na odberoch vzoriek, monitorovaní fluencie, odborných analýzách a posúdeniach. Ostatné degradačné mechanizmy (korózia, korózia pod napätím a opotrebenie) sú sledované v rámci výkonu NDT kontrol.

5.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia TNR

Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora je u držiteľa povolenia implementovaný v súlade s návodom [83]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Rozsah činností v rámci PRS TNR (program overovacích vzoriek, monitorovanie fluencie, hodnotenie únavového poškodenia, prevádzkové kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degradačných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Program overovacích vzoriek bol rozšírený o nové materiály nachádzajúce sa v aktívnej zóne a pokrýva podmienky prevádzky pri zvýšenom výkone blokov

a použítí nového typu jadrového paliva pre obdobie 60 rokov. Misie OSART 2010 na JE EBO V2 bol tento program identifikovaný ako dobrá prax.

Po výmene paliva na každom pracujúcom bloku a pred jeho nábehom sú výsledky prevádzkových kontrol vybraných zariadení vyhodnotené za účasti ÚJD SR. Následne držiteľ povolenia zasiela na ÚJD SR správy z predbežného vyhodnotenia výsledkov a z vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení vo forme pravidelných hlásení v zmysle rozhodnutia ÚJD SR [3] a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. Prevádzkové kontroly vybraných zariadení vykonáva držiteľ povolenia podľa programov prevádzkových kontrol, ktoré schvaľuje ÚJD SR. V priebehu plánovaných inšpekcií ÚJD SR zameraných na previerky vykonávania prevádzkových kontrol vybraných zariadení a inšpekcií po výmene paliva, inšpektori ÚJD SR náhodným výberom kontrolujú aj dokumentáciu predpísanú programami riadeného starnutia pre TNR. Okrem spomenutých plánovaných inšpekcií ÚJD SR vykonáva tiež neplánované inšpekcie, ako odozvy na rôzne udalosti vo svete. Riadenie starnutia je predmetom inšpekcií k periodickému hodnoteniu jadrovej bezpečnosti.

Okrem vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení poskytuje držiteľ povolenia aj informáciu o čerpaní životnosti vybraných komponentov a teda aj TNR. Správu o stave čerpania životnosti TNR predkladá držiteľ povolenia vo forme pravidelných hlásení na ÚJD SR v zmysle rozhodnutia ÚJD SR [3] a ÚJD SR k nej vydáva stanovisko.

Vo väčšine prípadov boli inšpekcie bez negatívnych zistení. V prípade negatívneho zistenia ÚJD SR vystaví držiteľovi povolenia protokol s nápravnými opatreniami a s termínmi ich plnenia a následne kontroluje plnenie týchto nápravných opatrení v stanovených termínoch. Pri kontrolách neboli identifikované žiadne zásadné nedostatky, ktoré by vyžadovali prijať okamžité nápravné opatrenia. Spôsobilosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti plniť ich bezpečnostné funkcie je zabezpečená.

6 Calandria/tlakové rúrky (CANDU)

Kapitola nie je aplikovateľná pre Slovensko. Calandria/tlakové rúrky nie sú použité v jadrových zariadeniach na Slovensku.

7 Betónové konštrukcie kontajnementu

Program riadenia starnutia kontajnementu jadrových elektrární je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [86]. Tento návod je platný pre prevádzkované jadrové bloky v SR, JE EBO V2 a JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo fáze výstavby bude PRS kontajnementu uvedený do platnosti pred ich spustením. Program je vypracovaný v zmysle národných [5] a medzinárodných návodov a odporúčaní a obsahuje základné atribúty efektívneho programu riadenia starnutia [1].

7.1 Opis programov riadenia starnutia pre betónové konštrukcie kontajnementu

7.1.1 Rozsah riadenia starnutia pre betónové konštrukcie kontajnementu

Jadrová elektráreň typu VVER 440/V213 je po stránke stavebnej i technologickej zostavená z dvoch samostatne prevádzkovaných celkov 1. a 2. bloku, ktoré sú situované v budove hlavného výrobného dvojbloku. Budova reaktora sa delí na hermetickú a nehermetickú časť.

Hermetická časť JE typu VVER 440/V213 sa označuje pojmom kontajnement a predstavuje štvrtú fyzickú bariéru pred únikom rádioaktívnych látok do životného prostredia. Skladá sa z nasledujúcich hlavných častí:

- šachta reaktora,
- bazén výmeny paliva
- box parogenerátorov,
- šachta lokalizácie havárie (vákuo-babotážny kondenzátor),
- ventilačné centrum.

Kontajnement plní nasledujúce základné funkcie:

- zabránenie úniku rádioaktívnych látok mimo hermetický priestor nad zadanú úroveň, t. j. zabezpečenie požadovanej tesnosti a biologickej ochrany pri normálnych prevádzkových podmienkach ako aj pri maximálnej projektovej havárii,
- zvládnutie účinkov zvýšeného tlaku a teploty vo vnútri hermetických priestorov v dôsledku havárie systému chladenia reaktora,
- ochrana systému chladenia reaktora a zariadenia elektrárne pred vonkajšími vplyvmi z vonku i z vnútra kontajnementu. Kontajnement si musí zachovávať projektovú funkciu počas pôsobenia prírodných síl ako je zemetrasenie, vietor, dážď, extrémne teploty a ľudskej činnosti (letecká a automobilová doprava, požiare, atď.).

Kontajnement je subatmosférický, s možnosťou zníženia tlaku v prípade projektovej havárie pomocou vákuo-barbotážneho kondenzátora a sprchového systému. Je dimenzovaný na 150 kPa atmosférický pretlak a 20 kPa atmosférický podtlak, čo dostatočne pokrýva predpokladané zaťaženie pri maximálnej projektovej havárii a zodpovedá súčasným požiadavkám MAAE na tretiu fyzickú bariéru koncepcie ochrany do hĺbky. Hranicu kontajnementu tvoria železobetónové steny s hermetickou oceľovou oblicovkou, ktoré oddeľujú všetky hermetické priestory od okolia a ďalšie stavebné, technologické a elektrické prvky kontajnementu, ktoré zabezpečujú jeho tesnosť. Sú to predovšetkým hermetické dvere, poklopy, priechodky (potrubné, impulzné, elektrické, hriadelové), ochranný poklop šachty reaktora, hradidlo bazénu výmeny paliva, rýchločinné armatúry a prvky vzduchotechniky. Oceľová oblicovka kontajnementu spája všetky jeho časti a tým zaručuje plynutesnosť železobetónových stien.

Na potrubných trasách technologických systémov, ktoré prechádzajú hranicou kontajnementu, sú inštalované z oboch strán rýchločinné oddeľovacie armatúry, ktoré sú určené na rýchle izolovanie systémov vo vnútri kontajnementu v prípade havárie.

Schopnosť vákuo-barbotážneho kondenzátora plniť projektovú funkciu zníženia tlaku v hermetických priestoroch počas maximálnej projektovej havárie bola preukázaná jeho kvalifikáciou [87].

Pri prevádzke reaktorového bloku je v kontajnemente vytvorený podtlak min. 50 Pa. Prevádzka kontajnementu pri trvalom podtlaku umožňuje kontinuálne monitorovanie jeho tesnosti, čo je významný bezpečnostný aspekt tohto typu kontajnementu. Tesnosť kontajnementu sa overuje periodickými skúškami tesnosti pri vnútornom pretlaku.

V prípade abnormálneho prevádzkového stavu zabezpečuje kontajnement ochranu pred únikom rádioaktívnych látok do okolia JE a životného prostredia.

Schéma kontajnementu VVER 440/V213 je uvedená v Prílohe č. 7.

Podkladom pre stanovenie rozsahu riadenia starnutia pre betónové konštrukcie kontajnementu boli výstupy výskumných projektov [88], [89], realizovaných v rokoch 2002 až 2008 v spolupráci s expertnými organizáciami. V rámci daných projektov boli analyzované jednotlivé prvky stavebných konštrukcií kontajnementu z hľadiska pôsobenia možných degradačných mechanizmov v rámci projektovej ako aj dlhodobej prevádzky. Pre posúdenie vplyvu teplotného a radiačného zaťaženia na zmenu vlastností betónu boli odobraté vzorky zo steny šachty reaktora JE EBO V2. Komplexnou analýzou daných vzoriek bolo preukázané, že vplyv vtedy 20 ročnej prevádzky na zmenu vlastností betónu je nevýznamný a betón v plnom rozsahu spĺňa projektové požiadavky.

Na základe výstupov a odporúčaní z vyššie uvedených projektov bol zostavený program riadenia starnutia hlavného výrobného bloku vrátane betónových konštrukcií kontajnementu.

Vypracovaný PRS kontajnementu je koncipovaný tak, aby sa jeho aplikovaním dosiahlo:

- zvyšovanie úrovne bezpečnosti včasnou predpoveďou stavu stavebných konštrukcií kontajnementu v jednotlivých JE v SR,
- hodnotenie reálneho stavu čerpania technickej životnosti a jej trendov,
- koncepčné ovplyvňovanie podmienok užívania stavebných konštrukcií kontajnementu,
- čo najlepšie poznanie stavu stavebných konštrukcií kontajnementu za účelom dlhodobej prevádzky a predĺženia životnosti.

Cieľom PRS je zabezpečiť spoľahlivosť a bezpečnosť sledovaných stavebných konštrukcií kontajnementu prostredníctvom poznania:

- východiskového stavu,
- materiálov a materiálových vlastností,
- mechanizmov starnutia,
- miest degradácie,
- indikátora stupňa degradácie,
- dôsledkov degradácie starnutím a následných porúch pri normálnych a abnormálnych podmienkach prevádzky.

Do PRS kontajnementu sú zaradené stavebné konštrukcie a ich prvky významné z hľadiska integrity hermetickej zóny. Sú to nasledovné stavebné konštrukcie:

- nosná železobetónová konštrukcia,
- oceľová konštrukcia,
- oceľová oblicovka (hermetická, nehermetická),
- prvky technologických zariadení zabudovaných do stavebnej konštrukcie (hermetické priechodky, dvere, poklopy).

7.1.2 Posúdenie starnutia betónových konštrukcií kontajnementu

Identifikácia jednotlivých degradačných mechanizmov, ich monitorovanie a hodnotenie tvorí základnú súčasť komplexného PRS kontajnementu.

Z hľadiska novej degradácie stavebnej konštrukcie sú kritické miesta stanovené na základe posúdenia charakteristík prostredia v jednotlivých miestnostiach pri normálnej prevádzke ako aj pri havarijných podmienkach. Pre dané prostredie sa zohľadnia možnosti výskytu jednotlivých degradačných mechanizmov.

Na základe vplyvu na jadrovú bezpečnosť a pôsobiacich stresorov (teplota, vlhkosť, radiácia, mechanické namáhanie, pôsobenie chemikálií, poveternostné vplyvy) boli určené miestnosti, resp. časti stavebnej konštrukcie, v ktorých majú degradačné mechanizmy najväčší vplyv na degradáciu jednotlivých stavebných konštrukcií kontajnementu JE.

Prvky konštrukcií kontajnementu, pri ktorých sa prejavujú degradačné mechanizmy sú:

- betón,
- oceľová výstuž betónu,
- oceľová oblicovka,
- kotviace prvky
- nosné a nenosné oceľové konštrukcie
- priechodky, poklopy, prielezy, dvere
- tesnenia a tesniace vložky,
- ochranný náter.

Identifikácia a kvantifikácia pôsobenia degradačných mechanizmov na jednotlivé prvky stavebných konštrukcií kontajnementu sa vykonáva nedeštruktívnymi a deštruktívnymi kontrolami. Vzhľadom na skutočnosť, že vykonávanie deštruktívnych kontrol je možné realizovať prevažne na odobraných vzorkách mimo lokality JE, je hlavný dôraz pri realizácii kontrol kladený na nedeštruktívne kontroly. Deštruktívne kontroly sa využívajú najmä v prípade, ak nedeštruktívnymi kontrolami nie je možné predmetnú časť stavebnej konštrukcie vyhodnotiť v požadovanom rozsahu.

Pri kontrole jednotlivých stavebných konštrukcií sa pozornosť zameriava na identifikáciu a kvantifikáciu pôsobenia nasledujúcich chemických, fyzikálnych a mechanických dejov:

- betón a železobetón
 - vylúhovanie a vykvetanie
 - pôsobenie síranov
 - pôsobenie kyselín a zásad
 - reakcie zásad alkalických kovov s plnivom
 - karbonizácia
 - kryštalizácia chloridov a iných solí

- korózia ocelej výstuže
- pôsobenie zamrzania a topenia
- abrázia, erózia
- zvýšená teplota, tepelné cyklovanie
- vplyv žiarenia
- únava, vibrácie
- sadanie
- ocelové konštrukcie a ocelová oblicovka
 - korózia
 - zvýšená teplota, vlhkosť a tepelné cyklovanie
 - únava, vibrácie
 - vplyv žiarenia

Pri identifikácii prejavu degradácie jednotlivých stavebných konštrukcií je dôležité stanovenie príčiny degradácie z dôvodu, že rôzne degradačné mechanizmy sa prejavujú rovnakou formou degradácie.

Z hľadiska komplexného vyhodnotenia aktuálneho stavu jednotlivých stavebných konštrukcií držiteľ povolenia v spolupráci s dodávateľom vypracoval a zaviedol metodiku hodnotenia čerpanie životnosti kontajneru. Metodika na základe váhového faktora stanoveného pre každý hodnotený degradačný mechanizmus umožňuje vyhodnotiť aktuálny stav konštrukcií kontajneru vzhľadom na projektové predpoklady, resp. porovnávať stav na jednotlivých blokoch.

7.1.3 Monitorovanie, testovanie, odber vzoriek a kontrolné činnosti pre betónové konštrukcie kontajneru

Od uvedenia jednotlivých blokov JE EBO V2 a JE EMO do prevádzky sú periodicky vykonávané skúšky tesnosti a pevnosti kontajneru. Tieto skúšky sú zamerané na overovanie jeho bezpečnostnej funkcie - zabrániť úniku rádioaktívnych látok mimo hermetický priestor. Od spustenia jednotlivých blokov je taktiež vykonávané pravidelné geodetické meranie a vyhodnocovanie sadania objektu hlavného výrobného bloku.

V súvislosti so zavedením komplexného PRS pre stavebné konštrukcie kontajneru bol pôvodný program monitorovania rozšírený o nové postupy a oblasti kontroly jednotlivých prvkov stavebných konštrukcií kontajneru.

Monitorovanie stavu sa v zmysle PRS vykonáva periodicky na každom prevádzkovanom bloku podľa definovaného plánu.

Plán kontrol je rozvrhnutý podľa troch základných typov prieskumu:

- základný stavebno-technický prieskum
 - vizuálna prehliadka objektu, jeho konštrukcií a najbližšieho okolia
 - mapovanie zistených chýb
- komplexný stavebno-technický prieskum
 - vizuálna prehliadka objektu, jeho konštrukcií a najbližšieho okolia
 - nedeštruktívne skúšanie vytypovaných častí a prvkov jednotlivých stavebných konštrukcií - kontaktné metódy, drobné odbery vzoriek materiálu
 - vyhodnotenie trhlín a aktualizácia mapy trhlín
 - realizácia 1-krát za 4 roky počas GO príslušného bloku
- špeciálny stavebno-technický prieskum

- prevažne deštruktívne metódy vyžadujúce odber vzoriek skúšaných prvkov a ich laboratórne vyhodnotenie
- realizácia v prípade požiadaviek na stanovenie vlastností, ktoré nie je možné vyhodnotiť nedeštruktívnymi metódami.

Vyhodnotenie výsledkov monitoringu sa realizuje podľa akceptačných kritérií prípustnosti stavu degradácie a jej ďalšieho vývoja v čase. Pre posudzovanie stavu degradácie železobetónových konštrukcií sa používajú kritéria definované v národnej norme STN 731201 alebo Eurokód 2.

V rámci jednotlivých typov prieskumu stavebných konštrukcií kontajmentu sú kontroly zamerané na:

- základný stavebno-technický prieskum/oblasť kontroly
 - celistvosť náterov stavebných konštrukcií betónových, resp. oceľových
 - delaminácia betónu, resp. farby
 - spoje, medzery, prepojenia (uvoľnený spojovací materiál)
 - deformácie betónových, resp. oceľových konštrukcií
- komplexný stavebno-technický prieskum/oblasť kontroly
 - vlhké miesta, dutiny, vykryštalizované soli
 - pevnosť, hutnosť, nasiakavosť, karbonizácia a vlhkosť betónu
 - trhliny (aktivita trhlín)
 - diagnostika výstuže a poruchy stavebných konštrukcií georadarom
 - hrúbka oblicovky a náterov
- špeciálny stavebno-technický prieskum/oblasť kontroly
 - laboratórne skúšky pevnosti a mikroštruktúry betónu
 - kvalitatívna analýza betónu
 - laboratórne skúšky vzoriek z oceľových konštrukcií a kotviacich prvkov.

Jedným z výstupov komplexného stavebno-technického prieskumu betónových konštrukcií kontajmentu realizovaného v rámci PRS je identifikácia mapy trhlín, ich schematizácia a meranie. Prípustnosť trhlín sa vyhodnocuje podľa normy Eurokód 2. Na základe získaných údajov o trhlinách (typ, miesto, dĺžka, šírka, pohyb) v betónových konštrukciách kontajmentu sa vytvára tzv. mapa trhlín [90].

Monitoring prostredia

S prihliadnutím na skutočnosť, že významný vplyv na možnú degradáciu vlastností jednotlivých konštrukcií kontajmentu môže mať teplota a radiácia, držiteľ povolenia zaviedol program pre monitorovanie prostredia vo vytypovaných miestach kontajmentu. Cieľom monitorovania je overiť súlad medzi projektovými hodnotami teploty a radiácie v exponovaných miestach kontajmentu a reálnym stavom počas prevádzky.

Program starostlivosti o hermetické poklopy a dvere

Držiteľ povolenia má vypracovaný a zavedený program starostlivosti o hermetické poklopy, uzávery, dvere, ktoré sú dôležité z pohľadu zabezpečenia požadovanej tesnosti kontajmentu. V stanovených intervaloch je vykonávaná kontrola správnej funkčnosti tesnenia poklopov a dverí ako aj realizovaná výmena jednotlivých komponentov tesnenia. Výsledkom správne aplikovanej starostlivosti o hermetické poklopy a dvere je vyhovujúci výsledok skúšky tesnosti kontajmentu [91].

7.1.3.1 Prevádzkové skúšky kontajmentu vyžadované legislatívou

Pevnostná integrálna skúška

Pevnostná integrálna skúška sa vykonáva za účelom vyhodnotenia limitnej podmienky ÚJD SR 3.6.1.2, ktorá znie: Pevnosť vonkajšej hermetickej hranice pri pretlaku 150 kPa je dostatočná vtedy, ak sa na nej nevytvoria žiadne deštrukčné alebo deformačné zmeny, spôsobené pretlakom a maximálne prehnutie stien na šachte lokalizácie havárie (ŠLH) neprekročí hodnotu 10 mm. Pevnostná integrálna skúška sa vykonáva minimálne 1-krát za 10 rokov.

Periodická integrálna skúška tesnosti

Pri periodickej integrálnej skúške sa stanovuje percentuálny únik vzduchu z kontajnementu počas pretlakovej skúšky tesnosti za 24 hodín. Vykonáva sa 1-krát za 2 roky [92], [93].

Doteraz vykonané skúšky tesnosti a pevnosti kontajnementu na jednotlivých prevádzkovaných blokoch v SR neindikovali žiadny problém s tesnosťou a integritou kontajnementu. Aj napriek tejto skutočnosti sa však sústavne vykonávajú práce smerujúce k vylepšeniu tesnosti kontajnementu.

7.1.4 Preventívne a nápravné opatrenia pre betónové konštrukcie kontajnementu

Návrh preventívnych a nápravných opatrení vychádza z výsledkov hodnotenia jednotlivých indikátorov starnutia, resp. impulzom sú získané skúsenosti od iných prevádzkovateľov. Pri vypracovaní nápravného opatrenia sa vykonáva identifikácia zdrojovej príčiny nadmerného starnutia sledovaného miesta stavebnej konštrukcie a následne sa navrhujú opatrenia na elimináciu zistených príčin degradácie. Preventívne a nápravné opatrenia vypracováva a schvaľuje pracovná skupina, ktorej zloženie a pôsobnosť je definovaná v internej dokumentácii držiteľa povolenia.

Realizácia zásahov do stavebných konštrukcií kontajnementu nemusí byť vyvolaná identifikovaným problémom z hľadiska výsledkov programu riadenia starnutia kontajnementu, ale môže to byť dôsledok realizovaných projektových zmien (napr. implementácia prvkov na zvládnutie ťažkých havárií), resp. plánovanej údržby jednotlivých prvkov stavebného objektu.

7.2 Skúsenosti držiteľa povolenia s aplikáciou PRS pre betónové konštrukcie kontajnementu

Od uvedenia jednotlivých blokov do prevádzky sa vykonáva periodické monitorovanie tesnosti a pevnosti kontajnementu ako aj geodetické meranie a vyhodnotenie sadania objektu hlavného výrobného bloku. Uvedené merania poskytujú prvotnú informáciu o stave zabezpečenia projektových funkcií kontajnementu. Systematický prístup k programu riadenia starnutia kontajnementu bol u držiteľa povolenia rozpracovaný a zavedený postupne do praxe približne v roku 2008. Celková koncepcia a prípravné analýzy sa realizovali ešte pred zavádzaním PRS kontajnementu. Expertná externá organizácia v spolupráci so špecialistami držiteľa povolenia v rámci prípravy PRS vypracovala rozsah kontrol pre jednotlivé stavebné konštrukcie vrátane návrhu periódy ich opakovaní. V rámci prvého stavebno-technického prieskumu boli stanovené kontrolne miesta pre periodický výkon kontrol. Od roku 2008 je opakovane realizovaný stanovený program kontrol pre betónové konštrukcie kontajnementu na jednotlivých prevádzkovaných blokoch. Na základe výsledkov kontrol boli navrhnuté odporúčania, ktoré boli držiteľom povolenia aplikované.

V rámci účasti zástupcov držiteľa povolenia na projekte IGALL a OECD bol rozsah PRS pre kontajnement a skúsenosti z jeho realizáciou prediskutované so zástupcami iných zúčastnených prevádzkovateľov JE. Na základe porovnania je možné konštatovať, že celková koncepcia PRS ako aj rozsah kontrol bol nastavený obdobne ako na iných JE a neboli identifikované významné podnety na zlepšenie.

Pri výkone kontrol jednotlivých stavebných konštrukcií kontajnementu je snaha zo strany držiteľa povolenia používať nové progresívne metódy kontrol. V rámci tohto prístupu bola úspešne zavedená do praxe kontrola oceľovej výstuže georadarom. Táto kontrola umožňuje nedeštruktívne analyzovať možné korózne napadnutie výstuže v betóne ako aj kontrolu jej správneho rozmiestnenia.

V súčasnosti sú analyzované možnosti spresnenia nedeštruktívneho merania hĺbok trhlín v betóne.

7.3 Zhodnotenie a závery regulátora k riadeniu starnutia betónových konštrukcií kontajnementu

Program riadenia starnutia kontajnementu jadrovej elektrárni je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [86]. Tento návod je platný pre prevádzkované jadrové bloky v SR, JE EBO V2 a JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo fáze výstavby bude PRS kontajnementu uvedený do platnosti pred ich spustením. Od uvedenia blokov JE do prevádzky sa vykonáva periodické monitorovanie tesnosti a pevnosti kontajnementu ako aj geodetické meranie a vyhodnotenie sadania objektu hlavného výrobného bloku.

Po výmene paliva na každom pracujúcom bloku a pred jeho nábehom sú výsledky prevádzkových kontrol vybraných zariadení vyhodnotené za účasti ÚJD SR. Následne držiteľ povolenia zasiela na ÚJD SR správy z predbežného vyhodnotenia výsledkov a z vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení vo forme pravidelných hlásení v zmysle rozhodnutia ÚJD SR [3] a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. Prevádzkové kontroly vybraných zariadení vykonáva držiteľ povolenia podľa programov prevádzkových kontrol, ktoré schvaľuje ÚJD SR. Okrem vyhodnotenia výsledkov prevádzkových kontrol vybraných zariadení, držiteľ povolenia oznamuje na ÚJD SR aj informáciu o rozsahu prác na kontajmente – hermetickej zóne za účelom jej údržby a zlepšenia jej tesnosti a o výsledkoch skúšky tesnosti hermetických priestorov. Túto informáciu tiež obsahujú aj spomínané pravidelné hlásenia. Inšpektori ÚJD SR vykonávajú plánovanú inšpekciu zameranú na realizáciu periodických integrálnych skúšok tesnosti hermetickej zóny vykonávaných jedenkrát za dva roky v rámci ktorej sa zúčastňujú priebehu týchto skúšok a tiež kontrolujú dokumentáciu predpísanú programami riadeného starnutia pre hermetickú zónu – kontajment. V rokoch, v ktorých sa nevykonáva periodická integrálna skúška tesnosti hermetickej zóny, vykonáva držiteľ povolenia tzv. lokálne merania tesnosti, ktorých výsledky predkladá na ÚJD SR, a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. V intervale jedenkrát za desať rokov vykonáva držiteľ povolenia pevnostnú integrálnu skúšku hermetickej zóny, na ktorú pozýva ÚJD SR a výsledky ktorej predkladá na ÚJD SR v zmysle rozhodnutia [3] a ÚJD SR k nim vydáva stanovisko. Okrem spomenutých plánovaných inšpekcí ÚJD SR vykonáva tiež neplánované inšpekcie, ako odozvy na rôzne udalosti vo svete. Riadenie starnutia je tiež predmetom inšpekcí k periodickému hodnoteniu jadrovej bezpečnosti.

Vo väčšine prípadov boli inšpekcie bez negatívnych zistení, v prípade negatívneho zistenia ÚJD SR vystaví držiteľovi povolenia protokol s nápravnými opatreniami a s termínmi ich plnenia a následne kontroluje plnenie týchto nápravných opatrení v stanovených termínoch. Pri kontrolách neboli identifikované žiadne zásadné nedostatky, ktoré by vyžadovali prijať okamžité nápravné opatrenia. Spôsobilosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti plniť ich bezpečnostné funkcie je zabezpečená.

8 Tlakové nádoby z predpätého betónu (AGR)

Kapitola nie je aplikovateľná pre Slovensko. Tlakové nádoby z predpätého betónu nie sú použité v jadrových zariadeniach na Slovensku.

9 Celkové zhodnotenie a všeobecné závery

Riadenie starnutia a hodnotenie životnosti sa na JE začalo implementovať od roku 1991, pričom bolo súčasťou viacerých projektov zameraných na zvyšovanie jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky [64].

Pravidlá systematického prístupu k riadeniu starnutia SKK sú legislatívne zadefinované v dokumentoch ÚJD SR [7], [5] a [94]. Dokumenty vychádzajú z odporúčaní bezpečnostných požiadaviek MAAE [9] a bezpečnostného návodu [1]. Riadenie starnutia je jednou z preverovaných oblastí v rámci periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti [7].

Základné legislatívne požiadavky sú u držiteľa povolenia premietnuté v procesnej dokumentácii ISM [14] a v príslušných proaktívnych programoch riadenia starnutia (t. j. s predvídateľnosťou a očakávaním) vypracovaných pre SKK dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti. Proces riadenia starnutia je implementovaný na prevádzkovaných blokoch JE EBO V2, JE EMO ako aj blokoch JE MO34 vo výstavbe.

Pre realizáciu riadenia starnutia je v SE, a. s. vytvorená Skupina pre riadenie životnosti – jadro. Riadenie starnutia je v procesnom modeli držiteľa povolenia zaradené do vrcholového procesu Výroba, proces Inžiniering.

Program riadenia starnutia káblov je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [67]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Jednotlivými čiastkovými programami v rámci PRS káblov (program overovacích vzoriek, merania funkčných káblov v prevádzke) pokrýva držiteľ povolenia hlavné degračné mechanizmy identifikované na základe skúseností z prevádzky a medzinárodných odporúčaní. Držiteľ povolenia vykonáva aj monitoring parametrov prostredia (teplota, radiačná dávka, relatívna vlhkosť), ktorým sú káble v prevádzke vystavené. Monitoring zahŕňa priestory kontajntentu, aj mimo kontajntentu na oboch prevádzkovaných elektrárnach.

Riadenie starnutia skrytých potrubí je súčasťou PRS potrubí TVD [76], ktorý je u držiteľa povolenia implementovaný. Tento návod je platný pre prevádzkované JE EBO V2, JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo fáze výstavby bude PRS uvedený do platnosti pred ich spustením. Rozsah činností v rámci PRS TVD (monitorovanie korózie, monitorovanie betónového monolitu, merania hrúbky stien, vizuálne kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degračných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Na základe vykonaného monitorovania stavu potrubí TVD na JE EBO V2 bola realizovaná rekonštrukcia a výmena týchto potrubí.

Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [83]. Tento návod je platný pre všetky jadrové bloky v SR, t. j. prevádzkované JE EBO V2, JE EMO a bloky JE MO34 vo výstavbe. Rozsah činností v rámci PRS TNR (program overovacích vzoriek, monitorovanie fluencie, hodnotenie únavového poškodenia, prevádzkové kontroly) pokrýva monitorovanie všetkých relevantných degračných mechanizmov identifikovaných na základe skúseností z prevádzky, medzinárodných odporúčaní a výsledkov programu riadenia starnutia. Program overovacích vzoriek bol rozšírený o nové materiály nachádzajúce sa v aktívnej zóne TNR a pokrýva podmienky prevádzky pri zvýšenom výkone jadrových blokov a použití nového typu jadrového paliva pre obdobie 60 rokov. Misie OSART 2010 na JE EBO V2 bol tento program identifikovaný ako dobrá prax.

Program riadenia starnutia kontajnementu jadrovej elektrárni je u držiteľa povolenia implementovaný a je vykonávaný v súlade s návodom [86]. Tento návod je platný pre prevádzkované jadrové bloky v SR, JE EBO V2 a JE EMO. Pre bloky JE MO34 vo fáze výstavby bude PRS kontajnementu uvedený do platnosti pred ich spustením. Od uvedenia blokov JE do prevádzky sa vykonáva periodické monitorovanie tesnosti a pevnosti kontajnementu ako aj geodetické meranie a vyhodnotenie sadania objektu hlavného výrobného bloku.

V súvislosti s programom dlhodobej prevádzky sa programy riadenia starnutia SKK vyvíjajú pre obdobie 60 rokov prevádzky, čo misia WANO Peer Review, ktorá bola na JE EMO v roku 2013 a misia OSART (rozšírená o LTO modul), ktorá bola na JE EBO V2 v roku 2010, klasifikovala ako dobrú prax.

Držiteľ povolenia v zmysle rozhodnutia [3] predkladá na ÚJD SR pravidelné hlásenie o výsledkoch programov riadenia starnutia zamerané na:

- čerpanie životnosti tlakovej nádoby reaktora a vybraných zariadení bloku vrátane kritickej teploty krehkého lomu TNR,
- vyhodnotenie kritickej teploty krehkosti TNR na základe skúšok reťazca overovacích vzoriek TNR,
- vyhodnotenie programov prevádzkových kontrol.

Držiteľ povolenia je zapojený do nasledovných medzinárodných projektov:

- Držiteľ povolenia je členom projektu MAAE IGALL – projekt zameraný na vypracovanie praktického návodu na riadenie starnutia zariadení JE dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti vrátane odporúčaní pre efektívne riadenie programov starnutia. Projekt je rozdelený na tri profesijné oblasti: oblasť strojných zariadení, oblasť elektro zariadení a oblasť stavebných konštrukcií JE. V každej pracovnej skupine má držiteľ povolenia zastúpenie.
- OECD/NEA CADAQ - projekt zameraný na rozšírenie existujúcich databáz a vedomostí v oblasti riadenia starnutia a kvalifikácie káblov. Do tohto projektu je držiteľ povolenia v zapojený od roku 2011.
- OECD/NEA CODAP – projekt zameraný na rozšírenie existujúcich databáz o poruchy pasívnych komponentov primárneho okruhu ako aj ostatných komponentov, ktorých porucha má významný vplyv na prevádzku vrátane opatrení z pohľadu degradačných mechanizmov. Držiteľ povolenia má zabezpečený prístup do databázy prevádzkových skúseností ako i možnosť prispievať informáciami o vyskytnutých udalostiach v prevádzkovaných jadrových elektrárňach.
- OECD Halden Reactor project – Fuels and Materials – projekt je zameraný na rozvoj metodiky Small Punch Test (SPT), ktorá umožňuje stanovenie základných mechanických vlastností pomocou malých vzoriek. Cieľom celého projektu bola priama korelácia výsledkov s aktuálne riešenými programami overovacích vzoriek pre JE EBO V2 a JE EMO a posúdenie vplyvu ožarovania vzoriek v energetickom a výskumnom reaktore na rýchlosť degradácie mechanických vlastností.
- Držiteľ povolenia má prístup k databázam a materiálom EPRI „Electric Power Research Institute“, v oblasti riadenia starnutia.
- Držiteľ povolenia je členom International Equipment Reliability Working Group, ktorá je zameraná na výmenu skúseností v procese Spôľahlivosť zariadení.

Slovensko má ustanovenú legislatívnu bázu pre riadenie starnutia. Držiteľ povolenia je povinný zaviesť a implementovať program riadenia starnutia na identifikáciu všetkých mechanizmov starnutia týkajúci sa systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých pre bezpečnosť. Tento (PRS) vymedzuje možné dôsledky starnutia a stanovuje potrebné činnosti na udržanie prevádzkyschopnosti a spoľahlivosti týchto systémov, konštrukcií a komponentov (SKK).

Pravidelné inšpekcie vykonáva ÚJD SR u držiteľa povolenia, aby overil súlad s legislatívnymi požiadavkami a medzinárodnými bezpečnostnými štandardmi a dobrou praxou. Držiteľ povolenia je povzbudzovaný, aby ďalej realizoval AMP účasťou na medzinárodných projektoch a vymieňal si skúsenosti s inými prevádzkovateľmi JE.

Pri príprave národnej správy bola identifikovaná táto dobrá prax:

- v strategických zámeroch v oblasti RS sa v metodologickej dokumentácii držiteľ povolenia zaoberá nielen problematikou zastarávania, ale aj vývojom dlhodobej ozdravnej stratégie SKK,
- držiteľ povolenia vedie špeciálnu databázu na účely RS,
- vývoj PRS pre vybrané zariadenia pre dlhodobú prevádzku.

Proces tiež identifikoval výzvy:

- nedostatky vo výkresovej dokumentácii SKK vo vzťahu ku skutočnému stavu,
- nekontinuálna aktualizácia databázy RS, aby odrážala skutočný stav SKK a vedomostí.

Schopnosť systémov, štruktúr a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti, plniť svoje bezpečnostné funkcie, považuje ÚJD SR za zabezpečenú.

10 Referencie

- [1] Safety Guide No. NS-G-2.12 Ageing Management for Nuclear Power Plants, IAEA, 2009.
- [2] WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, WENRA RHWG, 2014.
- [3] Rozhodnutie ÚJD SR č.1012/2013, ÚJD SR, 2013.
- [4] WENRA Report, Topical Peer Review 2017 - Ageing Management Technical Specification for the National Assessment Reports, WENRA RHWG, 2016.
- [5] BNS I.9.2/2014 – Riadenie starnutia jadrových elektrární – Požiadavky, ÚJD SR.
- [6] Zákon č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie, 2016.
- [7] Vyhláška ÚJD SR č. 33/2012 Z.z. o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení v znení neskorších predpisov, ÚJD SR, 2016.
- [8] BNS 1.4.4/2014 Prevádzka jadrového zariadenia po dosiahnutí jeho projektom uvažovanej životnosti; Požiadavky a návody, ÚJD SR, 2014.
- [9] No.NS-R-2; Safety of Nuclear Power Plants: Operation; Requirements, IAEA, 2000.
- [10] Specific Safety Guide No. SSG–25 Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, IAEA, 2013.
- [11] Safety Reports Series No 57: Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, IAEA, 2008.
- [12] JE/MNA-344.01 Dlhodobé plánovanie udržiavania spoľahlivosti a Riadenia životného cyklu zariadenia JE, SE a.s., 2013.
- [13] JE/MNA-340.02 Efektívny systémový inžiniering v JE, SE a.s., 2015.
- [14] JE/MNA-311.09 Riadenie starnutia systémov, konštrukcii a komponentov JE, SE a.s., 2016.
- [15] 6-ZOZ/056 - Zoznam systémov, konštrukcií a komponentov pre riadenie starnutia JE EBO V2, SE a.s., 2016.
- [16] 7-SP/0032 - Zoznam systémov, konštrukcií a komponentov pre riadenie životnosti JE EMO12, SE a.s., 2015.
- [17] 8-SP/0032 - Zoznam systémov, konštrukcií a komponentov pre riadenie životnosti JE MO34, SE a.s., 2016.
- [18] V01-540181/TD1221.01 Metodika výberu zariadení JE V2 pre program LTO, VUJE a.s..
- [19] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť, ÚJD SR, 2011.
- [20] EMO/MNA-342.10 Program údržby, dozorovania a prevádzkových kontrol, SE a.s., 2015.
- [21] JE/MNA-320.01 Plánovanie udržiavania majetku, SE a.s., 2017.
- [22] JE/NA-322.01-01 Technologické postupy, SE a.s., 2015.

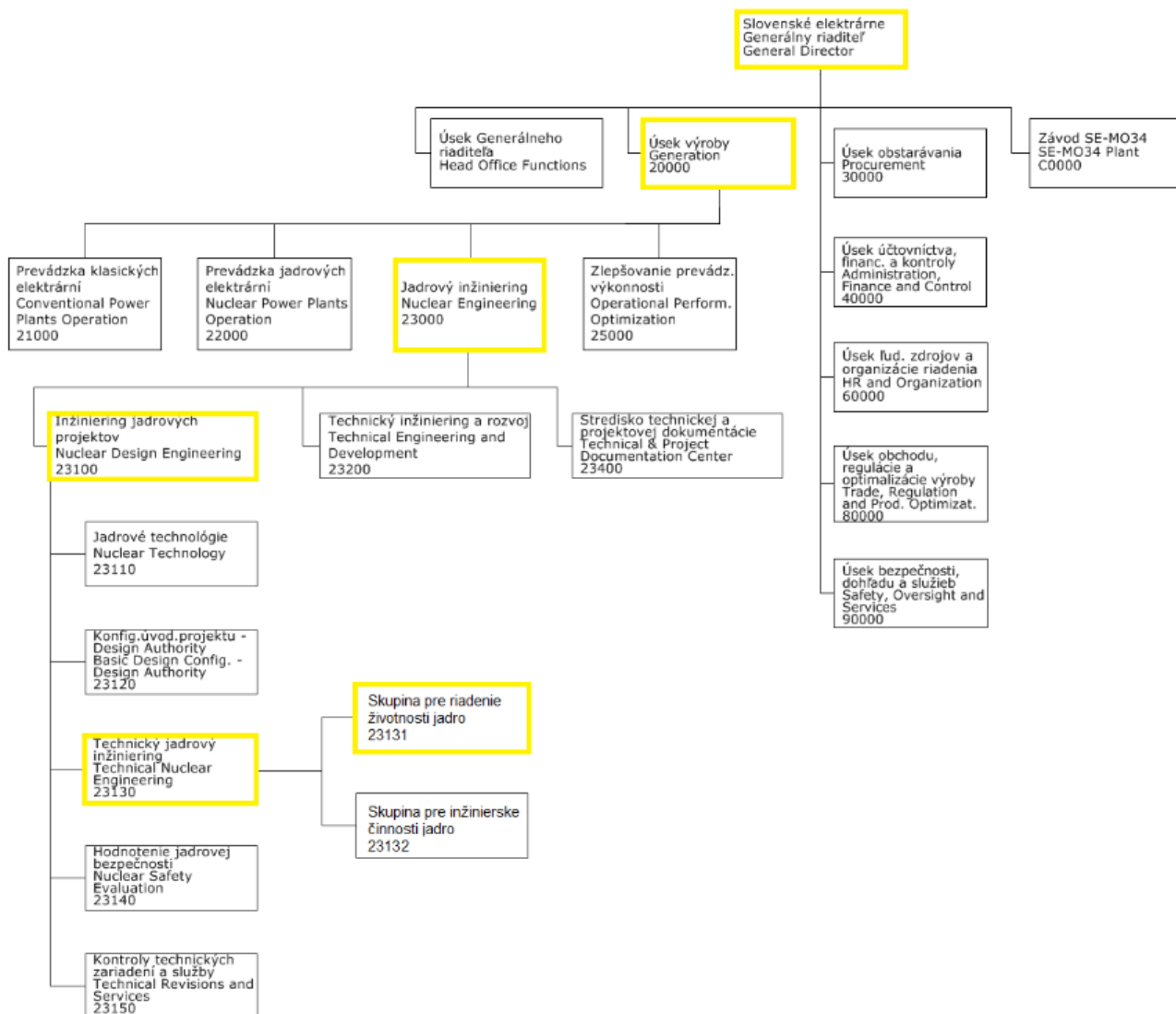
- [23] JE/SM-340 Spôľahlivosť zariadení, SE a.s., 2012.
- [24] JE/MNA-342.01 Monitorovanie výkonnosti zariadení, SE a.s., 2015.
- [25] Metodika hodnotenia programov riadenia starnutia, č. 9000111/6.6/TD/PRS_r00.1, VUJE a.s..
- [26] 0-SP/0030 Databanka riadenia starnutia, SE a.s., 2016.
- [27] EBO/MNA-311.02 Riadenie prevádzkovej dokumentácie, SE a.s., 2016.
- [28] EMO/MNA-311.02 Riadenie prevádzkovej dokumentácie, SE a.s., 2017.
- [29] SE/MNA-932.01 Registratúra a archív, SE a.s., 2012.
- [30] JE/MNA-343.01 Kontinuálne zvyšovanie spoľahlivosti zariadenia, SE a.s., 2017.
- [31] SE/MNA-310.01 Inovácie, veda a výskum, SE a.s., 2013.
- [32] Jednotný postup pre hodnotenie zvyškovej životnosti komponentov a potrubí JE typu VVER „VERLIFE“. zmluva č. FIKS-CT-2001-20198.
- [33] JE/MNA-133.01 Využívanie prevádzkových skúseností, SE a.s., 2017.
- [34] JE/SM-133 Program využívania prevádzkových skúseností, SE a.s., 2017.
- [35] JE/SM-131 Samohodnotenie a benchmarking, SE a.s., 2013.
- [36] WANO GL 2001-07 Principles for effective Self-assessment and Corrective action program, WANO, 2001.
- [37] 6-PCP/001 Program prevádzkových kontrol NDT SE-EBO V2, SE a.s., 2015.
- [38] 1-PCP/8130-2 Program prevádzkových kontrol NDT SE-EMO 1.blok - kniha č.2, SE a.s., 2016.
- [39] 1-PCP/8130-1 Program prevádzkových kontrol NDT SE-EMO 1.blok - kniha č.1, SE a.s., 2016.
- [40] JE/EPZK-100 Etapový program zabezpečenia kvality jadrových elektrární SE, a.s. pre prevádzku, SE a.s., 2017.
- [41] 3-PCP/010 Program prevádzkových kontrol 3.bloku JE EBO V2 počas TGO, SE a.s., 2017.
- [42] 4-PCP/010 Program prevádzkových kontrol 4.bloku JE EBO V2 počas TGO, SE a.s., 2017.
- [43] 6-PCP/008 Program periodických NDT kontrol VZ počas prevádzky JE EBO V2, SE a.s., 2017.
- [44] 0-PCP/8132 Plán prevádzkových kontrol NDT počas prevádzky, SE a.s., 2017.
- [45] JE/SM-132 Systém nápravy a prevencie problémov v JE, SE a.s., 2010.
- [46] JE/MNA-132.02 Analýza príčin a navrhovanie nápravných opatrení, SE a.s., 2017.
- [47] JE/MNA-132.03 Realizácia nápravnej činnosti, SE a.s., 2017.
- [48] JE/MNA-132.04 Vyhodnocovanie trendov a kódovanie SNaP, SE a.s., 2014.
- [49] JE/MNA-132.05 Manažment závažných udalostí a obnova normálnej prevádzky, SE a.s., 2013.

- [50] SE/MNA-132.01 Riadenie nezhôd, nápravných a preventívnych činností, SE a.s., 2017.
- [51] JE/NA-311.09-01 Komisia pre vyhodnotenie prevádzkových kontrol, SE a.s., 2013.
- [52] MO34/MNA-860.06 Spätná väzba z prevádzkových udalostí v etape výstavby, neaktívnych skúšok a spúšťania, SE a.s., 2016.
- [53] MO34/MNA-820.09 Spätná väzba z prevádzky, SE a.s., 2016.
- [54] EBO-MATPV-02/2010-17 Program dlhodobej prevádzky, SE a.s., 2010.
- [55] JE/NA-311.01-01 Návrh na zmenu, SE a.s..
- [56] EMO/MNA-311.03 Aktualizácia dokumentácie skutočného vyhotovenia, SE a.s..
- [57] MO34/PRZ-09/2014.
- [58] JE/NA-311.05-01 Výkon role Design Authority, SE a.s..
- [59] M. M.Hrázský, Metóda výberu a revízie analýz s časovo obmedzenou platnosťou, V01-9000111/6.6/TD/AČOP_r00.1, VUJE a.s., 2011.
- [60] SE/SM-175 Licencovanie jadrových zariadení, SE a.s., 2017.
- [61] SE/MNA-175.03 Účasť na tvorbe legislatívy pre jadrové zariadenia, SE a.s..
- [62] SE/MNA-175.02 Komunikácia s dozornými orgánmi jadrových zariadení, SE a.s..
- [63] MO34/SM-161 Riadenie rozhrania s dozornými a štátnymi orgánmi, SE a.s., 2017.
- [64] Rozhodnutie ČSKAE č. 5/1991, 1991.
- [65] BNS I.9.2/2001 Riadenie starnutia jadrových elektrární - Požiadavky, ÚJD SR, 2001.
- [66] BNS I.7.4/2016 Komplexné periodické hodnotenie jadrovej bezpečnosti, ÚJD SR, 2016.
- [67] JE/NA-311.09-11 Program riadenia starnutia káblov.
- [68] I.Hýbela, Reprezentatívne svedočné vzorky káblov pre typové skúšky sledovania životnosti – výsledky za rok 1999, ev.č. 234/99, VUJE a.s., November 1999.
- [69] J.Paulech, Metodika sledovania životnosti zariadení SKR a elektro; ev.č. 111/2000, VUJE a.s., December 2000.
- [70] M.Kolník, Výber káblov a vodičov pre sledovanie stavu kvalifikovanej životnosti a starnutia – výsledky za rok 1999“ ; ev. č. 230/99, VUJE a.s., november 1999.
- [71] IAEA-TECDOC-1188 - Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: In containment I&C cables, Volume I, Volume II, IAEA, 2000.
- [72] NP-T-3.6 Assessing and Managing Cable Ageing in Nuclear Power Plants, IAEA, 2012.
- [73] 0-PCP/8105; Diagnostické meranie rozvodní a káblov 6kV, SE a.s., 2015.
- [74] Plant Support Engineering: Aging Management Program Guidance for Medium-Voltage Cable

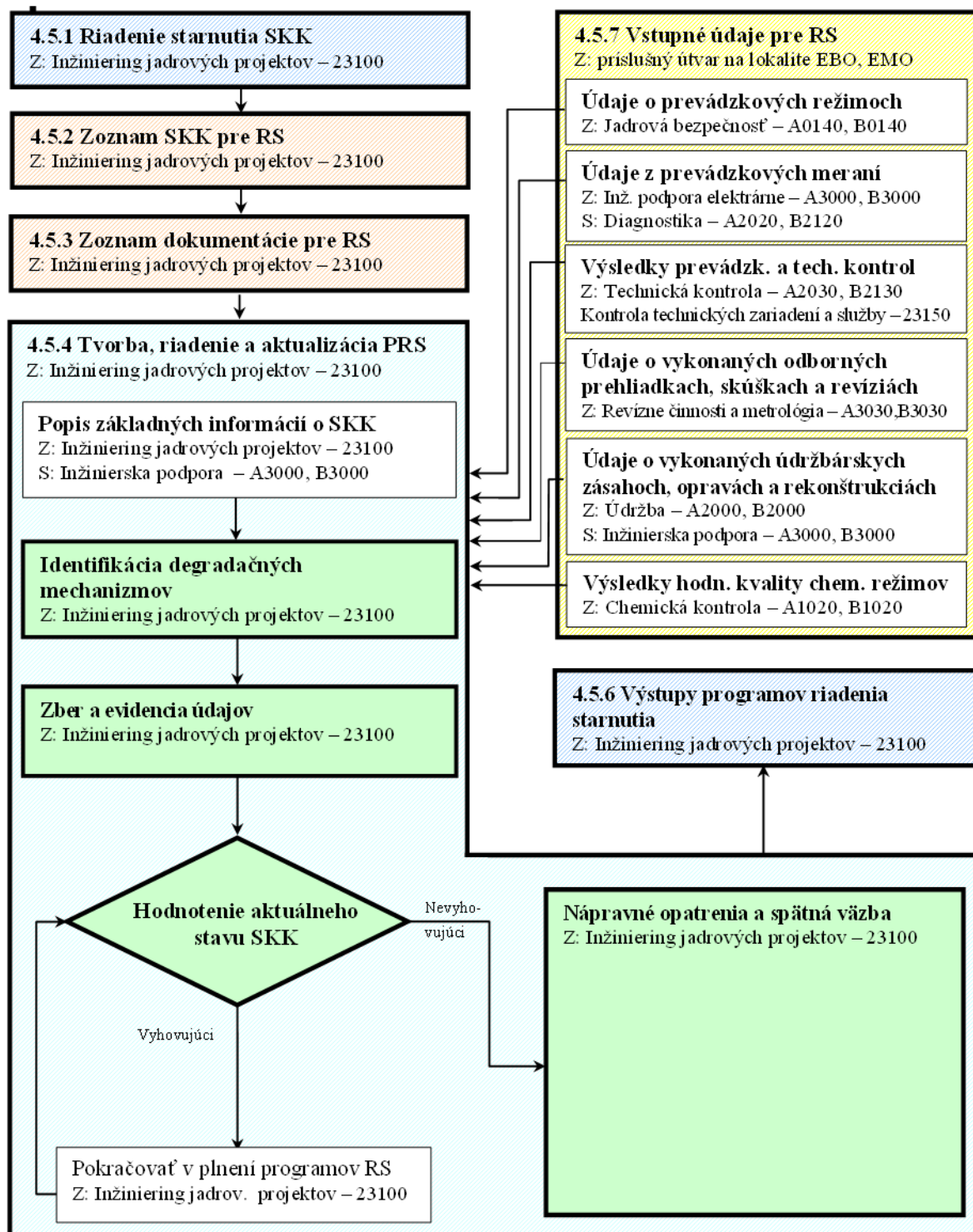
Systems for Nuclear Power Plant; 1020805, Palo Alto, CA: EPRI, 2010.

- [75] Vyhláška MPSVaR č. 508/2009 ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci s technickými zariadeniami tlakovými, zdvíhacími, elektrickými a plynovými, MPSVaR, 2009.
- [76] JE/NA-311.09-09 Program riadenia starnutia potrubí technickej vody dôležitej, SE, a.s., 2015.
- [77] 3-SP/027 Výkresová dokumentácia pre trasy TVD 3. blok EBO - program riadenia starnutia, SE a.s., 2016.
- [78] 4-SP/027 Výkresová dokumentácia pre trasy TVD 4. blok EBO - program riadenia starnutia, SE a.s., 2016.
- [79] 1-SP/0033 Výkresová dokumentácia pre trasy TVD 1. blok a vonkajšie rozvody EMO - program riadenia starnutia, SE a.s., 2015.
- [80] 2-SP/0033 Výkresová dokumentácia pre trasy TVD 2. blok, SE a.s., 2016.
- [81] 7-TH/4611 HMG odberu vzoriek zo II.O.,blokov 1,2 a ich pomocných systémov, SE a.s., 2016.
- [82] 6-TPP/654 Chemická úprava vody, SE a.s., 2014.
- [83] JE/NA-311.09-02 Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora, SE a.s., 2014.
- [84] BNS II.9.2/2016 – Hodnotenie mechanických charakteristík materiálov prevádzkovaných vybraných strojnotechnologických zariadení pomocou metodiky SPT, ÚJD SR, 2016.
- [85] IAEA-TECDOC-1627 Pressurized Thermal Shock in Nuclear Power Plants: Good Practices for Assessment, IAEA, 2010.
- [86] JE/NA-311.09-12 Program riadenia starnutia hlavného výrobného bloku, SE a.s., 2015.
- [87] Výsledky kvalifikácie vákuobarbotážneho kondenzátora, ev.č. 2753/0270/2002, VUJE a.s., 2002.
- [88] Hodnotenie spoľahlivosti extrémne tepelne namáhaných železobetónových konštrukcií v blízkosti jadrového reaktora, ev. č. APVV-99-005305, VUEZ.
- [89] Programy riadenia starnutia pre vytypované stavebné časti, ev. č. V01-0450 VS1300/2004/1/E02.05.02, VUJE a.s., 2004.
- [90] Komplexný program monitorovania zvyškovej životnosti prvkov vytypovaných stavebných konštrukcií, ev. č. A-PR-OKS-1561, VUEZ.
- [91] Metodika hodnotenia a merania trhlín stavebných konštrukcií v rôznych prostrediach JE, ev.č. STES-JUNOZ-016/2014, JUNOZ, 2014.
- [92] 3,4-TPP-207 Hermetická zóna, SE a.s., 2016.
- [93] 7-TPP/1020 Hermetická zóna, SE a.s., 2016.
- [94] Vyhláška ÚJD SR č. 431/2011 o systéme manažérstva kvality v znení neskorších predpisov, ÚJD SR, 2016.

Príloha č. 1 Organizačné začlenenie Skupiny pre riadenie životnosti








Príloha č. 2 Detailný opis činností riadenia starnutia



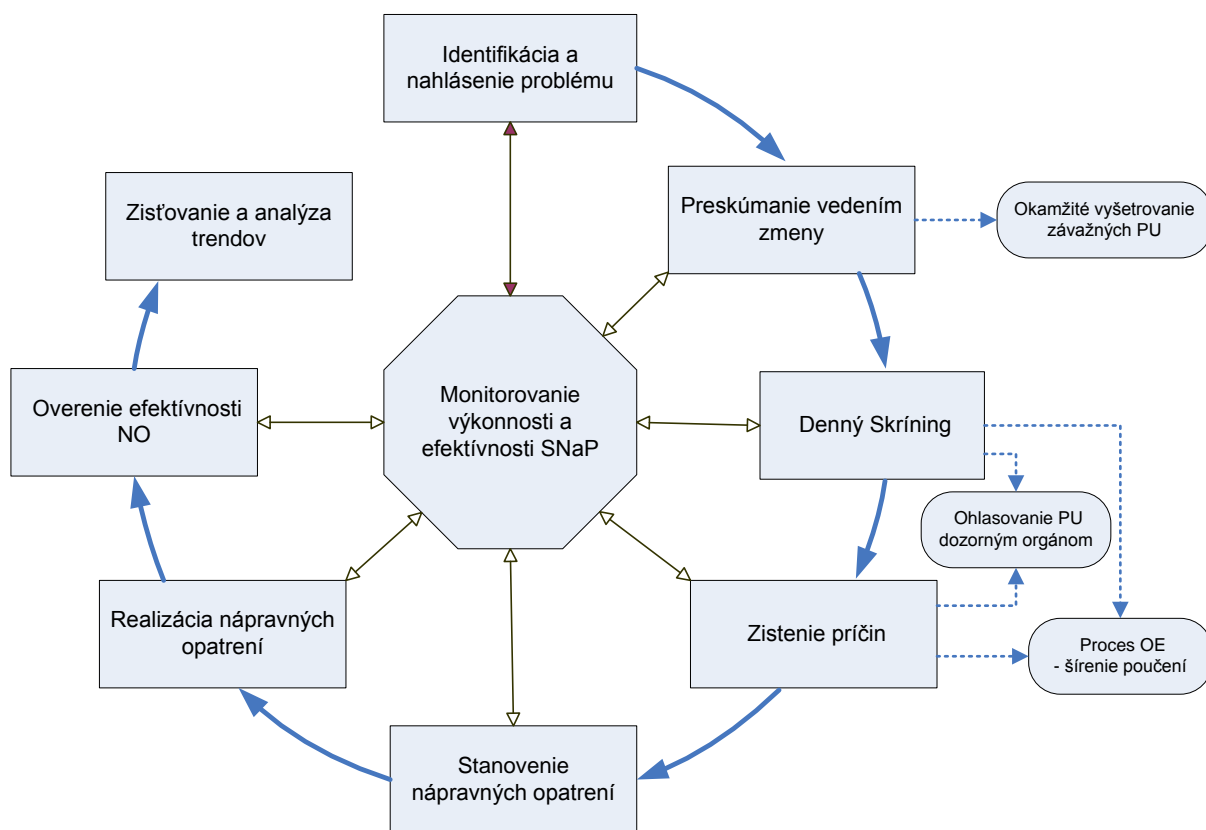
Príloha č. 3 Zoznam PRS

Označenie	Názov
JE/NA-311.09-02	Program riadenia starnutia tlakovej nádoby reaktora
JE/NA-311.09-03	Program riadenia starnutia parogenerátorov
JE/NA-311.09-04	Program riadenia starnutia hlavných cirkulačných čerpadiel
JE/NA-311.09-05	Program riadenia starnutia hlavných uzatváracích armatúr
JE/NA-311.09-06	Program riadenia starnutia potrubí primárneho okruhu
JE/NA-311.09-07	Program riadenia starnutia kompenzátora objemu
JE/NA-311.09-08	Program riadenia starnutia potrubí sekundárneho okruhu
JE/NA-311.09-09	Program riadenia starnutia potrubí technickej vody dôležitej
JE/NA-311.09-10	Program riadenia starnutia hlavných kondenzátorov
JE/NA-311.09-11	Program riadenia starnutia káblov
JE/NA-311.09-12	Program riadenia starnutia hlavného výrobného bloku
JE/NA-311.09-13	Program riadenia starnutia vnútroreaktorových častí
JE/NA-311.09-14	Program riadenia starnutia – sledovanie korózneho stavu SKK JE
JE/NA-311.09-15	Program riadenia starnutia dieselgenerátorovej stanice
JE/NA-311.09-16	Program riadenia starnutia centrálnej čerpacej stanice
JE/NA-311.09-17	Program riadenia starnutia ventilátorových chladiacich veží
JE/NA-311.09-18	Program riadenia starnutia Objektu chemickej úpravy vody JE EBO V2
JE/NA-311.09-19	Program riadenia starnutia objektu budovy pomocných prevádzok
JE/NA-311.09-20	Program riadenia starnutia strojovne a základy TG

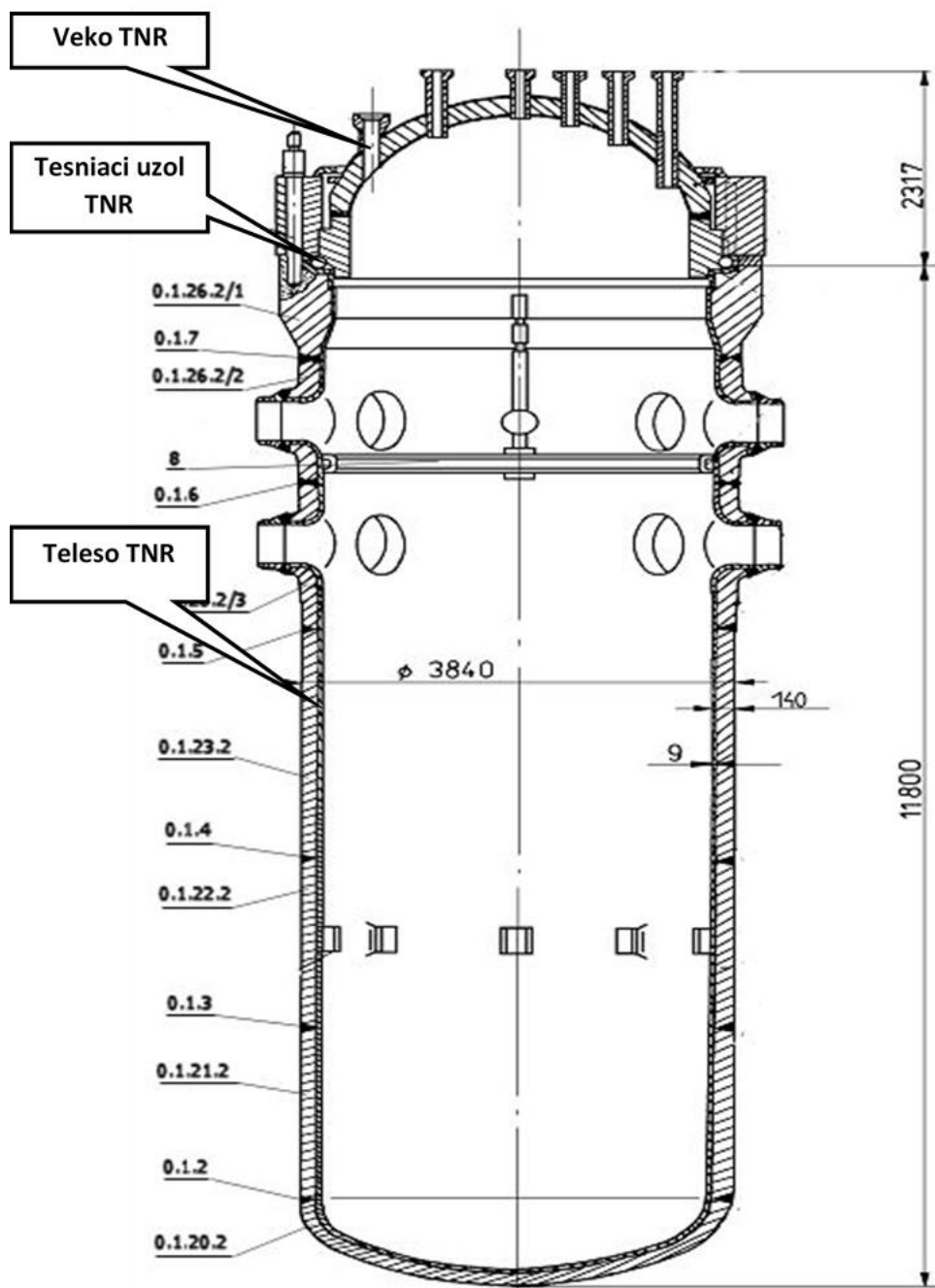
Príloha č. 4 Systém farebného hodnotenia a trendovania výkonnosti

Systém farebného hodnotenia a trendovania výkonnosti so skrátenými definíciami		
HODNOTENIE	VÝKONNOSŤ	ČINNOSŤ
ZELENÁ	Dobrá	Nevyžaduje zvýšenú pozornosť
BIELÁ	Akceptovateľná	Aktuálny výkon/činnosti sú primerané
ŽLTÁ	Podmienečne akceptovateľná	Vyžaduje zvýšenú pozornosť
ČERVENÁ	Neakceptovateľná	Vyžaduje zvýšené monitorovanie a nápravu
TREND	VÝKONNOSŤ	OPIS
	Zlepšujúci sa	Znamená zlepšenie so zmenou farby za posledné obdobie
	Trend zlepšovania	Znamená zlepšenie bez zmeny farby za posledné obdobie
	Ustálený	Žiadna zmena stavu za posledné obdobie
	Trend zhoršovania	Znamená zhoršenie stavu bez zmeny farby za posledné obdobie
	Zhoršujúci sa	Znamená zhoršenie stavu so zmenou farby za posledné obdobie

Príloha č. 5 Základná schéma procesu SNAP



Príloha č. 6 Schéma tlakovej nádoby reaktora



Príloha č. 7 Budova kontajneru s vákuo-barbotážnym kondenzátorom

